

VILNIAUS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ SISTEMŲ BAKALAURO STUDIJŲ PROGRAMA

Valdymo uždavinius sprendžiančios kibernetinės fizinės sistemos specifikavimas ir modeliavimas

Specification and Modeling of Cyber-Physical System Focusing on Control Tasks

Bakalauro baigiamasis darbas

Atliko: Kamilė Čiulčinskytė
Darbo vadovas: doc. dr. Audronė Lupeikienė
Darbo recenzentas: dr. Linas Litvinas

Vilnius – 2024

Santrauka

Kiberfizinės sistemos (angl. Cyberphysical systems) tampa vienu geriausių įrankių, skirtu palengvinti ar automatizuoti kasdienių užduočių atlikimą, kad prireiktų kuo mažiau žmogaus įsikišimo. Šios sistemos apjungia fizinius ir programinius procesus, tad geba spręsti dinamines realaus pasaulio problemas, veikti nepastovioje, skirtingų rūšių aplinkoje. Tačiau šiuo metu egzistuoja ne itin daug specifikavimo metodų, tinkamų kiberfizinėms sistemoms – dauguma jų nesuteikia galimybės tinkamai atvaizduoti ryšio tarp fizinės ir programinės įrangos arba sistemai keliamų saugumo ar laiko reikalavimų, nuo ko priklauso kiberfizinės sistemos efektyvumas ir teisingų sprendimų priėmimas.

Šiame darbe, remiantis atlikta literatūrine apžvalga, buvo apibrėžta kiberfizinių sistemų samprata, jų savybės ir specifikavimo problemos. Atlikus lyginamąją analizę, pateiktos rekomendacijos kiberfizinės sistemos specifikavimo metodui pasirinkti ir pasirinktas vienas metodas išmanaus oro kondicionavimo/šildymo sistemos specifikavimui ir modeliavimui.

Naudojant pasirinktą specifikavimo metodą, buvo sukurta išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemos specifikacija ir architektūrinis projektas, naudojant natūralią kalbą ir koncepcinio modeliavimo įrankius.

Raktiniai žodžiai: kiberfizinė sistema, specifikavimas, koncepcinis modeliavimas

Summary

Cyber-physical systems are becoming one of the best tools, made for facilitating or automating the performance of daily tasks with minimal human intervention. These systems integrate physical and software processes, which enables them to solve dynamic real world problems and function in volatile and multi-type environment. But nowadays there are not a lot of specification methods, suitable for cyber-physical systems - the majority of them do not provide an opportunity to properly depict the connection between hardware and software or safety and time requirements, on which depends the efficiency and correct decision making of the cyber-physical system.

In this work, based on the performed literature overview, the concept of cyber-physical systems, their properties and specification problems were defined. After a comparative analysis was made, recommendations on choosing a specification method for cyber-physical systems were given, and one method was chosen for further specification and modeling of a Smart Home air conditioning/heating system.

A specification and architectural project of a Smart Home air conditioning/heating system were created by using the chosen specification method, natural language and conceptual modeling tools.

Keywords: cyber-physical system, specification, conceptual modeling

Turinys

ĮVADAS	6
1. KIBERFIZINĖS SISTEMOS SAMPRATA	8
2. KIBERFIZINĖS SISTEMOS SAVYBĖS	10
3. KIBERFIZINIŲ SISTEMŲ SPECIFIKAVIMO PROBLEMOS	12
4. KIBERFIZINIŲ SISTEMŲ SPECIFIKAVIMO METODAI	13
4.1. Specifikavimas pagal COSMOD-RE	13
4.1.1. COSMOD-RE abstrakcijos lygmenys	14
4.1.2. COSMOD-RE artefaktų rūšys	17
4.1.3. COSMOD-RE specifikavimo procesas	20
4.2. Specifikavimas pagal SPES 2020	21
4.2.1. SPES 2020 perspektyvų rūšys	22
4.2.2. SPES 2020 abstrakcijos lygmenys	25
4.2.3. SPES 2020 specifikavimo procesas	25
4.2.4. SPES 2020 kokybės charakteristikos	26
4.3. COSMOD-RE ir SPES 2020 metodų palyginimas	27
5. IŠMANAUS NAMO ORO KONDICIONAVIMO/ŠILDYMO SISTEMOS SPECIFIKAVIMAS IR PROJEKTAVIMAS	29
5.1. Pirmasis etapas – sistemos lygio lygiagretus kūrimas	29
5.1.1. Tikslų modelis sistemos lygmenyje	29
5.1.2. Scenarijų modelis sistemos lygmenyje	31
5.1.3. Architektūros modelis sistemos lygmenyje	35
5.1.4. Architektūros modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje	35
5.1.5. Tikslų modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje	37
5.1.6. Scenarijų modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje	41
5.1.7. Reikalavimai sistemos lygmenyje	44
5.2. Antrasis etapas – funkcinio lygio lygiagretus kūrimas	47
5.2.1. Architektūros modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje	47
5.2.2. Tikslų modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje ..	50
5.2.3. Scenarijų modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje	58
5.2.4. Reikalavimai funkcinės dekompozicijos lygmenyje	61
5.3. Trečiasis etapas – programinės–techninės įrangos lygio lygiagretus kūrimas	65
5.3.1. Architektūros modelis diegimo lygmenyje	65
5.3.2. Tikslų modelis diegimo lygmenyje	68
5.3.3. Scenarijų modelis diegimo lygmenyje	73
5.3.4. Reikalavimai programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje ...	75
5.3.5. Reikalavimai diegimo lygmenyje	79
REZULTATAI	86
IŠVADOS	87
ŠALTINIAI	88
SĄVOKŲ APIBRĖŽIMAI	92
PRIEDAI	93

1 priedas. Tikslų aprašymai sistemos lygmenyje	93
2 priedas. Tikslų aprašymai funkcinės dekompozicijos lygmenyje	99
3 priedas. Scenarijų aprašymai ir sekų diagramos sistemos lygmenyje	106
4 priedas. Scenarijų aprašymai ir sekų diagramos funkcinės dekompozicijos lygmenyje ..	114
5 priedas. Scenarijų aprašymai ir sekų diagramos programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje.....	128
6 priedas. Sekų diagramos diegimo lygmenyje.....	145

Įvadas

Kiberfizinės sistemos (angl. *Cyber-physical Systems*) tampa vienu geriausių įrankių, skirtu palengvinti ar automatizuoti kasdienių užduočių atlikimą, kad prireiktų kuo mažiau žmogaus įsikišimo. Šios sistemos apjungia fizinius ir programinius procesus, tad geba spręsti dinamines realaus pasaulio problemas, veikti nepastovioje, skirtingų rūšių aplinkoje. Jau dabar jos yra naudojamos tokiose srityse kaip kibernetinė sauga, medicina, transportas, agrikultūra ar daiktų internetas (angl. *Internet of Things*). Dažnai kiberfizinės sistemos yra naudojamos spręsti valdymo uždaviniams, kuriuose programinė įranga valdo apartūrą, siekiant pasiekti tam tikrą užduoties tikslą [UKJ]⁺⁰². Toks procesas naudoja sensorių surinktą informaciją apie aplinką, tad tampa įmanoma gauti rezultatus tinkamu laiku, tinkančius situacijos kontekstui ir tausojančius resursus.

Šiuo metu egzistuoja ne itin daug specifیکavimo metodų, tinkamų kiberfizinėms sistemoms dauguma jų nesuteikia galimybės tinkamai atvaizduoti ryšio tarp fizinės ir programinės įrangos arba sistemai keliamų saugumo ar laiko reikalavimų, nuo ko priklauso kiberfizinės sistemos efektyvumas ir teisingų sprendimų priėmimas. Vienas iš tinkamų specifیکavimo metodų – tai COSMOD-RE kūrimo procesu (angl. *Co-Development*).

Šiais laikais yra plačiai paplitę išmaniųjų namų (angl. *Smart Home*) prietaisai, apjungiami pasitelkiant daiktų internetą – jie gali padidinti namų patogumą ar saugumą. Kiberfizinės sistemos šiuos prietaisus gali patobulinti dėl savo gebėjimo analizuoti aplinką naudojant sensoriais surinktą informaciją ir taip sutaupyti energijos resursų, nuspėti galimas rizikas aplinkoje ar pavojus pačiam prietaisui.

Darbe nagrinėjamas valdymo uždavinius sprendžiančios kiberfizinės sistemos specifیکavimas ir architektūrinis projektavimas.

Kiberfizinės sistemos yra sistemos, kurios integruoja skaičiavimo ir fizinius procesus. Fizinė dalis sensorių pagalba renka informaciją apie aplinką. Šiuos duomenis ji perduoda programinei daliai, kuri atlieka skaičiavimus ir nusprendžia, kokį veiksmą, tinkantį situacijai, turi atlikti fizinis komponentas.

Taigi, šios sistemos programinė ir fizinė dalis yra glaudžiai susijusios – turi būtinai sklandžiai veikti kartu, kad gebėtų atlikti reikiamas funkcijas.

Šio darbo tikslas yra, atlikus analizę ir pasirinkus specifیکavimo metodą, specifikuoti ir sumodeliuoti pasirinktą šildymo ir oro kondicionavimo kiberfizinę sistemą, gebančią išspręsti valdymo uždavinį.

Darbo užduotys:

1. Apibrėžti kiberfizinių sistemų sampratą, savybes ir specifیکavimo problemas.
2. Išanalizuoti ir palyginti formalizuotus kiberfizinių sistemų specifیکavimo metodus; pateikti jų taikymo rekomendacijas.
3. Specifikuoti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą ir jos architektūros artefaktus.

Darbe atliekamas bibliotekinis tyrimas, naudojamos literatūros apžvalgos, lyginamosios ir koncepcinės analizės, koncepcinio modeliavimo ir atvejo analizės metodai.

Siekiamas rezultatas - išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemos specifikacija ir projektas (atliktas architektūrinis projektavimas).

1. Kiberfizinės sistemos samprata

Jau daugiau nei prieš pusę šimtmečio buvo pradėta galvoti apie sistemas, kurios veiktų valdymo sistemų principu ir galėtų kontroliuoti fizinius procesus [Lee15]. Tačiau „kiberfizinė sistema“, kaip sąvoka įvardinti technologijas, kurios integruoja fizinius ir skaičiavimo procesus, buvo pradėta naudoti tik nuo 2006 metų – ją sugalvojo Nacionalinio mokslo fondo mokslo darbuotoja Helen Gill [Lee15]. Tad iki šiol galima rasti daug skirtingų koncepcijų, skirtų apibūdinti kiberfizinėms sistemoms.

Kyoung-Dae Kim ir P. R. Kumar straipsnyje yra pateikiama pora kiberfizinės sistemos sąvokų. Anot straipsnio autorių, šios sistemos gali būti vadinamos „naujos kartos inžinerinėmis sistemomis, kurios reikalauja glaudžios skaičiavimų, komunikacijos ir valdymo technologijų integracijos“ [KK12]. Minima, kad skaičiavimo ir komunikacijos technologijos sparčiai tobulėja, tad didėja ir visuomenės priklausomybė nuo šių sistemų tokiose srityse, kaip energinės sistemos, aviacija, gamyba ar medicina. Kadangi buvo bandoma kurti valdymo sistemas pasitelkiant mechanikos, elektronikos ir komunikacijos technologijas jau prieš beveik šimtmetį, kiberfizinės sistemos taip pat gali būti apibūdinamos plačiau, kaip fizinės sistemos, valdomos inžinerinių technologijų [KK12].

I. Horváth ir B. H. M. Gerritsen pranešime [HG12] kiberfizinės sistemos yra apibūdinamos kaip sistemos, kurios suteikia galimybę suderinti informacijos apdorojimo, komunikacijos ir skaičiavimų technologijas su fizinių ir inžinerinių sistemų technologijomis. Anot autorių, sujungti šias skaitmeninių ir fizinių technologijų sritis yra sudėtinga, nes jų kontekstuose pažinimo, kūrimo ir mokymosi procesai yra iš esmės skirtingi. Kiberfizinės sistemos reikalauja žinių ne tik apie skaitmeninę ir fizinę erdves, bet ir tokių sričių kaip gamtos ar socialinių mokslų, tad gali būti sunku tiksliai apibrėžti šių sistemų sampratą.

M. Broy, M. V. Cengarle ir E. Geisberger [BCG12] teigia, kad kiberfizinės sistemos gali būti laikomos programų sistemų, išsidėsčiusių įvairiose pasaulio vietose ir naudojančių globalių duomenų tinklus, naudojimo rezultatu. Jos lenkia dabartinius įterptinių sistemų tinklus, nes pasižymi funkcionalumais, kuriuos gali atlikti nepriklausomai nuo savo buvimo vietos ir realiu laiku, ir geba mokytis [BCG12]. Tokios sistemos apima sritis kaip eismo valdymas, medicinos technologijos ar išmanus transportas, tad gali padėti išspręsti didelę dalį jų su efektyvumu ar saugumu susijusių problemų. Tačiau, kaip mini J.-P. A. Yaacouba, O. Salmanb ir kiti autoriai savo straipsnyje [YSN⁺20], kiberfizinių sistemų didelio masto diegimas ir jų rėmimasis konfidencialia informacija, išgauta jautiklių pagalba, sukelia privatumo ir saugumo pažeidžiamumo problemų. Šie sunkumai gali kilti ir kibernetinėje, ir fizinėje erdvėje. Skaitmeniniai pavojai yra daug dažnesni nei fiziniai dėl kai kuriose kiberfizinėse sistemose naudojamų internetinių protokolų su saugumo trūkumais. N. H. Carreras Guzman, M. Wied ir kiti autoriai savo straipsnyje [GWK⁺19] siūlo apsaugoti kiberfazines sistemas nuo kibernetinių pavojų pasitelkiant oro tarpais (angl. *air gaps*), kurie virtualiai izoliuotų tinklą nuo kiberfizinės erdvės, apimančios duomenis, valdymo įrangą ir žmogaus-mašinos sąsajas. Tokiu būdu komunikacija su izoliuotomis erdvėmis būtų įmanoma tik su autorizuota prieiga.

Atlikus literatūrinę apžvalgą galima teigti, kad kiberfizinės sistemos yra suvokiamos kaip

skaitmeninės ir fizinės aplinkos sąjunga, naudojanti iš aplinkos išgautas, apskaičiuotas įvairių sričių žinias. Jų tikslas yra teikti žmogui naudą pagreitinant, supaprastinant kasdienes procesus.

2. Kiberfizinės sistemos savybės

Kiberfizinės sistemos apima daug skirtingų panaudojimo sričių, veikia fizinėje ir virtualioje aplinkoje ir bendrauja su kitais išoriniais prietaisais, tad šios sistemos atitinkamai turi daug ypatumų, kad galėtų tinkamai funkcionuoti. Anot autorių M. Broy, M. V. Cengarle ir E. Geisberger, kiberfizinė sistemų savybės galima išskirti į šešias rūšis [BCG12].

1. Pagrindines funkcijas nusakančios savybės ir tam tikri nefunkciniai reikalavimai. Tai baziniai ypatumai, kurių yra tikimasi iš bet kokios kokybiškos kiberfizinės sistemos. Jie gali būti:
 - Mokymasis savarankiškai (angl. *self-learning*) ir elgesio pritaikymas [BCG12]. Tokia sistemos autonomija padeda jai priimti sprendimus panašius į žmogaus ir atlikti veiksmus, geriausiai tinkančius situacijos kontekstui.
 - Savaiminis organizavimas (angl. *self-organizing*). Tai padeda sistemai prisitaikyti prie netikėtų trukdžių ar kitų aplinkos pakitimų [NMP20].
 - Gebėjimas priimti sprendimus neturint tikslų žinių [BCG12], kas yra būtina norint išlaikyti greitą atsako laiką kritinėse padėtyse.
 - Gebėjimas valdyti rizikas [BCG12], kuris padega išvengti tokių problemų kaip duomenų praradimas ar sistemos veikimo sutrikimas.
 - Saugumo ir privatumo gairių laikymasis.
2. Savybės, susijusios su gebėjimu bendradarbiauti su sensoriais realiu laiku. Į šią grupę patenka tokios savybės kaip:
 - Fizinių sensorių datos apdorojimas realiu laiku. Šis ypatumas padeda užtikrinti funkcinių ir saugumo reikalavimų laikymąsi [GWK⁺19] bei sumažinti tikimybę, jog sutriks fizinių komponentų atsakas.
 - Sensorių valdymas realiu laiku [BCG12].
 - Gebėjimas interpretuoti sensorių aptiktą situaciją.
3. Kiberfizinė sistemų gebėjimas veikti kaip sistemų sistemoms (angl. *System of Systems*) ir valdyti ryšius priklausomai nuo konteksto. Pavyzdžiui, tokios savybės gali būti:
 - Gebėjimas aptikti trūkstamus duomenis ar nebeveikiančias funkcijas, ir taip išvengti funkcionalumų sutrikimo.
 - Priklausomai nuo situacijos, tikslų ar elgesio, gebėjimas atrinkti reikiamas funkcijas užduočiai atlikti.
4. Ypatybės, apibūdinančios kiberfizinės sistemas kaip galinčias prisitaikyti prie konteksto su tam tikra dalimi autonomijos.
 - Gebėjimas nuolat suvokti situacijos kontekstą.
 - Gebėjimas atpažinti ir analizuoti sistemų ar naudotojų tikslus, atsižvelgiant į galimas rizikas [BCG12].
 - Savęs suvokimas (angl. *self-awareness* žinių apie dabartinę situaciją, statuso ar galimų veiksmų kontekstuose [BCG12]).
5. Savybės apibūdinančios veikimą kaip kooperacinių sistemų veikimą.

- Gebėjimas dinamiškai priimti sprendimą, kurie komponentai atliks kokias užduotis [NMP20].
 - Gebėjimas keistis turima informacija su skirtingais komponentais skirtingose vietose [NMP20].
6. Savybės, susijusios su efektyviu bendravimu su žmogumi. Jos apima:
- Intuityvus žmogaus-mašinos sąsajos (angl. *Human-Machine Interface*) palaikymas [BCG12]. Tai apima suteikti galimybę žmogui lengvai valdyti sistemą ir ją suprasti.
 - Žmogaus elgesio atpažinimas ir interpretacija, ir atitinkamas sprendimų priėmimas [BCG12].

3. Kiberfizinių sistemų specifikavimo problemos

Sistemos kūrimas prasideda nuo reikalavimų specifikacijos sudarymo. Anot autorių R. J. Machado, I. Ramos ir J. M. Fernandes [MRF05], šį procesą galima apibūdinti taip:

1. Surenkami klientų, kitų suinteresuotų šalių poreikiai, siekiama išsiaiškinti, kokią problemą spęs sistema.
2. Remiantis išaiškintais poreikiais ir tikslais, išgryninami kliento reikalavimai.
3. Iš klientų reikalavimų išgaunami sistemos reikalavimai abstraktaus, koncepcinio sistemos modelio pavidalu.

Gautą koncepcinį modelį galima paversti į formalesnį sistemos vaizdą – specifikaciją, kuri susideda iš labai tikslaus sistemos apibūdinimo, atitinkančio reikalavimus [MRF05]. Tai galima pavaizduoti ir grafiškai, ir tekstu. Autoriai S. Wiesner, C. Gorltd, M. Soeken, K.-D. Thoben ir R. Drechsler [WGS⁺14] mano, kad reikalavimų specifikavimo procesas gali kelti problemų kiberfizinių sistemų kontekste. Kadangi šios sistemos apima daug skirtingų aplinkų ir dalykinių sričių, tampa sunku užtikrinti efektyvų bendravimą tarp suinteresuotų šalių ir specifikacijų vientisumą. Reikalavimai gali būti nepilni ir nesutapti skirtinguose abstrakcijos lygmenyse, tad siūloma naudoti ne itin griežtus metodus, kurie leistų dinamiškiau rinkti reikalavimus, vienu metu apimant suinteresuotas šalis atstovaujančias skirtingas dalykines sritis.

Autorius E. A. Lee savo straipsnyje [Lee08] pabrėžia dar vieną problemą, galinčią apsunkinti specifikavimą – reikalavimą kiberfizinėms sistemoms veikti realiu laiku. Įprastai, tam, kad būtų užtikrintas sistemos veiksmų nuspėjamumas, inžinieriai yra priversti iš anksto suplanuoti visus resursus, kurių prireiks suplanuotam sistemos gyvavimo laikui, ir nėra itin atsižvelgiama į laiko įtaką teisingam sistemos veikimui. Kiberfizinės sistemos veikia dinamiškai įvairiose aplinkose, ir gyvavimo metu joms gali reikti perkonfigūravimo, o tai reiškia kad keisis ir kai kurie reikalavimai [WHT15], todėl išankstinis nekintančių reikalavimų suplanavimas gali trukdyti sistemai prisitaikyti prie aplinkos ir viską atlikti laiku.

Q. Zhu ir A. Sangiovanni Vincentelli atkreipia dėmesį, kad šiais laikais kiberfizinės sistemos programiniai ir fiziniai komponentai dažnai yra modeliuojami atskirai [ZV18]. Šių sistemų valdymo elementų elgesys ir stabilumas stipriai priklauso nuo skaitmeninėje erdvėje atliekamų skaičiavimų, tad virtualios ir fizinės aplinkos izoliavimas gali neigiamai paveikti sistemos efektyvumą [ZV18]. Autoriai mano, kad to galima išvengti naudojant specifikavimo metodus, kurie leidžia apibrėžti tikslus, reikalavimus ar komponentų elgesį bendrai programinei ir techninei įrangoms.

Taigi, siekiant teisingai specifikuoti kiberfizinės sistemas, yra svarbu atsižvelgti į galimybę užtikrinti specifikacijų vientisumą, palaikyti ryšį tarp programinės ir techninės įrangos reikalavimų.

4. Kiberfizinių sistemų specifikavimo metodai

Kiberfizines sistemas galima aprašyti formaliai, naudojant matematinius modelius, arba naudojant formalizuotą koncepcinį modeliavimą. Matematiniai modeliai yra naudojami norint užtikrinti stabilumą, atsparumą aplinkos veiksniams arba norint įvykdyti simuliacijas atsižvelgiant į sistemos fizikines ypatybes ir stebint kintamuosius [San15]. Koncepciniai modeliai padeda jau ankstyvose sistemos modeliavimo stadijose paprasčiau atvaizduoti sudėtingas kiberfizinių sistemų dalis grafiškai, tad jie yra suprantamesni suinteresuotoms šalims, galima lengviau užtikrinti tokias ypatybes, kaip saugumas [GAW14; Poh10].

Šiame skyriuje bus pristatomi ir analizuojami metodai, kurie remiasi formalizuotu koncepciniu modeliavimu – COSMOD-RE ir SPES 2020. Analizė bus atliekama lyginant šias metodų ypatybes:

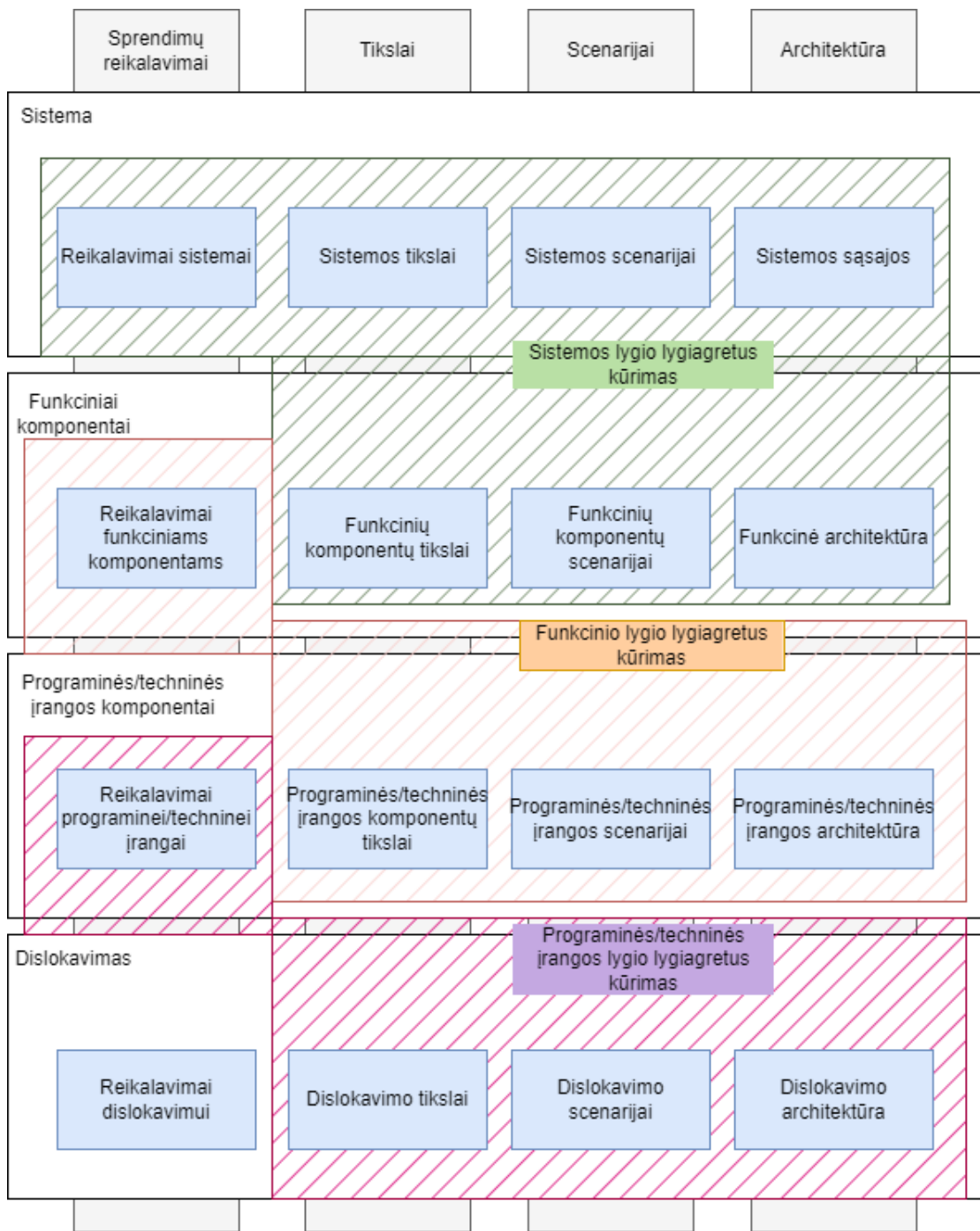
1. Abstrakcijos lygmenis.
2. Specifikuojamus artefaktus.
3. Specifikavimo procesą.
4. Kokybės charakteristikas.

4.1. Specifikavimas pagal COSMOD-RE

Klaus Pohl ir Ernst Sikora savo straipsnyje „COSMOD-RE: Supporting the Co-Design of Requirements and Architectural Artifacts“ [PS09] pristato įterptinių sistemų specifikavimo metodą, „sCenario and gOal based System develOpment methoD“ (COSMOD-RE), kuris remiasi reikalavimų ir architektūrinių artefaktų lygiagrečiu kūrimo procesu (angl. *co-development*). Autoriai mano, kad dauguma reikalavimų atvaizdavimo į architektūrą metodų neatsižvelgia į architektūrinių artefaktų įtaką reikalavimų inžinerijos procesui. Tai gali neigiamai paveikti įterptinių sistemų vientisumą, todėl reikia metodo, kuris leistų lygiagrečiai kurti architektūrą ir reikalavimus, užtikrintų, kad būtų sumažintas neatitikimų tarp reikalavimų ir architektūrinių artefaktų kiekis, ir įgyvendintų specifikavimo procesą aiškiai apibrėžtuose keliuose abstrakcijos lygmenyse, kad sistemos kompleksškumas keltų mažiau problemų. Toks metodas tiktų specifikuoti ir kiberfizines sistemas, nes turi būti užtikrinamas jų specifikacijų vientisumas.

Autoriai išskiria tris pagrindinius COSMOD-RE metodo aspektus (žr. 1 pav.), tai:

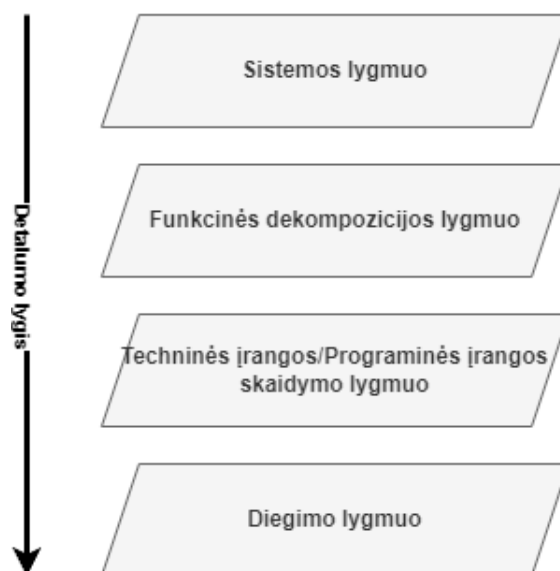
1. Keturi abstrakcijos lygmenys – sistemos, funkcinės dekompozicijos, techninės įrangos/programinės įrangos skaidymo ir diegimo lygmenys.
2. Keturios artefaktų rūšys kiekviename lygmenyje – tikslai, scenarijai, sprendimų reikalavimai (angl. *solution-oriented*) ir architektūriniai artefaktai.
3. Trys lygiagretaus kūrimo procesai – sistemos lygio, funkcinio lygio ir programinės–techninės įrangos lygio lygiagretaus kūrimo procesai.



1 pav. COSMOD-RE metodo aspektai

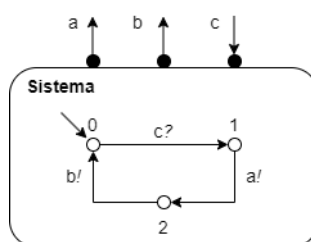
4.1.1. COSMOD-RE abstrakcijos lygmenys

Kiekvienas iš abstrakcijos lygmenų vaizduoja sistemą iš tam tikros perspektyvos, ir kiekvienai jų yra apibrėžiami architektūriniai artefaktai bei reikalavimai (žr. 2 pav.).



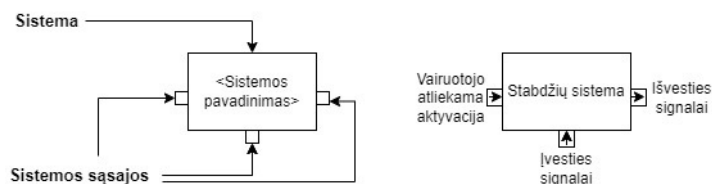
2 pav. Keturi COSMOD-RE metodo abstrakcijos lygmenys [PS09]

Pirmajame, sistemos lygmenyje, autoriai juodosios dėžės principu (angl. *black-box*) apibrėžia reikalavimų ir architektūros artefaktų ypatybes – jie yra susiję su išoriniais veiksniais, sąsajomis, bendravimu su suinteresuotomis šalimis. Knygoje „Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques“ K. Pohl [Poh10] išsamiau aprašo sąlygas sistemos lygmens reikalavimų ir architektūros apibrėžimams. Reikalavimai šiame lygmenyje atvaizduoja aplinkoje matomą elgesį. Autorius jam pavaizduoti naudoja sprendimų reikalavimų modelius ir UML būsenų diagramą (žr. 3 pav.). Jais apibūdinamos galimos sistemos būsenos ir kaip jos gali būti pasiektos, ir tai leidžia išgauti aiškų sistemos vaizdą ir rasti tinkamiausius bei alternatyvius sprendimus [PS19] dar modeliavimo pradžioje.



3 pav. UML būsenos diagrama sistemai [Poh10]

Sistemos lygmenyje, architektūroje yra vaizduojamos tik abstrakčios įvesties ir išvesties sąsajos, kurios bendrauja su aplinka, ir nėra nurodomos jokios sistemos vidaus detalės ar jos programiniai elementai. Autorius iliustruoja šiuos aspektus naudodamas stabdžių sistemos pavyzdį (žr. 4 pav.). Tokiame sistemos vaizde nėra gilinamasi į techniškas detales. Tai gali padėti bendriau suprasti sistemą ir palengvinti bendravimą tarp suinteresuotų šalių iš skirtingų sričių, kai jau nuo modeliavimo pradžios svarbu turėti vientisą informaciją [WHT15].

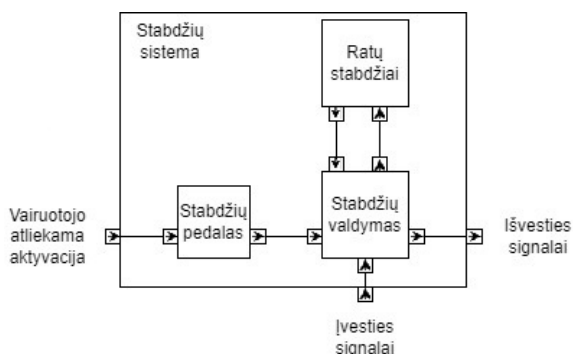


4 pav. Sistemos, kaip juodos dėžės, atvaizdavimas sistemos lygmenyje [Poh10]

Antrajame, funkcinės dekompozicijos lygmenyje, dėmesys yra telkiamas į atskirus sistemos funkcionalumus, šaltinyje pavadintus funkciniais komponentais. Kiekvienam funkciniam komponentui atskirai yra apibrėžiami funkciniai ir kokybės reikalavimai [PS09]. Tai yra atliekama tokiu pačiu principu, kaip apibrėžiant reikalavimus sistemos lygmenyje, bet kiekvienam iš funkcinų komponentų. Remiantis COSMOD-RE metodu, reikalavimai yra visada sudaromi atsižvelgiant į žemesnio detalumo lygmenį, ir, jei reikia, pridedami nauji – taip galima lengviau užtikrinti reikalavimų vientisumą tarp skirtingų abstrakcijos lygmenų. Jau funkcinės dekompozicijos lygmenyje yra atsižvelgiama į reikalavimus, apibrėžtus sistemos lygmenyje, tad vėlesniuose detalesniuose vaizduose bus mažiau neatitikimų.

Funkcinės dekompozicijos lygmens architektūroje apibrėžiami loginiai komponentai, loginės sąsajos ir loginiai ryšiai tarp komponentų [Poh10], tad dar nėra jokios atskirties tarp programinės ir techninės įrangos. Knygoje „Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques“ pateikiamame stabdžių sistemos pavyzdyje (žr. 5 pav.) yra įtraukiami ir fiziniai, ir kibernetiniai komponentai, kur žmogus atlieka veiksmą, aktyvuojantį kitus sistemos komponentus. Šiuo pavyzdžiu yra parodoma funkcinų komponentų priklausomybė vienas nuo kito – yra reikalinga komponento aktyvacija, kuri perduoda signalą į kitus sistemos komponentus, ir grįžta signalas, nurodantis, kokį veiksmą reikia atlikti. Tai yra detalesnis vaizdas nei sistemos lygmenyje, tačiau nėra gilinamasi į komponentų įgyvendinimą, tik į loginį vaizdą.

Toks supaprastintas vaizdas gali palengvinti architektūros apibrėžimo procesą, bet jei sistemą sudaro daug funkcijų, pavyzdžiui, daugiau nei tūkstantis, ir jos visos yra sudėtingos – turės kelis milijonus kodo eilučių, tai gali trukdyti pavaizduoti visas įmanomas sąveikas.



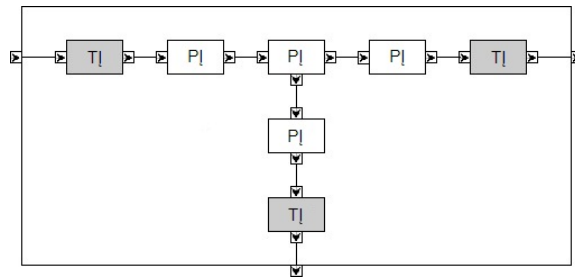
5 pav. Funkcinė sistemos dekompozicija [Poh10]

Techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmenyje sistemos funkcionalumo vienetai yra atitinkamai priskiriami programinei arba techninei įrangai ir kiekvienam iš jų yra apibrėžiami reikalavimai [Poh10]. Čia reikalavimai, kaip ir funkcinės dekompozicijos lygmenyje, yra išveda-

mi iš mažesnio detalumo lygmens reikalavimų, ir priskiriami programinės ir techninės įrangos komponentams bei, jei reikia, pridedami nauji reikalavimai. Išvesti reikalavimai nėra patikslinti – žemesnio lygmens reikalavimai yra pritaikomi įrangai pagal pasirinktas fizines ir kibernetines technologijas. Pagal tai, kokios technologijos buvo pasirinktos, galima spręsti, kokių joms tinkamų reikalavimų reikia dar pridėti.

Architektūra techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmenyje išlieka stambiagrūdė (angl. *coarse-grained*), kaip ir funkcinės dekompozicijos lygmenyje, tačiau yra išskirstoma į programinės bei techninės įrangos dalis, kur nurodomi komponentai, sąajos ir jungtys [Poh10] (žr. 6 pav.). Šie komponentai įgyvendina funkcinis komponentus, yra nurodomos tik abstrakčios esybės, kaip sensoriai ar taikomosios programos.

Teisingai sumodeliuoti šias techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmens ypatybes yra itin svarbu, nes kibernetinės sistemos komponentai yra pernelyg vienas nuo kito priklausomi. Tai reiškia, jei bus neteisingai nurodyta kuri nors jungtis tarp programinės ir techninės įrangos elemento, gali sutrikti visos sistemos darbas [ZV18].



6 pav. Sistemos skirstymas į programinius ir techninius vienetus [Poh10]

Diegimo lygmenyje iš techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmenyje apibrėžtų reikalavimų ir architektūros yra suformuojami elektroniniai valdymo blokai (angl. *electronic control unit*) [Poh10]. Programinė įranga yra susiejama su technine įranga ir toks blokas bendradarbiauja su kitu tokiu pat bloku. Jau žinant tikslesnes įrangos ypatybes, galima nurodyti papildomus reikalavimus blokų bendravimui ar pakeisti esančius – tokius, kaip reikiamus skaičiavimų ar tinklo greičius. Taip pat gali kilti problemų dėl techninės ar programinės įrangos savybių, tokių, kaip operacinės sistemos [Poh10]. Kai yra žvelgiama į sistemą kaip į vienetą iš fizinių ir kibernetinių dalių, gali paaiškėti, kad dėl elektroninio valdymo bloko operacinės sistemos reikalavimo kibernetinė dalis turi turėti visišką prieigą prie fizinės, arba atvirkščiai [Poh10].

Nepaisant to, kad diegimo lygmenyje visi artefaktai yra jau detalūs, ir galimai vientisi visuose lygmenyse, gali kilti problemų – lyginant šių laikų ir prieš dešimtmetį kurtas sistemas, elektroninių valdymo blokų kiekis yra išaugęs perpus [ZV18]. Tai reiškia, kad ženkliai išauga sudėtingumas, keitimosi informacija dažnumas ir tikimybė, kad nebus pagalvota apie visas svarbias ypatybes [SHL⁺17].

4.1.2. COSMOD-RE artefaktų rūšys

Autorius K. Pohl savo knygoje išskiria keturis artefaktus, kurie yra apibūdinami kiekvienam abstrakcijos lygmeniui [Poh10]:

1. Tikslai.
2. Scenarijai.
3. Sprendimų reikalavimai.
4. Architektūriniai artefaktai.

Tikslai sistemos lygmenyje yra apibūdinami kaip veiksmai, kuriuos tikisi atlikti sistemos naudotojas ar sistema, su kuria bendradarbiaujama. Funkcinės dekompozicijos lygmenyje tikslai yra smulkiagrūdės (angl. *fine-grained*) struktūros, išvesti iš sistemos lygmens tikslų. Kai tikslas yra priskiriamas funkcijai, ši yra atsakinga už jo pasiekimą. Techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmenyje tikslai yra išvedami iš funkcinės dekompozicijos lygmens tikslų ir priskiriami atitinkamiems įrangoms komponentams. Diegimo tikslai yra tikslinami atsižvelgiant į techninės įrangos–programinės įrangos tikslus.

Autoriai rekomenduoja ne tik aprašyti tikslus natūralia kalba ir pavaizduoti diagrama, bet ir aprašyti pagal šabloną naudojant lenteles (žr. 1 lentelę), siekiant pagerinti suprantamumą.

1 lentelė. Rekomenduojamas tikslų aprašymo šablonas [Poh10]

Tikslas	[Trumpas tikslo aprašymas]
Abstrakcijos lygmuo	[Abstrakcijos lygmuo, kuriame tikslas yra apibrėžtas]
Apimtis	[Sistema ar komponentas, kuriam šis tikslas buvo apibrėžtas]
Tikslo rūšis	[Nekonkretusis ar konkretusis tikslas]
Tikslo aprašymas	[Išsamus tikslo aprašymas natūralia kalba]
Už ką tikslas yra atsakingas	[Kuris komponentas yra atsakingas už tikslo įgyvendinimą]
Pagrindiniai tikslai	[Nuorodos į tikslus, kurie buvo patikslinti į šį tikslą]
Daliniai tikslai	[Nuorodos į tikslus, kurie buvo tikslinami remiantis šiuo tikslu]
Prieštariniai tikslai	[Nuorodos į tikslus, prieštarinius šiam tikslui]
Susiję scenarijai	[Nuorodos į scenarijus, aprašančius tikslo įgyvendinimą]

Autoriai išskiria dviejų tipų scenarijus – sąveikų scenarijai susiję su sistema ir jos naudotojais bei vidiniai scenarijai susiję su sistemos komponentų tarpusavio sąveika – pastarieji nėra kuriami sistemos lygmenyje [Poh10]. Sistemos lygmenyje apibrėžiant scenarijus taip pat, kaip ir tikslus, yra gilinamasi į sistemos sąveiką su išore. Šie scenarijai yra naudojami apibrėžiant funkcinės dekompozicijos lygmens scenarijus, kurie yra vidiniai scenarijai. Techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmenyje scenarijai apibūdina sąveikas tarp fizinių ir kibernetinių komponentų, o diegimo lygmenyje – šių komponentų sąveika po diegimo.

Autoriai rekomenduoja ne tik aprašyti scenarijus natūralia kalba ir pavaizduoti diagrama, bet ir aprašyti pagal šabloną naudojant lenteles (žr. 2 lentelę), siekiant pagerinti suprantamumą.

2 lentelė. Rekomenduojamas scenarijų aprašymo šablonas [Poh10]

Naudojimo atvejis	[Trumpas naudojimo atvejo aprašymas]
Abstrakcijos lygmuo	[Abstrakcijos lygmuo, kuriame naudojimo atvejis yra apibrėžtas]
Apimtis	[Sistema ar komponentas, kurių bendravimas yra aprašytas]
Pagrindiniai aktoriai	[Aktoriai, kurių tikslai turi būti įgyvendinti naudojimo atveju]
Antriniai aktoriai	[Kiti aktoriai, susiję su naudojimo atveju]
Įvestis ir rezultatai	[Įvestis – išoriniai kintamieji, kurių reikšmės yra matuojamos arba nuskaitomos naudojimo atvejo vykdymo metu. Rezultatai – išoriniai kintamieji, kurių reikšmės yra keičiamos naudojimo atvejo vykdymo metu.]
Susiję tikslai	[Nuorodos į tikslus, kurie turi būti įgyvendinti naudojimo atvejo vykdymo metu]
Išankstinės sąlygos	[Sąlygos, kurias turi patenkinti sistema, komponentas arba aplinka, kad būtų galima vykdyti scenarijų]
Sėkmės garantija	[Sąlygos, kurias atitiks sistema, komponentas arba aplinka po naudojimo atvejo įvykdymo]
Trigeris	[Įvykis, kuris išsukia naudojimo atvejo vykdymo pradžią]
Pagrindinis scenarijus	[Pagrindinio scenarijaus žingsniai]
Alternatyvūs scenarijai	[Alternatyvių scenarijų žingsniai]
Nesėkmės scenarijai	[Nesėkmės scenarijų žingsniai]

Tikslų ir scenarijų apibrėžimui kiekviename lygmenyje yra būdinga:

1. Kiekviename žemesnės abstrakcijos lygmenyje po sistemos sluoksnio, apibrėžiant tikslus ir scenarijus yra atsižvelgiama į aukštesnės abstrakcijos lygmens tikslus ir scenarijus.
2. Galima pridėti naujų tikslų arba scenarijų, jeigu yra atsižvelgiama į aukštesnės abstrakcijos lygmenį, arba tikslas ar scenarijus gali būti tinkamas tik esamam abstrakcijos lygmeniui. Pastaruoju atveju tai gali nutikti, jei, pavyzdžiui, tik esamame lygmenyje pasirenkama technologija ir atsiranda iššūkių dėl jos ypatybių. Taip pat galima pridėti artefaktą atveju, jei dar nebuvo apibrėžtas tam tikras abstraktesnis artefaktas ankstesniuose lygmenyse.

Kitu autorių apibrėžiamu artefaktu – sprendimų reikalavimais, yra koncentruojamasi į numatomus rezultatus, kuriuos turi gauti sistema [Poh10]. Sistemos lygmenyje yra apibūdinamas išoriškai matomas elgesys, pavyzdžiui, ką atlieka sistema, kai sensorius yra aktyvuojamas tam tikro išorinio veiksnio ir, kai jis yra ramybės būsenoje. Funkcinės dekompozicijos lygmenyje yra apibrėžiami reikalavimai komponentui ir išoriškai matomam elgesiui, ir komunikacijai su kitais komponentais. Techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmenyje reikalavimai yra apibrėžiami panašiai kaip ir funkcinės dekompozicijos lygmenyje – jie skiriasi tuo, jog yra aprašomi jau į techninę ir programinę įrangą išskaidytiems komponentams. Diegimo lygmenyje yra apibrėžiami elektroniniai valdymo blokai, kur kai kurie techninės ar programinės įrangos komponentai turi bendrauti tarp

skirtingų blokų, tad atsiranda komunikacija tinklu. Tai reiškia, kad esant reikalui, yra patikslinami reikalavimai, kad atitiktų tokios komunikacijos poreikį. Taip pat atsižvelgiama į tokias ypatybes kaip operacinė sistema.

Anot autorių, kuriant architektūrinius artefaktus sistemos lygmenyje, yra sutelkiamas dėmesys tik į sistemos sąsajas su išoriniu pasauliu. Funkcinės dekompozicijos lygmenyje sistema yra išskaidoma į aiškius funkcinis komponentus ir atvaizduojami jų ryšiai bei sąsajos, o techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmenyje šie komponentai yra atvaizduojami panašiai, bet jau atsižvelgiant, kam priklauso komponentas. Diegimo lygmenyje yra atvaizduojami aukštesnio lygmens komponentai jau į elektroninius valdymo blokus, kur komponentų, esančių skirtinguose blokuose jungtys atvaizduojamos fizine jungtimi.

3 lentelėje yra pateikiami būdai, kuriais galima modeliuoti COSMOD-RE artefaktus.

3 lentelė. Šaltinyje rekomenduojami COSMOD-RE artefaktų modeliavimo būdai [Poh10]

Artefaktas	Modeliavimo būdas
Tikslai	AND/OR grafai, KAOS tikslų diagrama
Scenarijai	Sekų diagrama, panaudos atvejų diagrama
Sprendimų reikalavimai	Tekstas, duomenų srautų diagrama, klasių diagrama, būsenų diagrama
Architektūriniai artefaktai	Architektūros aprašymo kalba, palaikanti komponentų, sąsajų ir jungčių modeliavimą

4.1.3. COSMOD-RE specifikavimo procesas

Autoriai išskiria tris lygiagretaus kūrimo procesus, kur kiekvienas iš jų sutelkia dėmesį į artefaktų apibrėžimą dvejimms abstrakcijos lygmenims vienu metu [PS09].

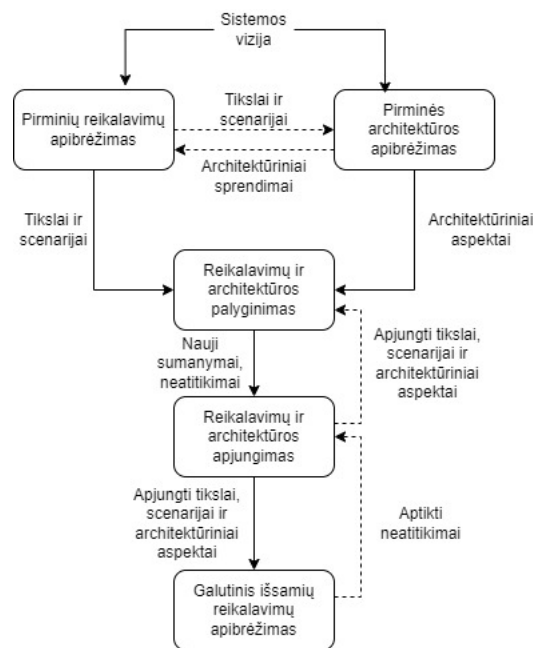
1. Sistemos lygio lygiagretus kūrimas – šiame lygyje yra apibrėžiami visi sistemos lygmens artefaktai: tikslai, scenarijai, reikalavimai, architektūra, ir dalis funkcinės dekompozicijos lygmens artefaktų: tikslai, scenarijai, architektūra. Čia funkcinės dekompozicijos lygmens artefaktai nėra galutinai apibrėžiami, tai yra tik pirminė informacija, kad vėlesnių procesų metu būtų išlaikomas vientisumas tarp abstrakcijos sluoksnių.
2. Funkcinio lygio lygiagretus kūrimas – šiame lygyje yra galutinai apibrėžiami tikslai, scenarijai ir architektūra, naudojantis informacija iš ankstesnio proceso bei reikalavimai. Taip pat yra aprašomi preliminarūs programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmens tikslai, scenarijai bei architektūra.
3. Programinės–techninės įrangos lygio lygiagretus kūrimas – šiame lygyje yra galutinai apibrėžiami tikslai, scenarijai ir architektūra, naudojantis informacija iš ankstesnio proceso, bei reikalavimai. Taip pat yra aprašomi preliminarūs diegimo lygmens tikslai, scenarijai bei architektūra. Po to, kai jie yra užbaigti, yra aprašomi diegimo reikalavimai.

Taigi, vienam lygmeniui yra apibrėžiami galutiniai artefaktai, o antram – preliminarūs. Po preliminarinių artefaktų patikslinimo gali tekti pakoreguoti ankstesnių procesų metų apibrėžtus artefaktus. Tai gali būti daroma iš naujo atliekant ankstesnį procesą [Poh10]. Šitaip yra užtikrinamas informa-

cijos vientisumas. Procesus taip pat galima atlikti paraleliai, jei yra pakankamai informacijos apie reikiamą lygmenį.

Anot autorių, kiekvieno šių procesų metu atliekamus veiksmus galima apibūdinti dar išsamiau šiais penkiais procesais (žr. 7 pav.) [PS09]:

1. Pirminių reikalavimų apibrėžimas – pirmajame bendro vystymo proceso lygmenyje yra aprašomi pirminiai tikslai, scenarijai.
2. Pirminės architektūros apibrėžimas – antrajame bendro vystymo proceso lygmenyje yra aprašomi architektūriniai aspektai.
3. Reikalavimų ir architektūros palyginimas – atsižvelgiant į pirminę antrojo lygmens architektūrą, apibrėžiami antrojo lygmens tikslai ir scenarijai, ir tada palyginamas reikalavimų ir architektūros vientisumas.
4. Reikalavimų ir architektūros apjungimas – radus neatitikimų ar iškilus naujiems reikalavimams, yra iš naujo susiejami abiejų procesų reikalavimai ir architektūros.
5. Galutinis išsamių reikalavimų apibrėžimas – kai yra atliktas reikiamas kiekis ankstesnių procesų ir gautieji tikslai, scenarijai bei architektūra yra pakankamai vientisi ir tikslūs, yra apibrėžiami galutiniai reikalavimai lygmeniui.

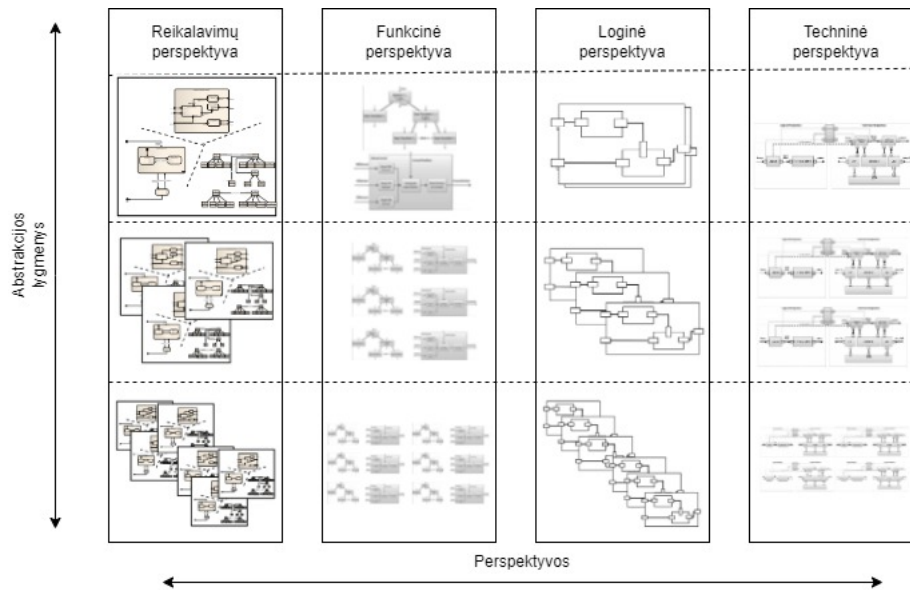


7 pav. Procesų eigos diagrama

4.2. Specifikavimas pagal SPES 2020

Klaus Pohl, Harald Hönninger, Reinhold Achatz ir Manfred Broy knygoje „Model-Based Engineering of Embedded Systems: The SPES 2020 Methodology“ [PHA⁺12] pristato įterptinių sistemų specifikavimo metodą, „Software Platform Embedded Systems 2020“ (SPES 2020), kuris remiasi modeliais grįsta inžinerija (angl. *model-based engineering*), sistemos skaidymu bei problemos sprendimo naudojant įterptinę sistemą principu, atsižvelgiant į tai, kokiai pritaikymo sričiai priklauso specifikuojama sistema – automatizavimo, automobilių, aviacijos, energetikos

arba sveikatos apsaugos sričiai. Autoriai teigia, kad įterptinių sistemų sudėtingumas vis dides – bus sujungiami skirtingi tinklai, sistemos dalys bus įgyvendinamos skirtingais techniniais metodais, o paminėtose pramonės srityse sistemoms yra taikomi vis kitokie apribojimai ir jos veikia skirtinguose kontekstuose. Į tai atsižvelgiant, reikia užtikrinti lengvą specifikacijos suprantamumą, validacijos tarp reikalavimų ir architektūros galimybę bei struktūrizuoto kūrimo proceso, leidžiančio apibrėžti ta pačią sistemos ypatybę skirtingais detalumo lygiais [PHA⁺12]. SPES 2020 metodas tai leidžia padaryti modeliuojant sistemos elementus skirtinguose abstrakcijos lygmenyse, kurių kiekis priklauso nuo pramonės srities, ir naudojant skirtingų perspektyvų (angl. *viewpoint*) specifikacijos gaires (žr. 8 pav.).



8 pav. Pagrindinės SPES 2020 metodo dalys [PHA⁺12]

Kiekviename abstrakcijos lygmenyje sutelkiamas dėmesys tik į tam lygmeniui aktualią problemą ir, mažėjant abstrakcijai, detalizuojamas artefaktas, išlaikant jo esmę.

4.2.1. SPES 2020 perspektyvų rūšys

Autoriai apibrėžia keturias SPES 2020 metodo perspektyvų rūšis [PHA⁺12]:

1. Reikalavimų perspektyva.
2. Funkcinė perspektyva.
3. Loginė perspektyva.
4. Techninė perspektyva.

Reikalavimų perspektyvos tikslą autoriai nurodo kaip sistemos reikalavimų specifikavimą, pasitelkiant keturis skirtingus artefaktus [PHA⁺12]:

1. Kontekstas. Šis artefaktas nenusako jokių sistemos ypatybių, tačiau apibūdina tai, kas gali daryti jai įtaką – veiksnius, paveikiančius sistemos kūrimo procesą ar pačią apimtį, pavyzdžiui šalies įstatymus ar konkrečią operacinę sistemą, kurią turės naudoti sistema. Tad kuriant konteksto modelį, sistema yra vaizduojama kaip juodoji dėžė ir stengiamasi

apibrėžti visus objektus, kurie turės kontaktą su sistema, jų teikiamus įeities duomenis ir sistemos jiems grąžinamus rezultatus.

2. Tikslai. Šis artefaktas apibūdina, ko iš sistemos tikisi suinteresuotos šalys, ką ji turės galėti atlikti. Tad tikslų modelyje gali atsirasti tokių tikslų, kurie bus vienas kitam prieštaringi, ir nebus įmanoma jų visų įgyvendinti. Taip pat autoriai išskiria konkrečius tikslus (angl. *hard goal*), kurie yra arba visiškai įgyvendinami, arba neįgyvendinami, ir nekonkrečius tikslus (angl. *soft goal*), kurie gali būti įgyvendinami dalinai [PHA⁺12].
3. Scenarijai. Šis artefaktas vaizduoja sistemos panaudojimo atvejus apibrėžtame kontekste, kur kiekvienas toks atvejis būtinai įgyvendina nors vieną iš apibrėžtų tikslų. Kuriant scenarijų modelį, sistema yra vaizduojama kaip juodoji dėžė ir yra apibrėžiami kelių rūšių scenarijai – pagrindiniai, kurie atitinka įprastą tikslo siekimą, alternatyvūs, kurie atitinka papildomus tikslo siekimo būdus ir išimčių, kurie apibūdina, kaip sistema elgsis, kai tikslo įgyvendinti nepavyks.
4. Sprendimų reikalavimai. Šis artefaktas apibūdina sistemos elgesį. Reikalavimus sudaro struktūrinių reikalavimų modelis, veikimo reikalavimų modelis ir elgesio reikalavimų modelis. Struktūrinių reikalavimų modeliu vaizduojama, kokia informacija keičiasi sistema su konteksto objektais [PHA⁺12]. Veikimo reikalavimų modeliu vaizduojamos funkcijos, sąsajos ir įeitys bei rezultatai, reikalingi įgyvendinti apibrėžtiems tikslams apibrėžtuose scenarijuose [PHA⁺12]. Elgesio reikalavimų modeliu vaizduojamos sąlygos, kurios turi būti įgyvendintos prieš sistemai atliekant kurį nors veiksmą, arba po veiksmo atlikimo [PHA⁺12].

Modeliavimo būdus, kuriuos autoriai siūlo naudoti šiems artefaktams, galima matyti 4 lentelėje.

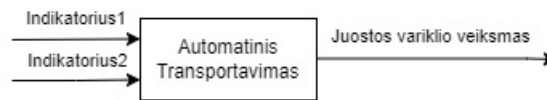
4 lentelė. Šaltinyje rekomenduojami SPES 2020 artefaktų modeliavimo būdai [PHA⁺12]

Artefaktas	Modeliavimo būdas
Kontekstas	SysML blokų aprašų diagrama (angl. <i>Block Definition Diagram</i>), SysML vidinė blokų diagrama (angl. <i>Internal Block Diagram</i>)
Tikslai	AND/OR grafai, KAOS tikslų diagrama, SysML reikalavimų diagrama, i* diagrama
Scenarijai	SysML sekų diagrama, ITU pranešimų sekų diagrama
Sprendimų reikalavimai	SysML blokų aprašų diagrama, SysML veiksmų diagrama, SysML būsenų diagrama

Funkcinės perspektyvos tikslą autoriai nurodo kaip reikalavimų perspektyvoje apibrėžtų reikalavimų atvaizdavimą į sistemos atliekamas funkcijas ir jų abstraktų įgyvendinimą. Tai yra atliekama sukuriant juodos ir baltos dėžės modelius.

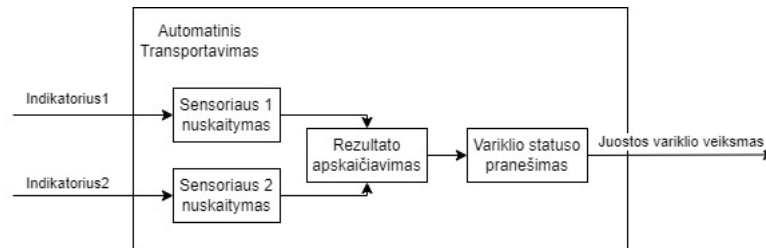
Juodos dėžės modelyje yra nurodomos funkcijos sąsajos, galimos įeities reikšmės ir rezultatai. Situaciją galima iliustruoti transportavimo juostos veikimo pavyzdžiu [PHA⁺12] (žr. 9 pav.). Yra nurodomi du funkcijos įeities kanalai, kad būtų galima atskirti, objektas yra juostos pradžioje ar gale. Objektui esant gale, juostos variklis išjungiamas, kitu atveju – įjungiamas. Taip yra

įgyvendinamas reikalavimas, kad variklis veiks tik tuo atveju, jeigu nėra objekto juostos gale, bet yra pradžioje.



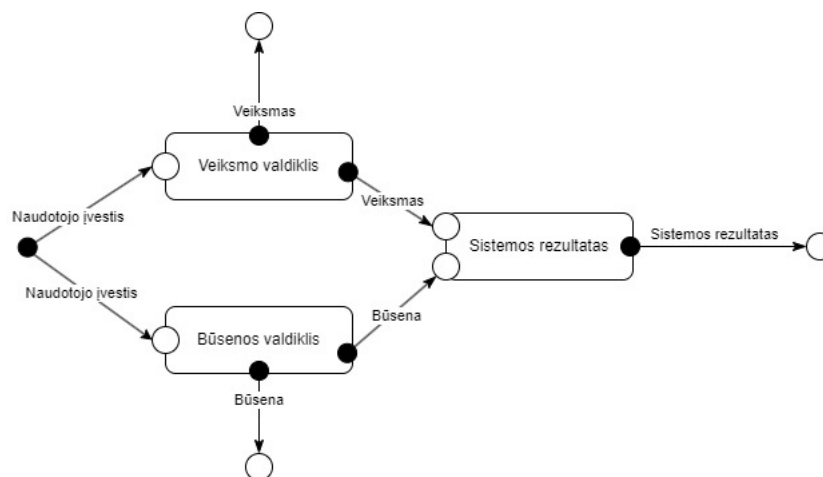
9 pav. Transportavimo funkcijos juodos dėžės modelis [PHA+12]

Baltos dėžės modelyje funkcija yra detalizuojama (žr. 10 pav.) – pateikiamas abstraktus išskaidymas į smulkesnes funkcijas, vaizduojantis dalį pagrindinės funkcijos įgyvendinimo.



10 pav. Transportavimo funkcijos baltos dėžės modelis [PHA+12]

Loginės perspektyvos tikslą autoriai nurodo kaip funkcijų atvaizdavimą į loginius komponentus ir loginių ryšių tarp jų nustatymą. Remiantis funkcinėje perspektyvoje apibrėžtais modeliais, yra galutinai nusprendžiama sistemos elgesio specifikacija, bet dar nėra užsimenama apie technines ypatybes. Autoriai pateikia naudotojo įvesties valdiklio loginio vaizdo pavyzdį, vaizduodami, kaip loginiai komponentai yra sujungiami (žr. 11 pav.). Šį loginį komponentą sudarantys smulkesni loginiai komponentai yra jungiami kanalais – jie dalinasi informacija naudodami įvesties ir rezultatų prievadais (angl. *port*).

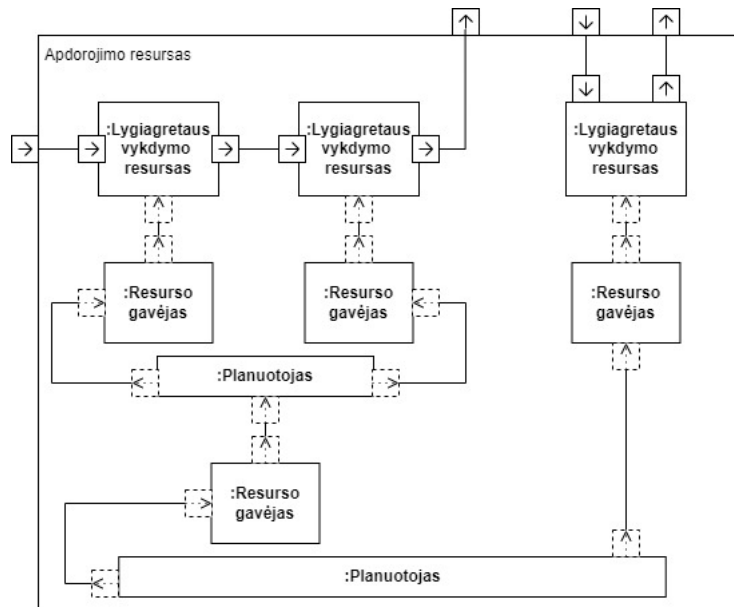


11 pav. Loginio komponento architektūra [PHA+12]

Turint tokį kiekvieno loginio komponento vaizdą, jau galima imituoti sistemos veikimą, nes architektūra nusako pilną elgesį.

Techninės perspektyvos tikslą autoriai nurodo kaip nuo jokios operacinės platformos nepriklausančius loginius komponentus pritaikyti konkrečiai fizinei veikimo aplinkai. Tai reiškia, jog yra

apibrėžiami elektroniniai valdymo blokai, kuriems yra priskiriami tam tikri loginiai komponentai, nusakomos techninės ypatybės. Dėl kai kurių techninių ypatybių, pavyzdžiui, nepakankamo procesoriaus pajėgumo ar lėto tinklo veikimo, gali atsirasti apribojimų. Juos lengviau pastebėti padeda autorių siūlomas būdas naudoti planuotojus (angl. *scheduler*). Tad po techninės įrangos apibrėžimo pagal tam tikrą planavimo strategiją, resursų gavėjams yra priskiriamas prioritetasis, į kurį atsižvelgiant atiduodama nustatyta resursų dalis. Šiam procesui atvaizduoti autoriai naudoja planavimo modelį (žr. 12 pav.), kuriame nurodo planuotoją, resursų gavėją ir lygiagrečius vykdytojus (angl. *concurrency resource*) – šis atitinka dalį paskirto resurso, naudojamo reikiamiems procesams.



12 pav. Resursų planavimo modelis [PHA⁺12]

Šis procesas gali būti vykdomas paskirstant apdorojimo (angl. *processing*) resursus, skaičiavimo resursus, kur lygiagrečius vykdytojus atitinka užduotį, kuriai reikės resurso, ar komunikacijos resursus, kur lygiagrečius vykdytojus yra resurso.

4.2.2. SPES 2020 abstrakcijos lygmenys

Autoriai SPES 2020 specifikavimo metodui neapibrėžia fiksuoto abstrakcijos lygmenų skaičiaus [PHA⁺12]. Jis yra priklausomas nuo srities, kuriai bus kuriama sistema. Kiekvienai iš perspektyvų kiekviename lygmenyje yra kuriami tokie patys artefaktai, tačiau priklausomai nuo lygmens, skiriasi artefaktų detalumas. „Pavyzdžiui, aviacijos srityje, galima rasti abstrakcijos lygmenis *lėktuvas, posistemė, po–posistemė, komponentas, vienetas*, o automobilių srityje, lygmenis *supersistema, sistema, posistemė* ir *techninės įrangos/programinės įrangos komponentas*“ [PHA⁺12].

4.2.3. SPES 2020 specifikavimo procesas

Autoriai kiekvienam SPES 2020 metodo abstrakcijos lygmeniui apibrėžia tokį patį perspektyvų artefaktų ir modelių kūrimo procesą – jie yra kuriami tik esamo lygmens apimtyje [PHA⁺12].

Pavyzdžiui, reikalavimų perspektyvoje jokie artefaktai nėra kuriami lygiagrečiai su kitų abstrakcijos lygmenų perspektyvų artefaktais. Jeigu jų kūrimo procesas nevyksta aukščiausios abstrakcijos lygmenyje, artefaktai priklauso nuo to, kaip buvo išskaidyti funkciniai ar loginiai komponentai aukštesniame lygmenyje – jie yra kuriami smulkesniam komponentui. Tad kiekviename lygmenyje yra apibrėžiamas kontekstas, tikslai, scenarijai ir sprendimų reikalavimai.

Funkcinėje ir loginėje perspektyvose modeliai yra kuriami panašiai. Funkcinės perspektyvos juodos ir baltos dėžės modeliai yra kuriami remiantis reikalavimų perspektyvoje sukurtais artefaktais, o loginėje perspektyvoje modeliai yra loginis funkcinų komponentų vaizdas. Tarp abstrakcijos lygmenų šie modeliai skiriasi tik tuo, jog žemesnėse abstrakcijose juose yra vaizduojami komponentai išskaidyti į mažesnes funkcijas.

Techninėje perspektyvoje, visų pirma, loginiai komponentai yra atitinkamai priskiriami fiziniams ir programiniams vienetams. Tada, pasitelkiant planuotojus ir atsižvelgiant į komponentų ypatybes, sudaromi resursų paskirstymo modeliai – aprašomos planavimo strategijos, resursų gavėjai ir reikiamos jungtys tarp jų.

4.2.4. SPES 2020 kokybės charakteristikos

Kiberfizinės sistemos dėl savo daugiadiscipliniškumo, veikimo skirtingose erdvėse ir naudojamų technologijų įvairovės tampa itin pažeidžiamos saugumo pavojų [YSN⁺20]. Dėl šių savybių, taip pat tampa aktualu užtikrinti ir jų veikimą realiu laiku. Visi komponentai turėtų veikti sinchronizuotai – kitu atveju, kyla pavojus, jog kritiškos žmogaus saugai sistemos, pavyzdžiui, medicinos, padarys klaidų. Kad būtų galima to išvengti, reikia saugumo ir realaus laiko veikimo aspektus įkomponuoti į modeliavimo procesą [PHA⁺12]. Autoriai SPES 2020 metodui apibrėžia šiuos du kokybės aspektus – saugumą ir veikimą realiu laiku.

Saugumą autoriai siūlo užtikrinti atliekant šiuos du veiksmus:

1. Analizuojant komponentus naudojant komponentų gedimų medžius (angl. *component fault trees*). Tai reiškia, kad kiekvienas sistemos komponentas yra atvaizduojamas komponentų gedimų medžiu – jame yra nurodomos visos galimos būsenos, kai komponentas padaro klaidą [KSA⁺18]. Tai gali atsitikti dėl gautų netinkamų įvesties duomenų ar netikėto ryšio praradimo su juos teikiančiu komponentu. Kai yra žinomos nesėkmės situacijos, galima lengviau analizuoti, kaip tai paveiks kitus komponentus, bendraujančius su jau paveiktu komponentu.
2. Tikrinant programinių komponentų saugumo reikalavimus prieš jų įdiegimą. Apibrėžiama, kokių saugumo taisyklių reikia komponentui, ir nustatoma, ar platforma, į kurią bus diegiamas komponentas, gali patenkinti šiuos reikalavimus.

Veikimą realiu laiku autoriai siūlo užtikrinti atliekant šiuos žingsnius:

1. Įkomponuojant realaus laiko reikalavimus į reikalavimų perspektyvos artefaktus. Tai yra atliekama tikslų, scenarijų ir reikalavimų modeliams. Kiekvienas realaus laiko reikalavimas yra susiejamas su nors vienu tikslu, ir kiekvienas tikslas turėtų būti tikslinamas bent

- viename scenarijuje. Taip pat yra lyginama viso scenarijaus ir jo atskirų dalių trukmė. Reikalavimų atveju, kiekvienas jų yra susiejamas su koku nors realaus laiko tikslu.
2. Modeliuojant realaus laiko reikalavimus techninėje perspektyvoje. Tai atliekama išplečiant resursų komponentus – jiems yra pridedami tokie atributai, kaip atminties delsos laikas (angl. *latency*), dydis, pralaidumas (angl. *bandwidth*).
 3. Sudarant laiko planus. Tai reiškia, kad atsižvelgiant į laiko reikalavimus, turėtų būti nuspręsta, koku laiko momentu operacinėms sistemoms būtų priskirti techniniai resursai.

4.3. COSMOD-RE ir SPES 2020 metodų palyginimas

Išanalizavus COSMOD-RE ir SPES 2020 metodus, galima palyginti jų ypatybes, išskyrus kokybės charakteristikas – COSMOD-RE metodui jos nėra išreikštinai apibrėžtos, tad galima tik apibendrinti SPES 2020 kokybės charakteristikas.

1. Abstrakcijos lygmenys. 5 lentelėje pateikiama, kokie abstrakcijos lygmenys yra apibrėžiami kiekvienam metodui. Abiem metodams yra apibrėžiami skirtingi abstrakcijos lygmenys, kuriems yra kuriami artefaktai ir mažėjant lygmeniui, didėja artefaktų detalumas. Tai padeda apimti sistemos funkcionalumus iš visų perspektyvų ir sumažinti neatitikimų galimybę [GAW14]. Tačiau, naudojant COSMOD-RE metodą, abstrakcijos lygmenų kiekis yra pastovus, o naudojant SPES 2020 – kintantis, priklausomai nuo srities, kuriai yra kuriama sistema. Kiberfizinė sistemų specifikavimo atveju, labiau tikėtų kintamo kiekio abstrakcijos lygmenys, nes kiekviena sfera gali turėti skirtingus apribojimus ar ypatybes kūrimo procese [PHA⁺12].

5 lentelė. Abstrakcijos lygmenys

COSMOD-RE abstrakcijos lygmenys	SPES 2020 abstrakcijos lygmenys
Sistemos lygmuo, funkcinės dekompozicijos lygmuo, techninės įrangos–programinės įrangos skaidymo lygmuo, diegimo lygmuo	Priklauso nuo sferos, kuriai kuriama sistema

2. Specifikuojami artefaktai. 6 lentelėje pateikiama, kokie artefaktai yra specifikuojami naudojant kiekvieną metodą. Abiem metodams yra apibrėžiami panašūs artefaktai. Tikslai, scenarijai, sprendimų reikalavimai ir architektūra yra bendri šiems metodams, tačiau SPES 2020 metodui dar yra apibrėžiamas kontekstas, kuris gali padėti validuoti reikalavimų taisyklumą [PHA⁺12]. Naudojant COSMOD-RE metodą, artefaktai yra priskiriami abstrakcijos lygmenims, o SPES 2020 – priskiriami perspektyvai abstrakcijos lygmenyje. Specifikuojant artefaktus, naudojant abu metodus, yra siekiama išlaikyti informacijos vientisumą, tad kai kurių iš jų artefaktų modeliai, turi būti būtinai susiję. Pavyzdžiui, modeliuojant scenarijus, kiekvienas jų turi įgyvendinti nors vieną tikslą ir atvirkščiai. Dažnai kiberfizinė sistemų artefaktų kūrimui yra naudojama SysML kalba, tačiau jos gali neužtekti norint pavaizduoti visas šių sistemų ypatybes. Ja galima sumažinti sistemos kompleksumą, paprasčiau apibrėžti sistemas susidedančias iš programinių ir techninių

komponentų, tačiau ši kalba neapima suinteresuotų šalių poreikių apibrėžimo [AAM23; KAC⁺17]. Tad abiejų metodų autoriai siūlo artefaktų kūrimui naudoti ne tik SysML kalbą. Pavyzdžiui, tikslų modeliavimui, galima naudoti tokias diagramas kaip AND/OR grafus arba KAOS tikslų diagramas. Jomis galima paprasčiau išreikšti kai kuriuos aspektus, pavyzdžiui, kaip vieno tikslų įgyvendinimas gali paveikti kitų tikslų įgyvendinimą, galima apibrėžti, kurie tikslai yra priešaringi vienas kitam [AAM23].

6 lentelė. Specifikuojami artefaktai

COSMOD-RE artefaktai	SPES 2020 artefaktai
Tikslai, scenarijai, sprendimų reikalavimai, architektūra	Kontekstas, tikslai, scenarijai, sprendimų reikalavimai, architektūra funkcinėi, loginei ir techninei perspektyvoms

3. Specifikavimo procesas. Metodai pasižymi skirtingais specifikavimo procesais. Naudojant COSMOD-RE metodą, tam tikri artefaktai skirtinguose abstrakcijos lygmenyse yra kuriami lygiagrečiai. Tai padeda geriau užtikrinti specifikacijų vientisumą, ypač tarp programinių ir fizinių komponentų [ZV18]. Naudojant SPES 2020 metodą, artefaktai yra kuriami nuosekliai kiekvienai perspektyvai ir nėra kuriami keliems abstrakcijos lygmenims vienu metu. Tai gali neigiamai paveikti vientisumą tarp abstrakcijos lygmenų.
4. Kokybės charakteristikos. SPES 2020 metodui yra apibrėžiami saugumo ir veikimo realaus laiku kokybės aspektai. Šios charakteristikos gali padėti kūrimo proceso metu užtikrinti sistemos atsparumą saugos pavojams ir su veiksmo atsako laiku susijusioms problemoms, kurios gali kilti dėl iš esmės sudėtingos kibernetinių sistemų sudėties.

Taigi, atlikus palyginimą galima matyti, į ką reiktų atsižvelgti renkantis kibernetinės sistemos specifikavimo metodą:

1. Specifikavimo metodas turėtų apibrėžti abstrakcijos lygmenis, kad būtų supaprastinamas sistemos vaizdas ir atsižvelgiama į atitinkamos abstrakcijos ypatybes ar apribojimus.
2. Specifikavimo metodas turėtų apibrėžti artefaktus, kurie būtų susiję su suinteresuotų šalių poreikiais, sistemos elgesiu ir architektūra.
3. Specifikavimo metodas turėtų sulygiagretinti tam tikrų artefaktų kūrimą, kad būtų sumažintas neatitikimų kiekis tarp pačių artefaktų ir abstrakcijos lygmenų.
4. Turėtų būti atsižvelgiama į kokybės charakteristikas, kaip saugumas ar veikimas realiu laiku, nes jų trūkumas gali kelti pavojų sistemos naudotojams ateityje.

Ir COSMOD-RE, ir SPES 2020 metodas atitinka didžiąją dalį šių požymių, tačiau COSMOD-RE yra tinkamesnis metodas sistemos specifikavimui – jis siūlo artefaktų kūrimo procesą sulygiagretinimą, kuris padeda užtikrinti sistemos vientisumą. Jeigu sistemoje būtų neatitikimų tarp jos dalių, tai ženkliai pasunkintų tokių savybių kaip veikimo realiu laiku ar saugumo užtikrinimą.

5. Išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemos specifikavimas ir projektavimas

Rekomenduotas COSMOD-RE specifikavimo metodas praktiškai pritaikytas specifikuojant išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą.

Oro kondicionavimo/šildymo sistemos padeda užtikrinti patalpų vidaus oro kokybę, energijos vartojimo efektyvumą ir patalpoje esančių žmonių komfortą [EUM⁺24], o norint tai įgyvendinti, reikia užtikrinti sklandų šių sistemų kūrimo procesą. Poreikis šioms sistemoms didėja ir dėl klimato kaitos, atsiranda naujų reikalavimų, kad jos gebėtų prisitaikyti prie kintančių temperatūrų ekstremumų ir išlaikytų energijos efektyvumą [EUM⁺24].

Taigi, remiantis COSMOD-RE specifikavimo metodo autorių pasiūlytu specifikavimo procesu ir įrankiais, buvo specifikuota išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistema. Specifikavimui panaudota natūrali kalba, koncepcinio modeliavimo įrankiai.

5.1. Pirmasis etapas – sistemos lygio lygiagretus kūrimas

Pirmasis proceso etapas apima artefaktų kūrimą dviems abstrakcijos lygmenims – visų sistemos lygmens ir dalies funkcinės dekompozicijos lygmens artefaktų kūrimą. Tad šiame žingsnyje yra apibrėžiami visi sistemos lygmens artefaktai: tikslai, scenarijai, reikalavimai, architektūra, ir dalis funkcinės dekompozicijos lygmens artefaktų: tikslai, scenarijai, architektūra.

5.1.1. Tikslų modelis sistemos lygmenyje

Tikslų aprašymui galima naudoti natūralią kalbą, AND/OR grafus, i* diagramas arba KAOS tikslų modeliavimo metodą. Tačiau specifikavimo metodo autoriai rekomenduoja ir aprašyti tikslus natūralia kalba, ir pasitelkti vieną iš modeliavimo metodų, kad būtų pagerintas suprantamumas.

Specifikuojamai sistemai labiausiai tinka KAOS modeliavimo metodas – AND/OR grafai nesuteikia galimybės modeliuoti aktorių, o i* kalboje agentai dažniausiai yra siejami su suinteresuotomis šalimis [Poh10]. Tuo tarpu KAOS kalboje aktoriai gali būti ir žmonės, ir sistemos komponentai.

Išskirtas pagrindinis tikslas – sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą.

Remiantis P. A. Laplante knygoje „Requirements Engineering for Software and Systems“ išskirtomis funkcijomis, kuriomis turėtų pasižymėti išmaniojo namo oro kondicionavimo/šildymo sistema [Lap09], parašyti tokie konkretieji tikslai (angl. *hard goals*):

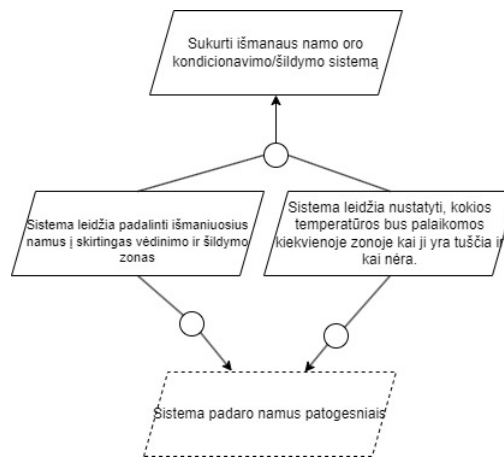
1. Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas.
2. Sistema leidžia nustatyti, kokios temperatūros bus palaikomos kiekvienoje zonoje kai ji yra tuščia ir kai nėra.
3. Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje.
4. Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros.
5. Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių.

6. Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą.
7. Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro.

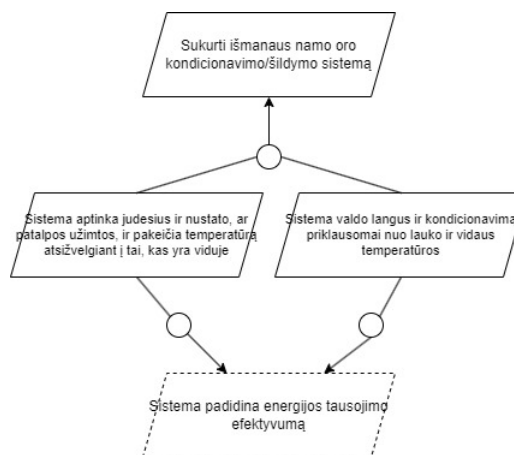
Šie konkretieji tikslai taip pat daro įtaką nekonkrečioms tikslams (angl. *soft goals*), kurie apibūdina kokybinius poreikius:

1. Padaryti namus patogesnius.
2. Padidinti energijos tausojimo efektyvumą.
3. Padėti išvengti savų komponentų gedimų.

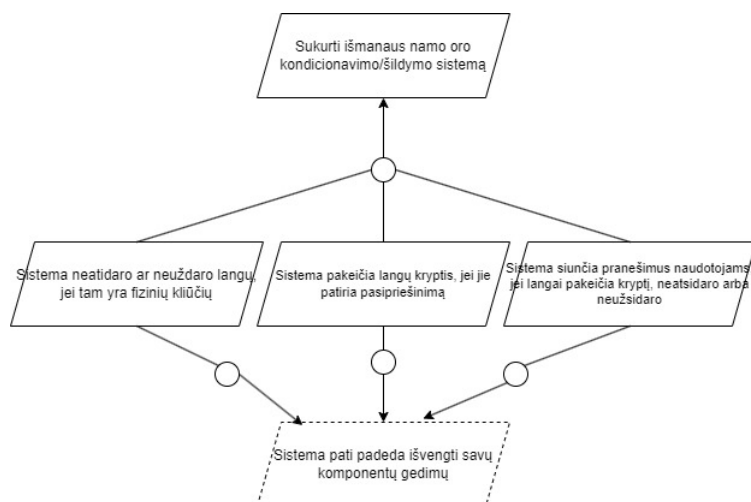
Visi šie tikslai yra pavaizduoti naudojant KAOS tikslų diagramą, išskiriant juos pagal tai, su kokiais kokybiniais poreikiais jie susiję, siekiant pagerinti diagramos skaitomumą. Tikslus, kurie apibūdina poreikį padaryti namus patogesnius, galima pamatyti 13 pav. Tikslai, apibūdinantys poreikį padidinti energijos tausojimo efektyvumą – 14 pav. Tikslai, susiję su poreikiu padėti išvengti savų komponentų gedimo – 15 pav.



13 pav. Tikslai, kurie apibūdina poreikį padaryti namus patogesnius



14 pav. Tikslai, apibūdinantys poreikį padidinti energijos tausojimo efektyvumą



15 pav. Tikslai, susiję su poreikiu padėti išvengti savų komponentų gedimo

Kiekvienas iš šių tikslų yra aprašytas detaliau, naudojantis autorių siūlomu šablonu (žiūrėti Priedą nr. 1).

Visi tikslai yra apibūdinti kaip priklausantys sistemos lygmeniui, apimantys oro kondicionavimą/šildymo sistemą. Tikslai T1 (žr. 7 lentelę), T2 (žr. 8 lentelę), T3 (žr. 9 lentelę), T4 (žr. 10 lentelę), T5 (žr. 11 lentelę), T6 (žr. 12 lentelę), T7 (žr. 13 lentelę), T8 (žr. 14 lentelę) yra apibūdinti kaip konkretieji, nes jie yra arba įgyvendinami, arba ne, o tikslai T9 (žr. 15 lentelę), T10 (žr. 16 lentelę) ir T11 (žr. 17 lentelę) yra apibūdinti kaip nekonkretieji, nes gali būti įgyvendinti dalinai.

Pagrindinis tikslas – „Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą“ – yra atsakingas už suinteresuotų šalių poreikių įgyvendinimą ir yra susijęs su visais scenarijais, Nei vienas iš tikslų, išskyrus pagrindinį tikslą, neturi dalinių tikslų. Nei vienas iš tikslų neturi prieštaringų tikslų, kurie trukdytų vieni kitų įgyvendinimui. Visi tikslai turi bent po vieną su jais susijusį scenarijų.

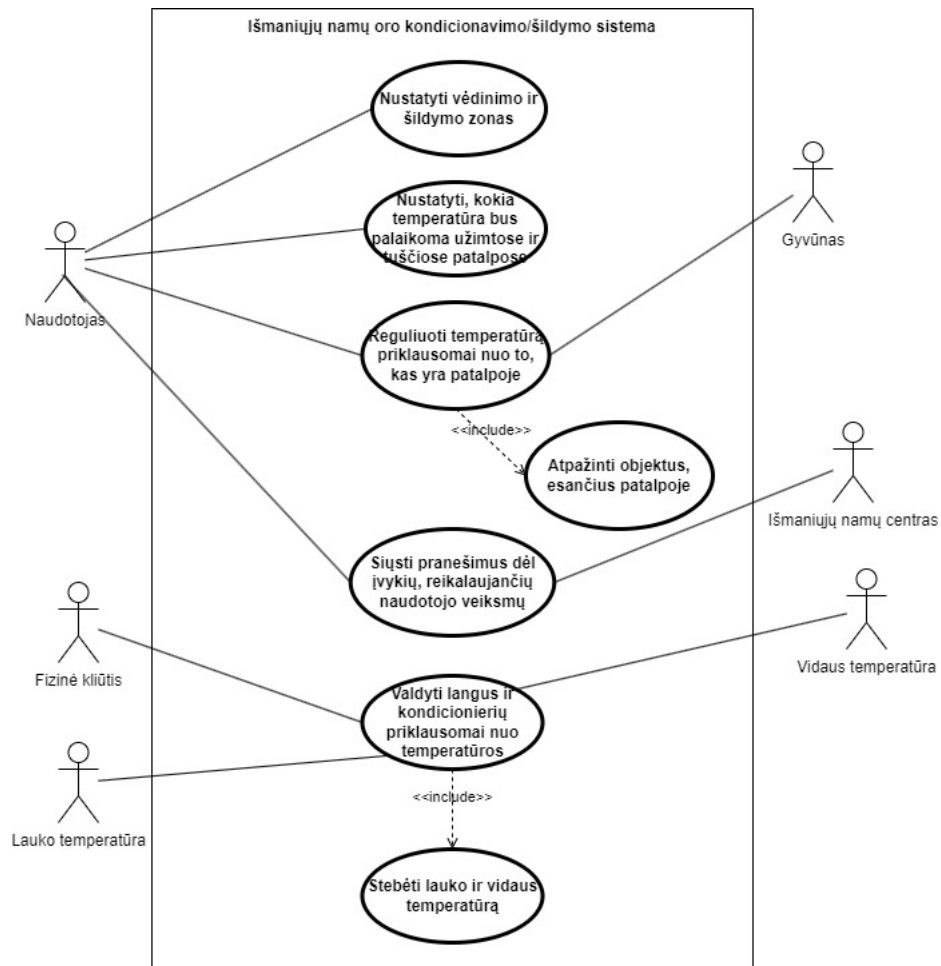
5.1.2. Scenarijų modelis sistemos lygmenyje

Remiantis tikslais buvo išskirti išoriniai aktoriai, sistemos naudojimo atvejai ir scenarijai. Identifikuoti tokie išoriniai aktoriai ir su jais susiję tikslai:

1. Naudotojas (žmogus) – oro kondicionavimo/šildymo sistema leidžia naudotojui sukongūruoti namų zonas ir nustatyti fiksuotas temperatūras. Sistema taip pat stebi, ar patalpose yra naudotojų, kad galėtų pakeisti temperatūrą. Taip įgyvendinami tikslai:
 - Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas.
 - Sistema leidžia nustatyti, kokios temperatūros bus palaikomos kiekvienoje zonoje kai ji yra tuščia ir kai nėra.
 - Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje.
2. Gyvūnas – sistema naudodama sensorius atpažįsta, ar patalpoje yra gyvūnas, ir pakeičia temperatūrą:

- Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje
3. Išmaniųjų namų centras (angl. *Smart Home Hub*) – sistema komunikuoja su išmaniųjų namų centru, kad galėtų siųsti pranešimus naudotojams ir įgyvendintų tikslus:
 - Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro.
 4. Vidaus temperatūra – sistema sensoriais stebi vidaus temperatūrą, kad būtų galima nustatyti, ar reikia uždaryti langus:
 - Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros.
 5. Lauko temperatūra – sistema sensoriais stebi lauko temperatūrą, kad būtų galima nustatyti, ar reikia atidaryti langus:
 - Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros.
 6. Fizinė kliūtis – sistema komunikuoja su sensoriais siekiant aptikti bet kokias galimas kliūtis, kurios trukdytų atidaryti arba uždaryti langus, arba jeigu jos atsirastų jau atliekant veiksmą. Taip įgyvendinami tikslai:
 - Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių.
 - Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą.

Taip pat buvo apibrėžti sistemos naudojimo atvejai, naudojant UML naudojimo atvejų diagramą (angl. *use case diagram*) – pavaizduota, kaip sistema bendrauja su išoriniais aktoriais (žr. 16 pav.).



16 pav. Naudojimo atvejai sistemos lygmenyje

Turint naudojimo atvejų sąrašą, autoriai rekomenduoja kiekvieną jų aprašyti naudojantis jų pasiūlytu naudojimo atvejų aprašymo šablonu, kuris pagerina suprantamumą suinteresuotoms šalims. Išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemai buvo apibrėžta, kokias įvestis priima ir kokius rezultatus grąžina sistema, nurodant pagrindinius, alternatyvius ir nesėkmės scenarijus. Kiekvienam atvejui taip pat sukurta UML sekos diagrama, kur galima detaliau apžvelgti kiekvieną scenarijų, bet nesigilinant į vidinių sistemos komponentų veikimą:

1. Scenarijaus „Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“ aprašymas (žr. 37 lentelę) ir sekos diagrama (žr. 72 pav.).

Pirmasis scenarijus yra susijęs su tikslu „Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas“. Kad jis būtų įgyvendintas, naudotojas turi sistemoje pasirinkti funkciją, kuri leidžia padalinti išmaniuosius namus į vėdinimo ir šildymo zonas. Naudotojas pateikia savo pasirinkimą ir gauna pranešimą iš sistemos, jeigu pasirinkime yra patalpų, kurios priskirtos dviem zonoms vienu metu. Jeigu pasirinkime viskas gerai, pranešama apie sėkmingą konfigūracijos išsaugojimą.

2. Scenarijaus „Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“ aprašymas (žr. 38 lentelę) ir sekos diagrama (žr. 73 pav.).

Antrasis scenarijus yra susijęs su tikslu „Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas“.

Naudotojas turi sistemoje pasirinkti funkciją, kuri leidžia pasirinkti, kokios temperatūros bus palaikomos kiekvienoje zonoje, kai patalpa yra tuščia arba užimta. Naudotojas pateikia savo pasirinkimą ir gauna pranešimą iš sistemos, jeigu pasirinkime yra patalpų, kurioms nebuvo parinkta temperatūra. Jeigu pasirinkime viskas gerai, pranešama apie sėkmingą konfigūracijos išsaugojimą.

3. Scenarijaus „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas (žr. 39 lentelę) ir sekos diagrama (žr. 74 pav.).

Trečiasis scenarijus yra susijęs su tikslu „Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje“. Kad jis būtų įgyvendintas, sistema geba atskirti, koks objektas įžengė į patalpą arba iš jos išėjo. Patalpoje esant žmogui, sistema palaiko konfigūracijoje numatytą temperatūrą. Jeigu patalpoje yra gyvūnas, palaikoma jam saugi temperatūra. Jeigu patalpoje yra ir žmogus, ir gyvūnas, palaikoma žmogui patogi ir gyvūnui saugi temperatūra. Kai patalpoje nieko nėra, palaikoma konfigūracijoje numatyta fiksuota temperatūra.

4. Scenarijaus „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas (žr. 40 lentelę) ir sekos diagrama (žr. 75 pav.).

Ketvirtasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros“, „Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių“ ir „Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą“. Kad šie tikslai būtų įgyvendinti, sistema stebi vidaus ir lauko oro temperatūrą. Kai lauke temperatūra tampa žemesnė nei viduje, sistema ieško kliūčių, kurios trukdytų langų atidarymui. Jei tokių yra, sistema langų neatidaro. Jeigu kliūčių nebuvo, yra pradedama atidaryti langus. Viso proceso metu yra ieškoma kliūčių, ir jei atidarymo metu jų randama, sistema grąžina langus į pradinę padėtį. Jei pavyko langus sėkmingai atidaryti, išjungiamas kondicionavimas.

Kai viduje temperatūra tampa žemesnė nei numatyta, sistema ieško kliūčių, kurios trukdytų langų uždarymui. Jei tokių yra, sistema langų neuždaro. Jeigu kliūčių nebuvo, yra pradedama uždaryti langus. Viso proceso metu yra ieškoma kliūčių, ir jei uždarymo metu jų randama, sistema grąžina langus į pradinę padėtį. Jei pavyko langus sėkmingai uždaryti, sistemos aktuatoriai pakelia temperatūrą iki numatytosios ir toliau ją palaiko.

5. Scenarijaus „Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“ aprašymas (žr. 41 lentelę) ir sekos diagrama (žr. 76 pav.).

Penktasis scenarijus yra susijęs su tikslu „Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro“. Kad šis tikslas būtų įgyvendintas, sistema, įvykus scenarijui, kai teko pakeisti langų judėjimo kryptį, jų nepavyko visai atidaryti ar uždaryti, perduoda šią informaciją išmaniųjų namų centrui, kuris nukreipia pranešimą naudotojui.

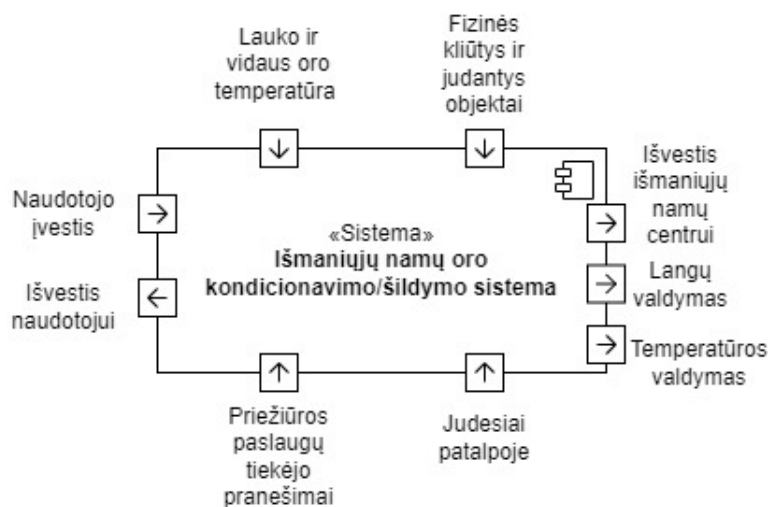
Kiekvienas iš tikslų yra susijęs su nors vienu naudojimo atveju, ir atvirkščiai.

5.1.3. Architektūros modelis sistemos lygmenyje

Sistemos lygio architektūros modelis yra pateikiamas juodos dėžės principu, kur galima matyti tik įvestį ir rezultatą (žr. 17 pav.).

Identifikuotos sąsajos, reikalingos įgyvendinti tikslams ar realizuoti scenarijams:

1. Naudotojo įvestis – apima naudotojo norimo skirstymo į zonas, zonų temperatūros ir fiksuotos temperatūros konfigūracijos priėmimą.
2. Išvestis naudotojui – apima pranešimų siuntimą naudotojui dėl langų krypties keitimo, pranešimus naudotojams dėl netinkamai priskirtų zonų ar temperatūrų.
3. Lauko ir vidaus oro temperatūra – per šią sąsają sistema gauna informaciją apie lauko ir vidaus oro temperatūrą.
4. Fizinės kliūtys ir judantys objektai – naudojant per šią sąsają gautą informaciją, sistema apskaičiuoja, ar kliūtis trukdys langų judėjimui ir klasifikuoja objektus patalpoje.
5. Judesiai patalpoje – naudojant per šią sąsają gautą informaciją sistema apskaičiuoja, ar patalpa yra užimta.
6. Išvestis išmaniųjų namų centrui – per šią sąsają sistema perduoda pranešimus išmaniųjų namų centrui.
7. Temperatūros valdymas, langų valdymas – per šią sąsają sistema atidarys arba uždarys langus, palaikys tinkamą temperatūrą.



17 pav. Architektūra sistemos lygmenyje

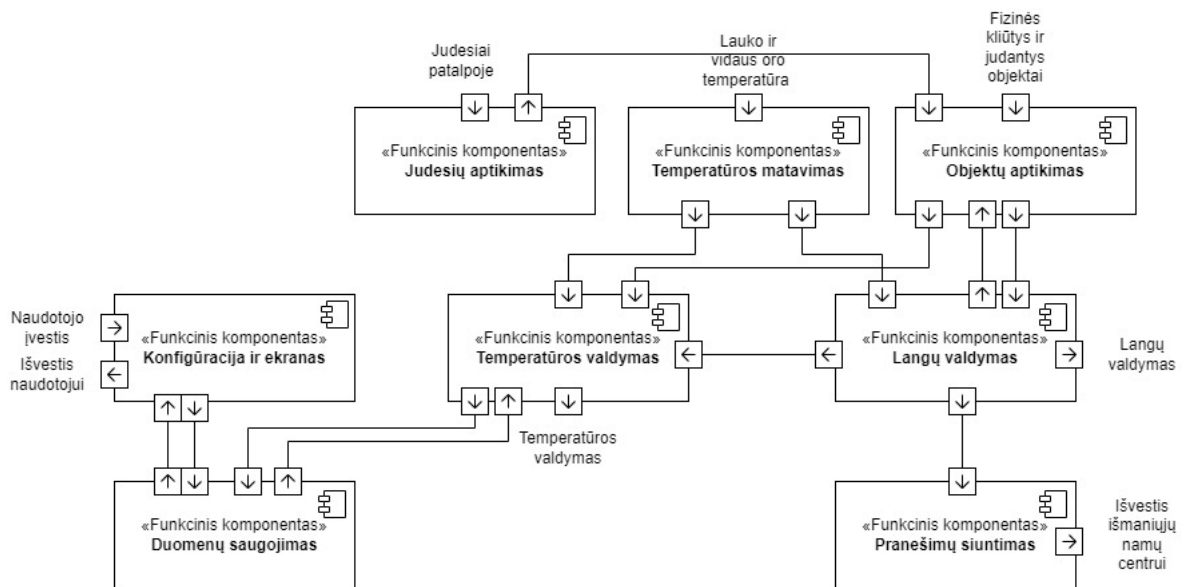
5.1.4. Architektūros modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje

Šiame architektūros modelyje – komponentų diagramoje (žr. 18 pav.) yra vaizduojamos sistemos funkcionalumą dalys ir komunikacijos jungtys tarp jų, bet dar nėra aprašytos konkrečios naudojamos technologijos. Modelyje yra nurodyta, kurie komponentai yra susiję su sistemos lygmens architektūros modelyje nurodytomis sąsajomis. Identifikuoti funkciniai komponentai:

1. Konfigūracija ir ekranas – šis komponentas yra atsakingas už naudotojo įvesties – zonų arba temperatūros pasirinkimų – priėmimą ir pranešimą, ar naudotojo įvestis buvo teisinga.

Komponentas komunikuoja su duomenų saugojimo komponentu, kai reikia perduoti informaciją apie konfigūraciją.

2. Judesių aptikimas - komponentas yra atsakingas už gyvų objektų judesių aptikimą patalpoje. Informacija apie aptiktus objektus yra perduodama objektų aptikimo komponentui.
3. Temperatūros matavimas - komponentas yra atsakingas už lauko ir vidaus temperatūros stebėjimą. Informacija apie temperatūrą viduje ir lauke yra perduodama langų valdymo komponentui, o informacija apie vidaus temperatūrą yra perduodama temperatūros valdymo komponentui.
4. Objektų aptikimas - komponentas yra atsakingas už informacijos apie objektus patalpoje išgavimą ir fizinių kliūčių aptikimą aplink langus. Informacija apie aptiktus objektus yra perduodama temperatūros valdymo ir langų valdymo komponentui, kur ji yra apdorojama ir naudojama valdymo sprendimams priimti.
5. Temperatūros valdymas - Šis komponentas yra atsakingas už sprendimus, kokią temperatūrą reikia palaikyti patalpoje. Priima duomenis iš temperatūros matavimo ir objektų aptikimo komponentų. Priima signalą iš langų valdymo komponento, kai reikia įjungti/išjungti kondicionavimą, jei buvo uždarytas arba atidarytas langas. Kreipiasi į duomenų saugojimo komponentą, kai reikia pasiekti informaciją apie naudotojo išsaugotą konfigūraciją ir priima suteiktus duomenis.
6. Langų valdymas - šis komponentas yra atsakingas už sprendimą, ar reikia atidaryti arba uždaryti langus patalpoje, remiantis temperatūros matavimo komponento duomenimis. Taip pat komponentas yra atsakingas už apskaičiavimą, ar galima uždaryti arba atidaryti langus, arba pakeisti jų kryptį, remiantis objektų aptikimo komponento duomenimis. Sprendimas yra perduodamas aktuatoriams. Priima duomenis iš temperatūros matavimo ir objektų aptikimo komponento. Komunikuoja su pranešimų siuntimo komponentu, kai langai pakeičia kryptį arba negalima jų atidaryti ar uždaryti.
7. Duomenų saugojimas - komponentas yra atsakingas už informacijos, kurią pateikė naudotojas konfigūracijos ir ekrano komponente, saugojimą. Komunikuoja su temperatūros valdymo komponentu, kai šią informaciją reikia perduoti.
8. Pranešimų siuntimas - šis komponentas yra atsakingas už komponentų atnaujinimų pranešimų perdavimą išmaniųjų namų centrui. Priima duomenis iš langų valdymo komponento.



18 pav. Architektūra funkcinės dekompozicijos lygmenyje

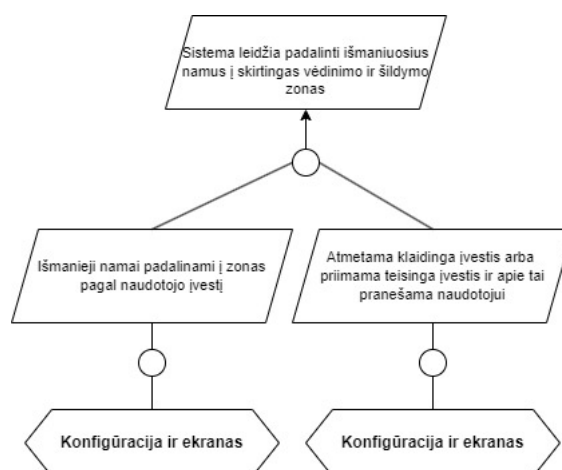
5.1.5. Tikslų modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje

Tikslų modelyje funkcinės dekompozicijos lygmenyje, jei reikėjo, buvo tikslinami sistemos lygmenyje apibrėžti tikslai. Tikslai buvo tikslinami tol, kol buvo galima priskirti po vieną už jų įgyvendinimą atsakingą funkcinį komponentą.

Tikslas T2 „Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas“ buvo išskirtas į du smulkesnius tikslus (žr. 19 pav):

- T2.1 (žr. 18 lentelę) – Išmanieji namai padalinami į zonas pagal naudotojo įvestį.
- T2.2 (žr. 19 lentelę) – Atmetama klaidinga įvestis arba priimama teisinga įvestis ir apie tai pranešama naudotojui.

Už abiejų tikslų įgyvendinimą yra atsakingas komponentas „Konfigūracija ir ekranas“.

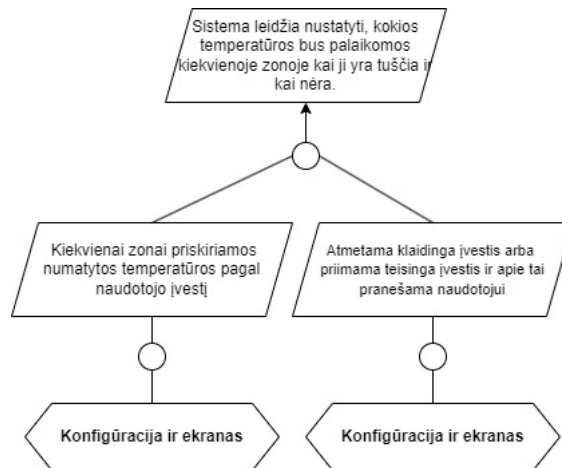


19 pav. Tikslas „Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas“ patikslinimas

Tikslas T3 „Sistema leidžia nustatyti, kokios temperatūros bus palaikomos kiekvienoje zonoje kai ji yra tuščia ir kai nėra.“ buvo išskirtas į du smulkesnius tikslus (žr. 20 pav):

- T3.1 (žr. 20 lentelę) - Kiekvienai zonai priskiriamos numatytos temperatūros pagal naudotojo įvestį.
- T2.2 (žr. 19 lentelę) - Atmetama klaidinga įvestis arba priimama teisinga įvestis ir apie tai pranešama naudotojui.

Už abiejų tikslų įgyvendinimą yra atsakingas komponentas „Konfigūracija ir ekranas“.



20 pav. Tikslas „Sistema leidžia nustatyti skirtingas temperatūras kiekvienai zonai“ patikslinimas

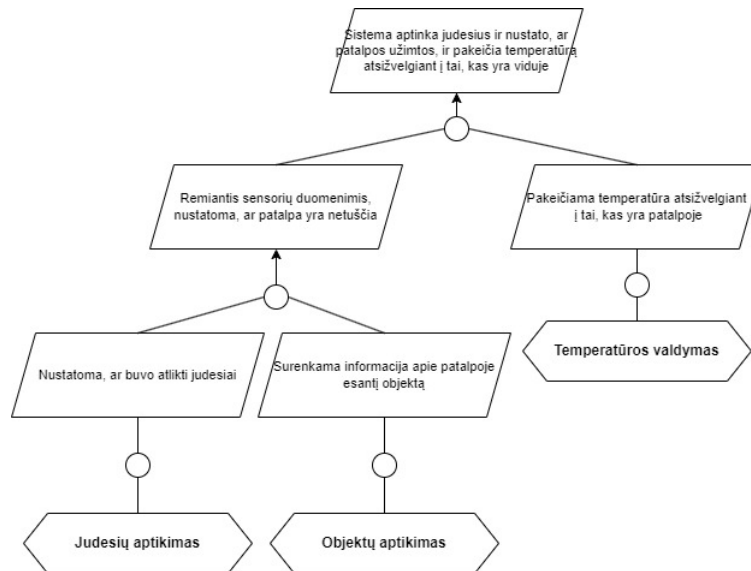
Tikslas T4 „Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje“ buvo išskirtas į du smulkesnius tikslus (žr. 21 pav):

- T4.1 (žr. 21 lentelę) - Remiantis sensorių duomenimis, nustatoma, ar patalpa yra netuščia.
- T4.2 (žr. 24 lentelę) - Pakeičiama temperatūra atsižvelgiant į tai, kas yra patalpoje.

Už tikslo „Pakeičiama temperatūra atsižvelgiant į tai, kas yra patalpoje“ įgyvendinimą atsakingu komponentu galima paskirti „Temperatūros valdymas“, tačiau tikslo „Remiantis sensorių duomenimis, nustatoma, ar patalpa yra netuščia“ įgyvendinimui reikia dviejų komponentų - „Judesių aptikimas“ ir „Objektų aptikimas“. Tad šis tikslas buvo taip pat patikslintas:

- T4.1.1 (žr. 22 lentelę) - Nustatoma, ar buvo atlikti judesiai.
- T4.1.2 (žr. 23 lentelę) - Surenkama informacija apie patalpoje esantį objektą.

Tikslas „Nustatoma, ar buvo atlikti judesiai“ gali būti įgyvendintas pasitelkiant komponentą „Judesių aptikimas“, o „Surenkama informacija apie patalpoje esantį objektą“ - pasitelkiant komponentą „Objektų aptikimas“.



21 pav. Tikslas „Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje“ patikslinimas

Tikslas T5 „Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros“ buvo išskirtas į du smulkesnius tikslus (žr. 22 pav.):

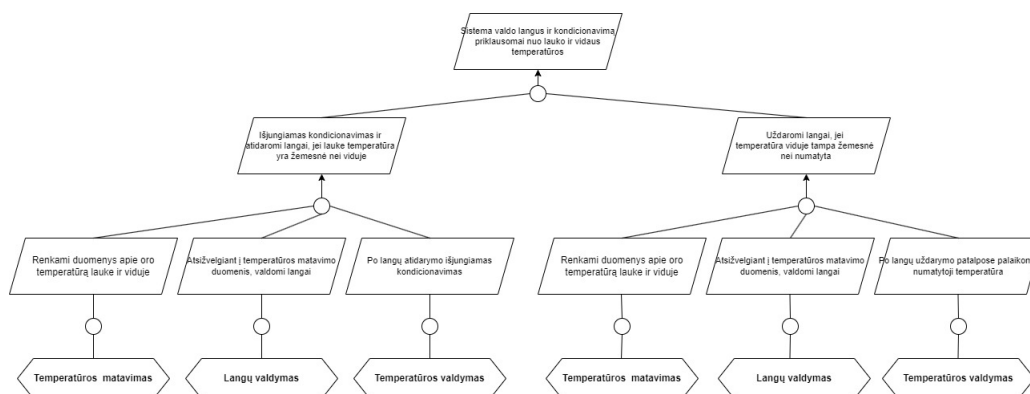
- T5.1 (žr. 25 lentelę) – Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje.
- T5.2 (žr. 29 lentelę) – Uždaromi langai, jei temperatūra viduje tampa žemesnė nei numatyta.

Šiems tikslams įgyvendinti reikia kelių komponentų, tad jie buvo aprašyti dar tiksliau. Tikslas „Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje“ išskirtas į:

- T5.1.1 (žr. 26 lentelę) – Renkami duomenys apie oro temperatūrą lauke ir viduje. Už įgyvendinimą atsakingas komponentas – „Temperatūros matavimas“.
- T5.1.2 (žr. 27 lentelę) – Atsižvelgiant į temperatūros matavimo duomenis, valdomi langai. Už įgyvendinimą atsakingas komponentas – „Langų valdymas“.
- T5.1.3 (žr. 28 lentelę) – Po langų atidarymo išjungiamas kondicionavimas. Už įgyvendinimą atsakingas komponentas – „Temperatūros valdymas“.

Tikslas „Uždaromi langai, jei temperatūra viduje tampa žemesnė nei numatyta“ išskirtas į:

- T5.1.1 (žr. 26 lentelę) – Renkami duomenys apie oro temperatūrą lauke ir viduje. Už įgyvendinimą atsakingas komponentas – „Temperatūros matavimas“.
- T5.1.2 (žr. 27 lentelę) – Atsižvelgiant į temperatūros matavimo duomenis, valdomi langai. Už įgyvendinimą atsakingas komponentas – „Langų valdymas“.
- T5.2.1 (žr. 30 lentelę) – Po langų uždarymo patalpose palaikoma numatytoji temperatūra. Už įgyvendinimą atsakingas komponentas – „Temperatūros valdymas“.

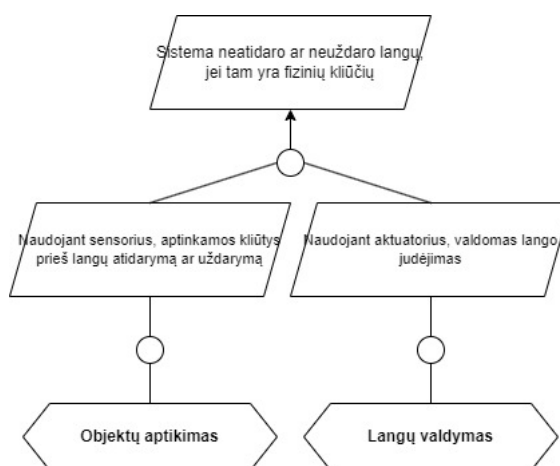


22 pav. Tikslas „Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros“ patikslinimas

Tikslas T6 „Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių“ buvo išskirtas į du smulkesnius tikslus (žr. 23 pav.):

- T6.1 (žr. 31 lentelę) – Naudojant sensorius, aptinkamos kliūtys prieš langų atidarymą ar uždarymą.
- T6.2 (žr. 32 lentelę) – Naudojant aktuatorius, valdomas lango judėjimas.

Už tikslo „Naudojant sensorius, aptinkamos kliūtys prieš langų atidarymą ar uždarymą“ įgyvendinimą atsakingu komponentu galima paskirti „Objektų aptikimas“, o „Naudojant aktuatorius, valdomas lango judėjimas“ – komponentas „Langų valdymas“:

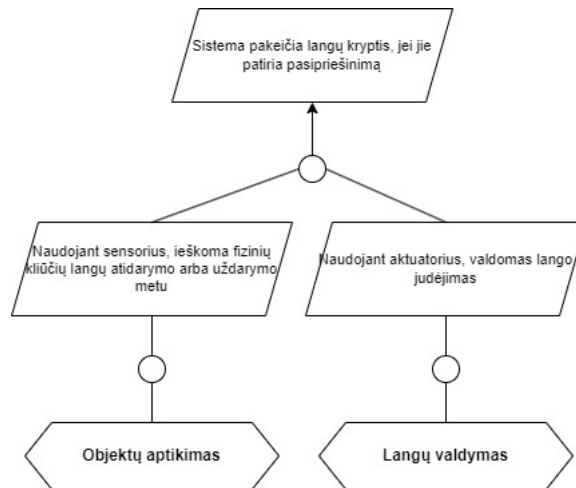


23 pav. Tikslas „Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių“ patikslinimas

Tikslas T7 „Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą“ buvo išskirtas į du smulkesnius tikslus (žr. 24 pav.):

- T7.1 (žr. 33 lentelę) – Naudojant sensorius, ieškoma fizinių kliūčių langų atidarymo arba uždarymo metu.
- T7.2 (žr. 34 lentelę) – Naudojant aktuatorius, jei reikia, pakeičiama langų judėjimo kryptis.

Už tikslo „Naudojant aktuatorius, jei reikia, pakeičiama langų judėjimo kryptis“ įgyvendinimą atsakingu komponentu galima paskirti „Langų valdymas“, o „Naudojant sensorius, ieškoma fizinių kliūčių langų atidarymo arba uždarymo metu“ – komponentas „Objektų aptikimas“:

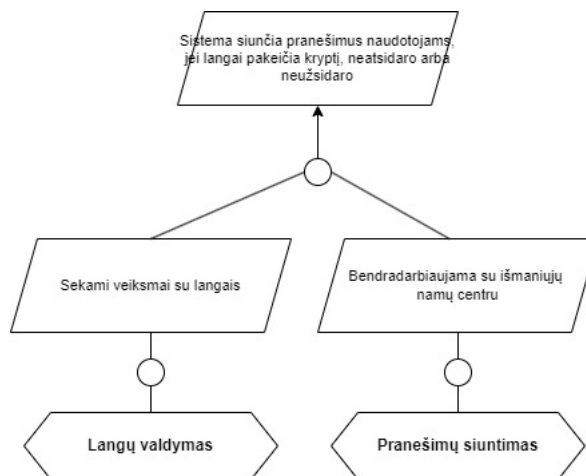


24 pav. Tikslas „Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą“ patikslinimas

Tikslas T8 „Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro“ buvo išskirtas į du smulkesnius tikslus (žr. 25 pav.):

- T8.1 (žr. 35 lentelę) – Sekami veiksmai su langais.
- T8.2 (žr. 36 lentelę) – Bendradarbiaujama su išmaniųjų namų centru.

Čia už tikslo „Sekami veiksmai su langais“ įgyvendinimą yra atsakingas komponentas „Langų valdymas“, o už „Bendradarbiaujama su išmaniųjų namų centru“ – „Pranešimų siuntimas“.



25 pav. Tikslas „Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro“ patikslinimas

5.1.6. Scenarijų modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje

Buvo patikslintas kiekvienas iš sistemos lygmens scenarijų. Funkcinės dekompozicijos lygmenyje koncentruojamasi į funkcinių komponentų bendravimą tarpusavyje ir su išoriniais veiksniais. Aprašyti naudojimo atvejai, naudojant natūralią kalbą ir UML naudojimo atvejų diagramą (angl. *use case diagram*).

1. Scenarijaus „Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“ aprašymas (žr. 42 lentelę) ir sekos diagrama (žr. 77 pav.).

Pirmasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Išmanieji namai padalinami į zonas pagal naudotojo įvestį“ ir „Atmetama klaidinga įvestis arba priimama teisinga įvestis ir apie tai pranešama naudotojui“. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus, vykdomas scenarijus, kuriame naudotojas aktyvuoja zonų konfigūracijos funkciją konfigūracijos ir ekrano komponente. Šis pateikia sąsają ir paprašo įvesties. Naudotojas pateikia informaciją, konfigūracijos ir ekrano komponentas patikrina, ar informacija tinkama. Jeigu taip, ji yra perduodama į duomenų saugojimo komponentą išsaugojimui. Jeigu įvestis nebuvo tinkama – yra patalpų, kurios priklauso daugiau nei vienai zonai – pranešama naudotojui apie netinkamą įvestį. Jei nepavyko išsaugoti geros įvesties, apie tai pranešama konfigūracijos ir ekrano komponentui, o šis praneša naudotojui.

2. Scenarijaus „Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“ aprašymas (žr. 43, 44 lenteles) ir sekos diagrama (žr. 78 pav.).

Antrasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Kiekvienai zonai priskiriamos numatytos temperatūros pagal naudotojo įvestį“ ir „Atmetama klaidinga įvestis arba priimama teisinga įvestis ir apie tai pranešama naudotojui“. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus, vykdomas scenarijus, kuriame naudotojas aktyvuoja temperatūrų zonose konfigūracijos funkciją konfigūracijos ir ekrano komponente. Šis pateikia sąsają ir paprašo įvesties. Naudotojas pateikia informaciją, konfigūracijos ir ekrano komponentas patikrina, ar informacija tinkama. Jeigu taip, ji yra perduodama į duomenų saugojimo komponentą išsaugojimui. Jeigu įvestis nebuvo tinkama – zonų, kurioms naudotojas nenurodė temperatūros – pranešama naudotojui apie netinkamą įvestį. Jei nepavyko išsaugoti geros įvesties, apie tai pranešama konfigūracijos ir ekrano komponentui, o šis praneša naudotojui.

3. Scenarijaus „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas (žr. 45, 46 lenteles) ir sekos diagramos (žr. 79, 80 pav.).

Trečiasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Remiantis sensorių duomenimis, nustatoma, ar patalpa yra netuščia“, „Nustatoma, ar buvo atlikti judesiai“, „Surenkama informacija apie patalpoje esantį objektą“ ir „Pakeičiama temperatūra atsižvelgiant į tai, kas yra patalpoje“. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus, vykdomas scenarijus: į patalpą įeina objektas. Judesį užfiksuoja judesių aptikimo komponentas ir apie tai praneša objektų aptikimo komponentui. Objektų aptikimo komponentas surenka duomenis apie objektą ir šią informaciją perduoda temperatūros valdymo komponentui. Temperatūros komponentas, apskaičiavęs, kas yra patalpoje, kreipiasi į duomenų saugojimo komponentą, kuris suteikia informaciją apie konfigūraciją. Temperatūros valdymo komponentas, atsižvelgiant į šią informaciją palaiko patalpoje tam tikrą temperatūrą. Jei objektas yra žmogus, palaikoma numatytoji temperatūra. Jei gyvūnas – gyvūnui saugi temperatūra. Jei ir žmogus, ir gyvūnas – žmogui patogi ir gyvūnui saugi temperatūra. Jei patalpą palieka objektas ir ji tuščia, vyksta tie patys veiksmai, kaip ir objektui įėjus į patalpą, tačiau palaikoma numatyta fiksuota temperatūra.

4. Scenarijaus „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas (žr. 47, 48 lenteles) ir sekos diagramos (žr. 81, 82 pav.).

Ketvirtasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje“, „Renkami duomenys apie oro temperatūrą lauke ir viduje“, „Atsižvelgiant į temperatūros matavimo duomenis, valdomi langai“, „Po langų atidarymo išjungiamas kondicionavimas“, „Uždaromi langai, jei temperatūra viduje tampa žemesnė nei numatyta“, „Po langų uždarymo patalpose palaikoma numatytoji temperatūra“, „Naudojant sensorius, aptinkamos kliūtys prieš langų atidarymą ar uždarymą“, „Naudojant aktuatorius, valdomas lango judėjimas“, „Naudojant sensorius, ieškoma fizinių kliūčių langų atidarymo arba uždarymo metu“ ir „Naudojant aktuatorius, jei reikia, pakeičiama langų judėjimo kryptis“. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus, vykdomas scenarijus – temperatūros matavimo komponentas stebi lauko ir vidaus oro temperatūrą ir šią informaciją perduoda langų valdymo komponentui. Langų valdymo komponentas apskaičiuoja, kad temperatūra lauke yra žemesnė nei viduje, todėl perduoda signalą objektų aptikimo komponentui ieškoti fizinių kliūčių prieš langų atidarymą. Objektų aptikimo komponentui neradus kliūčių, langas yra sėkmingai atidaromas – objektų aptikimo komponentas perduoda informaciją apie lango padėtį ir langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, ar langas tikrai atidarytas – apie tai pranešama temperatūros valdymo komponentui. Šis išjungia kondicionavimą. Jeigu objektų aptikimo komponentas prieš atidarant langą aptinka kliūtį, langų valdymo komponentas neatidaro langų. Jeigu objektų aptikimo komponentas prieš atidarymą nerado kliūčių, tačiau jos atsirado atidarymo metu, apie tai pranešama langų valdymo komponentui ir langas yra grąžinamas į pradinę padėtį.

Kai temperatūra viduje tampa žemesnė nei numatyta, o langai vis dar atidaryti, langų valdymo komponentas perduoda signalą objektų aptikimo komponentui ieškoti fizinių kliūčių prieš langų uždarymą. Objektų aptikimo komponentui neradus kliūčių, langas yra sėkmingai uždaromas – objektų aptikimo komponentas perduoda informaciją apie lango padėtį ir langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, ar langas tikrai užarytas – ir apie tai pranešama temperatūros valdymo komponentui. Šis temperatūrą pakelia iki numatytosios ir toliau ją palaiko. Jeigu objektų aptikimo komponentas prieš uždarant langą aptinka kliūtį, langų valdymo komponentas neuždaro langų. Jeigu objektų aptikimo komponentas prieš uždarymą nerado kliūčių, tačiau jos atsirado uždarymo metu, apie tai pranešama langų valdymo komponentui ir langas yra grąžinamas į pradinę padėtį.

5. Scenarijaus „Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“ aprašymas (žr. 49 lentelę) ir sekos diagrama (žr. 83 pav.).

Penktasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Sekami veiksmai su langais“ ir „Bendradarbiaujama su išmaniųjų namų centru“. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus, vykdomas scenarijus: kai nutinka įvykis, jog teko langų valdymo komponentui pakeisti langų judėjimo kryptį, jų visai neatidaryti ar uždaryti dėl kliūčių, apie tai pranešama pranešimų siuntimo komponentui, kuris perduoda šį pranešimą išmaniųjų namų centrui, kad jis būtų perduotas naudotojui.

5.1.7. Reikalavimai sistemos lygmenyje

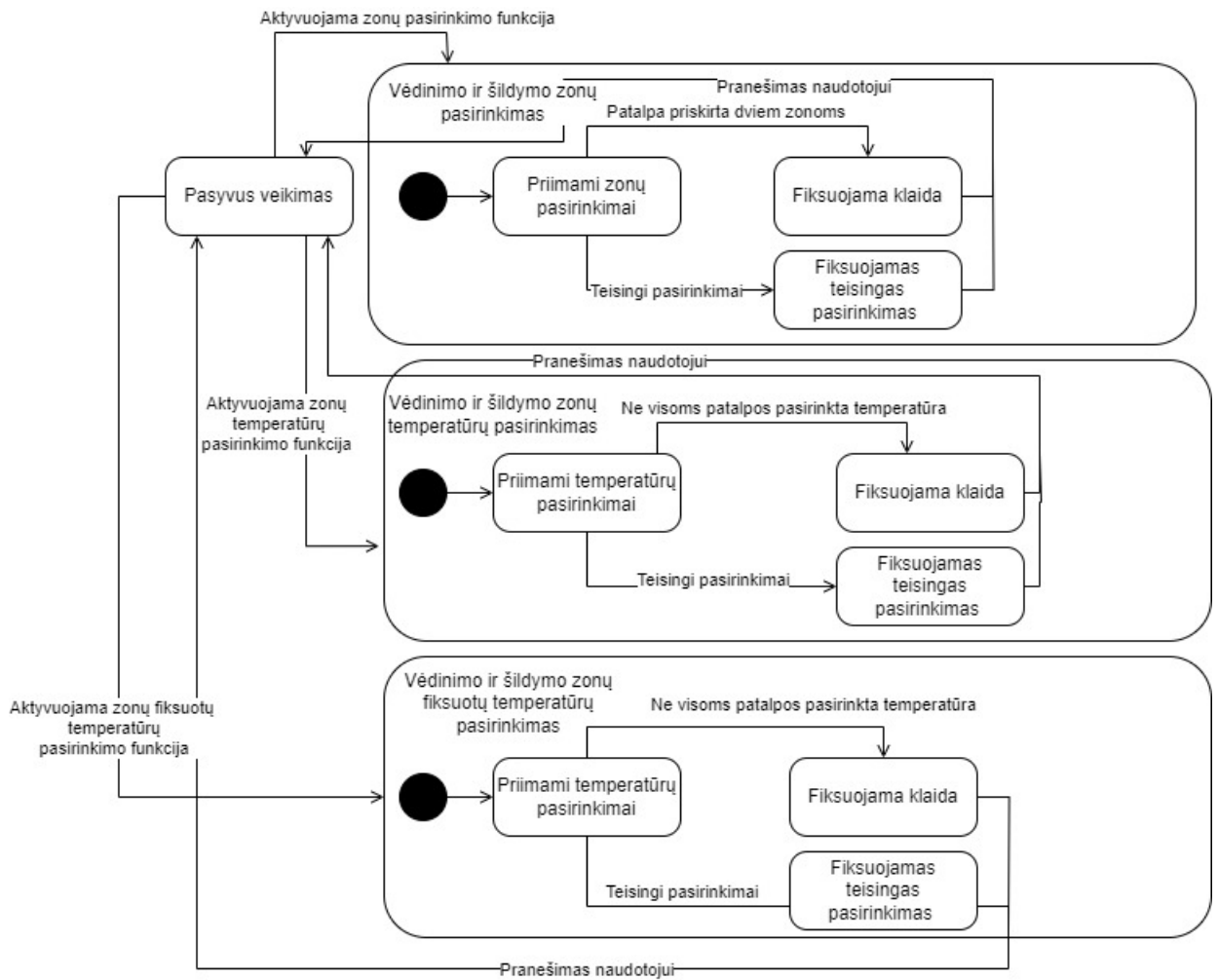
Sistemos lygmenyje apibūdinami sprendimų reikalavimai yra išvedami iš scenarijų, ir dalinai tikslų. Reikalavimai yra tikslesni nei scenarijai ir neturėtų būti prieštaringi scenarijams bei turi būti susiję su nors vieno tikslo įgyvendinimu.

Visų pirma, sprendimų reikalavimai buvo parašyti natūralia kalba. Po to, išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemos sprendimų reikalavimai iš elgesio perspektyvos pavaizduoti naudojant autorių rekomenduojamą būsenų diagramą (angl. *statechart*). Konfigūracijos funkcijos dalį iliustruoja diagrama 26 pav., judėjimo stebėjimo ir temperatūros reguliavimo dalį – 27 pav., langų valdymo dalį – 28 pav., pranešimų siuntimo naudotojui dalį – 29 pav.

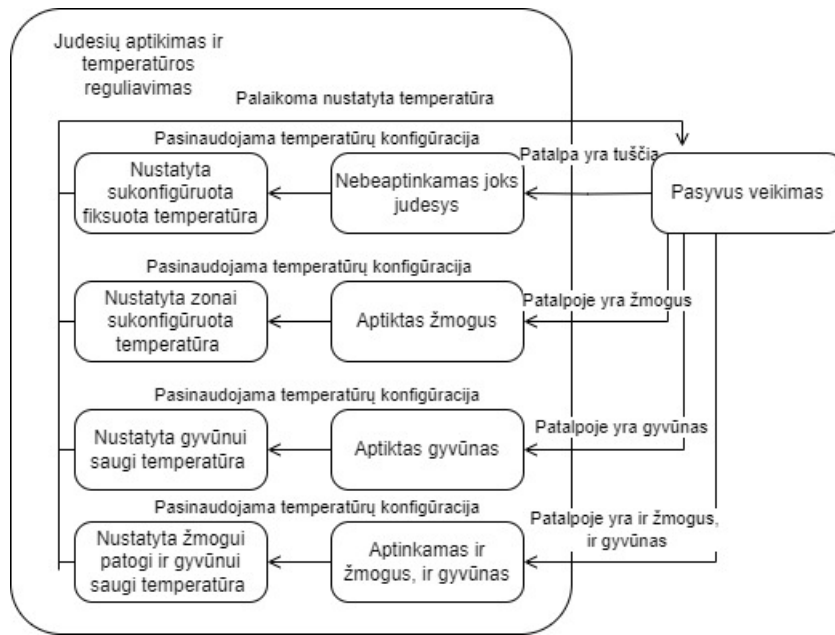
Remiantis tikslais ir scenarijais, galima išskirti tokius reikalavimus:

1. Naudotojui iškvietus sistemos funkciją išskaidyti išmaniuosius namus į vėdinimo ir šildymo zonas, sistema leidžia pasirinkti, kokias patalpas priskirti kokiai zonai. Jeigu buvo viena patalpa buvo priskirta dviem zonoms, naudotojas yra įspėjamas apie klaidingą pasirinkimą, kitu atveju – sėkmingą konfigūracijos išsaugojimą.
2. Naudotojui iškvietus sistemos funkciją nustatyti temperatūras vėdinimo ir šildymo zonoms, sistema leidžia pasirinkti, kokią temperatūrą priskirti kokiai zonai. Jeigu yra patalpa, kuriai temperatūra yra nenurodyta, naudotojas yra įspėjamas apie klaidingą pasirinkimą, kitu atveju – sėkmingą konfigūracijos išsaugojimą.
3. Naudotojui iškvietus sistemos funkciją nustatyti fiksuotas temperatūras vėdinimo ir šildymo zonoms, kai nieko nėra patalpoje, sistema leidžia pasirinkti, kokia temperatūra priskirta kokiai zonai. Jeigu yra patalpa, kuriai temperatūra yra nenurodyta, naudotojas yra įspėjamas apie klaidingą pasirinkimą, kitu atveju – sėkmingą konfigūracijos išsaugojimą.
4. Sistema geba atskirti, kas yra patalpoje – žmogus ar gyvūnas. Pagal tai, kas yra patalpoje, sistema reguliuoja temperatūrą. Jeigu žmogus – nustatoma sistemoje sukongūruota temperatūra, jeigu gyvūnas – jam saugi temperatūra. Jeigu abu – žmogui patogi ir gyvūnui saugi temperatūra. Jeigu patalpa yra tuščia – nustatoma fiksuota temperatūra.
5. Sistema stebi temperatūrą lauke ir viduje. Jeigu sistemos sensoriai aptinka lauke vėsesnę temperatūrą nei kambaryje ir lango judėjimo trajektorijoje nebuvo aptikta jokių kliūčių, oro kondicionavimas yra išjungiamas ir langai yra atidaromi, o jeigu patalpoje yra vėsiau nei numatyta konfigūracijoje – langas uždaromas ir temperatūra grąžinama į numatytąją.
6. Jeigu sistemos sensoriai aptinka lauke vėsesnę temperatūrą nei patalpoje, ir prieš atidarant langą buvo aptikta kliūtis, sistema palieka langus uždarytus ir apie šį įvykį informuoja naudotoją pranešimu į mobilųjį įrenginį.
7. Jeigu sistemos sensoriai aptinka lauke vėsesnę temperatūrą nei kambaryje, ir prieš atidarant langą nebuvo aptikta kliūtis, tačiau ji atsirado atidarymo metu, sistema grąžina langą į pradinę padėtį ir apie šį įvykį informuoja naudotoją pranešimu į mobilųjį įrenginį.
8. Jeigu temperatūra patalpoje tampa vėsesnė nei numatyta, ir prieš uždarant langą buvo aptikta kliūtis, sistema palieka langus atidarytus ir apie šį įvykį informuoja naudotoją pranešimu į mobilųjį įrenginį.
9. Jeigu sistemos sensoriai aptinka patalpoje vėsesnę temperatūrą nei numatyta, ir prieš

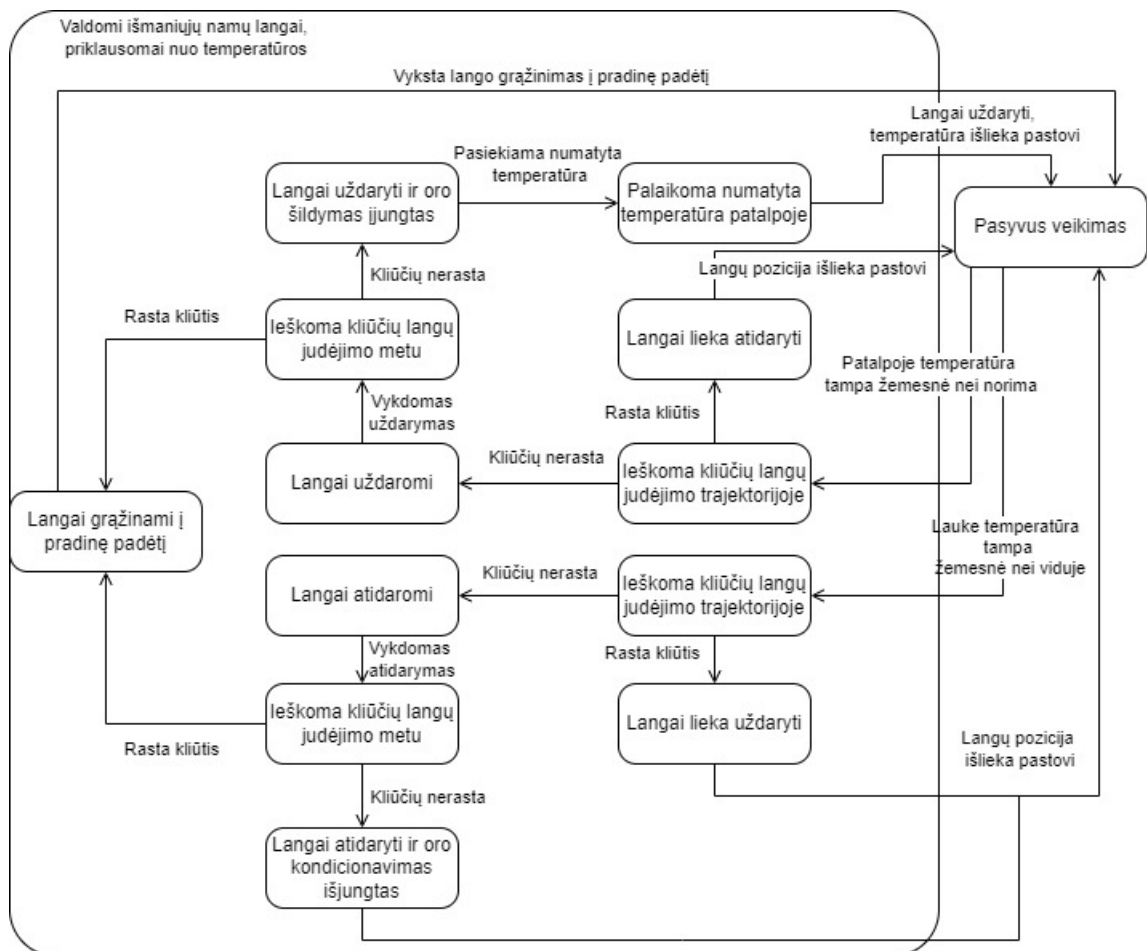
uždarant langą nebuvo aptikta kliūtis, tačiau ji atsirado uždarymo metu, sistema grąžina langą į pradinę padėtį ir apie šį įvykį informuoja naudotoją pranešimu į mobilųjį įrenginį.



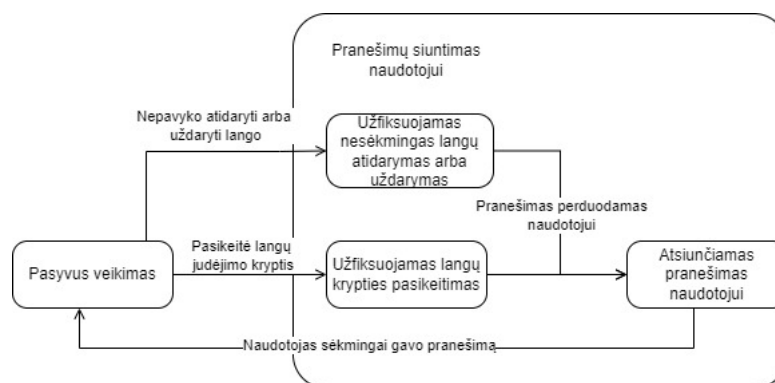
26 pav. Reikalavimų elgesio modelis sistemos lygmenyje, konfigūracijos funkcijos dalis



27 pav. Reikalavimų elgesio modelis sistemos lygmenyje, judėjimo stebėjimo ir temperatūros reguliavimo dalis



28 pav. Reikalavimų elgesio modelis sistemos lygmenyje, langų valdymo dalis



29 pav. Reikalavimų elgesio modelis sistemos lygmenyje, pranešimų siuntimo naudotojui dalis

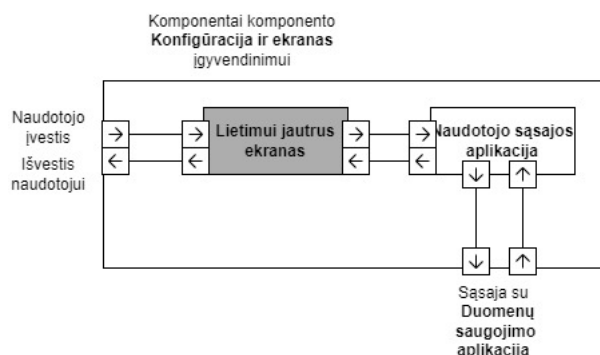
5.2. Antrasis etapas – funkcinio lygio lygiagretus kūrimas

Šiame lygyje yra aprašyti programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmens tikslai, scenarijai bei architektūra, išskiriami reikalavimai funkcinės dekompozicijos lygmenyje.

5.2.1. Architektūros modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje

Komponentai, kurie įgyvendina Konfigūracijos ir ekrano funkcinį komponentą (žr. 30 pav.):

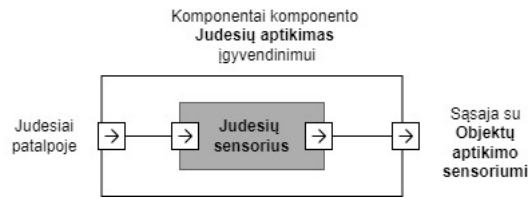
1. Lietimui jautrus ekranas – techninė įranga. Ekrane yra atvaizduojama naudotojo sąsaja. Naudotojas ekrane nurodo, į kokias zonas nori padalinti namus, kokias temperatūras jose palaikyti. Ši informacija yra perduodama naudotojo sąsajos aplikacijai, kur ji yra apdorojama. Ekrane taip pat atvaizduojami pranešimai apie sėkmingus arba nesėkmingus konfigūracijos patvirtinimus, kuriuos perduoda naudotojo sąsajos aplikacija.
2. Naudotojo sąsajos aplikacija – programinė įranga. Validuoja naudotojo ekrane pateiktą informaciją, grąžina pranešimus apie validacijos rezultatus. Perduoda teisingą naudotojo įvestį duomenų saugojimo aplikacijai, priima ir grąžina pranešimus apie išsaugojimo rezultatus.



30 pav. Komponento „Konfigūracija ir ekranas“ techninės ir programinės įrangos komponentai

Komponentai, kurie įgyvendina Judesių aptikimo komponentą (žr. 31 pav.):

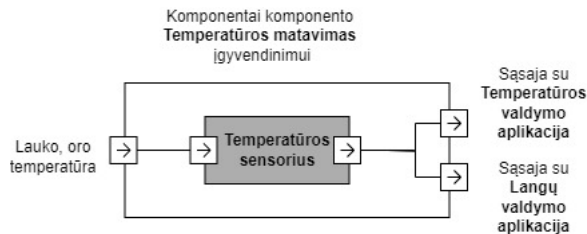
1. Judesiu sensorius - techninė įranga. Aptinka judesius patalpoje ir šią informaciją perduoda objektų aptikimo sensoriumi.



31 pav. Komponento „Judesiu aptikimas“ techninės įrangos komponentai

Komponentai, kurie įgyvendina Temperatūros matavimo komponentą (žr. 32 pav.):

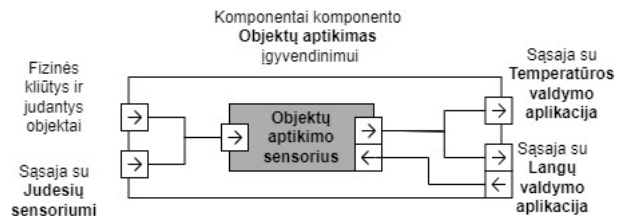
1. Temperatūros sensorius - techninė įranga. Renka informaciją apie lauko ir vidaus oro temperatūrą, kurią apdorojimui ir skaičiavimams perduoda temperatūros ir langų valdymo aplikacijoms.



32 pav. Komponento „Temperatūros matavimas“ techninės programinės įrangos komponentai

Komponentai, kurie įgyvendina Objektų aptikimo komponentą (žr. 33 pav.):

1. Objektų aptikimo sensorius - techninė įranga. Kai objektų aptikimo sensorius gauna signalą iš judesiu sensoriaus, objektų aptikimo sensorius apie į patalpą įėjusį objektą informaciją perduoda temperatūros valdymo aplikacijai. Kai sensorius gauna signalą iš langų valdymo aplikacijos, informacija apie fizines kliūtis langų judėjimo trajektorijoje yra perduodama atgal langų valdymo aplikacijai.



33 pav. Komponento „Objektų aptikimas“ techninės įrangos komponentai

Komponentai, kurie įgyvendina Pranešimų siuntimo komponentą (žr. 34 pav.):

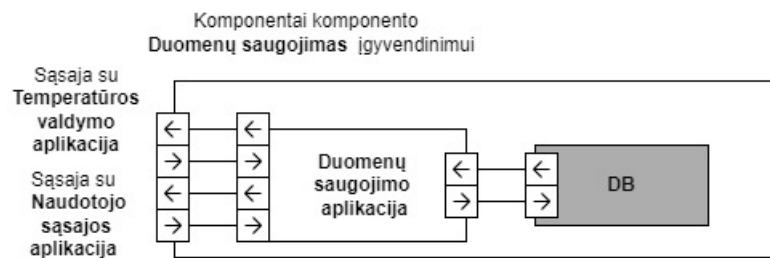
1. Pranešimų siuntimo aplikacija - programinė įranga. Priima pranešimą apie langų pakeistą judėjimo kryptį, įvykį, kai langų nebuvo galima atidaryti arba uždaryti iš langų valdymo aplikacijos ir jį perduoda išmaniųjų namų centrui, kuris nukreips pranešimą naudotojui.



34 pav. Komponento „Pranešimų siuntimas“ techninės ir programinės įrangos komponentai

Komponentai, kurie įgyvendina Duomenų saugojimo komponentą (žr. 35 pav.):

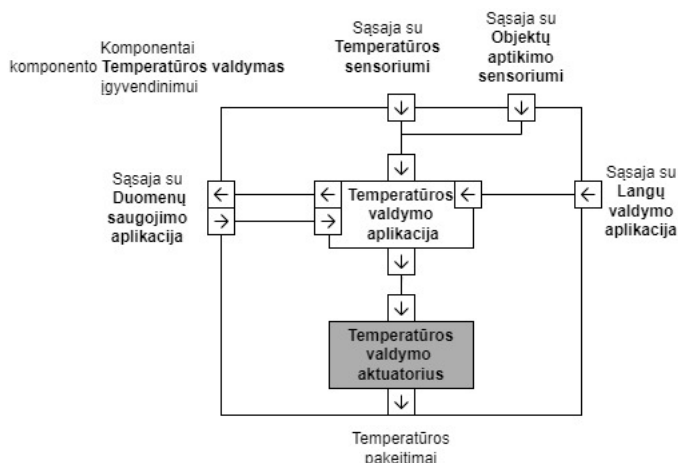
1. Duomenų saugojimo aplikacija - programinė įranga. Priima naudotojo nurodytą konfigūraciją iš naudotojo sąsajos aplikacijos ir ją išsaugo. Sėkmės ar nesėkmės atveju, naudotojo sąsajos aplikacija yra informuojama apie rezultatą. Priima prašymą iš temperatūros valdymo aplikacijos suteikti duomenis apie naudotojo konfigūraciją.
2. Duomenų bazė - techninė įranga. Joje yra saugoma naudotojo nurodyta konfigūracija. Komunikuoja su duomenų saugojimo aplikacija, kai reikia priimti informaciją išsaugojimui arba ją duoti panaudojimui skaičiavimuose.



35 pav. Komponento „Duomenų saugojimas“ techninės ir programinės įrangos komponentai

Komponentai, kurie įgyvendina Temperatūros valdymo komponentą (žr. 36 pav.):

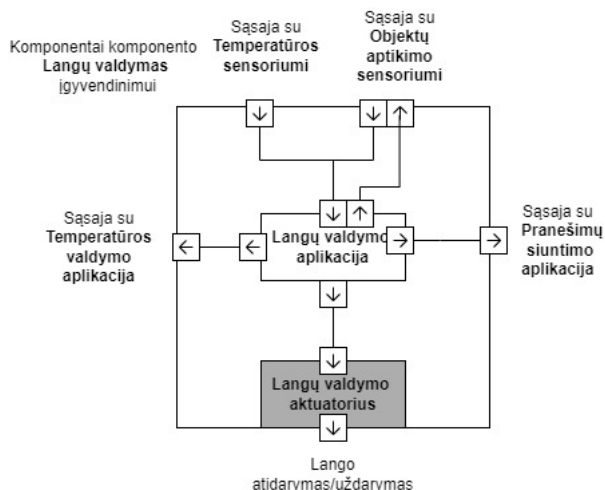
1. Temperatūros valdymo aplikacija - programinė įranga. Priima informaciją apie vidaus oro temperatūrą ir duomenis apie objektus patalpoje. Aplikacijoje yra klasifikuojama, kokie objektai yra patalpoje. Jeigu jie yra aktualūs, kreipiamasi į duomenų saugojimo aplikaciją dėl naudotojo konfigūracijos. Turint informaciją, kokia temperatūra yra numatyta ir kokia yra tuo momentu, apskaičiuojamas pokytis, jei reikia, ir perduodamos komandos temperatūros valdymo aktuatoriui. Priima signalą iš langų valdymo aplikacijos, kai sėkmingai uždaromi arba atidaromi langai ir atitinkamai reikia valdyti aktuatorius.
2. Temperatūros valdymo aktuatorius - techninė įranga. Priima komandas iš temperatūros valdymo aplikacijos ir palaiko reikiamą temperatūrą.



36 pav. Komponento „Temperatūros valdymas“ techninės ir programinės įrangos komponentai

Komponentai, kurie įgyvendina Langų valdymo komponentą (žr. 37 pav.):

1. Langų valdymo aplikacija - programinė įranga. Priima informaciją apie lauko ir vidaus oro temperatūrą. Aplikacijoje yra apskaičiuojama, reikia atidaryti ar uždaryti langus ir duodamos komandos langų valdymo akuatoriams. Jei pavyko akuatoriams sėkmingai įvykdyti komandas, objektų aptikimo sensorius tai aptinka ir pranešama temperatūros valdymo aplikacijai. Jeigu ne, informacija yra perduodama pranešimų siuntimo aplikacijai.
2. Langų valdymo akuatorius - techninė įranga. Priima komandas iš langų valdymo aplikacijos ir atitinkamai atidaro arba uždaro langus.



37 pav. Komponento „Langų valdymas“ techninės ir programinės įrangos komponentai

5.2.2. Tikslų modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje

Tikslų modelyje programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje, jei reikėjo, buvo tikslinami funkcinės dekompozicijos lygmenyje apibrėžti tikslai. Tikslai buvo tikslinami tol, kol buvo galima priskirti po vieną už jų įgyvendinimą atsakingą techninį ar programinį komponentą.

Kiekvienas programinis ir techninis komponentas yra priskirtas prie bent vieno tikslo įgyvendinimo, todėl galima teigti, jog jie visi yra reikalingi.

Tikslas T2.1 „Išmanieji namai padalinami į zonas pagal naudotojo įvestį“ buvo patikslintas į tikslus (žr. 38 pav.):

- T2.1.1 - Naudotojas nurodo pasirinkimus naudojant lietimui jautrų ekraną, kuris perduoda informaciją naudotojo sąsajos aplikacijai. Tai gali būti funkcijos aktyvacija arba konfigūracijos nustatymas.
- T2.1.2 - Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugimo aplikacijai.

Už tikslo „Naudotojas nurodo pasirinkimus naudojant lietimui jautrų ekraną, kuris perduoda informaciją naudotojo sąsajos aplikacijai“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Lietimui jautrus ekranas“, o tikslo „Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugimo aplikacijai“ - programinis komponentas „Naudotojo sąsajos aplikacija“.

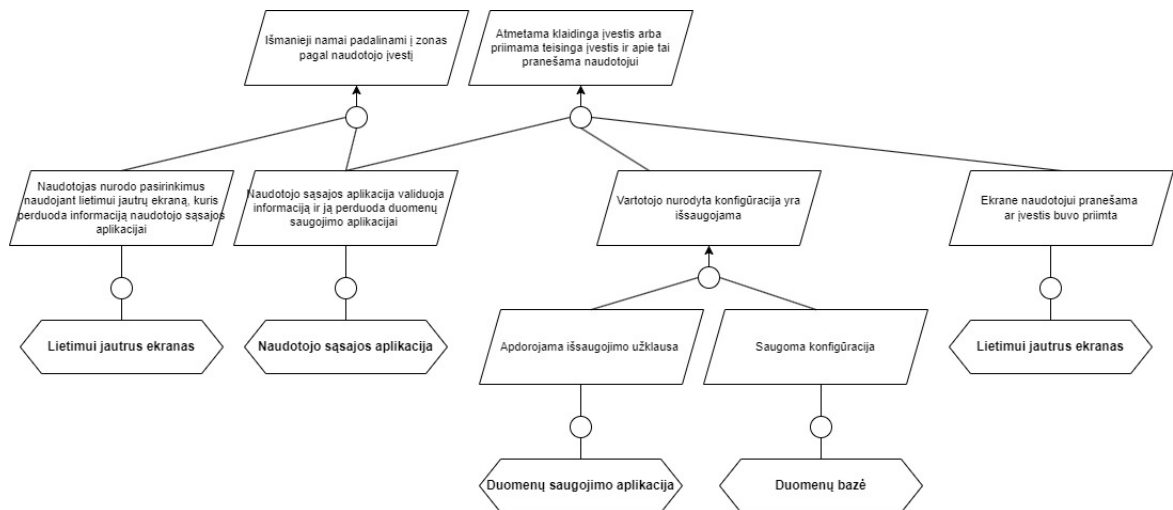
Tikslas T2.2 „Atmetama klaidinga įvestis arba priimama teisinga įvestis ir apie tai pranešama naudotojui“ buvo patikslintas į tikslus:

- T2.2.1 - Vartotojo nurodyta konfigūracija yra išsaugojama.
- T2.2.2 - Ekrane naudotojui pranešama ar įvestis buvo priimta.

Už tikslo „Ekrane naudotojui pranešama ar įvestis buvo priimta“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Lietimui jautrus ekranas“, o tikslą „Vartotojo nurodyta konfigūracija yra išsaugojama“ reikia dar kartą patikslinti, nes už jo įgyvendinimą yra atsakingi komponentai „Duomenų valdymo aplikacija“ ir „Duomenų bazė“:

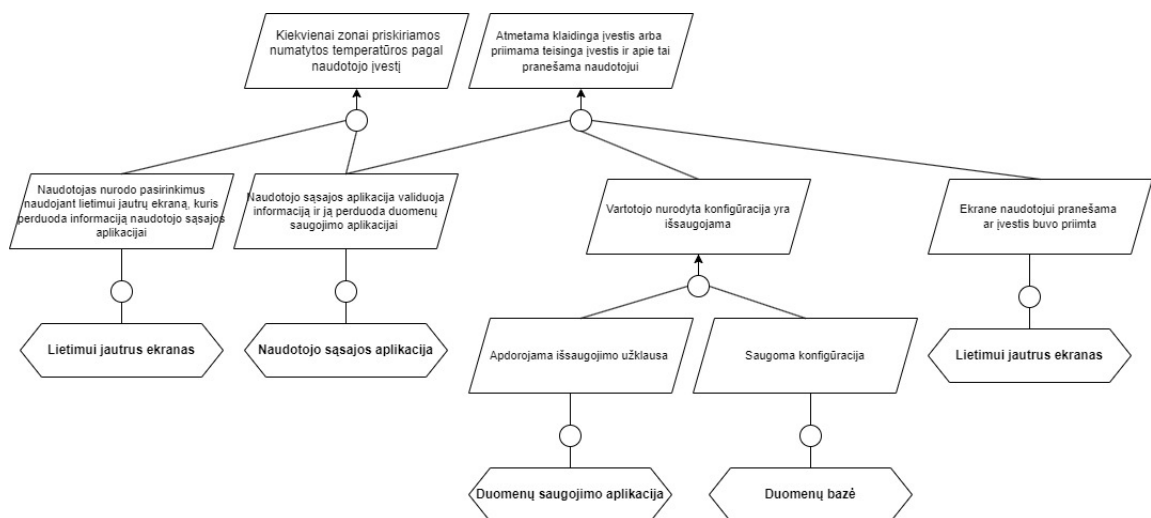
- T2.2.1.1 - Apdorojama išsaugojimo užklausa.
- T2.2.1.2 - Saugoma konfigūracija.

Už tikslo „Apdorojama išsaugojimo užklausa“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas programinis komponentas „Duomenų valdymo aplikacija“, o tikslo „Saugoma konfigūracija“ - techninis komponentas „Duomenų bazė“.



38 pav. Tikslų, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

Tikslų „Kiekvienai zonai priskiriamos numatytos temperatūros pagal naudotojo įvestį“ ir „Atmetama klaidinga įvestis arba priimama teisinga įvestis ir apie tai pranešama naudotojui“ patikslinimai (žr. 39 pav.): sutampa su patikslinimais 38 pav. diagramoje.



39 pav. Tikslų, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

Tikslas T4.1.1 „Nustatoma, ar buvo atlikti judesiai“ buvo patikslintas į tikslą (žr. 40 pav.):

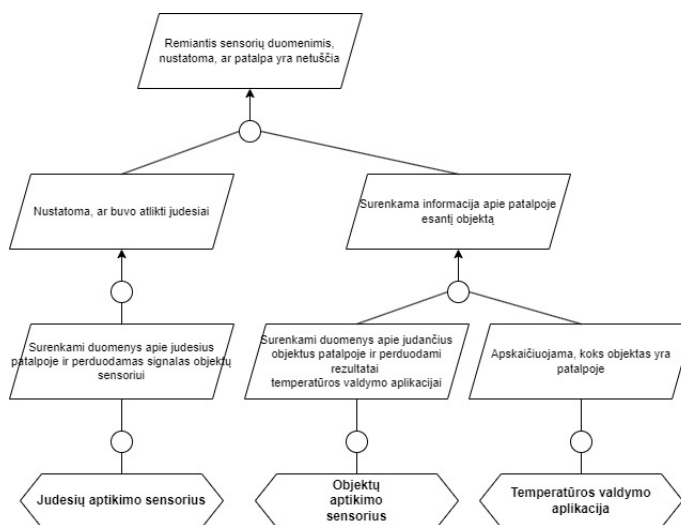
- T4.1.1.1 - Surenkami duomenys apie judesius patalpoje ir perduodamas signalas objektų sensoriui.

Už tikslo „Surenkami duomenys apie judesius patalpoje ir perduodamas signalas objektų sensoriui“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Judesių sensorius“.

Tikslas T4.1.2 „Surenkama informacija apie patalpoje esantį objektą“ buvo patikslintas į tikslus (žr. 40 pav.):

- T4.1.2.1 - Surenkami duomenys apie judančius objektus patalpoje ir perduodami rezultatai temperatūros valdymo aplikacijai.
- T4.1.2.2 - Apskaičiuojama, koks objektas yra patalpoje.

Už tikslo „Surenkami duomenys apie judančius objektus patalpoje ir perduodami rezultatai temperatūros valdymo aplikacijai“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Objektų aptikimo sensorius“, o tikslo „Apskaičiuojama, koks objektas yra patalpoje“ – programinis komponentas „Temperatūros valdymo aplikacija“.



40 pav. Tikslų, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

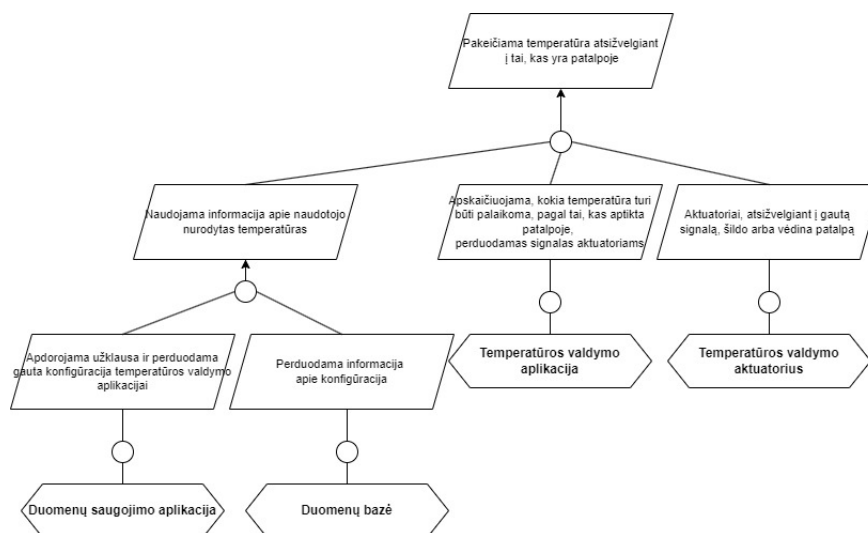
Tikslas T4.2 „Pakeičiama temperatūra atsižvelgiant į tai, kas yra patalpoje“ buvo patikslintas į tikslus (žr. 41 pav.):

- T4.2.1 – Naudojama informacija apie naudotojo nurodytas temperatūras.
- T4.2.2 – Apskaičiuojama, kokia temperatūra turi būti palaikoma, pagal tai, kas aptikta patalpoje, perduodamas signalas aktuatoriams.
- T4.2.3 – Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, šildo arba vėdina patalpą.

Už tikslo „Apskaičiuojama, kokia temperatūra turi būti palaikoma, pagal tai, kas aptikta patalpoje, perduodamas signalas aktuatoriams“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas programinis komponentas „Temperatūros valdymo aplikacija“, o tikslo „Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, šildo arba vėdina patalpą“ – techninis komponentas „Temperatūros valdymo aktuatorius“. Tikslą „Naudojama informacija apie naudotojo nurodytas temperatūras“ reikia dar kartą patikslinti, nes už jo įgyvendinimą yra atsakingi komponentai „Duomenų valdymo aplikacija“ ir „Duomenų bazė“:

- T4.2.1.1 – Apdorojama užklausa ir perduodama gauta konfigūracija temperatūros valdymo aplikacijai.
- T4.2.1.2 – Perduodama informacija apie konfigūraciją.

Už tikslo „Apdorojama užklausa ir perduodama gauta konfigūracija temperatūros valdymo aplikacijai“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas programinis komponentas „Duomenų valdymo aplikacija“, o tikslo „Perduodama informacija apie konfigūraciją“ – techninis komponentas „Duomenų bazė“.



41 pav. Tikslų, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

Tikslas T5.1.1 „Renkami duomenys apie oro temperatūrą lauke ir viduje“ buvo patikslintas į tikslą (žr. 42 pav.):

- T5.1.1.1 - Matuojama lauko ir vidaus temperatūra ir šie duomenys perduodami į langų valdymo aplikaciją.

Už tikslo „Matuojama lauko ir vidaus temperatūra ir šie duomenys perduodami į langų valdymo aplikaciją“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Temperatūros matavimo sensorius“.

Tikslas T5.1.2 „Atsižvelgiant į temperatūros matavimo duomenis, valdomi langai“ buvo patikslintas į tikslus (žr. 42 pav.):

- T5.1.2.1 - Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia atidaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams.
- T5.1.2.2 - Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, atidaro langus.

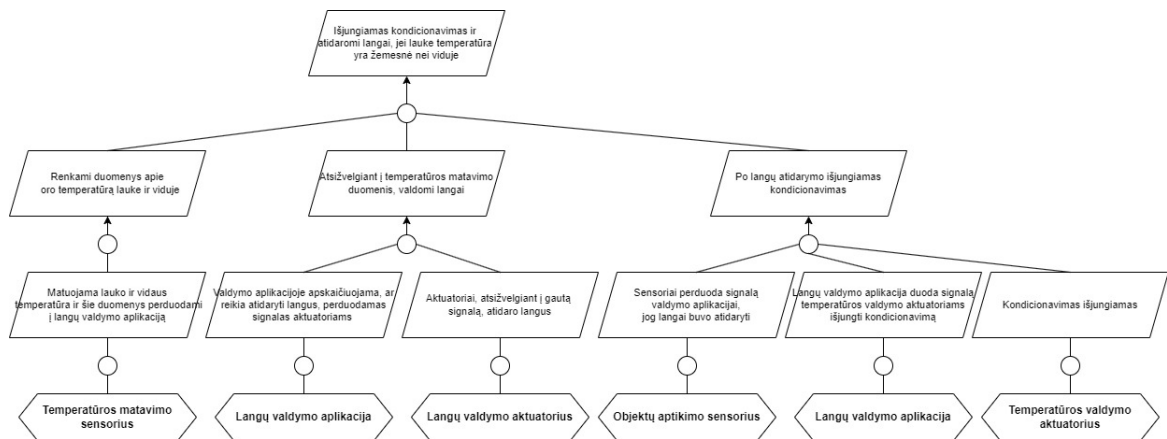
Už tikslo „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia atidaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas programinis komponentas „Langų valdymo aplikacija“, o tikslo „Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, atidaro langus“ – techninis komponentas „Langų valdymo aktuatorius“.

Tikslas T5.1.3 „Po langų atidarymo išjungiamas kondicionavimas“ buvo patikslintas į tikslus (žr. 42 pav.):

- T5.1.3.1 - Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo atidaryti.
- T5.1.3.2 - Langų valdymo aplikacija duoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams išjungti kondicionavimą.
- T5.1.3.3 - Kondicionavimas išjungiamas.

Už tikslo „Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo atidaryti“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Objektų aptikimo sensorius“, tikslo „Langų valdymo aplikacija duoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams išjungti kondicio-

navimą“ – programinis komponentas „Langų valdymo aplikacija“, o tikslo „Kondicionavimas išjungiamas“ – techninis komponentas „Temperatūros valdymo aktuatorius“.



42 pav. Tikslų, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

Tikslo T5.1.1 „Renkami duomenys apie oro temperatūrą lauke ir viduje“ patikslinimas (žr. 43 pav.) sutampa su patikslinimu 42 pav. diagramoje.

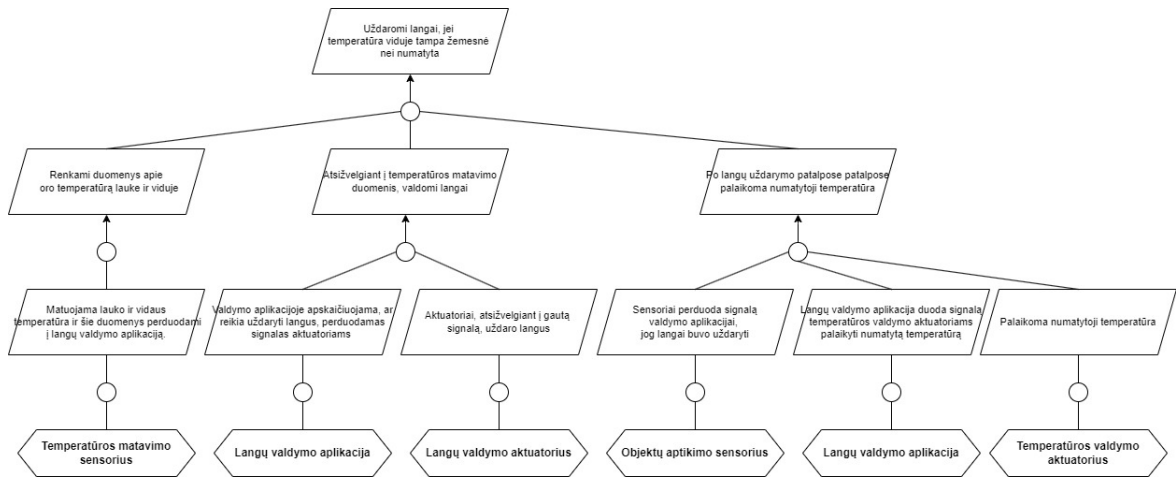
Tikslo T5.1.2 „Atsižvelgiant į temperatūros matavimo duomenis, valdomi langai“ patikslinimas (žr. 43 pav.) sutampa su patikslinimu 42 pav. diagramoje, tačiau vietoje langų atidarymo yra minimas jų uždarymas:

- T5.2.2.1 - Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia uždaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams.
- T5.2.2.2 - Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, uždaro langus.

Tikslas T5.2.1 „Po langų uždarymo patalpose palaikoma numatytoji temperatūra“ buvo patikslintas į tikslus (žr. 43 pav.):

1. T5.2.1.1 - Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo uždaryti.
2. T5.2.1.2 - Langų valdymo aplikacija duoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams palaikyti numatytą temperatūrą.
3. T5.2.1.3 - Palaikoma numatytoji temperatūra.

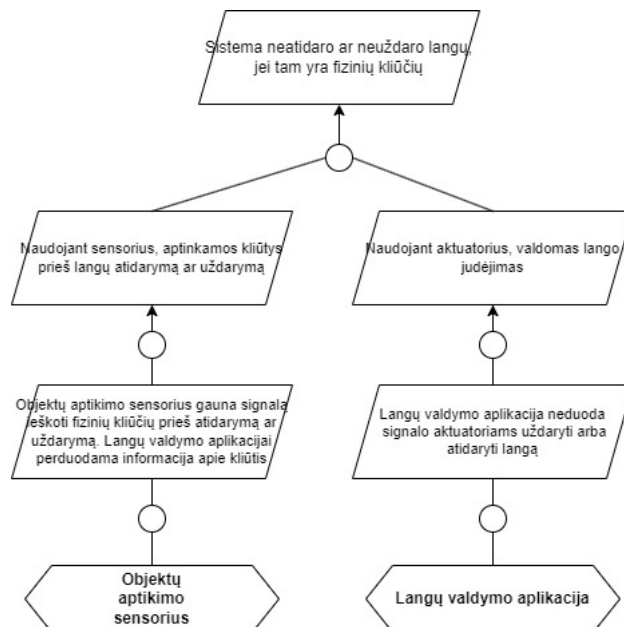
Už tikslo „Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo uždaryti“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Objektų aptikimo sensorius“, tikslo „Langų valdymo aplikacija duoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams palaikyti numatytą temperatūrą“ – programinis komponentas „Langų valdymo aplikacija“, o tikslo „Palaikoma numatytoji temperatūra“ – techninis komponentas „Temperatūros valdymo aktuatorius“.



43 pav. Tikslų, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

Tiksmai T6.1 „Naudojant sensorius, aptinkamos kliūtys prieš langų atidarymą ar uždarymą“ ir T6.2 „Naudojant aktuatorius, valdomas lango judėjimas“ buvo patikslinti į tikslus T6.1.1 „Objektų aptikimo sensorius gauna signalą ieškoti fizinių kliūčių prieš atidarymą ar uždarymą. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis“ ir T6.2.1 „Langų valdymo aplikacija neduoda signalo aktuatoriams uždaryti arba atidaryti langą“ (žr. 44 pav.).

Už tikslo „Objektų aptikimo sensorius gauna signalą ieškoti fizinių kliūčių prieš atidarymą ar uždarymą. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Objektų aptikimo sensorius“, tikslo „Langų valdymo aplikacija neduoda signalo aktuatoriams uždaryti arba atidaryti langą“ - programinis komponentas „Langų valdymo aplikacija“.



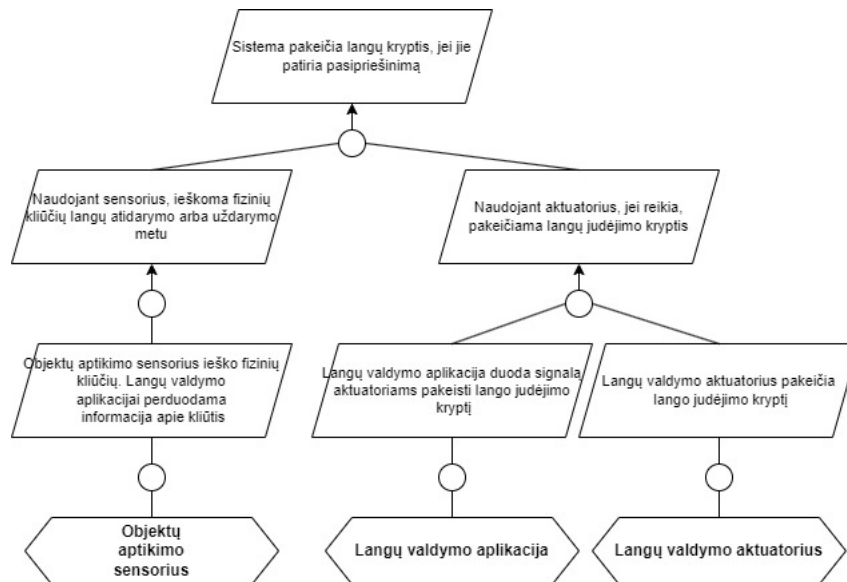
44 pav. Tikslų, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

Tikslas T7.1 „Naudojant sensorius, ieškoma fizinių kliūčių langų atidarymo arba uždarymo metu“ buvo patikslintas į tikslą T7.1.1 „Objektų aptikimo sensorius ieško fizinių kliūčių. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis“.

Tikslą T7.2 „Naudojant aktuatorius, jei reikia, pakeičiama langų judėjimo kryptis“ reikia patikslinti detaliau, nes už jo įgyvendinimą yra atsakingi komponentai „Langų valdymo aplikacija“ ir „Langų valdymo aktuatorius“ (žr. 45 pav.).

- T7.2.1 - Langų valdymo aplikacija duoda signalą aktuatoriams pakeisti lango judėjimo kryptį.
- T7.2.2 - Langų valdymo aktuatorius pakeičia lango judėjimo kryptį.

Už tikslo „Objektų aptikimo sensorius ieško fizinių kliūčių. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas techninis komponentas „Objektų aptikimo sensorius“, tikslo „Langų valdymo aplikacija duoda signalą aktuatoriams pakeisti lango judėjimo kryptį“ - programinis komponentas „Langų valdymo aplikacija“, o tikslo „Langų valdymo aktuatorius pakeičia lango judėjimo kryptį“ - techninis komponentas „Langų valdymo aktuatorius“.



45 pav. Tikslų, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

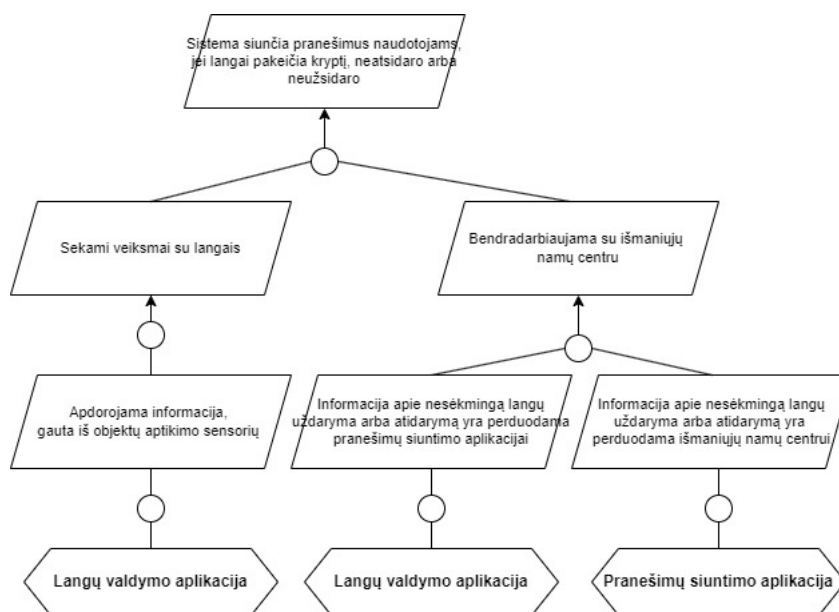
Tikslas T8.1 „Sekami veiksmai su langais“ buvo patikslintas į tikslą T8.1.1 „Apdorojama informacija, gauta iš objektų aptikimo sensorių“.

Tikslą T8.2 „Bendradarbiaujama su išmaniųjų namų centru“ reikia patikslinti detaliau, nes už jo įgyvendinimą yra atsakingi komponentai „Langų valdymo aplikacija“ ir „Langų valdymo aktuatorius“ (žr. 46 pav.):

- T8.2.1 - Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama pranešimų siuntimo aplikacijai.
- T8.2.2 - Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama išmaniųjų namų centrui.

Už tikslų „Apdorojama informacija, gauta iš objektų aptikimo sensorių“ ir „Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama pranešimų siuntimo aplikacijai“ įgyvendinimą atsakingu komponentu buvo paskirtas programinis komponentas „Langų valdymo

aplikacija“, o tikslo „Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama išmaniųjų namų centrui“ – programinis komponentas „Pranešimų siuntimo aplikacija“.



46 pav. Tikslių, apibrėžtų funkcinės dekompozicijos lygmenyje, patikslinimas

5.2.3. Scenarijų modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje

Buvo patikslintas kiekvienas iš funkcinės dekompozicijos lygmens scenarijų. Programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje koncentruojamasi į techninių ir programinių komponentų bendravimą tarpusavyje ir su išoriniais veiksniais, neatsižvelgiant į platformą, į kurią bus dislokuoti.

Aprašyti naudojimo atvejai, naudojant natūralią kalbą ir UML naudojimo atvejų diagramą (angl. *use case diagram*).

1. Scenarijaus NA1.1.1 „Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“ aprašymas (žr. 50, 51 lentelės) ir sekos diagrama (žr. 84 pav.).

Pirmasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Naudotojas nurodo pasirinkimus naudojant lietimui jautrų ekraną, kuris perduoda informaciją naudotojo sąsajos aplikacijai“, „Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugimo aplikacijai“, „Vartotojo nurodyta konfigūracija yra išsaugojama“, „Apdorojama išsaugojimo užklausa“, „Saugoma konfigūracija“, „Ekrane naudotojui pranešama ar įvestis buvo priimta“. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus, vykdomas scenarijus, kuriame naudotojas aktyvuoja zonų konfigūracijos funkciją ekrane. Ši įvestis yra perduodama į naudotojo sąsajos aplikaciją, kur yra interpretuojama kaip funkcijos aktyvacija. Naudotojo aplikacija atnaujina pateiktį ekraną, kad naudotojas galėtų pateikti zonų pasirinkimus. Naudotojo pateikti pasirinkimai yra validuojami naudotojo aplikacijos sąsajos. Jei yra patalpų, kurios priklauso daugiau nei vienai zonai, naudotojui ekrane yra pranešama apie klaidą. Jeigu ne, įvestis yra perduodama duomenų saugojimo aplikacijai. Ši apdoroja užklausa ir išsaugo informaciją duomenų bazėje. Jeigu nepavyko išsaugoti pasirinkimų, duomenų saugojimo aplikacija

praneša apie klaidą naudotojo sąsajos aplikacijai, naudotojas ekrane gauna pranešimą apie klaidą.

2. Scenarijaus NA2.1.1 „Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“ aprašymas (žr. 52, 53 lenteles) ir sekos diagrama (žr. 85 pav.).

Antrasis scenarijus yra susijęs su tokiais pačiais tikslais ir įgyvendinimo scenarijais kaip ir pirmasis, tačiau skiriasi tuo, kokią funkciją naudotojas aktyvuoja – galima aktyvuoti arba pasirinkimą užimtoms patalpoms, arba tuščioms.

3. Scenarijaus NA3.1.1 „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas (žr. 54, 55, 56 lenteles) ir sekos diagramos (žr. 86, 87 pav.).

Trečiasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Surenkami duomenys apie judesius patalpoje ir perduodamas signalas objektų sensoriumi“, „Surenkami duomenys apie judančius objektus patalpoje ir perduodami rezultatai temperatūros valdymo aplikacijai“, „Apskaičiuojama, koks objektas yra patalpoje“, „Naudojama informacija apie naudotojo nurodytas temperatūras“, „Apdorojama užklausa ir perduodama gauta konfigūracija temperatūros valdymo aplikacijai“, „Perduodama informacija apie konfigūraciją“, „Apskaičiuojama, kokia temperatūra turi būti palaikoma, pagal tai, kas aptikta patalpoje, perduodamas signalas aktuatoriams“, „Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, šildo arba vėdina patalpą“. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus, vykdomi tokie scenarijai:

- (a) Į patalpą įėjo ir joje yra tik žmogus. Judėsių sensorius aptinka judesius ir perduoda signalą objektų aptikimo sensoriumi, kad būtų renkama informacija apie patalpoje esantį objektą ir perduodama temperatūros valdymo aplikacijai. Aplikacijoje apskaičiuojama, kad objektas yra žmogus, kreipiamasi į duomenų valdymo aplikaciją dėl konfigūracijos. Duomenų valdymo aplikacija apdoroja užklausą ir pasiekia informaciją duomenų bazėje ir ją perduoda temperatūros valdymo aplikacijai. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kokią temperatūrą palaikyti – perduoda komandas aktuatoriams palaikyti numatytąją temperatūrą.
- (b) Į patalpą įėjo ir joje yra tik gyvūnas. Judėsių sensorius aptinka judesius ir perduoda signalą objektų aptikimo sensoriumi, kad būtų renkama informacija apie patalpoje esantį objektą ir perduodama temperatūros valdymo aplikacijai. Aplikacijoje apskaičiuojama, kad objektas yra gyvūnas, kreipiamasi į duomenų valdymo aplikaciją dėl konfigūracijos. Duomenų valdymo aplikacija apdoroja užklausą ir pasiekia informaciją duomenų bazėje ir ją perduoda temperatūros valdymo aplikacijai. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kokią temperatūrą palaikyti – perduoda komandas aktuatoriams palaikyti gyvūnui saugią temperatūrą.
- (c) Į patalpą įėjo ir žmogus, ir gyvūnas. Judėsių sensorius aptinka judesius ir perduoda signalą objektų aptikimo sensoriumi, kad būtų renkama informacija apie patalpoje esantį objektą ir perduodama temperatūros valdymo aplikacijai. Aplikacijoje apskaičiuojama, kad objektai yra ir žmogus, ir gyvūnas, kreipiamasi į duomenų valdymo aplikaciją dėl konfigūracijos. Duomenų valdymo aplikacija apdoroja užklausą ir pasiekia informaciją duomenų bazėje ir ją perduoda temperatūros valdymo

aplikacijai. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kokią temperatūrą palaikyti – perduoda komandas aktuatoriams palaikyti žmogui patogią ir gyvūnui saugią temperatūrą.

- (d) Patalpą paliko visi objektai. Judėsių sensorius aptinka judesius ir perduoda signalą objektų aptikimo sensoriumi, kad būtų renkama informacija apie patalpą paliekantį objektą ir perduodama temperatūros valdymo aplikacijai. Aplikacijoje apskaičiuojama, kad sujudėjęs objektas buvo aktualus – žmogus arba gyvūnas. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kokią temperatūrą palaikyti – naudotojo sukonfigūruotą fiksuotą temperatūrą.

4. Scenarijaus NA4.1.1., Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas (žr. 57, 58, 59 lentelės) ir sekos diagramos (žr. 88, 89 pav.).

Ketvirtasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Matuojama lauko ir vidaus temperatūra ir šie duomenys perduodami į langų valdymo aplikaciją“, „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia atidaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams“, „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia uždaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams“, „Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, atidaro langus“, „Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, uždaro langus“, „Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo atidaryti“, „Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo uždaryti“, „Langų valdymo aplikacija duoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams išjungti kondicionavimą“, „Langų valdymo aplikacija duoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams palaikyti numatytą temperatūrą“, „Kondicionavimas išjungiamas“, „Palaikoma numatytoji temperatūra“. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus, vykdomi scenarijai:

- (a) Esant lauko temperatūrai žemesnei nei viduje – temperatūros matavimo sensoriai perduoda matavimų rezultatus langų valdymo aplikacijai, kurioje apskaičiuojama, kad reikia atidaryti langus. Perduodama komanda objektų aptikimo sensoriumi ieškoti fizinių kliūčių, kurios galėtų trukdyti langų atidarymui. Sensoriaus surinkta informacija yra perduodama langų valdymo aplikacijai. Apskaičiavus, jog yra kliūčių, langai neatidaromi. Jeigu kliūčių nėra, perduodamos komandos langų aktuatoriams atidaryti langus. Jeigu atidarymo metu objektų aptikimo sensorius aptiko naują kliūtį, apie ją pranešama langų valdymo aplikacijai, kuri perduoda komanda aktuatoriams grąžinti langus į pradinę padėtį. Jeigu kliūčių nebuvo, objektų sensoriai aptinka, kad langai tikrai buvo atidaryti, apie tai pranešama langų valdymo aplikacijai, kuri perduoda signalą temperatūros valdymo aplikacijai. Temperatūros valdymo aplikacija perduoda komandas temperatūros valdymo aktuatoriams išjungti kondicionavimą.
- (b) Esant vidaus temperatūrai žemesnei nei numatyta – temperatūros matavimo sensoriai perduoda matavimų rezultatus langų valdymo aplikacijai, kurioje apskaičiuojama, kad reikia uždaryti langus. Perduodama komanda objektų aptikimo sensoriumi ieškoti fizinių kliūčių, kurios galėtų trukdyti langų uždarymui. Sensoriaus surinkta informacija yra perduodama langų valdymo aplikacijai. Apskaičiavus, jog yra kliūčių, langai neuždaromi. Jeigu kliūčių nėra, perduodamos komandos langų aktuatoriams

uždaryti langus. Jeigu atidarymo metu objektų aptikimo sensorius aptiko naują kliūtį, apie ją pranešama langų valdymo aplikacijai, kuri perduoda komanda aktuatoriams grąžinti langus į pradinę padėtį. Jeigu kliūčių nebuvo, objektų sensoriai aptinka, kad langai tikrai buvo uždaryti, apie tai pranešama langų valdymo aplikacijai, kuri perduoda signalą temperatūros valdymo aplikacijai. Temperatūros valdymo aplikacija perduoda komandas temperatūros valdymo aktuatoriams pakelti temperatūrą iki numatytos ir toliau ją palaikyti.

5. Scenarijaus NA5.1.1 „Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“ aprašymas (žr. 60 lentelę) ir sekos diagrama (žr. 90 pav.).

Penktasis scenarijus yra susijęs su tikslais „Apdorojama informacija, gauta iš objektų aptikimo sensorių“, „Informacija apie nesėkmingą langų uždaryma arba atidarymą yra perduodama pranešimų siuntimo aplikacijai“, „Informacija apie nesėkmingą langų uždaryma arba atidarymą yra perduodama išmaniųjų namų centrui“. Scenarijus: kai įvyksta scenarijus, jog langai turėjo pakeisti kryptį, jų nebuvo galima atidaryti arba uždaryti dėl kliūčių – objektų sensorius perdavė informaciją apie aptiktas kliūtis langų valdymo aplikacijai, ir aktuatoriams buvo nurodyta grąžinti langus į pradinę padėtį. Langų valdymo aplikacija taip pat siunčia šią informaciją į pranešimų siuntimo aplikaciją, kuri ją perduoda išmaniųjų namų centrui, kad pasiektų naudotoją.

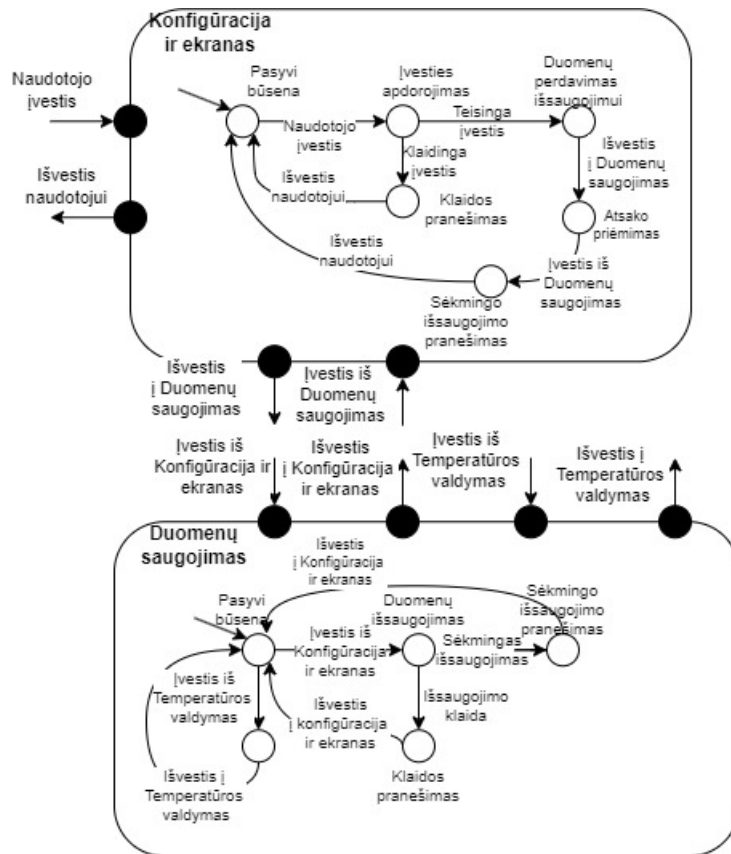
5.2.4. Reikalavimai funkcinės dekompozicijos lygmenyje

Reikalavimai iš elgesio perspektyvos yra pateikiami naudojant natūralią kalbą ir būsenų diagramą (angl. *communicating state machine*), kur vaizduojamas kiekvieno komponento elgesys daug nesigilinant į vidinį jo veikimą. Komponentai bendrauja ir su aplinka, ir tarpusavyje.

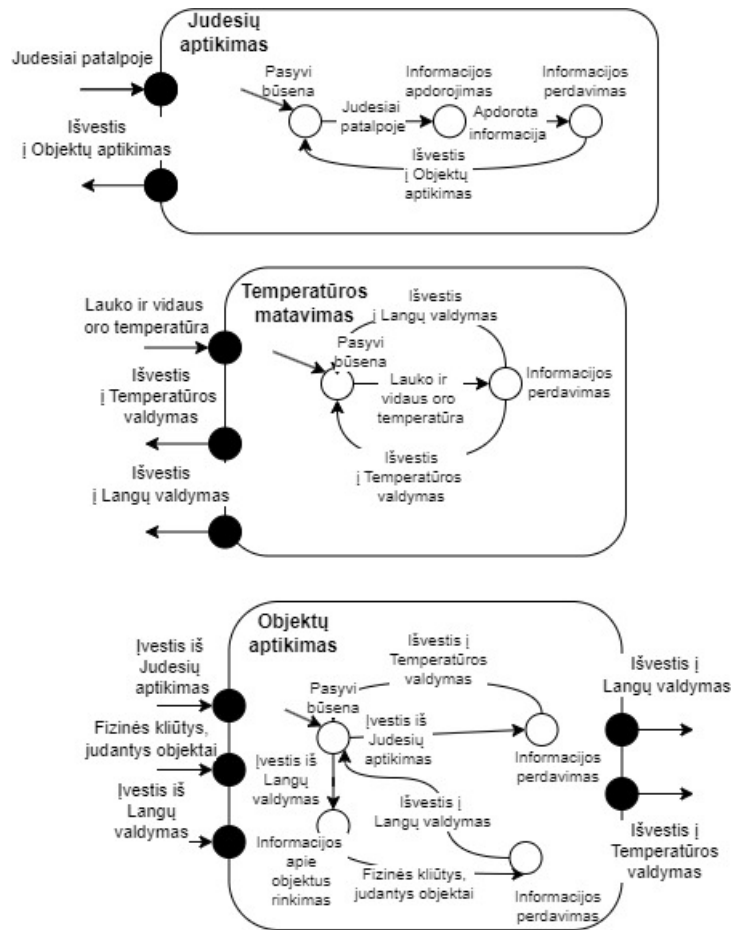
Elgesys yra iliustruojamas remiantis metodo autorių pateiktomis būsenų mašinomis, kuriose yra vaizduojama kaip keičiasi komponentų būsenos gavus įvestį iš aplinkos. Vieno komponento sukurtas rezultatas gali būti kito komponento įvestis.

1. „Konfigūracija ir ekranas“ (žr. 47 pav.):
 - (a) Priima įvestį iš aplinkos – naudotojo funkcijos arba konfigūracijos pasirinkimus.
 - (b) Esant neteisingam pasirinkimui, apie tai informuoja naudotoją, o esant teisingam pasirinkimui, duomenis perduoda išsaugojimui į duomenų saugojimo komponentą.
 - (c) Išsaugojimui pasibaigus klaida ar sėkmingai, atitinkamai informuoja naudotoją.
2. „Judesių aptikimas“ (žr. 48 pav.):
 - (a) Komponentas priima įvestį iš aplinkos – judesius.
 - (b) Apdorotą informaciją perduoda objektų aptikimo komponentui, kad būtų galima pradėti rinkti informaciją apie patį objektą.
3. „Temperatūros matavimas“ (žr. 48 pav.):
 - (a) Priima įvestį iš aplinkos – lauko ir vidaus oro temperatūrą.
 - (b) Perduoda įvestį temperatūros ir langų valdymo komponentams, kad būtų galima atlikti skaičiavimus, reikalingus nustatyti, kokią temperatūrą palaikyti.
4. „Objektų aptikimas“ (žr. 48 pav.):

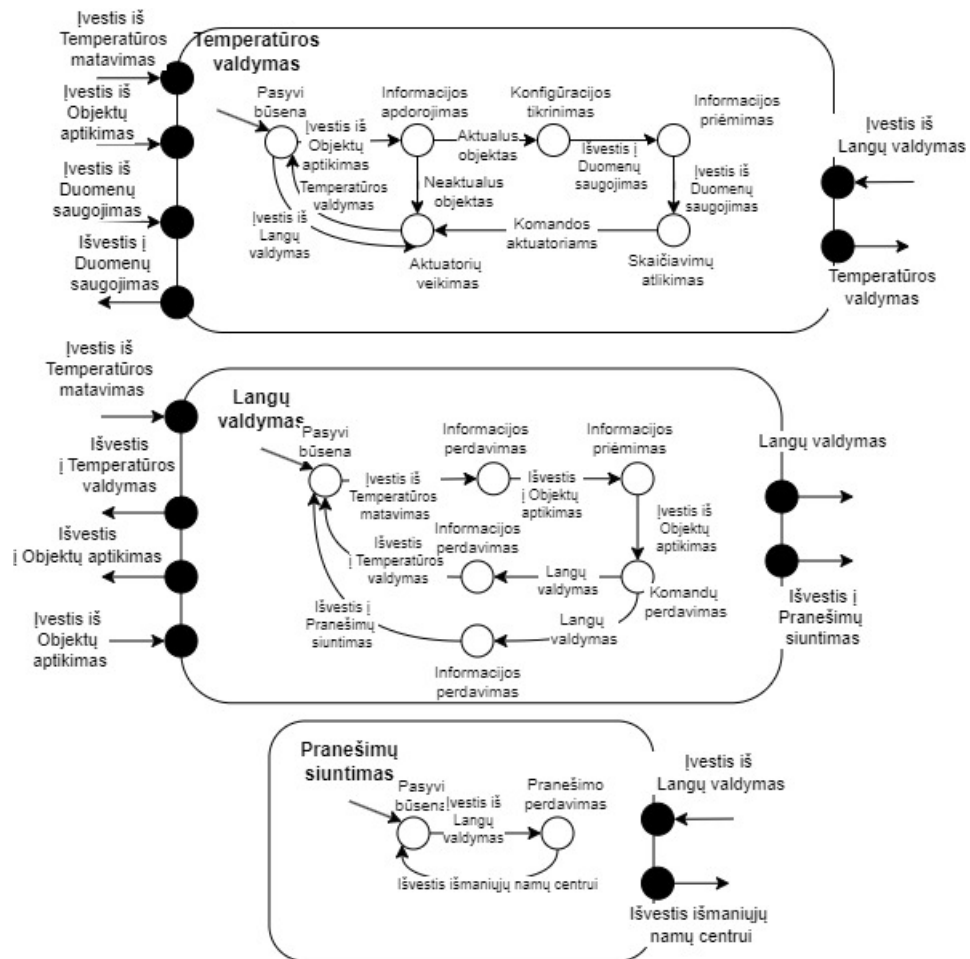
- (a) Priima įvestį iš judesių aptikimo komponento, kuri yra signalas, jog reikia surinkti informaciją apie į patalpą įėjusį objektą – įvestį apie judančius objektus. Ši informacija yra perduodama temperatūros valdymo komponentui.
 - (b) Priima įvestį iš langų valdymo komponento kaip signalą ieškoti fizinių kliūčių, ir ši informacija apie kliūtis yra perduodama atgal į langų valdymo komponentą.
5. „Temperatūros valdymas“ (žr. 49 pav.):
- (a) Priima įvestį iš objektų aptikimo komponento – yra apskaičiuojama, ar aptiktas objektas yra aktualus (žmogus arba gyvūnas) ar ne (sensoriai aptiko sujudėjusį negyvą daiktą).
 - (b) Komponentas kreipiasi į duomenų saugojimo komponentą, kad gautų informaciją apie naudotojo sudarytą konfigūraciją.
 - (c) Apskaičiuoja komandas aktuatoriams, kurie atitinkamai valdo temperatūrą. Priima įvestį iš langų valdymo komponento kaip signalą, jog reikia išjungti kondicionavimą arba palaikyti numatytąją temperatūrą.
6. „Langų valdymas“ (žr. 49 pav.):
- (a) Priima įvestį iš temperatūros matavimo komponento – jei temperatūros lauke ir viduje skirtumas reikalauja atidaryti arba uždaryti langus, yra informuojamas objektų aptikimo komponentas, jog reikia ieškoti fizinių kliūčių.
 - (b) Apie kliūtis gautą informaciją naudoja apskaičiuojant ir perduodant komandas langų valdymo aktuatoriams.
 - (c) Jeigu atidarymas/uždarymas baigėsi netikėtai, apie tai informuoja naudotoją, o jeigu viskas gerai – informuojamas temperatūros valdymo komponentas apie reikiamus veiksmus.
7. „Duomenų saugojimas“ (žr. 47 pav.):
- (a) Priima įvestį iš konfigūracijos ir ekrano komponento kaip signalą, jog reikia išsaugoti naudotojo nurodytą konfigūraciją.
 - (b) Apie rezultatus atitinkamai informuoja konfigūracijos ir ekrano komponentą.
 - (c) Priima įvestį iš temperatūros valdymo komponento kaip signalą, jog reikia pateikti informaciją apie naudotojo sudarytą konfigūraciją.
8. „Pranešimų siuntimas“ (žr. 49 pav.) – perduoda pranešimus į išmaniųjų namų centrą, kai gauna signalą iš langų valdymo komponento.



47 pav. Reikalavimų elgesio modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje, „Konfigūracija ir ekranas“ ir „Duomenų saugojimas“



48 pav. Reikalavimų elgesio modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje, „Judėsių aptikimas“, „Temperatūros matavimas“, ir „Objektų aptikimas“



49 pav. Reikalavimų elgesio modelis funkcinės dekompozicijos lygmenyje, „Temperatūros valdymas“, „Langų valdymas“ ir „Pranešimų siuntimas“

5.3. Trečiasis etapas - programinės-techninės įrangos lygio lygiagretus kūrimas

Programinės-techninės įrangos lygio lygiagretus kūrimas – šiame lygyje yra apibrėžiami diegimo lygmens tikslai, scenarijai bei architektūra. Po to, kai jie yra užbaigti, yra aprašomi programinės-techninės įrangos skaidymo lygmens reikalavimai ir diegimo reikalavimai.

5.3.1. Architektūros modelis diegimo lygmenyje

Šiame architektūros modelyje programinės ir techninės įrangos komponentai yra dislokuojami į elektroninius valdymo blokus, kurių ryšiai yra vaizduojami fizinėmis jungtimis. Išdėstymo diagramą (angl. *deployment diagram*) galima matyti 50 pav.

Buvo išskirti blokai - naudotojo sąsaja, duomenų saugojimas, temperatūros matavimas, judesių aptikimas, objektų aptikimas, temperatūros valdymas, langų valdymas ir pranešimų siuntimas.

Visi šie blokai komunikuoja naudodami siųstuvus-įmtuvus. Pasirinkta naudoti CC2420 siųstuvą-įmtuvą, naudojantį ZigBee ryšio protokolą (angl. *communication protocol*). Šis protokolas yra dažnai naudojamas įterptinėse sistemose - nesudėtingas, suvartojantis mažai energijos, palaiko

patikimą bevielį ryšį ne per dideliais atstumais [YJC⁺10; Xio15]. CC2420 siųstuvas-imtuvus taip pat pasižymi stabilium, mažai energijos reikalaujančiu veikimu [YJC⁺10].

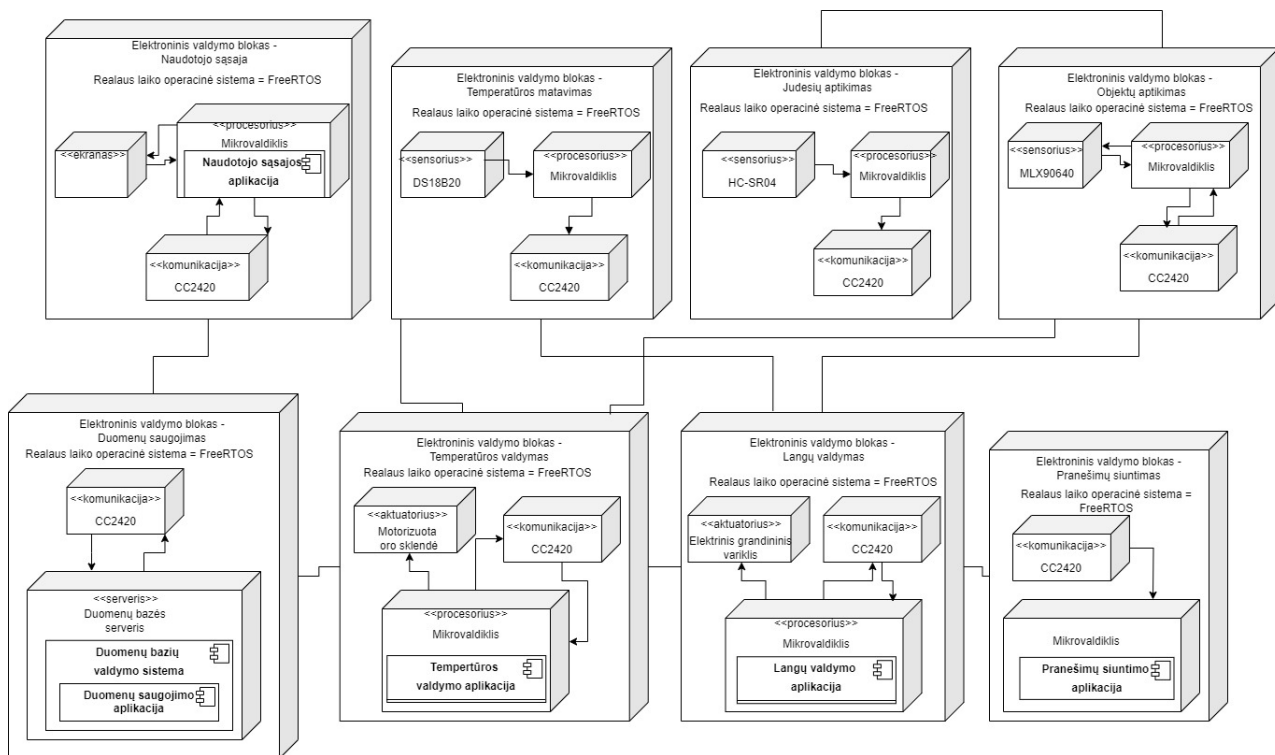
Daugumoje blokų yra naudojamas mikrovaldiklis MSP430F135 – efektyvus ir taupus pasirinkimas išmaniųjų namų įterptinėse valdymo sistemose [YJC⁺10]. Šis mikrovaldiklis buvo pasirinktas todėl, nes yra suderinamas su siųstuvu-imtuvu CC2420, yra 16 bitų ir gali dalyvauti įvairiuose skaičiavimų procesuose [YJC⁺10].

Kiekviename iš blokų turėtų veikti realaus laiko operacinė sistema. (angl. *real-time operating system*). Tokios operacinės sistemos turėtų be delsos įvykdyti jai užduotas užklaudas ir suspėti tai padaryti sulig užklaustos terminu [Wan06]. Vienos populiariausių realaus laiko operacinių sistemų yra FreeRTOS, VxWorks, QNX, ir Real-Time Linux. Lyginant šias operacines sistemas, VxWorks ir QNX yra labiau tinkamos didesnėms sistemoms, o Real-Time Linux reikalauja daugiausia pastangų jos konfigūracijai [Wan06]. Buvo pasirinkta FreeRTOS realaus laiko operacinė sistema, kuri yra suderinama su pasirinktu siųstuvu-imtuvu ir mikrovaldikliu [VGC⁺23].

Specifinė įranga elektroninio valdymo blokams taip pat buvo renkama siūžvelgiant į suderinamumą su siųstuvu-imtuvu, mikrovaldikliu, operacine sistema ir tinkamumą sistemai.

1. Elektroninis valdymo blokas – Naudotojo sąsaja. Blokas yra sudarytas iš ekrano, mikrovaldiklio su įdiegta naudotojo sąsajos aplikacija ir siųstuvu-imtuvu. Ekranas turėtų būti suderinamas su mikrovaldikliu. Blokas komunikuoja su duomenų saugojimo aplikacija.
2. Elektroninis valdymo blokas – Duomenų saugojimas. Blokas yra sudarytas iš duomenų saugojimo aplikacijos, duomenų bazių valdymo sistemos, duomenų bazės serverio ir siųstuvu-imtuvu. Duomenų bazių valdymo sistema gali būti tokia kaip SQLite, nes saugomi duomenys nebūtų sudėtingi. Blokas komunikuoja su naudotojo sąsajos ir temperatūros valdymo aplikacijomis.
3. Elektroninis valdymo blokas – Temperatūros matavimas. Temperatūros matavimui galima naudoti kelių tipų sensorius – termoporą (angl. *thermocouple*), termistorių (angl. *thermistor*), atsparumo termometrus (angl. *Resistance Temperature Detector*), integruotus grandynus (angl. *integrated circuits*) [Ibr02]. Termoporas ir atsparumo termometras reikalauja kontakto, o termistorius ir integruotieji grandynai priklauso abiem kategorijoms. Temperatūros matavimui patalpoje ir lauke reikia sensoriaus, kuris nereikalauja kontakto, tad galima rinktis tarp termistoriaus ir integruotųjų grandynų. Lyginant šiuos du sensorių tipus, integruotųjų grandynų sensoriai siūlo didesnę matuojamos temperatūros intervalą, tikslumą ir jautrumą [Eng15]. Priklausomai nuo sensoriaus tipo, gali reikėti naudoti analoginius skaitmeninius keitiklius, kurie analoginius signalus pakeičia į skaitmeninius. Buvo pasirinktas sensorius DS18B20 – jis iškart signalus paverčia į skaitmeninius, todėl nereikės analoginio skaitmeninio keitiklio. Taip pat yra naudojamas vienas komunikacijos kanalas (angl. *communication bus*), todėl galima prie mikrovaldiklio prijungti daug tokių sensorių naudojant vieną jungtį. Komunikacijai su mikrovaldikliu yra naudojama vienos jungties (angl. *1-Wire*) tvarkyklė (angl. *driver*). Mikrovaldiklis turi įmontuojamą programinę įrangą (angl. *firmware*). Blokas komunikuoja su temperatūros ir langų valdymo aplikacijomis.

4. Elektroninis valdymo blokas - Judesių aptikimas. Judesių aptikimui galima naudoti kelių rūšių jutiklius - pasyvųjų infraraudonųjų spindulių jutiklį (angl. *passive infrared sensor*), ultragarsinį jutiklį (angl. *ultrasonic sensor*) ar radijo bangų dažnių signalus [ALE⁺20]. Šio sensoriaus užduotis būtų tik aptikti judesį ir apie tai pranešti objektų aptikimo sensoriui, tad šiuo atveju sistemai užtenka paprasto judesių sensoriaus. Lyginant galimus tipus, ultragarsinis ir radijo dažnių jutikliai tinka didesnėms erdvėms, bet ultragarsinis jutiklis yra labiau atsparus trukdžiams [ALE⁺20]. Buvo pasirinkta naudoti jutiklį HC-SR04, kuris pasižymi gana aukštu tikslumu ir nėra reikalingas analoginis skaitmeninis keitiklis [RM19]. Komunikacijai su mikrovaldikliu turėtų būti naudojama tvarkyklė (angl. *driver*), tinkama GPIO jungtims. Mikrovaldiklis turi įmontuojamą programinę įrangą (angl. *firmware*). Komunikuoja su objektų atpažinimo sensoriumi.
5. Elektroninis valdymo blokas - Objektų aptikimas. Objektų aptikimui/atpažinimui gali būti naudojami ultragarsiniai, terminiai sensoriai, kameros, radijo bangų dažniai [ALE⁺20]. Šiuo atveju elektroninis valdymo blokas bus atsakingas už informacijos, kuri padėtų atpažinti objektus ir aptikti kliūtis, rinkimą. Tam buvo pasirinktas terminis jutiklis MLX90640. Jis tinka ir žmonių atskyrimui nuo gyvūnų, ir kliūčių aptikimui, nes jos turi būti arti lango. Taip pat nereikia naudoti analoginio skaitmeninio keitiklio [AAK⁺22]. Komunikacijai su mikrovaldikliu yra naudojama I2C tvarkyklė (angl. *driver*). Mikrovaldiklis turi įmontuojamą programinę įrangą (angl. *firmware*). Blokas komunikuoja su temperatūros ir langų valdymo aplikacijomis.
6. Elektroninis valdymo blokas - Temperatūros valdymas. Blokas yra sudarytas iš akuatoriaus - motorizuotos oro sklendės, mikrovaldiklio su įdiegta langų valdymo aplikacija ir siųstuvo-įmtuvo. Akuatorius yra atsakingas už numatytos temperatūros palaikymą. Jis gauna komandas iš mikrovaldiklio, kuriame veikia temperatūros valdymo aplikacija. Ji naudodamasi sensorių surinkta informacija apskaičiuoja komandas akuatoriams, taip pat priima signalą iš langų valdymo aplikacijos.
7. Elektroninis valdymo blokas - Langų valdymas. Blokas yra sudarytas iš akuatoriaus - elektrinio grandininio variklio (angl. *electric chain actuator*), mikrovaldiklio su įdiegta temperatūros valdymo aplikacija ir siųstuvo-įmtuvo. Akuatorius yra atsakingas už langų valdymą. Jis gauna komandas iš mikrovaldiklio, kuriame veikia langų valdymo aplikacija. Ji naudodamasi sensorių surinkta informacija apskaičiuoja komandas akuatoriams, taip pat perduoda signalą objektų aptikimo akuatoriui, kai reikia ieškoti kliūčių.
8. Elektroninis valdymo blokas - Pranešimų siuntimas. Blokas yra sudarytas iš mikrovaldiklio su įdiegta pranešimų siuntimo aplikacija ir siųstuvo-įmtuvo. Blokas komunikuoja su langų valdymo aplikacija ir išmaniųjų namų centru.

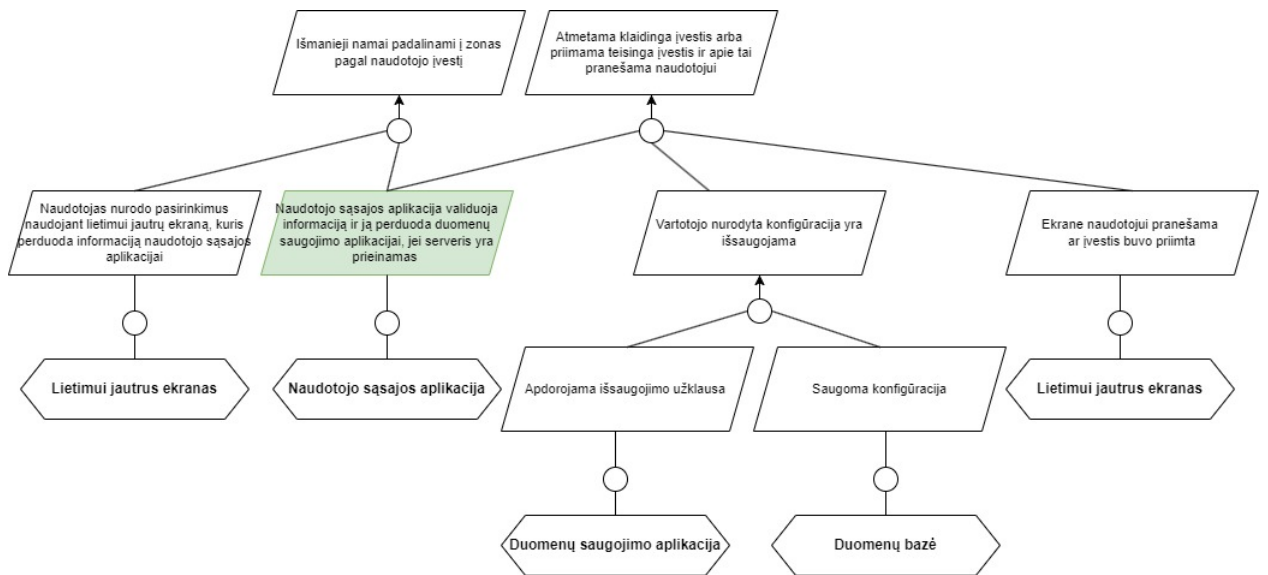


50 pav. Architektūros modelis diegimo lygmenyje

5.3.2. Tikslų modelis diegimo lygmenyje

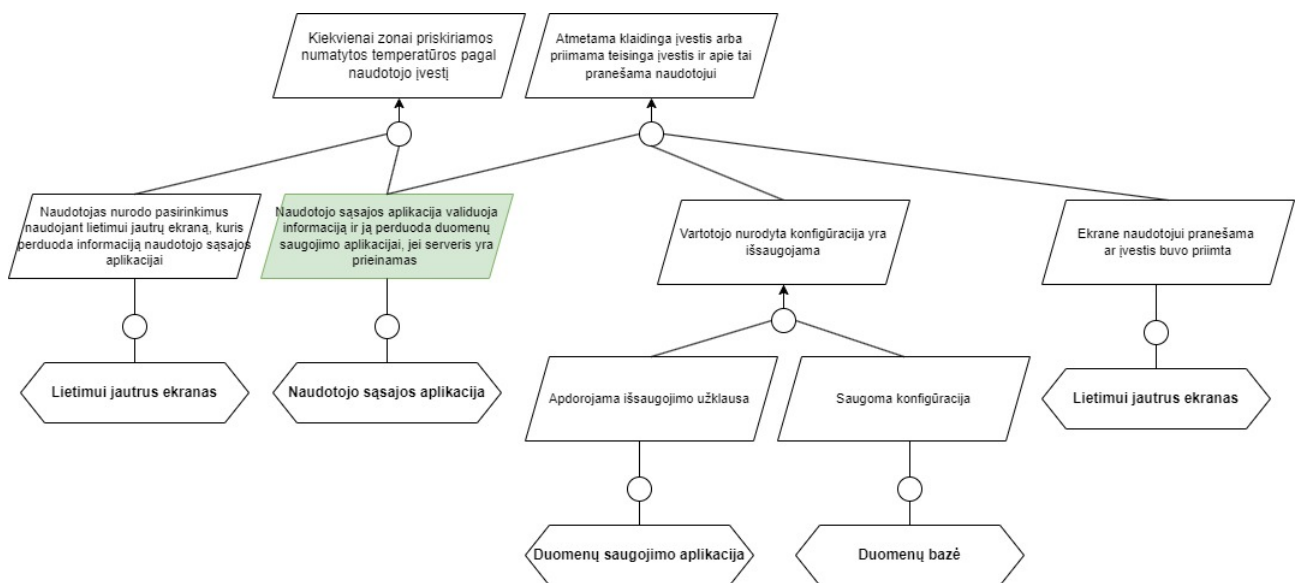
Tikslų modelyje diegimo lygmenyje, jei reikėjo, buvo tikslinami programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje apibrėžti tikslai. Jie tikslinami tuo atveju, jei dėl aplinkos, į kurią buvo dislokuotas komponentas, atsirado papildomų reikalavimų ar suvaržymų.

Tikslas T2.1.2 „Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugojimo aplikacijai“ patikslintas į T2.1.2.1 „Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugojimo aplikacijai, jei serveris yra prieinamas“ (žr. 51 pav.). Operacinė sistema apriboja prieigą prie serverio, jei jis yra užimtas užduotimis iš temperatūros valdymo aplikacijos.



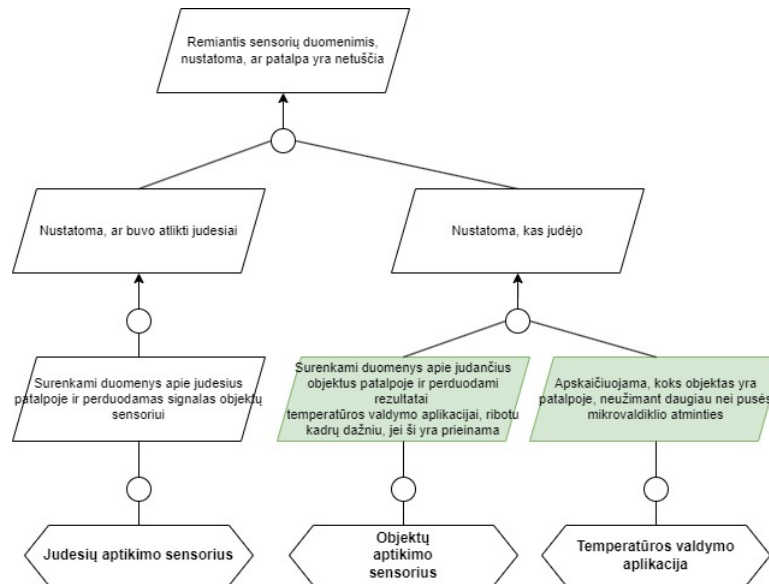
51 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

Patikslintas tikslas „Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugojimo aplikacijai, jei serveris yra prieinamas“ (žr. 52 pav.) sutampa su atveju 51 pav., tačiau patikslinimas yra susijęs su temperatūros konfigūracijos funkcija.



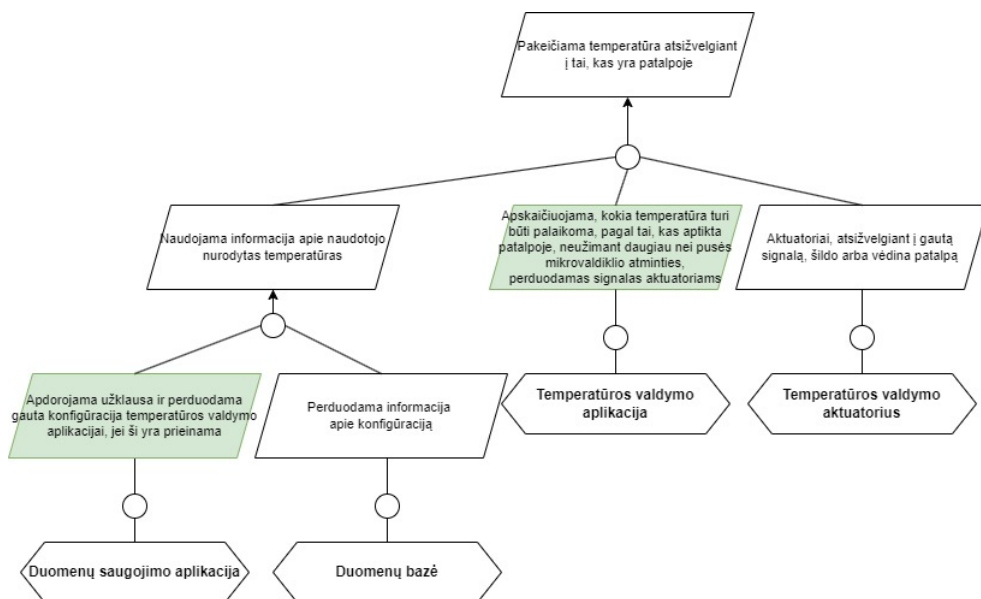
52 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

Patikslinti tikslai iš T4.1.1.1 „Surenkami duomenys apie judančius objektus patalpoje ir perduodami rezultatai temperatūros valdymo aplikacijai“ ir T4.1.2.2 „Apskaičiuojama, koks objektas yra patalpoje“ į T4.1.1.1.1 „Surenkami duomenys apie judančius objektus patalpoje ir perduodami rezultatai temperatūros valdymo aplikacijai, ribotu kadru dažniu, jei ši yra prieinama“ ir T4.1.2.2.1 „Apskaičiuojama, koks objektas yra patalpoje, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties“ (žr. 53 pav.). Komunikacijos protokolas apriboja, koks duomenų dydis yra perduodamas, o operacinė sistema apriboja prieigą prie temperatūros valdymo aplikacijos, jei tuo metu yra apdorojama kita užduotis. Aplikacijos skaičiavimai taip pat neturėtų užimti per daug mikrovaldiklio atminties, kad būtų išsaugomas sklandus veikimas.



53 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

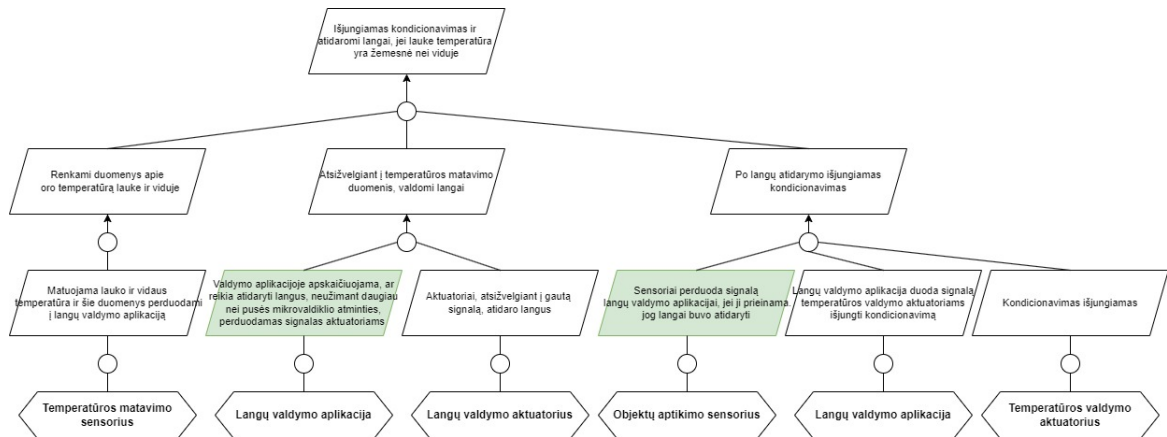
Patikslinti tikslai iš T4.2.1.1 „Apdorojama užklausa ir perduodama gauta konfigūracija temperatūros valdymo aplikacijai“ ir T4.2.2 „Apskaičiuojama, kokia temperatūra turi būti palaikoma, pagal tai, kas aptikta patalpoje, perduodamas signalas aktuatoriams“ į T4.2.1.1.1 „Apdorojama užklausa ir perduodama gauta konfigūracija temperatūros valdymo aplikacijai, jei ši yra prieinama“ ir T4.2.2.1 „Apskaičiuojama, kokia temperatūra turi būti palaikoma, pagal tai, kas aptikta patalpoje, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties, perduodamas signalas aktuatoriams“ (žr. 54 pav.). Operacinė sistema apriboja prieigą prie temperatūros valdymo aplikacijos, jei tuo metu yra apdorojama kita užduotis. Aplikacijos skaičiavimai taip pat neturėtų užimti per daug mikrovaldiklio atminties, kad būtų išsaugomas sklandus veikimas.



54 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

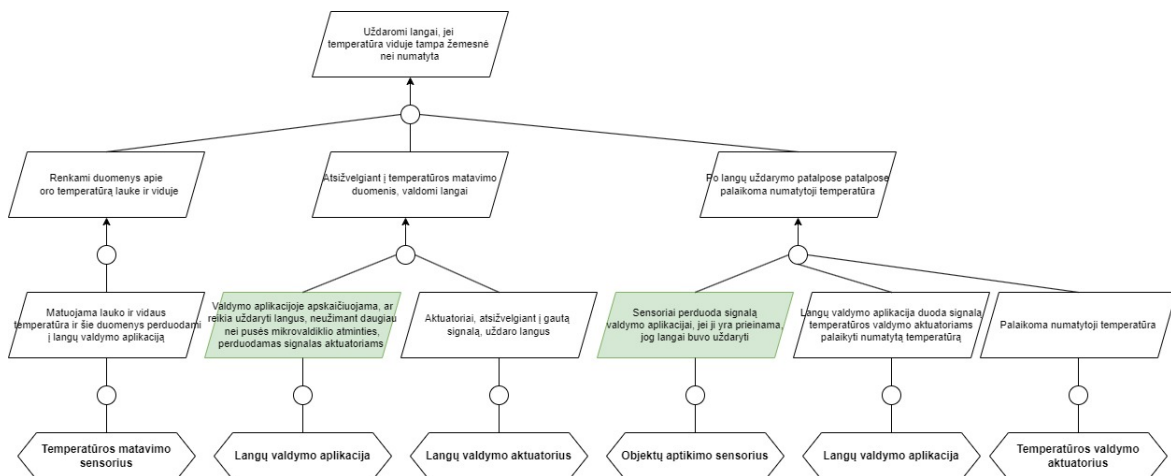
Patikslinti tikslai iš T5.1.2.1 „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia atidaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams“ ir T5.1.3.1 „Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai,

jog langai buvo atidaryti“ į T5.1.2.1.1 „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia atidaryti langus, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties, perduodamas signalas aktuatoriams“ ir T5.1.3.1.1 „Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jei ji yra prieinama, jog langai buvo atidaryti“ (žr. 55 pav.). Komunikacijos protokolas apriboja, koks duomenų dydis yra perduodamas. Operacinė sistema apriboja prieigą prie langų valdymo aplikacijos, jei tuo metu yra apdorojama kita užduotis. Aplikacijos skaičiavimai taip pat neturėtų užimti per daug mikrovaldiklio atminties, kad būtų išsaugomas sklandus veikimas.



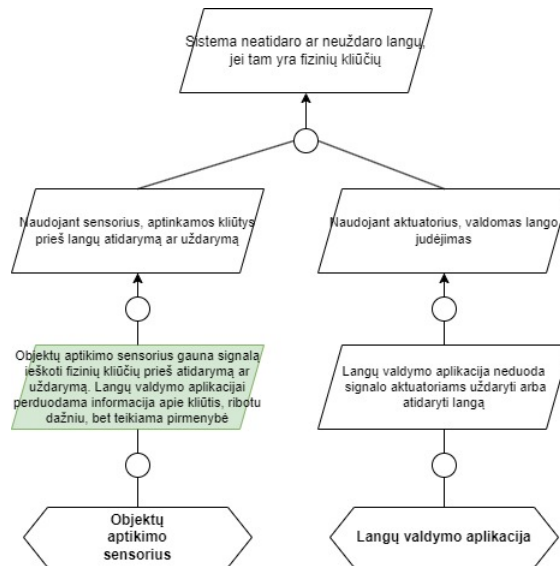
55 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

Patikslinti tikslai iš T5.2.2.1 „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia uždaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams“ ir T5.2.1.1 „Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo uždaryti“ į T5.2.2.1.1 „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia uždaryti langus, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties, perduodamas signalas aktuatoriams“ ir T5.2.1.1.1 „Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jei ji yra prieinama, jog langai buvo uždaryti“ (žr. 56 pav.). Komunikacijos protokolas apriboja, koks duomenų dydis yra perduodamas. Operacinė sistema apriboja prieigą prie langų valdymo aplikacijos, jei tuo metu yra apdorojama kita užduotis. Aplikacijos skaičiavimai taip pat neturėtų užimti per daug mikrovaldiklio atminties, kad būtų išsaugomas sklandus veikimas.



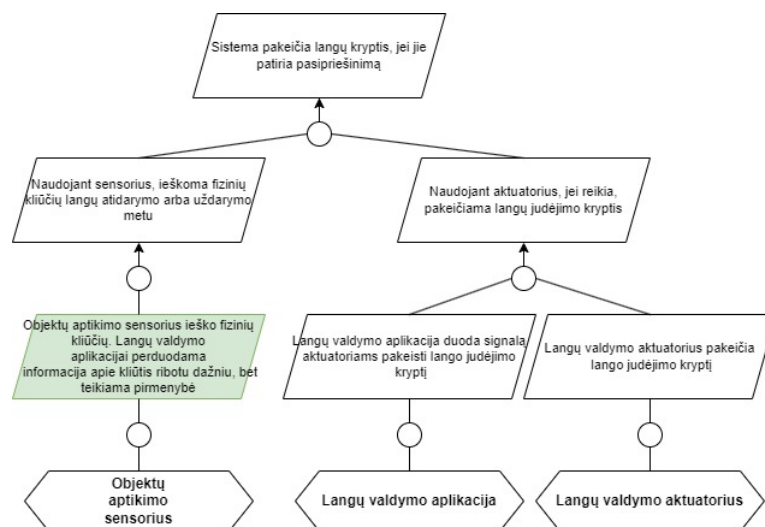
56 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

Tikslas T6.1.1 „Objektų aptikimo sensorius gauna signalą ieškoti fizinių kliūčių prieš atidarymą ar uždarymą. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis“ patikslintas į T6.1.1.1 „Objektų aptikimo sensorius gauna signalą ieškoti fizinių kliūčių prieš atidarymą ar uždarymą. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis, ribotu dažniu, bet teikiama pirmenybė“ (žr. 57 pav.). Komunikacijos protokolas apriboja, koks duomenų dydis yra perduodamas. Operacinė sistema apriboja prieigą prie langų valdymo aplikacijos, tačiau, jei laukiama signalo apie fizines kliūtis, tokiems pranešimams yra teikiama pirmenybė.



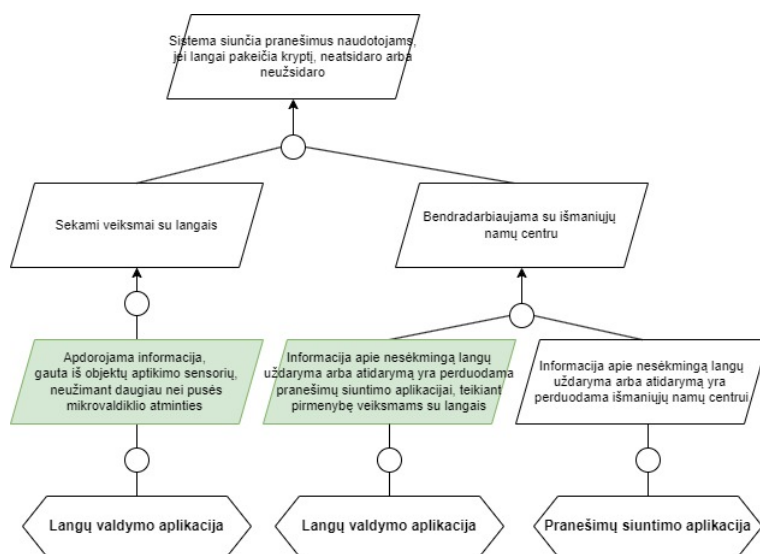
57 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

Patikslintas tikslas T7.1.1 „Objektų aptikimo sensorius ieško fizinių kliūčių. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis ribotu dažniu, bet teikiama pirmenybė“ (žr. 58 pav.) sutampa su atveju 57 pav., tačiau patikslinimas yra susijęs su langų krypties keitimu – T7.1.1.1 „Objektų aptikimo sensorius ieško fizinių kliūčių. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis ribotu dažniu, bet teikiama pirmenybė“



58 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

Patikslinti tikslai iš T8.1.1 „Apdorojama informacija, gauta iš objektų aptikimo sensorių“ ir T8.2.1 „Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama pranešimų siuntimo aplikacijai“ į T8.1.1.1 „Apdorojama informacija, gauta iš objektų aptikimo sensorių, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties“ ir T8.2.1.1 „Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama pranešimų siuntimo aplikacijai, teikiant pirmenybę veiksams su langais“ (žr. 59 pav.). Operacinė sistema apriboja prieigą prie langų valdymo aplikacijos, jei tuo metu yra apdorojama kita užduotis, pirmenybė nėra teikiama pranešimams apie kliūtis, pirmiau yra atliekami veiksmai su langais, kad būtų išvengta gedimų. Aplikacijos skaičiavimai taip pat neturėtų užimti per daug mikrovaldiklio atminties, kad būtų išsaugomas sklandus veikimas.



59 pav. Tikslų patikslinimas diegimo lygmenyje

5.3.3. Scenarijų modelis diegimo lygmenyje

Šiame lygmenyje scenarijai yra tikslinami remiantis programinės-techninės įrangos skaidymo lygmens scenarijais, tačiau jie skiriasi nedaug - yra pridedamos bendravimo dalys, būdingos tuomet, kai komponentai yra dislokuoti. Aprašyti naudojimo atvejai, naudojant natūralią kalbą ir UML naudojimo atvejų diagramą (angl. *use case diagram*).

1. Scenarijaus NA1.1.1.1, „Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“ sekos diagrama (žr. 91 pav.).

Pirmasis scenarijus yra susijęs su tais pačiais tikslais ir žingsniais, kaip ir programinės-techninės įrangos skaidymo lygmenyje, bet pridedamas ir patikslintas scenarijus „Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugojimo aplikacijai, jei serveris yra prieinamas“. Šiame lygmenyje prisideda papildomi bendravimo žingsniai tarp naudotojo sąsajos ir duomenų saugojimo aplikacijų - naudotojo sąsajos aplikacija kreipiasi į duomenų bazės serverį, kad sužinotų, ar jis yra pasiekiamas, nes kreipimo si metu gali būti užimtas kita užduotimi, arba reikia suteikti pirmenybę užduotims iš temperatūros valdymo aplikacijos.

2. Scenarijaus NA2.1.1.1 „Nustatyti naudotojo nurodytą temperatūrą“ sekos diagrama (žr. 92 pav.).

Antrasis scenarijus yra susijęs su tokiais pačiais tikslais ir įgyvendinimo žingsniais kaip ir pirmasis, tačiau skiriasi tuo, kokią funkciją naudotojas aktyvuoja – galima aktyvuoti arba pasirinkimą užimtoms patalpoms, arba tuščioms. Prideda tokie patys žingsniai tarp naudotojo sąsajos ir duomenų saugojimo aplikacijų.

3. Scenarijaus NA3.1.1.1 „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ sekos diagramos (žr. 93, 94 pav.).

Trečiasis scenarijus yra susijęs su tais pačiais tikslais ir žingsniais, kaip ir programinės-techninės įrangos skaidymo lygmenyje (žr. 86, 87 pav.), išskyrus patikslintus tikslus ir scenarijus „Surenkami duomenys apie judančius objektus patalpoje ir perduodami rezultatai temperatūros valdymo aplikacijai, ribotu kadru dažniu, jei ši yra prieinama“, „Apskaičiuojama, koks objektas yra patalpoje, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties“, „Apdorojama užklausa ir perduodama gauta konfigūracija temperatūros valdymo aplikacijai, jei ši yra prieinama“, „Apskaičiuojama, kokia temperatūra turi būti palaikoma, pagal tai, kas aptikta patalpoje, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties, perduodamas signalas aktuatoriams“. Šiame lygmenyje prisideda papildomi bendravimo žingsniai tarp objektų aptikimo sensoriaus ir temperatūros valdymo aplikacijos, ir naudotojo sąsajos ir duomenų saugojimo aplikacijų – objektų aptikimo sensorius ir naudotojo sąsajos aplikacija atitinkamai kreipiasi į temperatūros valdymo aplikaciją ir duomenų bazės serverį, kad sužinotų, ar jie yra pasiekiami, nes kreipimosi metu gali būti užimti kita užduotimi. Taip pat dalimis perduodama informacija apie aptiktą objektą, kol perduota viskas.

4. Scenarijaus NA4.1.1.1 „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ sekos diagramos (žr. 95, 96 pav.).

Ketvirtasis scenarijus yra susijęs su tais pačiais tikslais ir žingsniais, kaip ir programinės-techninės įrangos skaidymo lygmenyje (žr. 88, 89 pav.), išskyrus patikslintus tikslus ir žingsnius „Matuojama lauko ir vidaus temperatūra ir šie duomenys perduodami į langų valdymo aplikaciją, ribotu dažniu“, „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia atidaryti langus, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties, perduodamas signalas aktuatoriams“, „Sensoriai perduoda signalą langų valdymo aplikacijai, jei ji prieinama. Jų langai buvo atidaryti“, „Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia uždaryti langus, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties, perduodamas signalas aktuatoriams“ ir „Sensoriai perduoda signalą langų valdymo aplikacijai, jei ji prieinama. Jų langai buvo uždaryti“. Šiame lygmenyje prisideda papildomi bendravimo žingsniai tarp temperatūros matavimo sensoriaus ir langų valdymo aplikacijos. Temperatūros matavimo duomenys yra perduodami dalimis. Taip pat objektų aptikimo sensorius kreipiasi į langų valdymo aplikaciją, ar ji yra pasiekama, nes kreipimosi metu gali būti užimti kita užduotimi, tačiau informacijos apie kliūtis perdavimui yra teikiama pirmenybė.

5. Scenarijaus NA5.1.1.1 „Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“

sekos diagrama (žr. 97 pav.).

Penktasis scenarijus yra susijęs su tais pačiais tikslais ir žingsniais, kaip ir programinės-techninės įrangos skaidymo lygmenyje (žr. 90 pav.), išskytus patikslintus tikslus ir žingsnius „Apdorojama informacija, gauta iš objektų aptikimo sensorių, neužimant daugiau nei pusės mikrovaldiklio atminties“, „Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama pranešimų siuntimo aplikacijai, teikiant pirmenybę veiksams su langais“, „Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama išmaniųjų namų centrui, teikiant pirmenybę veiksams su langais“. Šiame lygmenyje prisideda papildomi bendravimo žingsniai tarp objektų aptikimo sensoriaus ir langų valdymo aplikacijos. Kreipiamasi į langų valdymo aplikaciją, ar ji yra pasiekama, nes kreipimosi metu gali būti užimti kita užduotimi, Šiam kreipimuisi nėra teikiama pirmenybė.

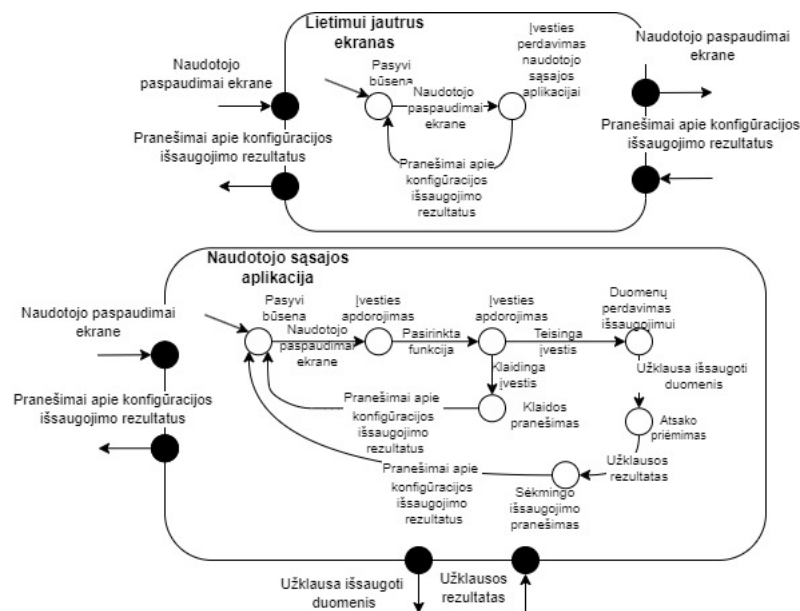
5.3.4. Reikalavimai programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje

Reikalavimai programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje yra apibrėžiami siekiant patikslinti reikalavimus funkcinės dekompozicijos lygmenyje, tačiau jie yra apibrėžiami kiekvienam komponentui atskirai.

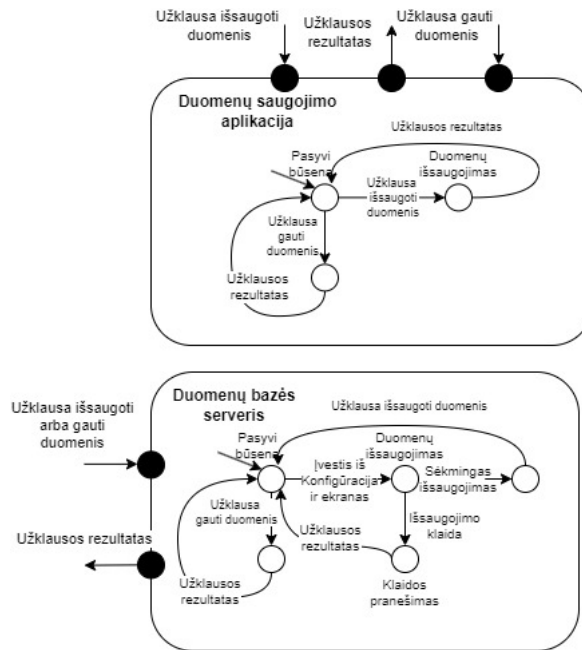
1. „Lietimui jautrus ekranas“ (žr. 60 pav.):
 - (a) Ekране atliktus naudotojo paspaudimus užfiksuoja ir perduoda naudotojo sąsajos aplikacijai.
 - (b) Atsižvelgiant į tai, įvestis buvo teisinga ar ne, naudotojo aplikacijos sąsaja perduoda ekranui, koks pranešimas turi būti pateikiamas naudotojui.
2. „Naudotojo sąsajos aplikacija“ (žr. 60 pav.):
 - (a) Interpretuoja naudotojo paspaudimus kaip tam tikros funkcijos pasirinkimą arba konfigūracijos pasirinkimą.
 - (b) Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja, ar naudotojo konfigūracijos pasirinkimas yra teisingas.
 - (c) Jei pasirinkimas nėra teisingas, perduoda signalą ekranui atvaizduoti klaidos pranešimą.
 - (d) Jei pasirinkimas yra teisingas, duomenų aplikacijai perduoda užklausą išsaugoti duomenis.
 - (e) Jei nepavyko duomenų išsaugoti, perduoda signalą ekranui atvaizduoti klaidos pranešimą.
 - (f) Jei pavyko sėkmingai išsaugoti duomenis, perduoda signalą ekranui atvaizduoti pranešimą apie sėkmingą veiksmą.
3. „Duomenų saugojimo aplikacija“ (žr. 61 pav.):
 - (a) Siunčia užklausą duomenų bazei išsaugoti arba gauti duomenis.
 - (b) Informuoja naudotojo sąsajos aplikaciją apie užklausos rezultata.
4. „Duomenų bazės serveris“ (žr. 61 pav.):
 - (a) Apdoroja užklausą išsaugoti arba gauti duomenis.

- (b) Informuoja duomenų saugojimo aplikaciją apie užklauso rezultata.
 - (c) Informuoja temperatūros valdymo aplikaciją apie užklauso rezultata.
5. Judesių sensorius (žr. 62 pav.):
 - (a) Nuolat stebi patalpą, kad aptiktų į ją įeinančius arba ją paliekančius objektus.
 - (b) Signalą apie judesį patalpoje perduoda objektų aptikimo sensoriumi.
 6. Temperatūros sensorius (žr. 62 pav.):
 - (a) Nuolat stebi temperatūrą lauke ir viduje.
 - (b) Informaciją apie temperatūrą perduoda langų ir temperatūros valdymo aplikacijoms.
 7. Objektų aptikimo sensorius (žr. 62 pav.):
 - (a) Priima signalą iš judesių sensoriaus, kad reikia pradėti rinkti informaciją apie signalą sukėlusį objektą.
 - (b) Informaciją apie į patalpą įėjusį arba jį palikusį objektą perduoda temperatūros valdymo aplikacijai.
 - (c) Priima užklausą iš langų valdymo aplikacijos ieškoti kliūčių.
 - (d) Ieško kliūčių ir perduoda užklauso rezultatus langų valdymo aplikacijai.
 - (e) Priima užklausą iš langų valdymo aplikacijos surinkti duomenis apie langų padėtį.
 - (f) Perduoda duomenis langų valdymo aplikacijai apie langų padėtį.
 8. Temperatūros valdymo aplikacija (žr. 63 pav.):
 - (a) Priima duomenis iš objektų sensoriaus apie užfiksuotą judantį objektą.
 - (b) Apskaičiuoja, ar objektas yra aktualus. Objektas nėra aktualus, jei tai nėra žmogus arba gyvūnas.
 - (c) Jei objektas nėra aktualus, neatlieka jokių tolimesnių veiksmų.
 - (d) Jei objektas yra žmogus arba gyvūnas, kreipiasi į duomenų saugojimo aplikaciją su užklausa gauti duomenis apie konfigūraciją.
 - (e) Turint duomenis apie konfigūraciją, apskaičiuoja, kokią temperatūrą reikia palaikyti.
 - (f) Perduoda komandas temperatūros valdymo aktuatoriams.
 - (g) Priima signalą iš langų valdymo aplikacijos, jog buvo sėkmingai uždaryti arba atidaryti langai ir atitinkamai perduoda komandas aktuatoriams.
 9. Temperatūros valdymo aktuatorius (žr. 63 pav.):
 - (a) Priima komandas iš temperatūros valdymo aplikacijos ir jas apdoroja.
 - (b) Valdo temperatūrą vadovaujantis komandomis.
 10. Langų valdymo aplikacija (žr. 64 pav.):
 - (a) Priima informaciją apie temperatūrą.
 - (b) Apskaičiuoja, ar reikia ieškoti kliūčių.
 - (c) Jei nereikia ieškoti kliūčių, neatliekami jokie tolimesni veiksmai.
 - (d) Jei reikia ieškoti kliūčių, siunčiama užklausa objektų aptikimo sensoriumi.
 - (e) Jei objektų aptikimo sensorius nerado kliūčių, perduodamos komandos langų aktuatoriams atidaryti arba uždaryti langus.
 - (f) Jei yra kliūčių prieš langų atidarymą/uždarymą, siunčiamas pranešimas pranešimų siuntimo aplikacijai apie nesėkmingą atidarymą/uždarymą.

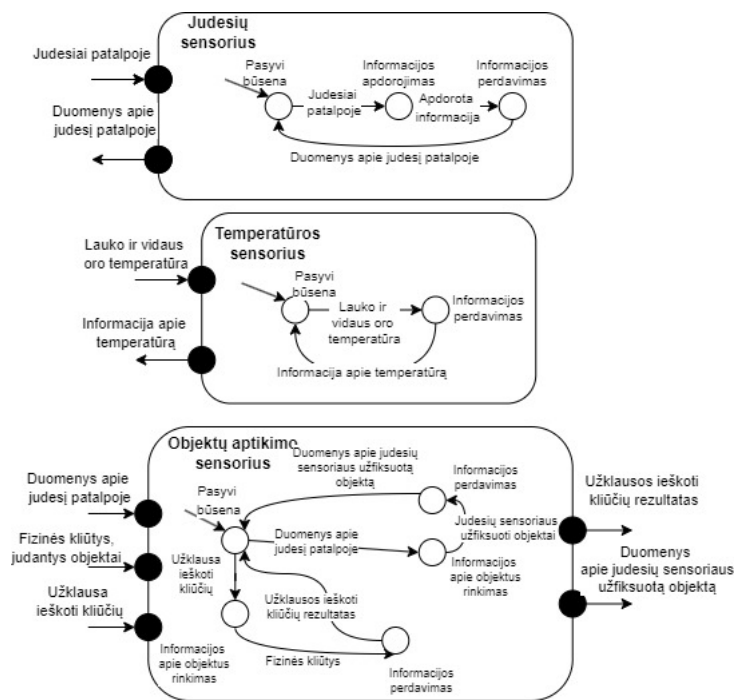
- (g) Jei yra kliūčių atidarymo/uždarymo metu, siunčia komandas langų aktuatoriams gražinti langus į pradinę padėtį ir pranešimą pranešimų siuntimo aplikacijai apie pasikeitusią langų kryptį dėl kliūties.
 - (h) Siunčia užklausą objektų aptikimo sensoriui surinkti duomenis apie langų padėtį, siekiant išsiaiškinti, ar jie buvo sėkmingai atidaryti/uždaryti.
 - (i) Perduoda signalą temperatūros valdymo aplikacijai apie sėkmingai uždarytus/atidarytus langus.
11. Langų valdymo aktuatorius (žr. 64 pav.):
- (a) Priima komandas iš langų valdymo aplikacijos ir jas apdoroja.
 - (b) Valdo langus vadovaujantis komandomis.
12. Pranešimų siuntimo aplikacija (žr. 65 pav.):
- (a) Priima pranešimą apie pasikeitusią langų kryptį arba nesėkmingą atidarymą/uždarymą.
 - (b) Perduoda pranešimą išmaniųjų namų centrui.



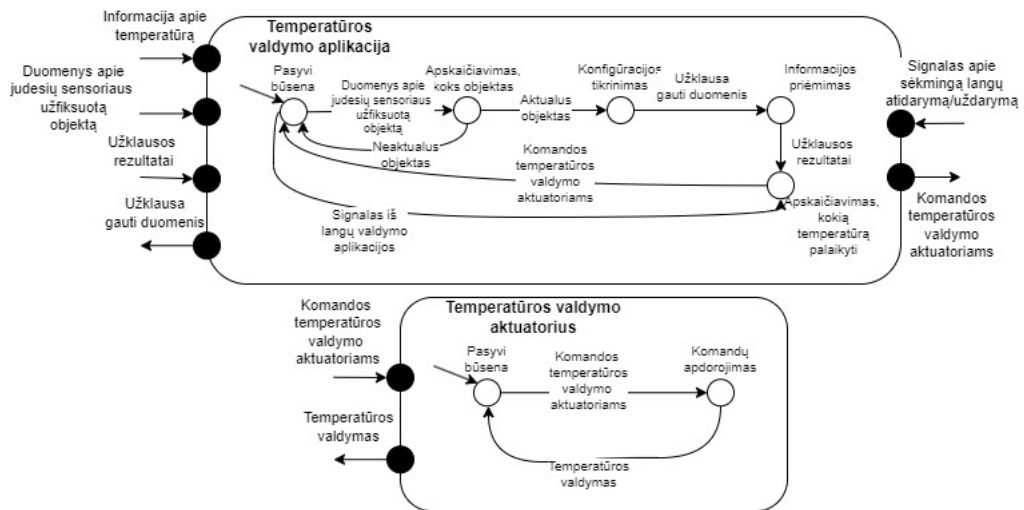
60 pav. Reikalavimų elgesio modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje



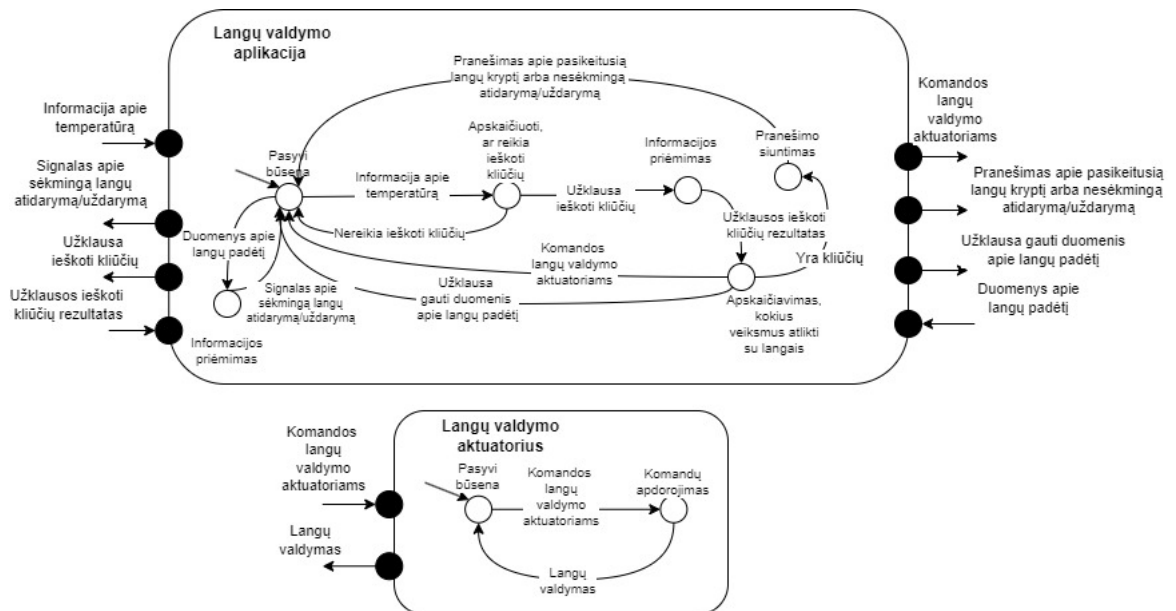
61 pav. Reikalavimų elgesio modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje



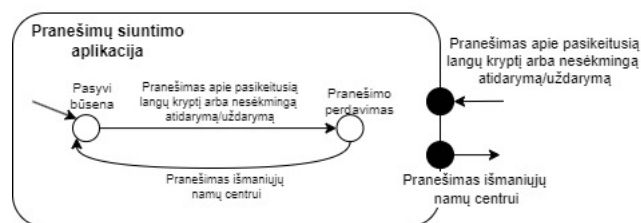
62 pav. Reikalavimų elgesio modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje



63 pav. Reikalavimų elgesio modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje



64 pav. Reikalavimų elgesio modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje



65 pav. Reikalavimų elgesio modelis programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje

5.3.5. Reikalavimai diegimo lygmenyje

Reikalavimai diegimo lygmenyje yra apibrėžiami siekiant patikslinti reikalavimus programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje, atsižvelgiant į platformą, į kurią buvo dislokuoti komponentai.

Reikalavimai yra tikslinami remiantis:

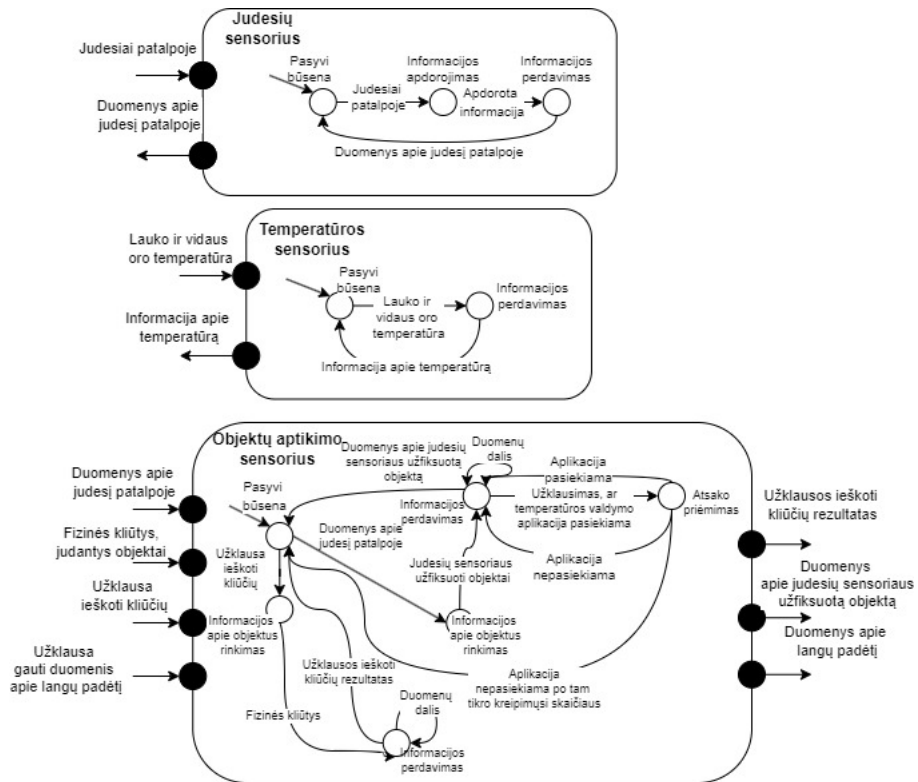
1. Veiksmų prioretizavimu, įgyvendinamu naudojantis realaus laiko operacine sistema:
 - (a) Duomenų saugojimo aplikacija prioretizuoja užklausas, gaunamas iš temperatūros valdymo aplikacijos.
 - (b) Langų valdymo aplikacija prioretizuoja objektų aptikimo sensoriaus perduodamus duomenis apie aptiktas kliūtis langų uždarymo/atidarymo metu, o jei turi užduotį perduoti komandas langų valdymo aktuatoriams, signalą temperatūros valdymo aplikacijai, ar pranešimą pranešimų siuntimo aplikacijai, langų valdymo aplikacija prioretizuoja komandų apskaičiavimą ir perdavimą.
2. Perduodamų duomenų dydžio apribojimais - objektų aptikimo sensoriai perduoda duomenis dalimis, nes jie yra renkami terminių vaizdų pavidalu.

Patikslinti reikalavimai:

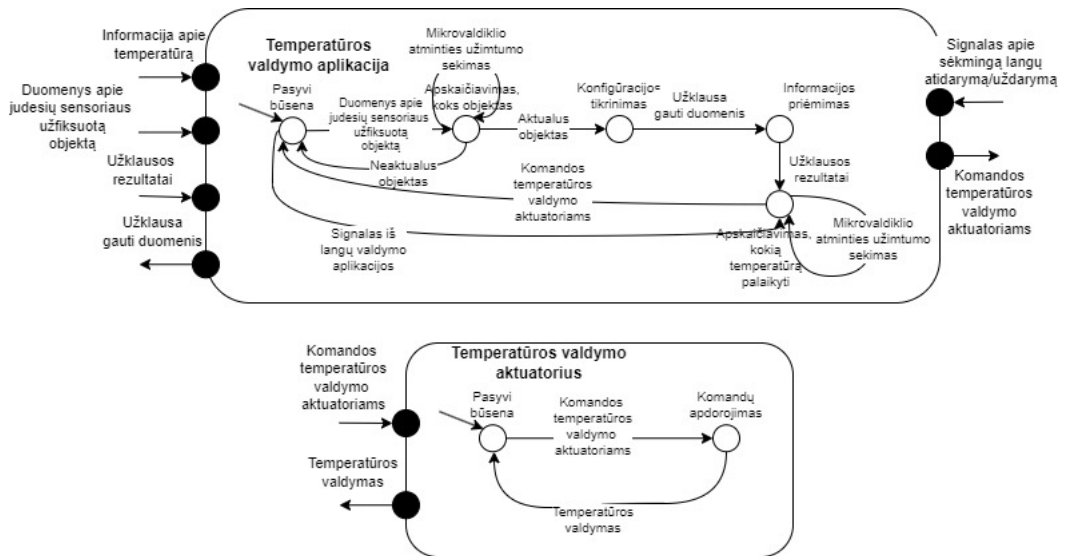
1. „Lietimui jautrus ekranas“ (žr. 66 pav.) - reikalavimai šiam komponentui nesikeičia:
 - (a) Ekране atlikti naudotojo paspaudimai yra užfiksuojami ir perduodami naudotojo sąsajos aplikacijai.
 - (b) Atsižvelgiant į tai, įvestis buvo teisinga ar ne, naudotojo aplikacijos sąsaja perduoda ekranui, koks pranešimas turi būti pateikiamas naudotojui.
2. „Naudotojo sąsajos aplikacija“ (žr. 66 pav.):
 - (a) Interpretuoja naudotojo paspaudimus kaip tam tikros funkcijos pasirinkimą arba konfigūracijos pasirinkimą.
 - (b) Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja, ar naudotojo konfigūracijos pasirinkimas yra teisingas.
 - (c) Jei pasirinkimas nėra teisingas, perduodamas signalas ekranui atvaizduoti klaidos pranešimą.
 - (d) Jei pasirinkimas yra teisingas, naudotojo sąsajos aplikacija užklausia duomenų saugojimo aplikacijos, ar serveris yra pasiekiamas.
 - (e) Jei nepasiekiamas, naudotojo sąsajos aplikacija bando kreiptis tam tikrą skaičių kartų.
 - (f) Jei pasiekiamas, duomenų saugojimo aplikacijai yra perduodama užklausa išsaugoti duomenis.
 - (g) Jei nepavyko duomenų išsaugoti, perduodamas signalas ekranui atvaizduoti klaidos pranešimą.
 - (h) Jei pavyko sėkmingai išsaugoti duomenis, perduodamas signalas ekranui atvaizduoti pranešimą apie sėkmingą veiksmą.
3. „Duomenų saugojimo aplikacija“ (žr. 67 pav.):
 - (a) Siunčia užklausą duomenų bazei išsaugoti arba gauti duomenis.
 - (b) Informuoja naudotojo sąsajos aplikaciją apie užklausos rezultatą.
 - (c) Siunčia užklausimą į temperatūros valdymo aplikaciją, ar ši gali apdoroti užklausos rezultatus.
 - (d) Jei negali, duomenų saugojimo aplikacija bando kreiptis tam tikrą skaičių kartų.
 - (e) Jei gali, informuoja temperatūros valdymo aplikaciją apie užklausos rezultatą.

4. „Duomenų bazės serveris“ (žr. 67 pav.) – reikalavimai šiam komponentui nesikeičia:
 - (a) Apdoroja užklausą išsaugoti arba gauti duomenis.
 - (b) Informuoja duomenų saugojimo aplikaciją apie užklausos rezultata.
5. Judesių sensorius (žr. 68 pav.) – reikalavimai šiam komponentui nesikeičia:
 - (a) Nuolat stebi patalpą, kad aptiktų į ją įeinančius arba ją paliekančius objektus.
 - (b) Signalą apie judesį patalpoje perduoda objektų aptikimo sensoriumi.
6. Temperatūros sensorius (žr. 68 pav.) – reikalavimai šiam komponentui nesikeičia:
 - (a) Nuolat stebi temperatūrą lauke ir viduje.
 - (b) Informaciją apie temperatūrą perduoda langų ir temperatūros valdymo aplikacijoms tam tikru dažniu.
7. Objektų aptikimo sensorius (žr. 68 pav.):
 - (a) Priima signalą iš judesių sensoriaus, kad reikia pradėti rinkti informaciją apie signalą sukėlusį objektą.
 - (b) Siunčia užklausimą į temperatūros valdymo aplikaciją, ar ši gali apdoroti užklausos rezultatus.
 - (c) Jei negali, sensorius bando kreiptis tam tikrą skaičių kartų.
 - (d) Jei gali, perduoda informaciją dalimis temperatūros valdymo aplikacijai apie į patalpą įėjusį arba jį palikusį objektą.
 - (e) Priima užklausą iš langų valdymo aplikacijos ieškoti kliūčių.
 - (f) Siunčia užklausimą į langų valdymo aplikaciją, ar ši gali apdoroti užklausos rezultatus.
 - (g) Jei negali, sensorius bando kreiptis tam tikrą skaičių kartų.
 - (h) Jei gali, perduoda užklausos rezultatus dalimis langų valdymo aplikacijai.
 - (i) Priima užklausą iš langų valdymo aplikacijos surinkti duomenis apie langų padėtį.
 - (j) Perduoda duomenis dalimis langų valdymo aplikacijai apie langų padėtį.
8. Temperatūros valdymo aplikacija (žr. 69 pav.):
 - (a) Priima duomenis iš objektų sensoriaus apie užfiksuotą judantį objektą.
 - (b) Apskaičiuoja, ar objektas yra aktualus. Objektas nėra aktualus, jei tai nėra žmogus arba gyvūnas.
 - (c) Jei objektas nėra aktualus, neatlieka jokių tolimesnių veiksmų.
 - (d) Jei objektas yra žmogus arba gyvūnas, kreipiasi į duomenų saugojimo aplikaciją su užklausa gauti duomenis apie konfigūraciją.
 - (e) Turint duomenis apie konfigūraciją, apskaičiuoja, kokią temperatūrą reikia palaikyti.
 - (f) Atliekant skaičiavimus, susijusius su objektu arba temperatūra, stebi, kiek mikrovaldiklio atminties yra užimta.
 - (g) Perduoda komandas temperatūros valdymo aktuatoriams.
 - (h) Priima signalą iš langų valdymo aplikacijos, jog buvo sėkmingai uždaryti arba atidaryti langai ir atitinkamai perduoda komandas aktuatoriams.
9. Temperatūros valdymo aktuatorius (žr. 69 pav.) – reikalavimai šiam komponentui nesikeičia:
 - (a) Priima komandas iš temperatūros valdymo aplikacijos ir jas apdoroja.

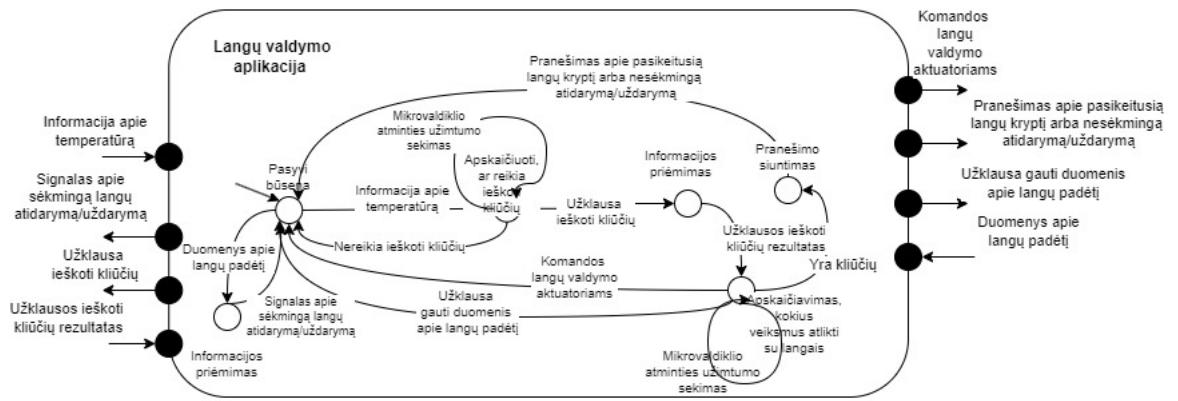
- (b) Valdo temperatūrą vadovaujantis komandomis.
10. Langų valdymo aplikacija (žr. 70 pav.):
- (a) Priima informaciją apie temperatūrą.
 - (b) Apskaičiuoja, ar reikia ieškoti kliūčių.
 - (c) Jei nereikia ieškoti kliūčių, neatliekami jokie tolimesni veiksmai.
 - (d) Jei reikia ieškoti kliūčių, siunčiama užklausa objektų aptikimo sensoriumi.
 - (e) Jei objektų aptikimo sensorius nerado kliūčių, perduodamos komandos langų aktuatoriams atidaryti arba uždaryti langus.
 - (f) Atliekant skaičiavimus, susijusius su spendimu dėl kliūčių paieškos arba komandomis aktuatoriams, stebi, kiek mikrovaldiklio atminties yra užimta.
 - (g) Jei yra kliūčių prieš langų atidarymą/uždarymą, siunčiamas pranešimas pranešimų siuntimo aplikacijai apie nesėkmingą atidarymą/uždarymą.
 - (h) Jei yra kliūčių atidarymo/uždarymo metu, siunčia komandas langų aktuatoriams grąžinti langus į pradinę padėtį ir pranešimą pranešimų siuntimo aplikacijai apie pasikeitusią langų kryptį dėl kliūtis.
 - (i) Siunčia užklausą objektų aptikimo sensoriumi surinkti duomenis apie langų padėtį, siekiant išsiaiškinti, ar jie buvo sėkmingai atidaryti/uždaryti.
 - (j) Perduoda signalą temperatūros valdymo aplikacijai apie sėkmingai uždarytus/atidarytus langus.
11. Langų valdymo aktuatorius (žr. 70 pav.) - reikalavimai šiam komponentui nesikeičia:
- (a) Priima komandas iš langų valdymo aplikacijos ir jas apdoroja.
 - (b) Valdo langus vadovaujantis komandomis.
12. Pranešimų siuntimo aplikacija (žr. 71 pav.) - reikalavimai šiam komponentui nesikeičia:
- (a) Priima pranešimą apie pasikeitusią langų kryptį arba nesėkmingą atidarymą/uždarymą.
 - (b) Perduoda pranešimą išmaniųjų namų centrai.



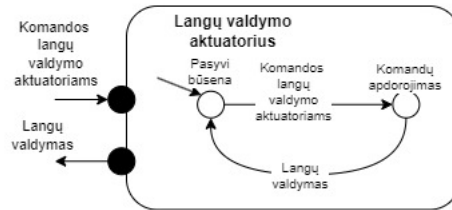
68 pav. Reikalavimų elgesio modelis diegimo lygmenyje



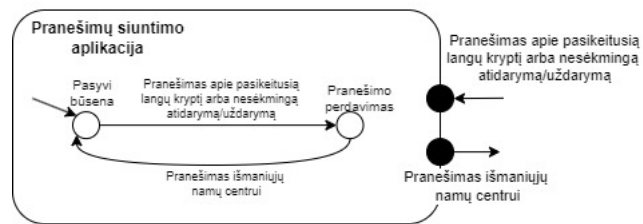
69 pav. Reikalavimų elgesio modelis diegimo lygmenyje



70 pav. Reikalavimų elgesio modelis diegimo lygmenyje



71 pav. Reikalavimų elgesio modelis diegimo lygmenyje



Rezultatai

Darbo rezultatai:

1. Apibrėžta kiberfizinių sistemų samprata bei nustatytos jų savybės, dažniausiai išskylančios specifikavimo problemos.
2. Atsižvelgiant į aprašytas specifikavimo problemas, lyginamajai analizei pasirinkti du kiberfizinių sistemų formalizuoti specifikavimo metodai.
3. Atlikus lyginamąją analizę, ir atsižvelgiant į aptartas specifikavimo problemas, pateiktas specifikavimo metodas kaip rekomendacija pasirinktai kiberfizinei sistemai specifikuoti.
4. Sukurta išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemos specifikacija ir projektas.

Išvados

Darbo išvados:

1. Iš atliktos literatūros analizės nustatyta, kad kibernetinės sistemos yra sudėtingos sistemos – jos apjungia programinius ir fizinius elementus, naudoja įvairių tipų komunikacijos technologijas, kad komponentai galėtų efektyviai sąveikauti ir atlikti skirtas užduotis. Šių sistemų populiarumas vis didėja dėl jų teikiamos naudos įvairiose srityse – transporto, medicinos, pramonės, aplinkos stebėjimo ar energetikos.
2. Kadangi kibernetinės sistemos yra sudėtingos struktūros, kyla problemų jau ankstyvuose jų kūrimo proceso žingsniuose, ypač specifikuojant. Įvairių sričių specialistų bendradarbiavimas gali būti apsunkintas dėl jų skirtingų naudojamų terminų, skirtingai suvokiamų reikalavimų, ir tai gali neigiamai paveikti kuriamų specifikuojamų darną ir vientisumą. Taip pat gali kilti sunkumų dėl kibernetinių sistemų veikimo skirtingose erdvėse – programinių ir techninių komponentų apibrėžimo procesai neturėtų būti visiškai izoliuoti vienas nuo kito. Tad yra svarbu pasirinkti specifikuojimo metodus, kurie padėtų spręsti šias problemas.
3. Norint apimti visas kibernetinės sistemos ypatumus jos ankstyvo kūrimo proceso metu, siūloma rinktis specifikuojimo metodus, kurie:
 - (a) Apibrėžtų abstrakcijų lygmenų kiekį.
 - (b) Leistų kurti artefaktus, susijusius su suinteresuotų šalių poreikiais, sistemos elgesiu ir architektūra.
 - (c) Palaikytų kelių abstrakcijos lygmenų specifikuojimo procesą.
 - (d) Leistų integruoti kokybės charakteristikas, padidinančias sistemos atsparumą saugos problemoms ir gedimams.
4. Specifikuojimo metodas, naudotas išmanaus oro kondicionavimo/šildymo sistemos specifikuojimui ir modeliavimui užtikrino sistemos dalių specifikuojamų darną skirtinguose abstrakcijos lygmenyse – kiekviename lygmenyje artefaktai buvo kuriami tikslinant aukštesnio abstrakcijos lygmens artefaktus, o reikalavimai ir architektūra techniniams ir programiniams komponentams yra kuriami kartu, tačiau kūrimas žemiausiuose abstrakcijos lygmenyse reikalauja daug dalykinės srities analizės.

Šaltiniai

- [AAK⁺22] M. A. Altaf, J. Ahn, D. Khan, M. Y. Kim. Usage of IR Sensors in the HVAC Systems, Vehicle and Manufacturing Industries: A Review. 2022 [žiūrėta 2024-05-10]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9754547>.
- [AAM23] A. A. Anda, D. Amyot, J. Mylopoulos. Traceability Management of Socio-Cyber-Physical Systems Involving Goal and SysML Models. 2023 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.mdpi.com/2673-3951/4/2/9>.
- [ALE⁺20] J. Ahmad, H. Larijani, R. Emmanuel, M. Mannion, A. Javed. Occupancy detection in non-residential buildings – A survey and novel privacy preserved occupancy monitoring solution. 2020 [žiūrėta 2024-05-10]. Prieiga per internetą: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1016/j.aci.2018.12.001/full/html>.
- [BCG12] M. Broy, M. V. Cengarle, E. M. Geisberger. Cyber-Physical Systems: Imminent Challenges. 2012 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34059-8_1.
- [DLV11] P. Derler, E. A. Lee, A. S. Vincentelli. Modeling Cyber-Physical Systems. 2011 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/220473317_Modeling_Cyber-Physical_Systems.
- [Eng15] O. Engineering. What Are You Sensing? Pros and Cons of Four Temperature Sensor Types. 2015 [žiūrėta 2024-05-10]. Prieiga per internetą: https://www.ti.com/lit/ta/ssztca2/ssztca2.pdf?ts=1715279143975&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.bing.com%252F.
- [EUM⁺24] W. Ebirim, F. O. Usman, D. J. P. Montero, N. Ninduwezuor-Ehiobu, E. C. Ani, K. A. Olu-lawal. Assessing the Impact of Climate Change on HVAC System Design and Project Management. 2024 [žiūrėta 2024-04-21]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i3.848>.
- [GAW14] M. Grimm, R. Anderl, Y. Wang. Conceptual approach for multi-disciplinary cyber physical systems design and engineering. 2014 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/270217061_Conceptual_approach_for_multi-disciplinary_cyber-physical_systems_design_and_engineering.
- [GWK⁺19] N. H. C. Guzman, M. Wied, I. Kozine, M. A. Lundteigen. Conceptualizing the key features of Cyber-Physical systems in a multi-layered representation for safety and security analysis. 2019 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/335423916_Conceptualizing_the_key_features_of_cyber-physical_systems_in_a_multi-layered_representation_for_safety_and_security_analysis.

- [HG12] I. Horváth, B. H. M. Gerritsen. Cyber–Physical Systems: Concepts, Technologies and Implementation Principles. 2012 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/229441298_CYBER_PHYSICAL_SYSTEMS_CONCEPTS_TECHNOLOGIES_AND_IMPLEMENTATION_PRINCIPLES.
- [Ibr02] D. Ibrahim. Monitoring Temperature Using a Microcontroller with a High-Level Language. 2002 [žiūrėta 2024-05-10]. Prieiga per internetą: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c760d2bfff1a54ff1b746e7c36a91fe2b9745a61>.
- [YJC⁺10] X. Yi, Z. Jia, N. Chen, W. Zhu, Z. Wu. The Research and Implementation of ZigBee Protocol-Based Internet of Things Embedded System. 2010 [žiūrėta 2024-05-18]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5533200>.
- [YSN⁺20] J. P. A. Yaacouba, O. Salmanb, H. N. Nouraa, N. Kaanichec, A. Chehabb, M. Malli. Cyber–Physical Systems Security: Limitation, Issues and Future Trends. 2020 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/289723371_Challenges_for_Requirements_Engineering_of_Cyber-Physical_Systems_in_Distributed_Environments.
- [KAC⁺17] D. Kaslow, B. Ayres, P. T. Cahill, L. Hart, R. Yntema. A Model-Based Systems Engineering (MBSE) Approach for Defining the Behaviors of CubeSats. 2017 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7943865>.
- [KK12] K. D. Kim, P. R. Kumar. Cyber–Physical Systems: A Perspective at the Centennial. 2012 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6176187>.
- [KSA⁺18] B. Kaiser, D. Schneider, R. Adler, D. Domis, F. Möhrle, A. Berres, M. Zeller, K. Höfig, M. Rothfelder. Advances in Component Fault Trees. 2018 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/326625530_Advances_in_Component_Fault_Trees.
- [Lap09] P. A. Laplante. *Requirements Engineering for Software and Systems*. CRC Press, 2009. 241 psl.
- [Lee08] E. A. Lee. Cyber–Physical Systems: Design Challenges. 2008 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/326625530_Advances_in_Component_Fault_Trees.
- [Lee15] E. A. Lee. The past, present and future of cyber-physical systems: a focus on models. Sensors (Basel). 2015 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/s150304837>.
- [MRF05] R. J. Machado, I. Ramos, J. M. Fernandes. Specification of Requirements Models. 2005 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/265533113_3_Specification_of_Requirements_Models.

- [NMP20] A. Napoleone, M. Macchi, A. Pozzetti. A Review on the Characteristics of Cyber-Physical Systems for the Future Smart Factories. 2020 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/338939272_A_review_on_the_characteristics_of_cyber-physical_systems_for_the_future_smart_factories.
- [PHA⁺12] K. Pohl, H. Hönniger, R. Achatz, M. Broy. *Model-Based Engineering of Embedded Systems: The SPES 2020 Methodology*. Springer, 2012. 304 psl.
- [Poh10] K. Pohl. *Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques*. Springer, 2010. 813 psl.
- [PS09] K. Pohl, E. Sikora. Requirements Engineering for Software and Systems. 2009 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4384188>.
- [PS19] M. Pańkowska, K. Sandkuhl. *Perspectives in Business Informatics Research*. Springer, 2019. 247 psl.
- [RM19] K. A. Raza, W. Monnet. Moving objects detection and direction-finding with HC-SR04 ultrasonic linear array. 2019 [žiūrėta 2024-05-10]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8950639>.
- [San15] R. G. Sanfelice. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems: A Hybrid Control Systems Approach. 2015 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.semanticscholar.org/paper/Analysis-and-Design-of-Cyber-Physical-Systems%3A-A-Sanfelice/5c0f4a86f9518b304baef1481f49d2b08a6ce9b3>.
- [SHL⁺17] S. A. Seshia, S. Hu, W. Li, Q. Zhu. Design automation of cyber-physical systems: Challenges, advances, and opportunities. 2017 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7778207>.
- [UK]⁺02] R. K. Ursem, T. Krink, M. T. Jensen, Z. Michalewicz. Analysis and Modeling of Control Tasks in Dynamic Systems. 2002 [žiūrėta 2024-03-03]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1027749>.
- [VGC⁺23] F. Viel, K. R. Gouveia, E. Costa, M. Oliveira ir kiti. Payload-XL: A Platform for the In-Orbit Validation of the BRAVE FPGA. 2023 [žiūrėta 2024-05-18]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1109/LES.2022.3191638>.
- [Wan06] K. C. Wang. Embedded and Real-Time Operating Systems. 2006 [žiūrėta 2024-05-10]. Prieiga per internetą: https://doi.org/10.1007/978-3-031-28701-5_10#DOI.
- [WGS⁺14] S. Wiesner, C. Gorltdt, M. Soeken, K. Thoben, R. Drechsler. Requirements Engineering for Cyber-Physical Systems. 2014 [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/289320971_Requirements_Engineering_for_Cyber-Physical_Systems_-_Challenges_in_the_Context_of_Industrie_40.

- [WHT15] S. Wiesner, J. B. Hauge, K. D. Thoben. Challenges for Requirements Engineering of Cyber-Physical Systems in Distributed Environments. 2015 [žiūrēta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/289723371_Challenges_for_Requirements_Engineering_of_Cyber-Physical_Systems_in_Distributed_Environments.
- [Xio15] F. Xiong. Wireless Temperature Sensor Network based on DS18B20, CC2420, MCU AT89S52. 2015 [žiūrēta 2024-05-10]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7296172>.
- [ZV18] Q. Zhu, A. S. Vincentelli. Codesign Methodologies and Tools for Cyber-Physical Systems. 2018 [žiūrēta 2024-01-15]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8466985>.

Sąvokų apibrėžimai

Žemiau pateikiamos naudojamų sąvokų apibrėžtys.

Kiberfizinė sistema – sistema, kuri apjungia skaičiavimo ir fizinius procesus – programinė dalis stebi fizinius procesus ir pagal gautus rezultatus atlieka tam tikrą veiksmą, ir atvirkščiai [DLV11].

Koncepcinis modelis – tai abstraktusis kompleksinis (atspindintis struktūrinės ir dinaminės savybes) modelis, sukonstruotas naudojant tokį modeliavimo formalizmą, kurio primityvai tiesiogiai atitinka modeliuojamos dalykinės srities konceptus.

Koncepcinis modeliavimas – koncepcinio modelio kūrimo procesas.

Specifikavimas – tai veikla, kurios metu išrandama būsima sistema ir ji apibūdinama. Šis procesas apima naudotojų poreikių išgryninimą, siekiant išspręsti aktualią problemą, programinius ir techninius sprendinius, dokumentacijos rengimą.

Artefaktas – analizės ar vystymo proceso metu sukurtas objektas.

Abstrakcijos lygmuo – apibūdina detalumo lygį, kuriuo yra aprašoma sistema.

Priedai

Priedas nr. 1

Tikslų aprašymai sistemos lygmenyje

7 lentelė. Tikslų „Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą“ aprašymas

Tikslas T1	„Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Turi būti sukurta sistema, kuri įgyvendintų temperatūros reguliavimo funkcijas, pagerintų gyvenimo kokybę ir energijos naudojimo efektyvumą
Už ką tikslas yra atsakingas	Suinteresuotų šalių poreikių įgyvendinimą ir poreikį įvairiais būdais reguliuoti patalpų temperatūras
Daliniai tikslai	T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13

8 lentelė. Tikslų „Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas“ aprašymas

Tikslas T2	„Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Sistema suteikia galimybę pasirinkti, kurios patalpos bus vėdinamos, o kurios šildomos
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	T2.1 (žr. 18 lentelę), T2.2 (žr. 19 lentelę)
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA1 (žr. 37 lentelę) scenarijai

9 lentelė. Tikslas „Sistema leidžia nustatyti, kokios temperatūros bus palaikomos kiekvienoje zonoje kai ji yra tuščia ir kai nėra“ aprašymas

Tikslas T3	„Sistema leidžia nustatyti, kokios temperatūros bus palaikomos kiekvienoje zonoje kai ji yra tuščia ir kai nėra“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Kai patalpa užimta, joje priklausomai nuo to, kas įėjo, turėtų būti palaikoma tam tikra temperatūra. Patalpai esant tuščiai, nėra poreikio nuolat reguliuoti temperatūrą, todėl sistema leidžia nustatyti fiksuotą temperatūrą
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	T2.2 (žr. 19 lentelę), T3.1 (žr. 20 lentelę)
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA2 (žr. 38 lentelę) scenarijai

10 lentelė. Tikslas „Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje“ aprašymas

Tikslas T4	„Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Sistema turi jutiklius, kurie aptinka, ar patalpose yra žmonių arba gyvūnų, ir atitinkamai pakeičia temperatūrą
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	T4.1 (žr. 21 lentelę), T4.1.1 (žr. 22 lentelę), T4.1.2 (žr. 23 lentelę), T4.2 (žr. 24 lentelę)
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA3 (žr. 39 lentelę) scenarijai

11 lentelė. Tikslas „Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros“ aprašymas

Tikslas T5	„Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Kai sistema jutikliais aptinka lauke vėsesnę temperatūrą nei viduje, yra atidaromi langai. Kai patalpa pakankamai išvėdinta, langai vėl uždaromi ir tęsiamas numatytos temperatūros palaikymas.
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	T5.1 (žr. 25 lentelę), T5.1.1 (žr. 26 lentelę), T5.1.2 (žr. 27 lentelę), T5.1.3 (žr. 28 lentelę), T5.2 (žr. 29 lentelę), T5.2.1 (žr. 30 lentelę)
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4 (žr. 40 lentelę) scenarijai

12 lentelė. Tikslas „Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių“ aprašymas

Tikslas T6	„Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Jei prieš atidarant arba uždarant langą sistema aptinka fizinių kliūčių, kurios trukdys langui judėti, nei vienas iš veiksmų nėra atliekamas
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	T6.1 (žr. 31 lentelę), T6.2 (žr. 32 lentelę)
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4 (žr. 40 lentelę) scenarijai

13 lentelė. Tikslas „Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą“ aprašymas

Tikslas T7	„Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Jeigu atidarant arba uždarant langą sistema aptinka pasipriešinimą, langas yra grąžinamas į jo pradinę padėtį
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	T7.1 (žr. 33 lentelę), T7.2 (žr. 34 lentelę)
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4 (žr. 40 lentelę) scenarijai

14 lentelė. Tikslas „Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro“ aprašymas

Tikslas T8	„Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Jeigu lango atidarymo ar uždarymo metu buvo aptiktos kliūtys, jo iš viso nepavyko atidaryti arba uždaryti, tada sistema siunčia apie tai pranešimus naudotojams į jų mobiliuosius įrenginius
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	T8.1 (žr. 35 lentelę), T8.2 (žr. 35 lentelę)
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA5 (žr. 41 lentelę) scenarijai

15 lentelė. Tikslas „Sistema padaro namus patogesniais“ aprašymas

Tikslas T9	„Sistema padaro namus patogesniais“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslas rūšis	Nekonkretusis tikslas
Tikslas aprašymas	Sistema suteikia galimybę pasirinkti, kurios patalpos bus šildomos ar vėdinamos, pasirinkti norimą temperatūrą,
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	-
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejų NA1 (žr. 37 lentelę), NA2 (žr. 38 lentelę) scenarijai

16 lentelė. Tikslas „Sistema padidina energijos tausojo efektyvumą“ aprašymas

Tikslas T10	„Sistema padidina energijos tausojo efektyvumą“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslas rūšis	Nekonkretusis tikslas
Tikslas aprašymas	Energija yra taupoma nekeičiant temperatūros, jeigu nieko nėra patalpoje, yra atsižvelgiama į lauko temperatūrą, taip pat į tai, kas yra patalpoje - žmonės ar gyvūnai
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	-
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejų NA3 (žr. 39 lentelę), NA4 (žr. 40 lentelę)

17 lentelė. Tikslas „Sistema pati padeda išvengti savų komponentų gedimų“ aprašymas

Tikslas T11	„Sistema pati padeda išvengti savų komponentų gedimų“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Nekonkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Sistema pati praneša, jeigu negali atlikti kokio veiksmo dėl fizinės kliūties ir taip išvengti galimo komponento sugadinimo, kad būtų galima kuo greičiau išspręsti problemą ir taip išvengti gedimų
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T1 - Sukurti išmanaus namo oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Daliniai tikslai	-
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejų NA4 (žr. 40 lentelę), NA5 (žr. 41 lentelę) scenarijai

Priedas nr. 2

Tikslų aprašymai funkcinės dekompozicijos lygmenyje

18 lentelė. Tikslų „Išmanieji namai padalinami į zonas pagal naudotojo įvestį“ aprašymas

Tikslas T2.1	„Išmanieji namai padalinami į zonas pagal naudotojo įvestį“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Konfigūracija ir ekranas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Tikslo aprašymas	Komponentas suteikia galimybę pasirinkti, kurios patalpos bus vėdinamos, o kurios šildomos
Už ką tikslas yra atsakingas	Konfigūracija ir ekranas
Pagrindiniai tikslai	T2 - Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas
Daliniai tikslai	T2.1.1, T2.1.2
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA1.1 (žr. 42 lentelę) scenarijai

19 lentelė. Tikslų „Atmetama klaidinga įvestis ir prašoma pakartotinai nurodyti pasirinkimus“ aprašymas

Tikslas T2.2	„Atmetama klaidinga įvestis ir prašoma pakartotinai nurodyti pasirinkimus“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Konfigūracija ir ekranas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Konfigūracija ir ekranas
Pagrindiniai tikslai	T2 - Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas. T3 - Sistema leidžia nustatyti, kokios temperatūros bus palaikomos kiekvienoje zonoje kai ji yra tuščia ir kai nėra.
Daliniai tikslai	T2.2.1, T2.2.1.1, T2.2.1.2, T2.2.2
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejų NA1.1 (žr. 42 lentelę), NA2.1 (žr. 43 lentelę) scenarijai

20 lentelė. Tikslas „Kiekvienai zonai priskiriamos numatytos temperatūros pagal naudotojo įvestį“ aprašymas

Tikslas T3.1	„Kiekvienai zonai priskiriamos numatytos temperatūros pagal naudotojo įvestį“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Konfigūracija ir ekranas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Konfigūracija ir ekranas
Pagrindiniai tikslai	T3 - Sistema leidžia nustatyti, kokios temperatūros bus palaikomos kiekvienoje zonoje kai ji yra tuščia ir kai nėra
Daliniai tikslai	T2.1.1, T2.1.2
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA2.1 (žr. 42 lentelę) scenarijai

21 lentelė. Tikslas „Remiantis sensorių duomenimis, nustatoma, ar patalpa yra netuščia“ aprašymas

Tikslas T4.1	„Remiantis sensorių duomenimis, nustatoma, ar patalpa yra netuščia“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Judesių aptikimas, Objektų aptikimas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Judesių aptikimas, Objektų aptikimas
Pagrindiniai tikslai	T4 - Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje
Daliniai tikslai	T4.1.1, T4.1.2
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA3.1 (žr. 45 lentelę) scenarijai

22 lentelė. Tikslas „Nustatoma, ar buvo atlikti judesiai“ aprašymas

Tikslas T4.1.1	„Nustatoma, ar buvo atlikti judesiai“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Judesių aptikimas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Judesių aptikimas
Pagrindiniai tikslai	T4 - Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje
Daliniai tikslai	T4.1.1.1
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA3.1 (žr. 45 lentelę) scenarijai

23 lentelė. Tikslas „Surenkama informacija apie patalpoje esantį objektą“ aprašymas

Tikslas T4.1.2	„Surenkama informacija apie patalpoje esantį objektą“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Objektų aptikimas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Objektų aptikimas
Pagrindiniai tikslai	T4 - Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje
Daliniai tikslai	T4.1.2.1, T4.1.2.2
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA3.1 (žr. 45 lentelę) scenarijai

24 lentelė. Tikslas „Pakeičiama temperatūra atsižvelgiant į tai, kas yra patalpoje“ aprašymas

Tikslas T4.2	„Pakeičiama temperatūra atsižvelgiant į tai, kas yra patalpoje“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Temperatūros valdymas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Temperatūros valdymas
Pagrindiniai tikslai	T4 - Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir pakeičia temperatūrą atsižvelgiant į tai, kas yra viduje
Daliniai tikslai	T4.2.1
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA3.1 (žr. 45 lentelę) scenarijai

25 lentelė. Tikslas „Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje“ aprašymas

Tikslas T5.1	„Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Temperatūros matavimas, Langų valdymas, Temperatūros valdymas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Temperatūros matavimas, Langų valdymas, Temperatūros valdymas
Pagrindiniai tikslai	T5 - Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros
Daliniai tikslai	T5.1.1, T5.1.2, T5.1.3
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

26 lentelė. Tikslas „Renkami duomenys apie oro temperatūrą lauke ir viduje“ aprašymas

Tikslas T5.1.1	„Renkami duomenys apie oro temperatūrą lauke ir viduje“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Temperatūros matavimas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Temperatūros matavimas
Pagrindiniai tikslai	T5.1 - Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje
Daliniai tikslai	T5.1.1.1
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

27 lentelė. Tikslas „Atsižvelgiant į temperatūros matavimo duomenis, valdomi langai“ aprašymas

Tikslas T5.1.2	„Atsižvelgiant į temperatūros matavimo duomenis, valdomi langai“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Langų valdymas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Langų valdymas
Pagrindiniai tikslai	T5.1 - Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje
Daliniai tikslai	T5.1.2.1
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

28 lentelė. Tikslas „Po langų atidarymo išjungiamas kondicionavimas“ aprašymas

Tikslas T5.1.3	„Po langų atidarymo išjungiamas kondicionavimas“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Temperatūros valdymas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Temperatūros valdymas
Pagrindiniai tikslai	T5.1 - - Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje
Daliniai tikslai	T5.1.3.1
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

29 lentelė. Tikslas „Uždaromi langai, jei temperatūra viduje tampa žemesnė nei numatyta“ aprašymas

Tikslas T5.2	„Uždaromi langai, jei temperatūra viduje tampa žemesnė nei numatyta“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Temperatūros matavimas, Langų valdymas, Temperatūros valdymas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Temperatūros matavimas, Langų valdymas, Temperatūros valdymas
Pagrindiniai tikslai	T5 - Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros
Daliniai tikslai	T5.1.1, T5.1.2, T5.2.1
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

30 lentelė. Tikslas „Po langų uždarymo patalpose palaikoma numatytoji temperatūra“ aprašymas

Tikslas T5.2.1	„Po langų uždarymo patalpose palaikoma numatytoji temperatūra“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Oro kondicionavimo/šildymo sistemą
Pagrindiniai tikslai	T5.2 - Uždaromi langai, jei temperatūra viduje tampa žemesnė nei numatyta
Daliniai tikslai	T5.2.1.1
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

31 lentelė. Tikslas „Naudojant sensorius, aptinkamos kliūtys prieš langų atidarymą ar uždarymą“ aprašymas

Tikslas T6.1	„Naudojant sensorius, aptinkamos kliūtys prieš langų atidarymą ar uždarymą“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Objektų aptikimas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Objektų aptikimas
Pagrindiniai tikslai	T6 - Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių
Daliniai tikslai	T6.1.1
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

32 lentelė. Tikslas „Naudojant aktuatorius, valdomas lango judėjimas“ aprašymas

Tikslas T6.2	„Naudojant aktuatorius, valdomas lango judėjimas“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Langų valdymas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Langų valdymas
Pagrindiniai tikslai	T6 - Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių.
Daliniai tikslai	T6.2.1
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

33 lentelė. Tikslas „Naudojant sensorius, ieškoma fizinių kliūčių langų atidarymo arba uždarymo metu“ aprašymas

Tikslas T7.1	„Naudojant sensorius, ieškoma fizinių kliūčių langų atidarymo arba uždarymo metu“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Objektų aptikimas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Objektų aptikimas
Pagrindiniai tikslai	T7 - Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą
Daliniai tikslai	T7.1.1
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

34 lentelė. Tikslas „Naudojant aktuatorius, jei reikia, pakeičiama langų judėjimo kryptis“ aprašymas

Tikslas T7.2	„Naudojant aktuatorius, jei reikia, pakeičiama langų judėjimo kryptis“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Langų valdymas
Tikslo rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Langų valdymas
Pagrindiniai tikslai	T7 - Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą
Daliniai tikslai	T7.2.1, T7.2.2
Prieštaringi tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA4.1 (žr. 47 lentelę) scenarijai

35 lentelė. Tikslas „Sekami veiksmai su langais“ aprašymas

Tikslas T8.1	„Sekami veiksmai su langais“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Langų valdymas
Tikslas rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Langų valdymas
Pagrindiniai tikslai	T8 - Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro
Daliniai tikslai	T8.1.1
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA5.1 (žr. 49 lentelę) scenarijai

36 lentelė. Tikslas „Bendradarbiaujama su išmaniųjų namų centru“ aprašymas

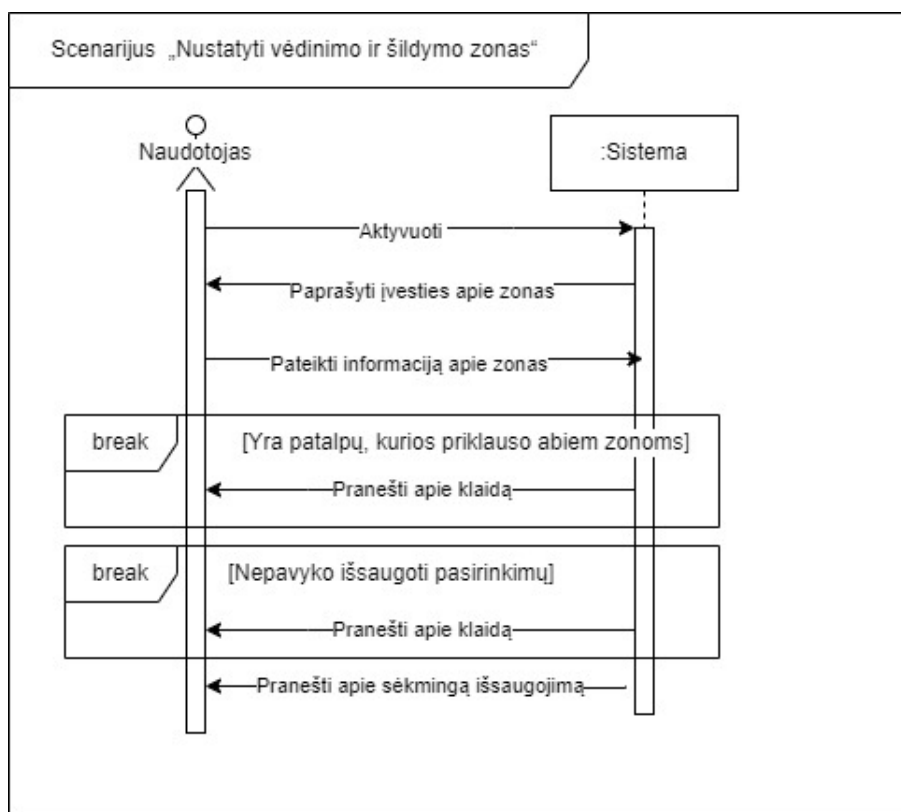
Tikslas T8.2	„Bendradarbiaujama su išmaniųjų namų centru“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Pranešimų siuntimas
Tikslas rūšis	Konkretusis tikslas
Už ką tikslas yra atsakingas	Pranešimų siuntimas
Pagrindiniai tikslai	T8 - Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro
Daliniai tikslai	T8.2.1, T8.2.2
Prieštariniai tikslai	-
Susiję scenarijai	Naudojimo atvejo NA5.1 (žr. 49 lentelę) scenarijai

Priedas nr. 3

Scenarijų aprašymai ir sekų diagramos sistemos lygmenyje

37 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“ aprašymas

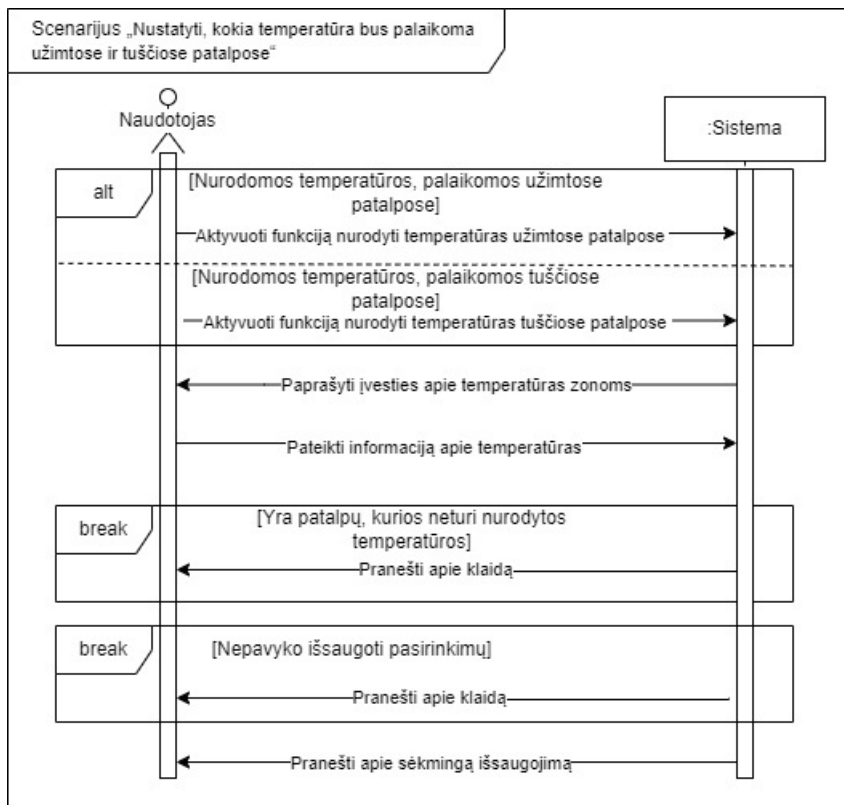
Naudojimo atvejis NA1	„Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Pagrindinis aktorius	Naudotojas
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: naudotojo pasirinkimai. Rezultatas: zonų konfigūracija.
Susiję tikslai	Sistema leidžia padalinti išmaniuosius namus į skirtingas vėdinimo ir šildymo zonas
Išankstinės sąlygos	-
Sėkmės garantija	Sukonfigūruotos vėdinimo ir šildymo zonos
Trigeris	Naudotojas panaudoja zonų konfigūracijos funkciją
Pagrindinis scenarijus	1. Naudotojas aktyvuoja zonų konfigūracijos funkciją. 2. Naudotojas pasirenka, kurios patalpos bus vėdinamos, o kurios šildomos. 3. Sistema praneša apie sėkmingą išsaugojimą.
Alternatyvūs scenarijai	-
Nesėkmės scenarijai	3a. Sistema praneša apie klaidą.



72 pav. Pirmojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

38 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“ aprašymas

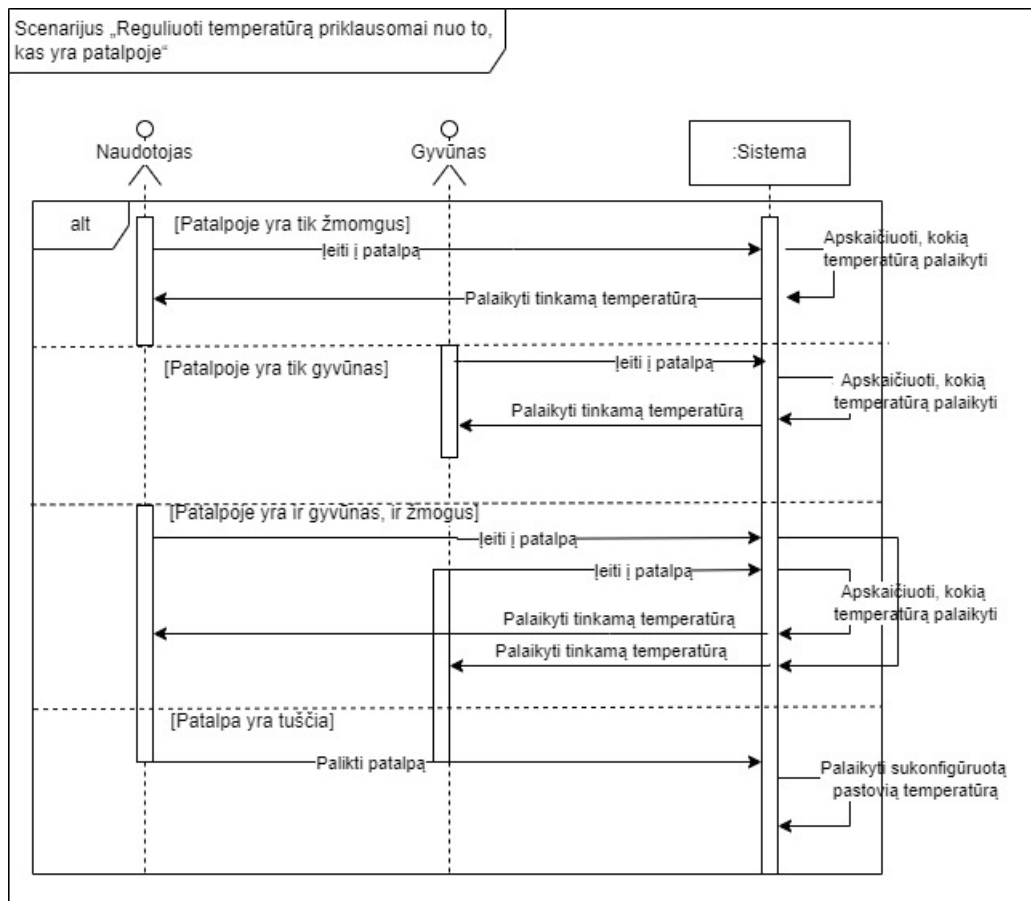
Naudojimo atvejis NA2	„Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Pagrindinis aktorius	Naudotojas
Antriniai aktoriai	-
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: naudotojo pasirinkimai. Rezultatas: zonų temperatūrų konfigūracija.
Susiję tikslai	Sistema leidžia nustatyti, kokios temperatūros bus palaikomos vėdinimo ir šildymo zonose, kai patalpa užimta arba tuščia
Išankstinės sąlygos	Sukonfigūruotos vėdinimo ir šildymo zonos
Sėkmės garantija	Nustatytos temperatūros vėdinimo ir šildymo zonomis
Trigeris	Naudotojas panaudoja zonų temperatūrų konfigūracijos funkciją
Pagrindinis scenarijus	1. Naudotojas aktyvuoja zonų temperatūrų konfigūracijos funkciją. 2. Naudotojas pasirenka, kokiose patalpose kokia temperatūra bus palaikoma užimtose patalpose. 3. Sistema praneša apie sėkmingą išsaugojimą.
Alternatyvūs scenarijai	1a. Naudotojas aktyvuoja fiksuotų temperatūrų konfigūracijos funkciją. 2a. Naudotojas pasirenka, kokiose patalpose kokia temperatūra bus palaikoma nenaudojamose patalpose. 3a. Sistema praneša apie sėkmingą išsaugojimą.
Nesėkmės scenarijai	3b. Jei ne, sistema praneša apie klaidą.



73 pav. Antrojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

39 lentelė. Naudojimo atvejo „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas

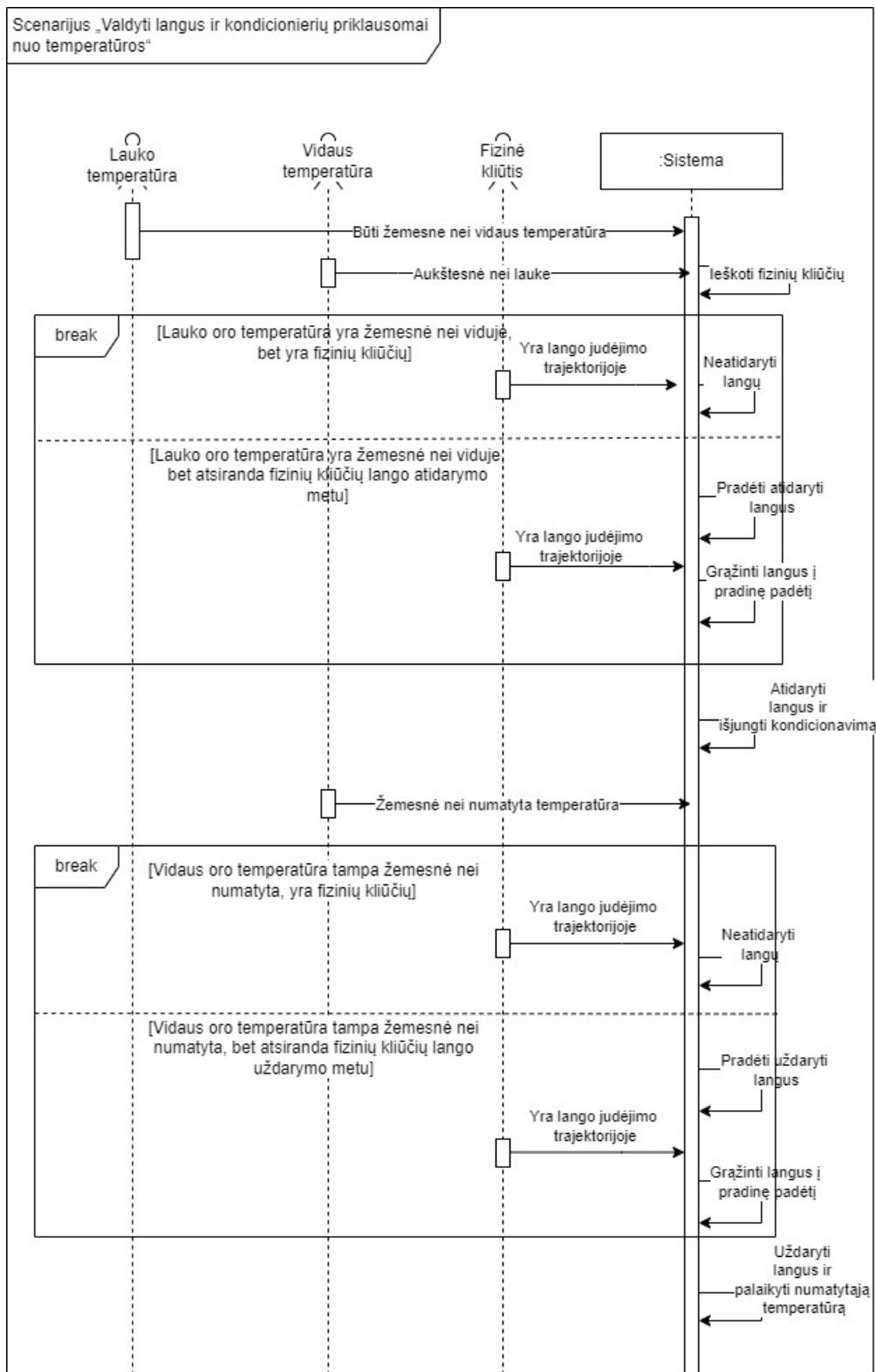
Naudojimo atvejis NA3	„Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Pagrindinis aktorius	Naudotojas, gyvūnas
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: sensorių surinkti duomenys. Rezultatas: temperatūros pokytis.
Susiję tikslai	Sistema aptinka judesius ir nustato, ar patalpos užimtos, ir atitinkamai pakeičia temperatūrą
Išankstinės sąlygos	Sukonfigūruotos zonos ir numatytos temperatūros
Sėkmės garantija	Sistema aptikusi žmogų ar gyvūną patalpoje, atitinkamai pakeičia joje temperatūrą
Trigeris	Judesys patalpoje
Pagrindinis scenarijus	1. Sensorius aptinka žmogaus judesį patalpoje. 2. Sistema nustato atitinkamą temperatūrą patalpoje.
Alternatyvūs scenarijai	1a. Sensorius aptinka gyvūno judesį patalpoje. 2a. Sistema nustato atitinkamą temperatūrą patalpoje. 1b. Sensorius aptinka ir žmogaus, ir gyvūno judesį patalpoje. 2b. Sistema nustato temperatūrą, kuri būtų patogi žmogui ir saugi gyvūnui. 1c. Sensorius neaptinka jokių judesių patalpoje. 2c. Sistema nustato pastovią temperatūrą.
Nesėkmės scenarijai	-



74 pav. Trečiojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

40 lentelė. Naudojimo atvejo „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas

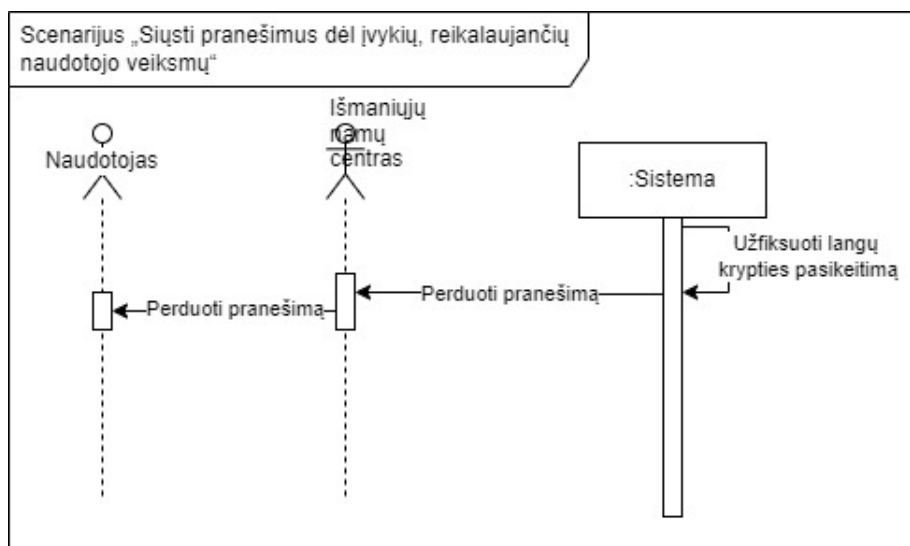
Naudojimo atvejis NA4	„Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Pagrindinis aktorius	Lauko temperatūra, vidaus temperatūra, fizinė kliūtis
Įvestis ir rezultatai	<p>Įvestis: sensorių surinkti duomenys apie temperatūrą ir kliūtis.</p> <p>Rezultatas: nurodymai aktuatoriams dėl veiksmų su oro kondicionavimu ir langų krypties .</p>
Susiję tikslai	<p>Sistema valdo langus ir kondicionavimą priklausomai nuo lauko ir vidaus temperatūros.</p> <p>Sistema neatidaro ar neuždaro langų, jei tam yra fizinių kliūčių.</p> <p>Sistema pakeičia langų kryptis, jei jie patiria pasipriešinimą.</p>
Sėkmės garantija	Sistema tinkamu metu atidaro ir uždaro langus, užtikrina, kad bus aptiktos kliūtys ir išvengta susidūrimų su jomis
Trigeris	Oro pokytis lauke, viduje, kliūtis lango judėjimo trajektorijoje
Pagrindinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensorius aptinka, kad lauke temperatūra yra vėsesnė negu viduje. 2. Sensorius neaptinka jokių kliūčių netoli langų. 3. Sistema atveria langus ir išjungia oro kondicionavimą. 4. Sensorius aptinka, kad temperatūra viduje yra žemesnė nei numatytoji. 5. Sensorius neaptinka jokių kliūčių netoli langų. 6. Sistema uždaro langus ir palaiko numatytąją temperatūrą.
Nesėkmės scenarijai	<ol style="list-style-type: none"> 2a. Sensorius aptinka kliūtį lango atidarymo trajektorijoje. 3a. Sistema palieka langus uždarytus. 2b. Sensorius neaptinka jokių kliūčių prieš pat lango atidarymą. 3b. Sistema pradeda atidaryti langą ir aptinka kliūtį. 4b. Langas yra grąžinamas į pradinę padėtį. 5c. Sensorius aptinka kliūtį lango uždarymo trajektorijoje 6c. Sistema palieka langus atidarytus. 5d. Sensorius neaptinka jokių kliūčių prieš pat lango uždarymą. 6d. Sistema pradeda uždaryti langą ir aptinka kliūtį. 7d. Langas yra grąžinamas į pradinę padėtį.



75 pav. Ketvirtojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

41 lentelė. Naudojimo atvejo „Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA5	„Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“
Abstrakcijos lygmuo	Sistemos lygmuo
Apimtis	Oro kondicionavimo/šildymo sistema
Pagrindinis aktorius	Naudotojas
Antriniai aktoriai	Išmaniųjų namų centras
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: įvykis, reikalaujantis naudotojo veiksmų. Rezultatas: pranešimas naudotojui.
Susiję tikslai	Sistema siunčia pranešimus naudotojams, jei langai pakeičia kryptį, neatsidaro arba neužsidaro.
Išankstinės sąlygos	-
Sėkmės garantija	Sistema aptinka kliūtis lango judėjimo metu ir laiku atsiunčia naudotojui apie krypties pasikeitimą, perima pranešimus apie reikiamus atnaujinimus ir laiku informuoja naudotoją
Trigeris	Įvykis, reikalaujantis naudotojo veiksmų
Pagrindinis scenarijus	1. Sistema užfiksuoja lango krypties pasikeitimą. 2. Sistema perduoda pranešimą išmaniųjų namų centrui. 3. Išmaniųjų namų centras nukreipia pranešimą į tinkamo naudotojo mobilųjį įrenginį.
Alternatyvūs scenarijai	-
Nesėkmės scenarijai	-



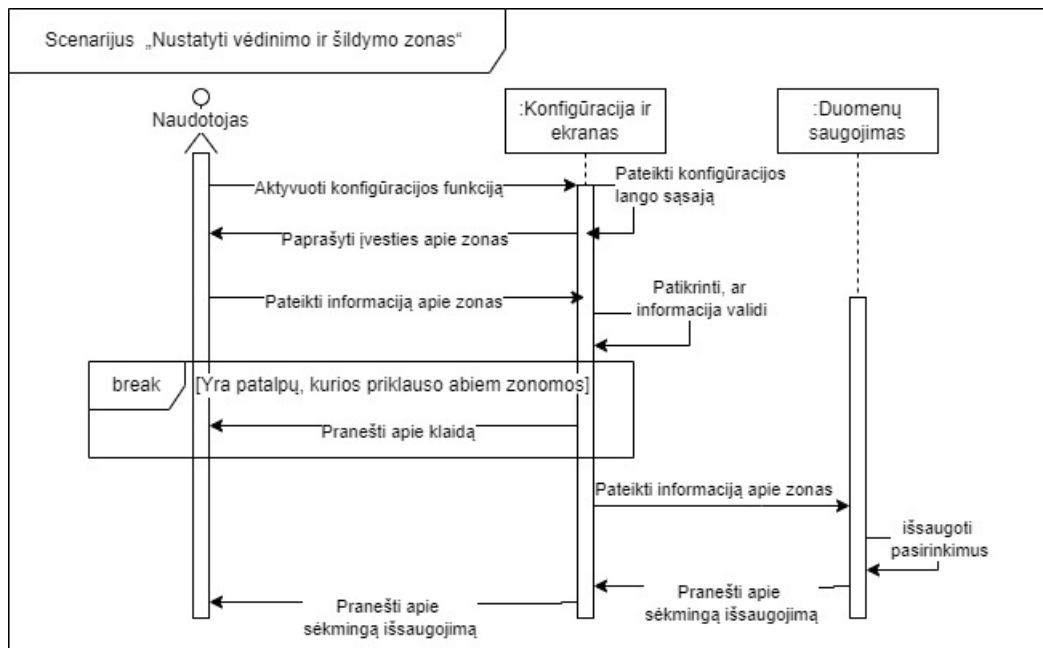
76 pav. Penktojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

Priedas nr. 4

Scenarijų aprašymai ir sekų diagramos funkcinės dekompozicijos lygmenyje

42 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA1.1	„Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Konfigūracija ir ekranas, Duomenų saugojimas
Pagrindinis aktorius	Naudotojas, Konfigūracija ir ekranas, Duomenų saugojimas
Antriniai aktoriai	-
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: naudotojo pasirinkimai. Rezultatas: atlikta zonų konfigūracija.
Susiję tikslai	Išmanieji namai padalinami į zonas pagal naudotojo įvestį. Atmetama klaidinga įvestis ir apie tai pranešama naudotojui.
Sėkmės garantija	Sukonfigūruotos vėdinimo ir šildymo zonos
Trigeris	Naudotojas panaudoja zonų konfigūracijos funkciją
Pagrindinis scenarijus	1. Naudotojas aktyvuoja konfigūracijos funkciją. 2. Konfigūracijos ir ekrano komponentas pateikia sąsają nurodyti zonų pasirinkimams. 3. Naudotojas pateikia pasirinkimus. 4. Konfigūracijos ir ekrano komponentas validuoja pasirinkimus. 5. Pasirinkimai nėra klaidingi. 6. Konfigūracija perduodama duomenų saugojimo komponentui. 7. Duomenų saugojimo komponentas išsaugo konfigūraciją ir Konfigūracijos ir ekrano komponentui pranešama apie sėkmingą išsaugojimą. 8. Naudotojui pranešama apie sėkmingą išsaugojimą.
Alternatyvūs scenarijai	-
Nesėkmės scenarijai	5a. Pasirinkimai yra klaidingi. 6a. Ekrane naudotojui pranešama apie klaidą. 7b. Duomenų saugojimo komponentas praneša Konfigūracijos ir ekrano komponentui apie klaidą. 7b. Ekrane naudotojui pranešama apie klaidą.



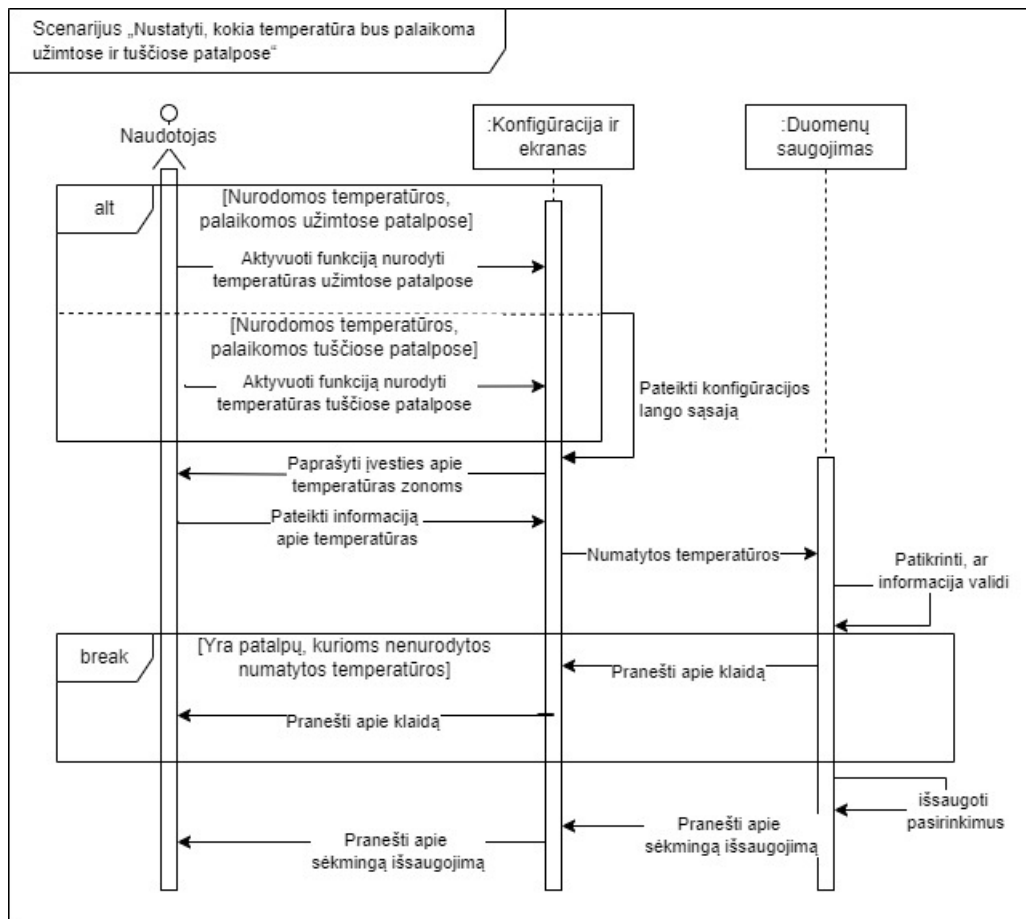
77 pav. Pirmojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

43 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA2.1	„Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Konfigūracija ir ekranas, Duomenų saugojimas
Pagrindinis aktorius	Naudotojas
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: naudotojo pasirinkimai. Rezultatas: zonų temperatūrų konfigūracija.
Susiję tikslai	Kiekvienai zonai priskiriamos numatytos temperatūros pagal naudotojo įvestį. Kiekvienai zonai priskiriamos numatytos pastovios temperatūros pagal naudotojo įvestį. Atmetama klaidinga įvestis ir apie tai pranešama naudotojui.
Išankstinės sąlygos	Sukonfigūruotos vėdinimo ir šildymo zonos
Sėkmės garantija	Nustatytos temperatūros vėdinimo ir šildymo zonomis
Trigeris	Naudotojas panaudoja zonų temperatūrų konfigūracijos funkciją
Pagrindinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Naudotojas ekrane aktyvuoja zonų temperatūrų užimtose patalpose konfigūracijos funkciją. 2. Konfigūracijos ir ekrano komponentas pateikia sąsają nurodyti zonų pasirinkimams. 3. Naudotojas pateikia pasirinkimus. 4. Konfigūracijos ir ekrano komponentas validuoja pasirinkimus. 5. Pasirinkimai nėra klaidingi. 6. Konfigūracija perduodama duomenų saugojimo komponentui. 7. Duomenų saugojimo komponentas išsaugo konfigūraciją ir Konfigūracijos ir ekrano komponentui pranešama apie sėkmingą išsaugojimą. 8. Naudotojui pranešama apie sėkmingą išsaugojimą.

44 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA2.1	„Nustatyti, kokia temperatūra bus palaikoma užimtose ir tuščiose patalpose“
Alternatyvūs scenarijai	<p>1a. Naudotojas ekrane aktyvuoja fiksuotų temperatūrų konfigūracijos funkciją.</p> <p>2a. Konfigūracijos ir ekrano komponentas pateikia sąsają nurodyti temperatūrų pasirinkimams.</p> <p>3a. Naudotojas pateikia pasirinkimus.</p> <p>4a. Konfigūracijos ir ekrano komponentas validuoja pasirinkimus.</p> <p>5a. Pasirinkimai nėra klaidingi.</p> <p>6a. Konfigūracija perduodama duomenų saugojimo komponentui.</p> <p>7a. Duomenų saugojimo komponentas išsaugo konfigūraciją ir Konfigūracijos ir ekrano komponentui pranešama apie sėkmingą išsaugojimą.</p> <p>8a. Naudotojui pranešama apie sėkmingą išsaugojimą.</p>
Nesėkmės scenarijai	<p>5a. Pasirinkimai yra klaidingi.</p> <p>6a. Ekrane naudotojui pranešama apie klaidą.</p> <p>7b. Duomenų saugojimo komponentas praneša Konfigūracijos ir ekrano komponentui apie klaidą.</p> <p>7b. Ekrane naudotojui pranešama apie klaidą.</p>



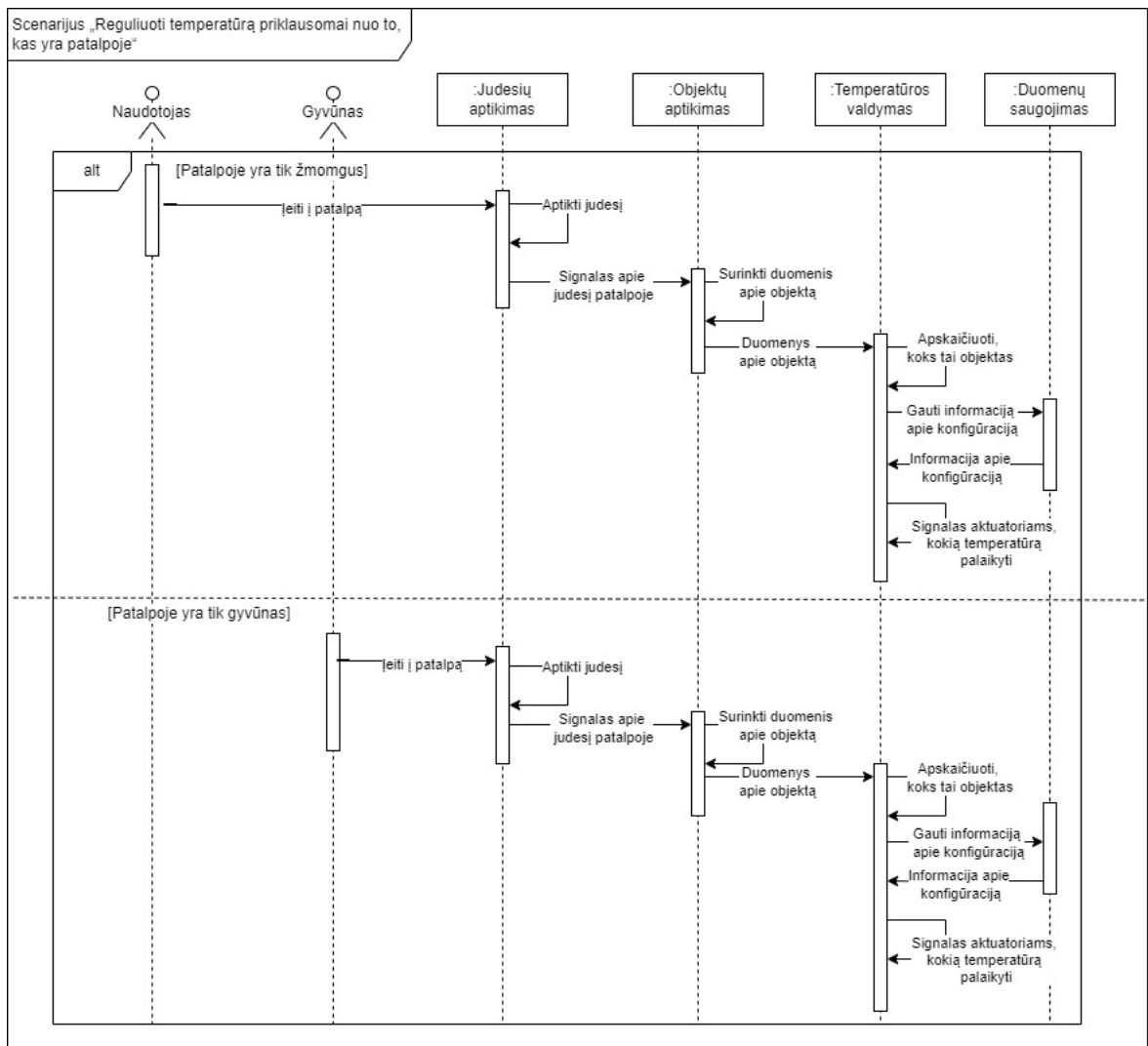
78 pav. Antrojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

45 lentelė. Naudojimo atvejo „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas

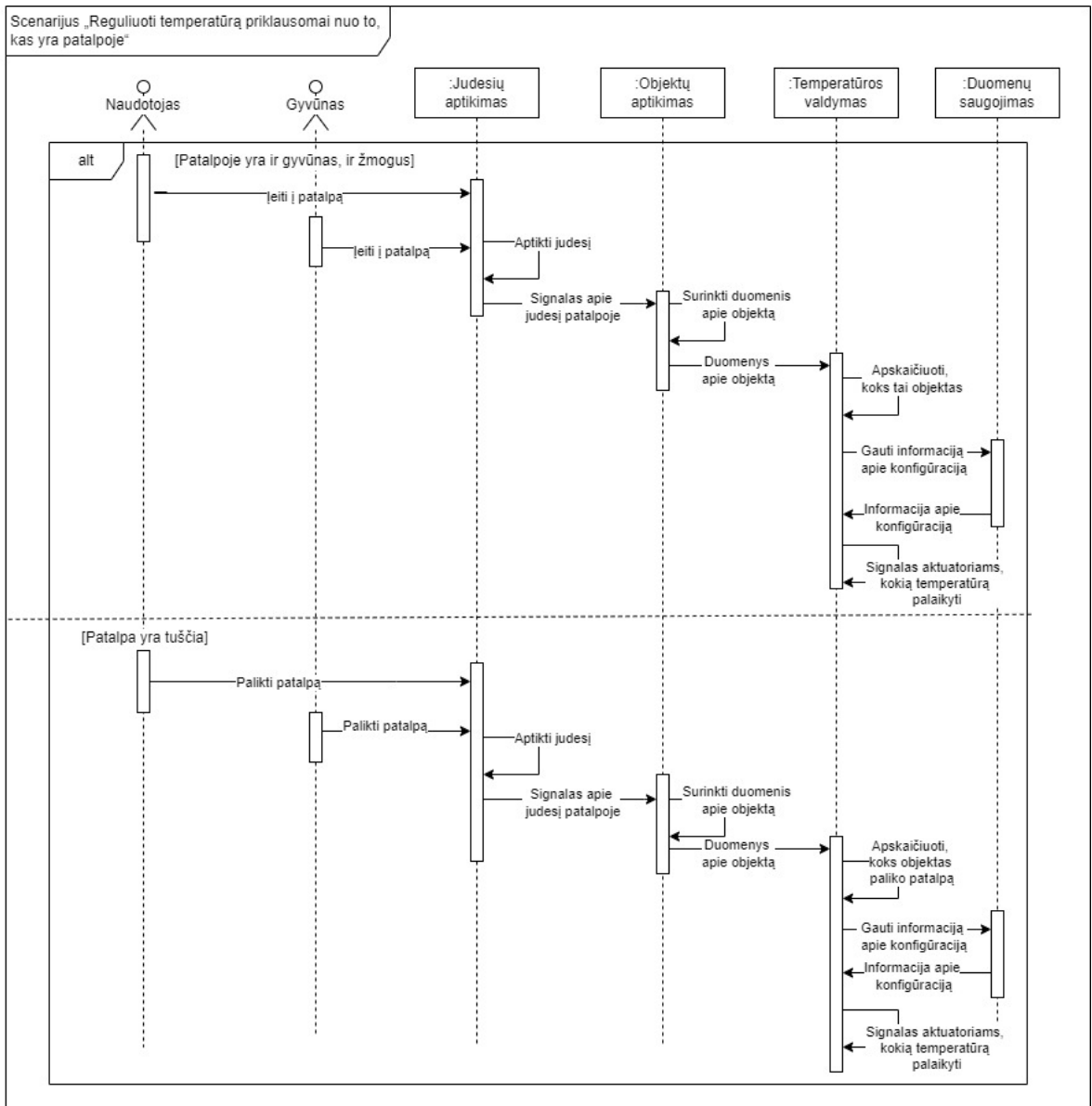
Naudojimo atvejis NA3.1	„Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Judesių aptikimas, Objektų aptikimas, Temperatūros valdymas, Duomenų saugojimas
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: sensorių surinkti duomenys. Rezultatas: temperatūros pokytis.
Susiję tikslai	Remiantis sensorių duomenimis, nustatoma, ar patalpa yra netuščia. Pakeičiama temperatūra atsižvelgiant į tai, kas yra patalpoje. Nustatoma, ar buvo atlikti judesiai. Surenkama informacija apie patalpoje esantį objektą.
Išankstinės sąlygos	Sukonfigūruotos zonos ir numatytos temperatūros
Sėkmės garantija	Apskaičiavus, ar patalpa tuščia ar užimta, ir jeigu yra užimta, atpažinus, kas joje yra, atitinkamai reguliuojama temperatūra
Trigeris	Judesys patalpoje
Pagrindinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Į patalpą įeiną ir joje yra tik žmogus. 2. Judesių aptikimo komponentas aptinka judesį ir apie tai praneša objektų aptikimo komponentui. 3. Objektų aptikimo komponentas surenka duomenis apie objektą ir juos perduoda temperatūros valdymo komponentui. 4. Temperatūros valdymo komponentas apskaičiuoja, kad patalpoje yra žmogus, ir kreipiasi į duomenų saugojimo objektą dėl temperatūros, kurią reikia palaikyti. 5. Duomenų saugojimo komponentas perduoda informaciją temperatūros valdymo komponentui. 6. Temperatūros valdymo komponentas palaiko numatytąją temperatūrą.

46 lentelė. Naudojimo atvejo „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA3.1	„Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“
Alternatyvūs scenarijai	<p>1a. Į patalpą įeiną ir joje yra tik gyvūnas.</p> <p>2a. Judesių aptikimo komponentas aptinka judesį ir apie tai praneša objektų aptikimo komponentui.</p> <p>3a. Objektų aptikimo komponentas surenka duomenis apie objektą ir juos perduoda temperatūros valdymo komponentui.</p> <p>4a. Temperatūros valdymo komponentas apskaičiuoja, kad patalpoje yra gyvūnas, ir kreipiasi į duomenų saugojimo objektą dėl temperatūros, kurią reikia palaikyti.</p> <p>5a. Duomenų saugojimo komponentas perduoda informaciją temperatūros valdymo komponentui.</p> <p>6a. Temperatūros valdymo komponentas palaiko gyvūnui saugią temperatūrą.</p> <p>1b. Į patalpą įeiną ir joje yra ir žmogus, ir gyvūnas.</p> <p>2b. Judesių aptikimo komponentas aptinka judesį ir apie tai praneša objektų aptikimo komponentui.</p> <p>3b. Objektų aptikimo komponentas surenka duomenis apie objektą ir juos perduoda temperatūros valdymo komponentui.</p> <p>4b. Temperatūros valdymo komponentas apskaičiuoja, kad patalpoje yra gyvūnas, ir kreipiasi į duomenų saugojimo objektą dėl temperatūros, kurią reikia palaikyti.</p> <p>5b. Duomenų saugojimo komponentas perduoda informaciją temperatūros valdymo komponentui.</p> <p>6b. Temperatūros valdymo komponentas palaiko žmogui patogią ir gyvūnui saugią temperatūrą.</p> <p>1c. Patalpą palieka objektas.</p> <p>2c. Judesių aptikimo komponentas aptinka judesį ir apie tai praneša objektų aptikimo komponentui.</p> <p>3c. Objektų aptikimo komponentas surenka duomenis apie objektą ir juos perduoda temperatūros valdymo komponentui.</p> <p>4c. Temperatūros valdymo komponentas apskaičiuoja, kad patalpa yra tuščia, ir kreipiasi į duomenų saugojimo objektą dėl temperatūros, kurią reikia palaikyti.</p> <p>5c. Duomenų saugojimo komponentas perduoda informaciją temperatūros valdymo komponentui.</p> <p>6c. Temperatūros valdymo komponentas palaiko numatytą fiksuotą temperatūrą.</p>
Nesėkmės scenarijai	-



79 pav. Trečiojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



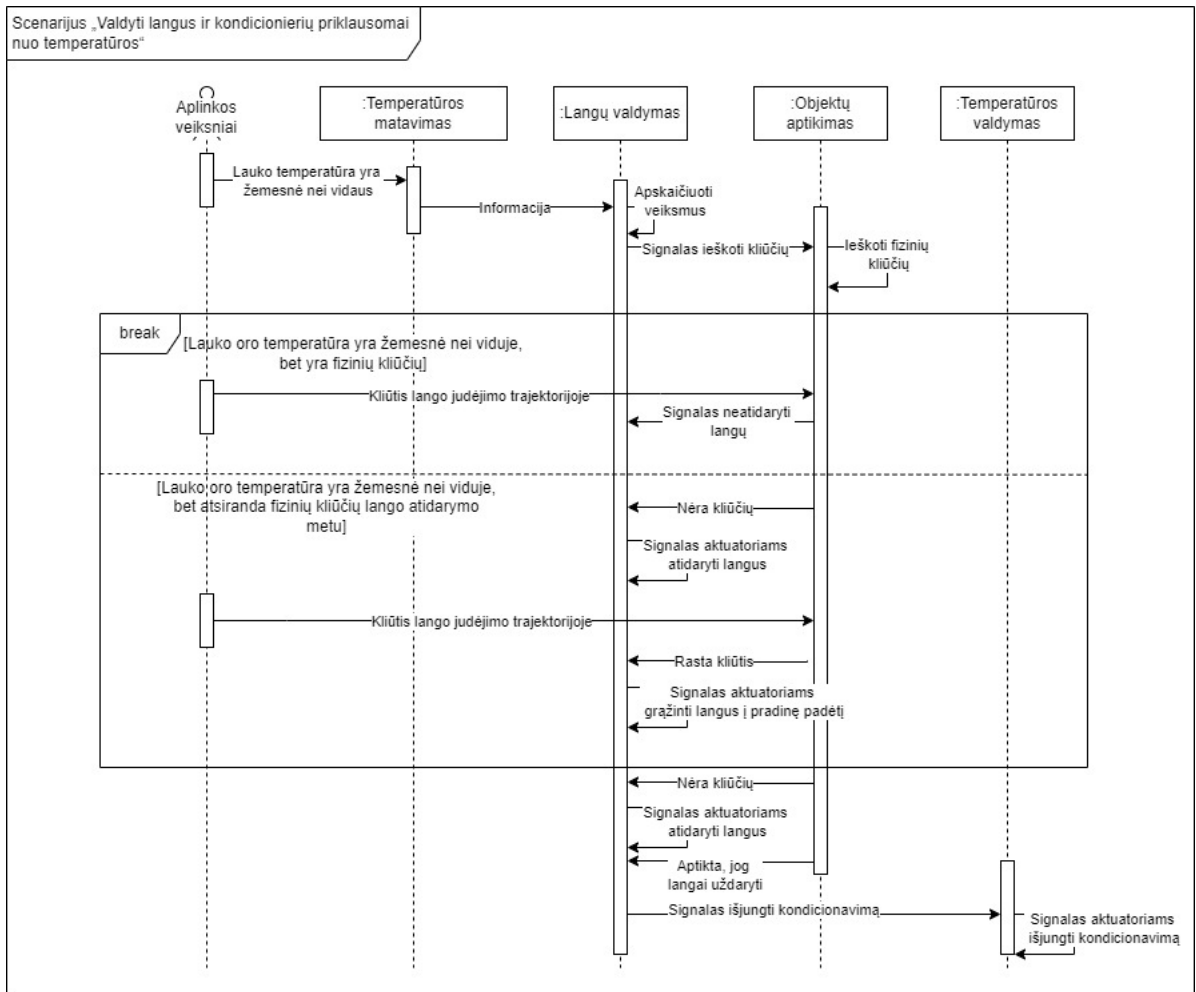
80 pav. Trečiojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

47 lentelė. Naudojimo atvejo „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas

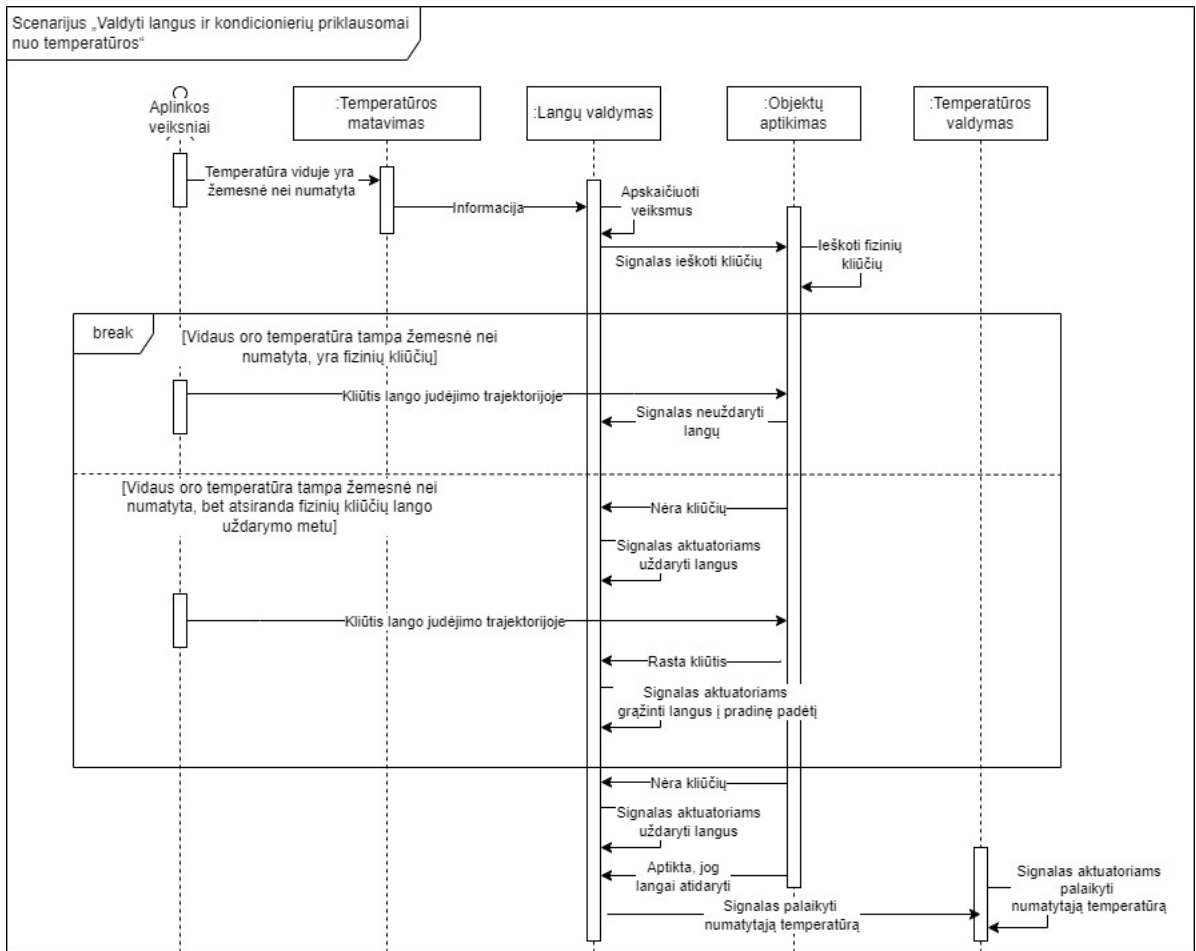
Naudojimo atvejis NA4.1	„Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Temperatūros matavimas, Langų valdymas, Objektų aptikimas, Temperatūros valdymas
Pagrindinis aktorius	Lauko temperatūra, vidaus temperatūra, fizinė kliūtis
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: sensorių surinkti duomenys apie temperatūrą ir kliūtis. Rezultatas: komandos aktuatoriams dėl veiksmų su oro kondicionavimu ir langų krypties ir jų atlikimas.
Susiję tikslai	Išjungiamas kondicionavimas ir atidaromi langai, jei lauke temperatūra yra žemesnė nei viduje. Uždaromi langai, jei temperatūra viduje tampa žemesnė nei numatyta. Renkami duomenys apie oro temperatūrą lauke ir viduje. Atsižvelgiant į temperatūros matavimo duomenis, valdomi langai Po langų uždarymo patalpose palaikoma numatytoji temperatūra. Naudojant sensorius, aptinkamos kliūtys prieš langų atidarymą ar uždarymą. Naudojant aktuatorius, valdomas lango judėjimas. Naudojant sensorius, ieškoma fizinių kliūčių langų atidarymo arba uždarymo metu.
Sėkmės garantija	Tinkamu metu atidaryti ir uždaryti langai ir užtikrinama, kad bus aptiktos kliūtys ir išvengta susidūrimų su jomis
Trigeris	Oro pokytis lauke, viduje, kliūtis lango judėjimo trajektorijoje
Pagrindinis scenarijus	1. Temperatūros matavimo komponentas siunčia langų valdymo komponentui informaciją apie lauko ir vidaus oro temperatūrą. 2. Langų valdymo komponentas apskaičiuoja, kad lauke yra žemesnė oro temperatūra nei viduje. 3. Langų valdymo komponentas apskaičiuoja, ar reikia atidaryti langus. 4. Langų valdymo komponentas perduoda signalą objektų aptikimo komponentui ieškoti fizinių kliūčių. 5. Objektų aptikimo komponentas ieško kliūčių, bet tokių neranda, ir apie tai praneša langų valdymo komponentui. 6. Langų valdymo komponentas sėkmingai atidaro langus ir apie tai praneša temperatūros valdymo komponentui. 7. Temperatūros valdymo komponentas išjungia kondicionavimą.

48 lentelė. Naudojimo atvejo „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA4.1	„Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“
Alternatyvūs scenarijai	<p>1a. Temperatūros matavimo komponentas siunčia langų valdymo komponentui informaciją apie lauko ir vidaus oro temperatūrą.</p> <p>2a. Langų valdymo komponentas apskaičiuoja, kad viduje oro temperatūra yra žemesnė nei numatyta.</p> <p>3a. Langų valdymo komponentas apskaičiuoja, ar reikia uždaryti langus.</p> <p>4a. Langų valdymo komponentas perduoda signalą objektų aptikimo komponentui ieškoti fizinių kliūčių. 5a. Objektų aptikimo komponentas ieško kliūčių, bet tokių neranda, ir apie tai praneša langų valdymo komponentui.</p> <p>6a. Langų valdymo komponentas sėkmingai uždaro langus ir apie tai praneša temperatūros valdymo komponentui.</p> <p>7a. Temperatūros valdymo komponentas palaiko numatytąją temperatūrą.</p>
Nesėkmės scenarijai	<p>5b. Objektų aptikimo komponentas randa kliūčių ir apie tai praneša langų valdymo komponentui.</p> <p>6b. Langų valdymo komponentas neatidaro langų.</p> <p>5c. Objektų aptikimo komponentas randa kliūčių ir apie tai praneša langų valdymo komponentui.</p> <p>6c. Langų valdymo komponentas neuždaro langų.</p> <p>5d. Objektų aptikimo komponentas ieško kliūčių, bet tokių neranda, ir apie tai praneša langų valdymo komponentui.</p> <p>6d. Langų valdymo komponentas pradeda atidaryti langus.</p> <p>7d. Objektų aptikimo komponentas randa kliūtį langų atidarymo metu ir apie tai praneša langų valdymo komponentui.</p> <p>8d. Langų valdymo komponentas grąžina langus į pradinę padėtį.</p> <p>5e. Objektų aptikimo komponentas ieško kliūčių, bet tokių neranda, ir apie tai praneša langų valdymo komponentui.</p> <p>6e. Langų valdymo komponentas pradeda uždaryti langus.</p> <p>7e. Objektų aptikimo komponentas randa kliūtį langų uždarymo metu ir apie tai praneša langų valdymo komponentui.</p> <p>8e. Langų valdymo komponentas grąžina langus į pradinę padėtį.</p>



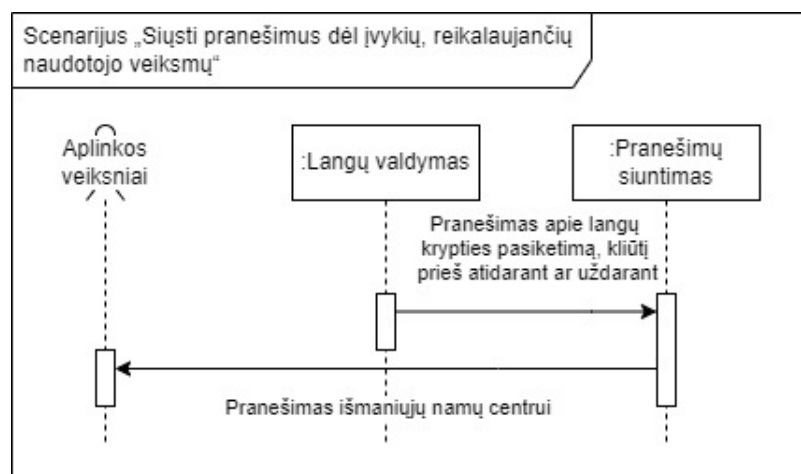
81 pav. Ketvirtojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



82 pav. Ketvirtojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

49 lentelė. Naudojimo atvejo „Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA5.1	„Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“
Abstrakcijos lygmuo	Funkcinės dekompozicijos lygmuo
Apimtis	Langų valdymas, Pranešimų siuntimas
Pagrindinis aktorius	Naudotojas
Antriniai aktoriai	Išmaniųjų namų centras
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: įvykis, reikalaujantis naudotojo veiksmų. Rezultatas: pranešimas naudotojui.
Susiję tikslai	Sekami veiksmai su langais. Bendradarbiaujama su išmaniųjų namų centru.
Išankstinės sąlygos	Buvo atidaromi arba uždaromi langai
Sėkmės garantija	Naudotojas gauna pranešimą apie langų krypties pasikeitimą, nepavykusį atidarymą arba uždarymą
Trigeris	Įvykis, reikalaujantis naudotojo veiksmų
Pagrindinis scenarijus	1. Įvyksta scenarijus, kai langai turėjo pakeisti kryptį, jų nebuvo galima atidaryti ar uždaryti. 2. Langų valdymo komponentas perduoda apie tai pranešimą pranešimų siuntimo komponentui. 3. Pranešimų siuntimo komponentas perduoda pranešimą išmaniųjų namų centrui, kad būtų perduotas naudotojui.
Alternatyvūs scenarijai	-
Nesėkmės scenarijai	-



83 pav. Penktojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

Priedas nr. 5

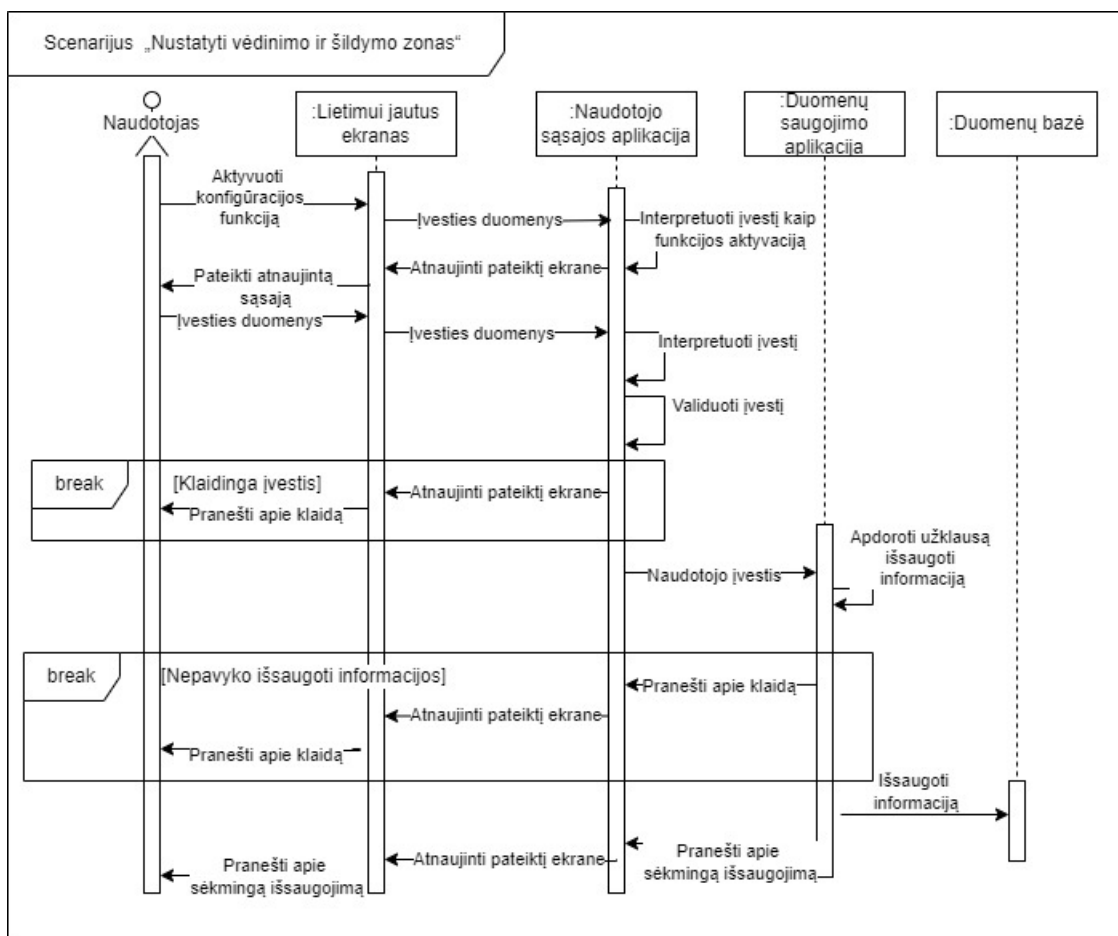
Scenarijų aprašymai ir sekų diagramos programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmenyje

50 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA1.1.1	„Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“
Abstrakcijos lygmuo	Programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmuo
Apimtis	Lietimui jautrus ekranas, Naudotojo sąsajos aplikacija, Duomenų saugojimo aplikacija, Duomenų bazė
Pagrindinis aktorius	Naudotojas
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: naudotojo pasirinkimai. Rezultatas: atlikta zonų konfigūracija.
Susiję tikslai	Naudotojas nurodo pasirinkimus naudojant lietimui jautrų ekraną, kuris perduoda informaciją naudotojo sąsajos aplikacijai. Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugimo aplikacijai . Vartotojo nurodyta konfigūracija yra išsaugojama. Apdorojama išsaugojimo užklausa. Saugoma konfigūracija. Ekrane naudotojui pranešama ar įvestis buvo priimta.
Sėkmės garantija	Sukonfigūruotos vėdinimo ir šildymo zonos
Trigeris	Naudotojas panaudoja zonų konfigūracijos funkciją
Pagrindinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none">1. Naudotojas aktyvuoja zonų konfigūracijos funkciją.2. Ekranas komponentas perduoda įvestį naudotojo sąsajos aplikacijai, kuri interpretuoja įvestį kaip funkcijos aktyvaciją ir atnaujina pateiktą ekraną.3. Naudotojas pasirenka, kokios patalpos priklausos kuriai zonai4. Ekranas komponentas perduoda įvestį naudotojo sąsajos aplikacijai, kuri interpretuoja ir validuoja įvestį.5. Visos patalpos yra priskirtos zonai, perduodama konfigūracija duomenų saugojimo aplikacijai.6. Duomenų saugojimo aplikacija apdoroja užklausa ir išsaugojami pasirinkimai.7. Duomenų saugojimo aplikacija Konfigūracijos ir ekranas komponentui praneša apie sėkmingą išsaugojimą.8. Naudotojui ekrane pranešama apie sėkmingą išsaugojimą.

51 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA1.1.1	„Nustatyti vėdinimo ir šildymo zonas“
Alternatyvūs scenarijai	-
Nesėkmės scenarijai	5b. Ne visos patalpos yra priskirtos vienai zonai. 6b. Naudotojas informuojamas apie klaidą. 6c. Nepavyko išsaugoti pasirinkimų, duomenų saugojimo aplikacija praneša apie klaidą naudotojo sąsajos aplikacijai. 7c. Naudotojas informuojamas apie klaidą.



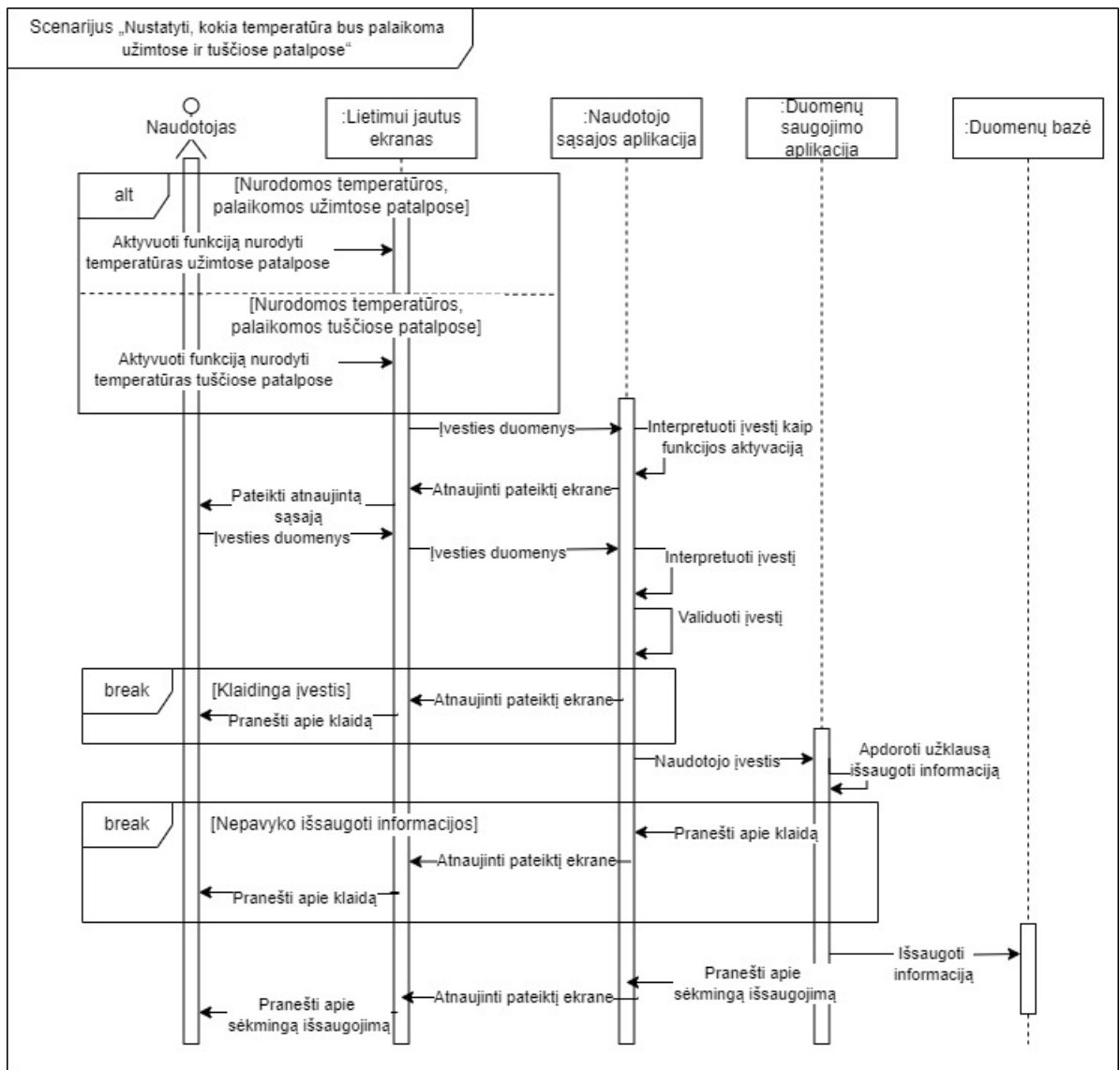
84 pav. Pirmojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

52 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti naudotojo nurodytą temperatūrą“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA2.1.1	„Nustatyti naudotojo nurodytą temperatūrą“
Abstrakcijos lygmuo	Programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmuo
Apimtis	Lietimui jautrus ekranas, Naudotojo sąsajos aplikacija, Duomenų saugojimo aplikacija, Duomenų bazė
Pagrindinis aktorius	Naudotojas
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: naudotojo pasirinkimai. Rezultatas: zonų temperatūrų konfigūracija.
Susiję tikslai	Naudotojas nurodo pasirinkimus naudojant lietimui jautrų ekraną, kuris perduoda informaciją naudotojo sąsajos aplikacijai. Naudotojo sąsajos aplikacija validuoja informaciją ir ją perduoda duomenų saugimo aplikacijai . Vartotojo nurodyta konfigūracija yra išsaugojama. Apdorojama išsaugojimo užklausa. Saugoma konfigūracija. Ekrane naudotojui pranešama ar įvestis buvo priimta.
Išankstinės sąlygos	Sukonfigūruotos vėdinimo ir šildymo zonos
Sėkmės garantija	Nustatytos temperatūros vėdinimo ir šildymo zonomis
Trigeris	Naudotojas panaudoja zonų temperatūrų konfigūracijos funkciją
Pagrindinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Naudotojas ekrane aktyvuoja zonų temperatūrų konfigūracijos funkciją. 2. Ekranas komponentas perduoda įvestį naudotojo sąsajos aplikacijai, kuri interpretuoja įvestį kaip funkcijos aktyvaciją ir atnaujina pateiktą ekraną. 3. Naudotojas pasirenka, kokiose patalpose kokia temperatūra bus palaikoma užimtose patalpose. 4. Ekranas komponentas perduoda įvestį naudotojo sąsajos aplikacijai, kuri interpretuoja ir validuoja įvestį. 5. Visoms patalpoms yra nustatyta temperatūra, perduodama konfigūracija duomenų saugojimo aplikacijai. 6. Duomenų saugojimo aplikacija apdoroja užklausa ir išsaugojami pasirinkimai. 7. Duomenų saugojimo aplikacija Konfigūracijos ir ekranas komponentui praneša apie sėkmingą išsaugojimą. 8. Naudotojui ekrane pranešama apie sėkmingą išsaugojimą.

53 lentelė. Naudojimo atvejo „Nustatyti naudotojo nurodytą temperatūrą“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA2.1.1	„Nustatyti naudotojo nurodytą temperatūrą“
Alternatyvūs scenarijai	<p>1a. Naudotojas ekrane aktyvuoja fiksuotų temperatūrų konfigūracijos funkciją.</p> <p>2a. Ekrano komponentas perduoda įvestį naudotojo sąsajos aplikacijai, kuri interpretuoja įvestį kaip funkcijos aktyvaciją ir atnaujina pateiktį ekrane.</p> <p>3a. Naudotojas pasirenka, kokiose patalpose kokia temperatūra bus palaikoma tuščiose patalpose.</p> <p>4a. Ekrano komponentas perduoda įvestį naudotojo sąsajos aplikacijai, kuri interpretuoja ir validuoja įvestį.</p> <p>5a. Visoms patalpoms yra nustatyta temperatūra, perduodama konfigūracija duomenų saugojimo aplikacijai.</p> <p>6a. Duomenų saugojimo aplikacija apdoroja užklausą ir išsaugojami pasirinkimai.</p> <p>7a. Duomenų saugojimo aplikacija Konfigūracijos ir ekrano komponentui praneša apie sėkmingą išsaugojimą.</p> <p>8a. Naudotojui ekrane pranešama apie sėkmingą išsaugojimą.</p>
Nesėkmės scenarijai	<p>5b. Ne visoms patalpos yra nurodyta temperatūra.</p> <p>6b. Naudotojas informuojamas apie klaidą.</p> <p>6c. Nepavyko išsaugoti pasirinkimų, duomenų saugojimo aplikacija praneša apie klaidą naudotojo sąsajos aplikacijai.</p> <p>7c. Naudotojas informuojamas apie klaidą.</p>
Specialūs reikalavimai	-



85 pav. Antrojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

54 lentelė. Naudojimo atvejo „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas

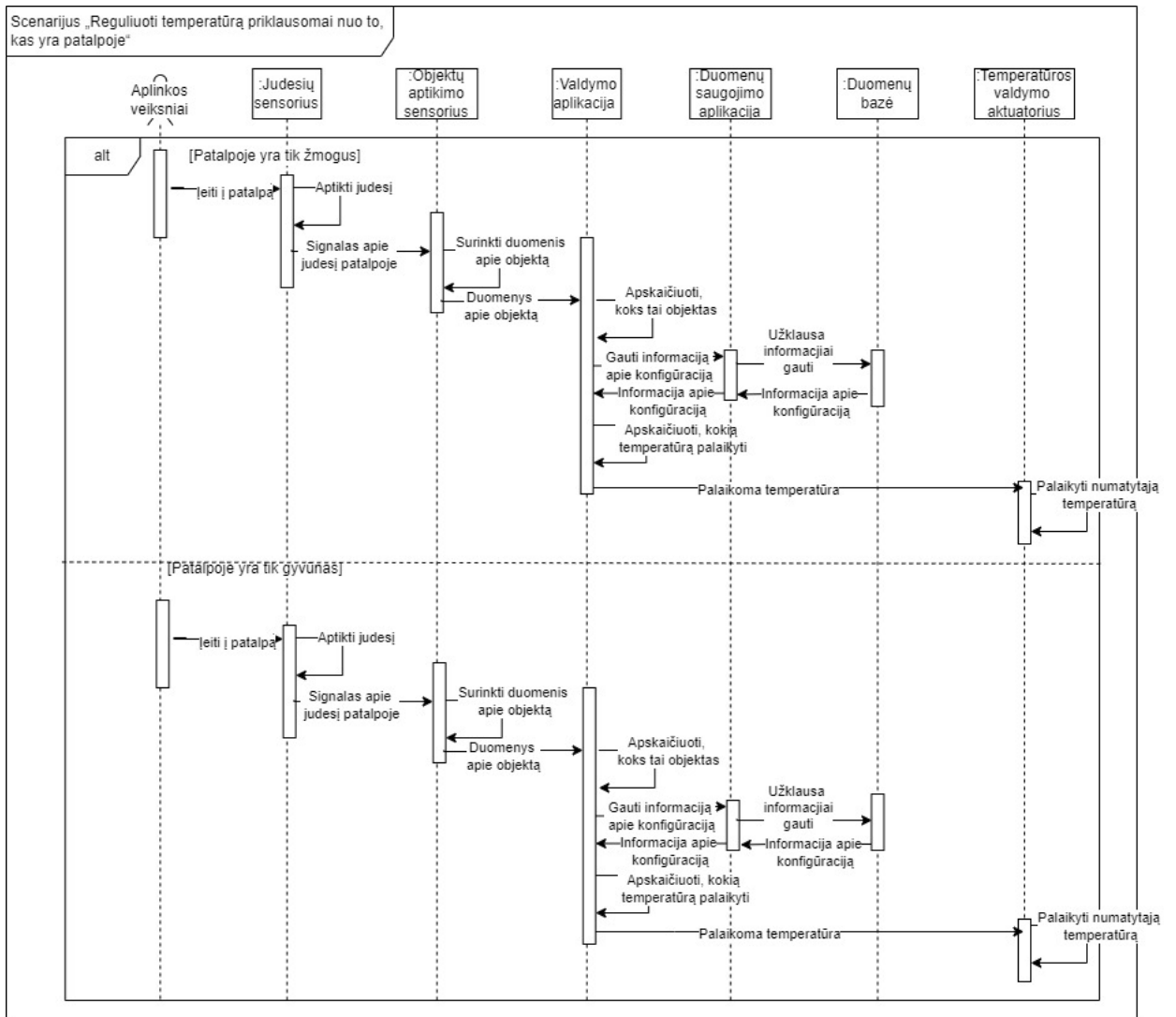
Naudojimo atvejis NA3.1.1	„Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“
Abstrakcijos lygmuo	Programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmuo
Apimtis	Judesių sensorius, Objektų aptikimo sensorius, Temperatūros valdymo aplikacija, Duomenų saugojimo aplikacija, Duomenų bazė, Temperatūros valdymo akuatorius
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: sensorių surinkti duomenys. Rezultatas: temperatūros pokytis.
Susiję tikslai	Surenkami duomenys apie judesius patalpoje ir perduodamas signalas objektų sensoriumi. Surenkami duomenys apie judančius objektus patalpoje ir perduodami rezultatai temperatūros valdymo aplikacijai. Apskaičiuojama, koks objektas yra patalpoje. Naudojama informacija apie naudotojo nurodytas temperatūras. Aptorojama užklausa ir perduodama gauta konfigūracija temperatūros valdymo aplikacijai. Perduodama informacija apie konfigūraciją. Apskaičiuojama, kokia temperatūra turi būti palaikoma, pagal tai, kas aptikta patalpoje, perduodamas signalas akuatoriams. Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, šildo arba vėdina patalpą.
Išankstinės sąlygos	Sukonfigūruotos zonos ir numatytos temperatūros
Sėkmės garantija	Apskaičiavus, ar patalpa tuščia ar užimta, ir jeigu yra užimta, atpažinus, kas joje yra, atitinkamai reguliuojama temperatūra
Trigeris	Judesys patalpoje

55 lentelė. Naudojimo atvejo „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas

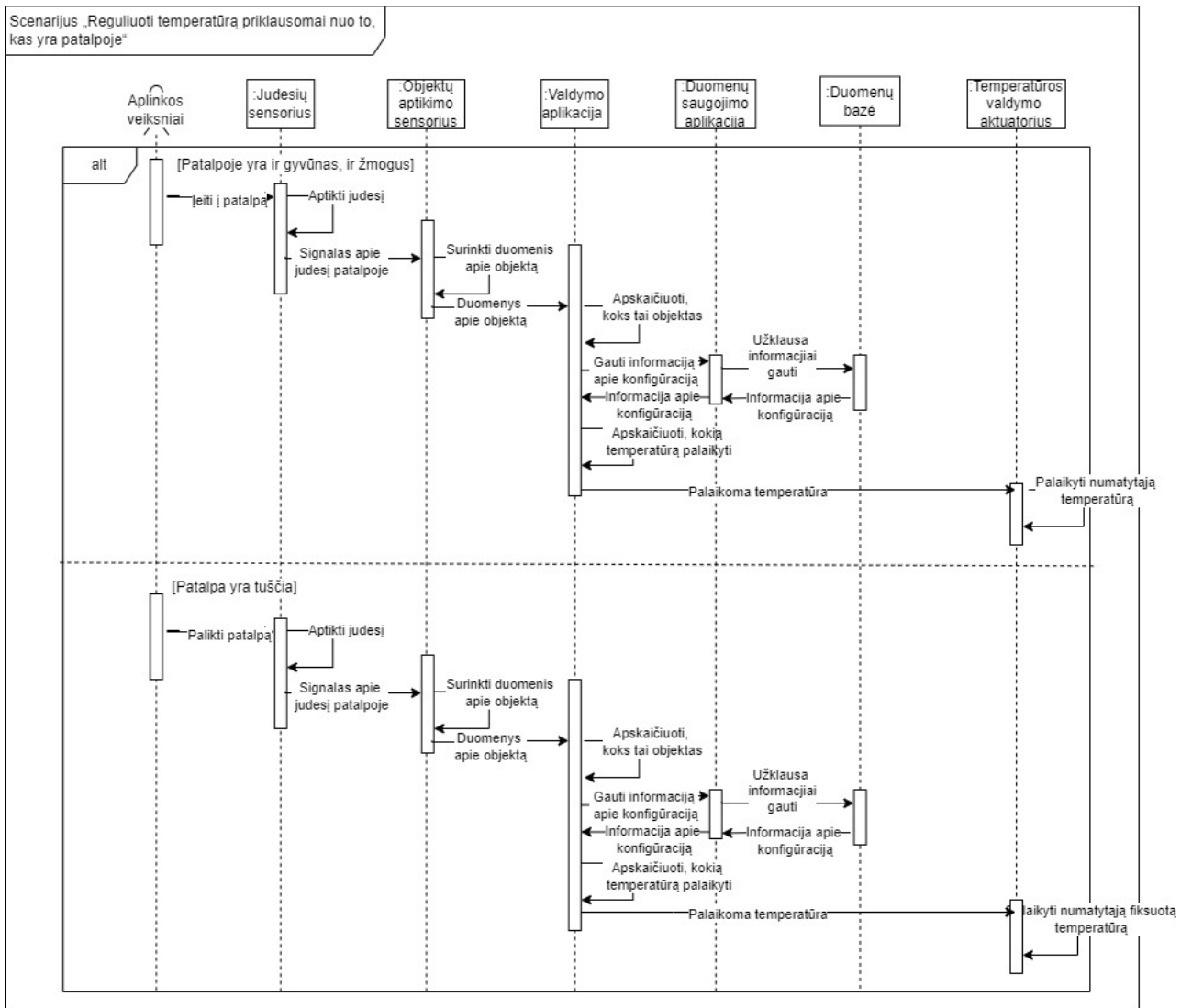
Naudojimo atvejis NA3.1.1	„Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“
Pagrindinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Į patalpą įeiną ir joje yra tik žmogus. 2. Judesių aptikimo sensorius aptinka judesį ir apie tai praneša objektų aptikimo sensoriui. 3. Objektų aptikimo sensorius surenka duomenis apie objektą ir juos perduoda temperatūros valdymo aplikacijai. 4. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad patalpoje yra žmogus, ir kreipiasi į duomenų saugojimo aplikaciją dėl temperatūros, kurią reikia palaikyti. 5. Duomenų saugojimo aplikacija apdoroja užklausą ir duomenų bazėje pasiekia informaciją. 6. Duomenų saugojimo aplikacija perduoda informaciją temperatūros valdymo aplikacijai. 7. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kokia temperatūra turi būti palaikoma, ir perduoda komandas temperatūros valdymo aktuatoriams. 8. Aktuatoriai palaiko numatytąją temperatūrą.
Alternatyvūs scenarijai	<ol style="list-style-type: none"> 1a. Į patalpą įeiną ir joje yra tik gyvūnas. 2a. Judesių aptikimo sensorius aptinka judesį ir apie tai praneša objektų aptikimo sensoriui. 3a. Objektų aptikimo sensorius surenka duomenis apie objektą ir juos perduoda temperatūros valdymo aplikacijai. 4a. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad patalpoje yra gyvūnas, ir kreipiasi į duomenų saugojimo aplikaciją dėl temperatūros, kurią reikia palaikyti. 5a. Duomenų saugojimo aplikacija apdoroja užklausą ir duomenų bazėje pasiekia informaciją. 6a. Duomenų saugojimo aplikacija perduoda informaciją temperatūros valdymo aplikacijai. 7a. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kokia temperatūra turi būti palaikoma, ir perduoda komandas temperatūros valdymo aktuatoriams. 8a. Aktuatoriai palaiko gyvūnui saugią temperatūrą.

56 lentelė. Naudojimo atvejo „Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA3.1.1	„Reguliuoti temperatūrą priklausomai nuo to, kas yra patalpoje“
Alternatyvūs scenarijai	<p>1b. Į patalpą įeiną ir joje yra ir žmogus, ir gyvūnas.</p> <p>2b. Judesių aptikimo sensorius aptinka judesį ir apie tai praneša objektų aptikimo sensoriui.</p> <p>3b. Objektų aptikimo sensorius surenka duomenis apie objektą ir juos perduoda temperatūros valdymo aplikacijai.</p> <p>4b. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad patalpoje yra ir žmogus, ir gyvūnas, ir kreipiasi į duomenų saugojimo aplikaciją dėl temperatūros, kurią reikia palaikyti.</p> <p>5b. Duomenų saugojimo aplikacija apdoroja užklausą ir duomenų bazėje pasiekia informaciją.</p> <p>6b. Duomenų saugojimo aplikacija perduoda informaciją temperatūros valdymo aplikacijai.</p> <p>7b. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kokia temperatūra turi būti palaikoma, ir perduoda komandas temperatūros valdymo aktuatoriams.</p> <p>8b. Aktuatoriai palaiko žmogui patogią ir gyvūnui saugią temperatūrą. 1c. Patalpą palieka objektas.</p> <p>2c. Judesių aptikimo sensorius aptinka judesį ir apie tai praneša objektų aptikimo sensoriui.</p> <p>3c. Objektų aptikimo komponentas surenka duomenis apie objektą ir juos perduoda temperatūros valdymo komponentui.</p> <p>4c. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad patalpa tuščia, ir kreipiasi į duomenų saugojimo aplikaciją dėl temperatūros, kurią reikia palaikyti.</p> <p>5c. Duomenų saugojimo aplikacija apdoroja užklausą ir duomenų bazėje pasiekia informaciją.</p> <p>6c. Duomenų saugojimo aplikacija perduoda informaciją temperatūros valdymo aplikacijai.</p> <p>7c. Temperatūros valdymo aplikacija apskaičiuoja, kokia temperatūra turi būti palaikoma, ir perduoda komandas temperatūros valdymo aktuatoriams.</p> <p>8c. Aktuatoriai palaiko numatytą fiksuotą temperatūrą.</p>
Nesėkmės scenarijai	-



86 pav. Trečiojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



87 pav. Trečiojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

57 lentelė. Naudojimo atvejo „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas

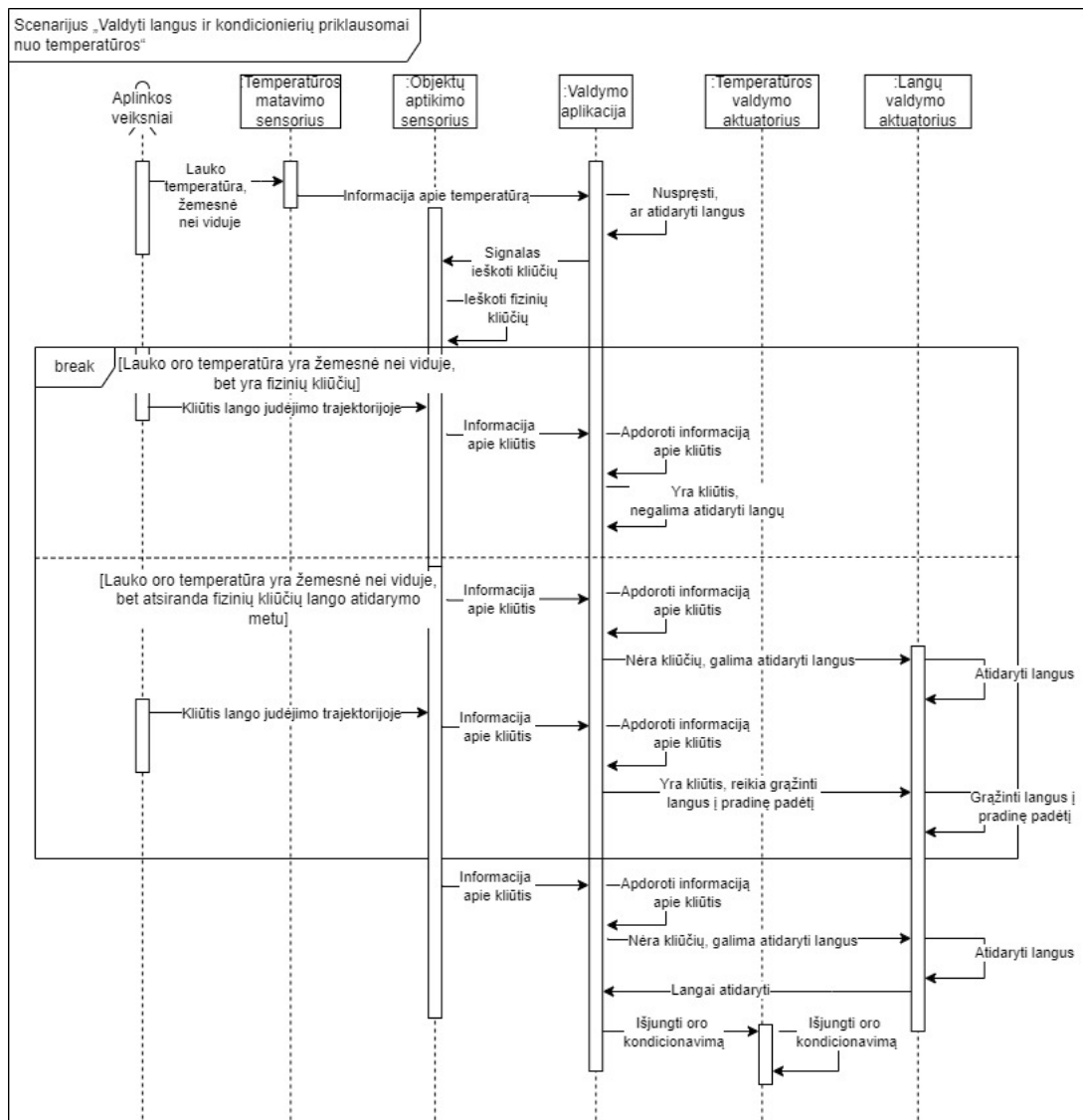
Naudojimo atvejis NA4.1.1	„Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“
Abstrakcijos lygmuo	Programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmuo
Apimtis	Temperatūros matavimo sensorius, Langų valdymo aplikacija, Temperatūros valdymo aplikacija, Langų valdymo aktuatorius, Objektų aptikimo sensorius, Temperatūros valdymo aktuatorius
Pagrindinis aktorius	Lauko temperatūra, vidaus temperatūra, fizinė kliūtis
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: sensorių surinkti duomenys apie temperatūrą ir kliūtis. Rezultatas: komandos aktuatoriams dėl veiksmų su oro kondicionavimu ir langų krypties ir jų atlikimas.
Susiję tikslai	Matuojama lauko ir vidaus temperatūra ir šie duomenys perduodami į langų valdymo aplikaciją. Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia atidaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams. Valdymo aplikacijoje apskaičiuojama, ar reikia uždaryti langus, perduodamas signalas aktuatoriams. Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, atidaro langus. Aktuatoriai, atsižvelgiant į gautą signalą, uždaro langus. Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo atidaryti. Sensoriai perduoda signalą valdymo aplikacijai, jog langai buvo uždaryti. Langų valdymo aplikacija duoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams išjungti kondicionavimą. Kondicionavimas išjungiamas. Langų valdymo aplikacija duoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams palaikyti numatytą temperatūrą. Palaikoma numatytoji temperatūra. Objektų aptikimo sensorius gauna signalą ieškoti fizinių kliūčių prieš atidarymą ar uždarymą. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis. Langų valdymo aplikacija neduoda signalo aktuatoriams uždaryti arba atidaryti langą. Objektų aptikimo sensorius ieško fizinių kliūčių. Langų valdymo aplikacijai perduodama informacija apie kliūtis. Langų valdymo aplikacija duoda signalą aktuatoriams pakeisti lango judėjimo kryptį. Langų valdymo aktuatorius pakeičia lango judėjimo kryptį.
Sėkmės garantija	Tinkamu metu atidaryti ir uždaryti langai ir užtikrinama, kad bus aptiktos kliūtys ir išvengta susidūrimų su jomis
Trigeris	Oro pokytis lauke, viduje, kliūtis lango judėjimo trajektorijoje

58 lentelė. Naudojimo atvejo „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas

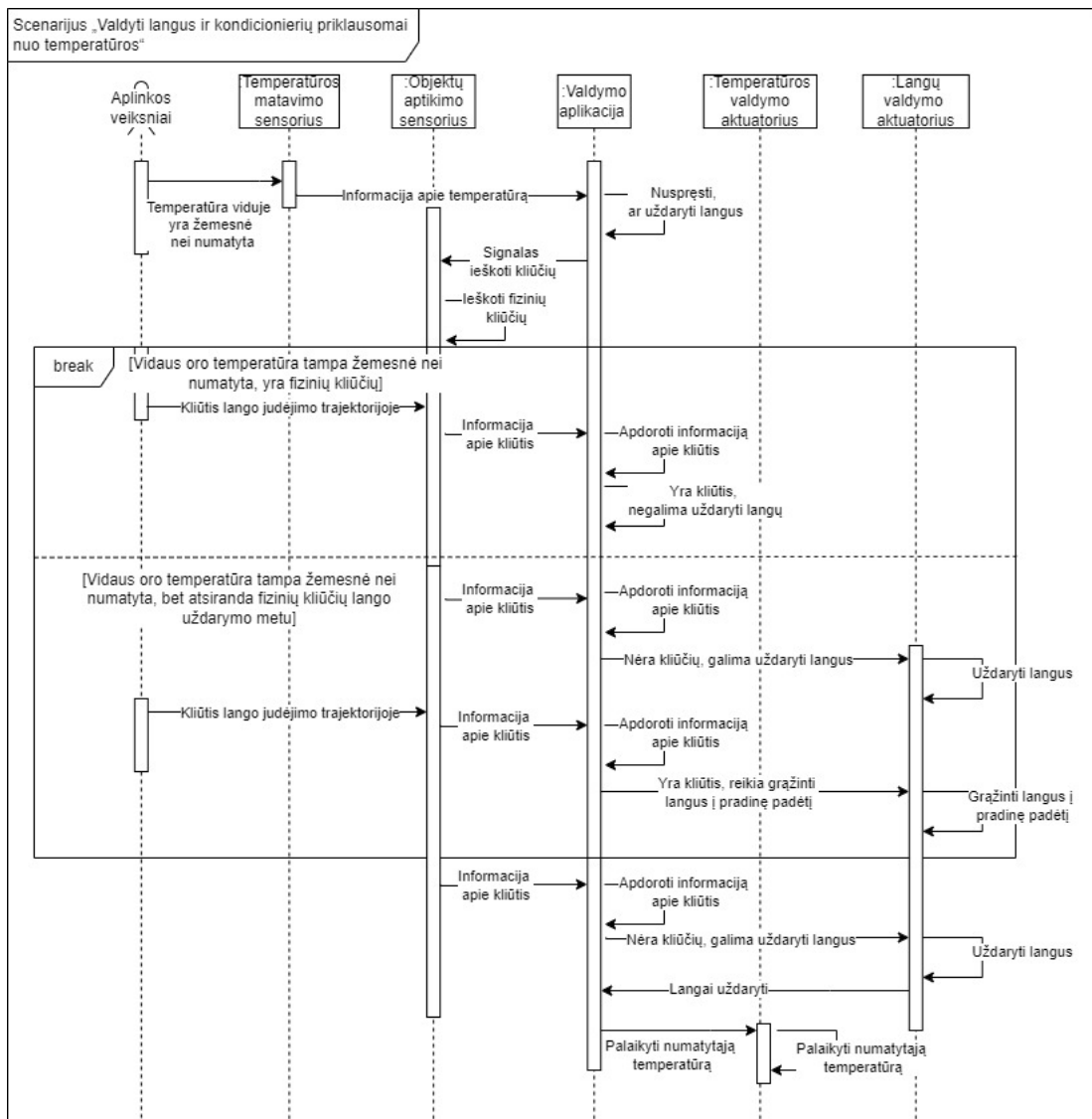
Naudojimo atvejis NA4.1.1	„Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“
Pagrindinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatūros matavimo sensorius siunčia langų valdymo aplikacijai informaciją apie lauko ir vidaus oro temperatūrą. 2. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad lauke yra žemesnė oro temperatūra nei viduje. 3. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, ar reikia atidaryti langus. 4. Langų valdymo aplikacija perduoda signalą objektų aptikimo sensoriumi ieškoti fizinių kliūčių. 5. Objektų aptikimo sensorius ieško kliūčių, siunčia informaciją langų valdymo aplikacijai. 6. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad kliūčių nėra, siunčia signalą langų valdymo aktuatoriams. 7. Langų valdymo aktuatoriams sėkmingai atidarius langus, objektų aptikimo sensorius siekia aptikti, ar langai tikrai buvo atidaryti ir perduoda informaciją langų valdymo aplikacijai. 8. Jei langai buvo sėkmingai atidaryti, apie tai pranešama temperatūros valdymo aplikacijai. 9. Temperatūros valdymo aplikacija perduoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams išjungti kondicionavimą.
Alternatyvūs scenarijai	<ol style="list-style-type: none"> 1a. Temperatūros matavimo sensorius siunčia langų valdymo aplikacijai informaciją apie lauko ir vidaus oro temperatūrą. 2a. Langų valdymo aplikaciją apskaičiuoja, kad viduje oro temperatūra yra žemesnė nei numatyta. 3a. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, ar reikia uždaryti langus. 4a. Langų valdymo aplikacija perduoda signalą objektų aptikimo sensoriumi ieškoti fizinių kliūčių. 5a. Objektų aptikimo sensorius ieško kliūčių, siunčia informaciją langų valdymo aplikacijai. 6a. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad kliūčių nėra, siunčia signalą langų valdymo aktuatoriams. 7a. Langų valdymo aktuatoriams sėkmingai uždarius langus, objektų aptikimo sensorius siekia aptikti, ar langai tikrai buvo uždaryti ir perduoda informaciją langų valdymo aplikacijai. 8a. Jei langai buvo sėkmingai atidaryti, apie tai pranešama temperatūros valdymo aplikacijai. 9a. Temperatūros valdymo aplikacija perduoda signalą temperatūros valdymo aktuatoriams palaikyti numatytąją temperatūrą.

59 lentelė. Naudojimo atvejo „Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“ aprašymas

Naudojimo atvejis NA4.1.1	„Valdyti langus ir kondicionierių priklausomai nuo temperatūros“
Nesėkmės scenarijai	<p>6b. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad kliūčių yra, langai neatidaromi.</p> <p>6c. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad kliūčių yra, langai neuždaromi</p> <p>6d. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad kliūčių nėra, siunčia signalą langų valdymo aktuatoriams atidaryti langus.</p> <p>7d. Objektų aptikimo sensorius randa kliūtį langų atidarymo metu.</p> <p>8d. Langų valdymo aplikacija siunčia signalą langų valdymo aktuatoriams grąžinti langus į pradinę padėtį.</p> <p>6e. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad kliūčių nėra, siunčia signalą langų valdymo aktuatoriams uždaryti langus.</p> <p>7e. Objektų aptikimo sensorius randa kliūtį langų uždarymo metu.</p> <p>8e. Langų valdymo aplikacija siunčia signalą langų valdymo aktuatoriams grąžinti langus į pradinę padėtį.</p>



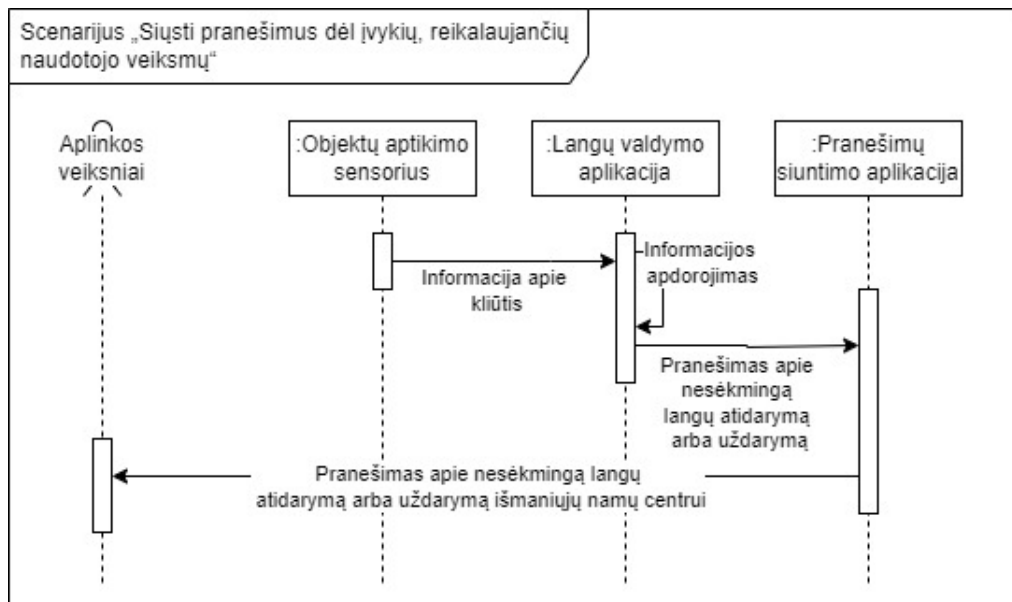
88 pav. Ketvirtojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



89 pav. Ketvirtojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

60 lentelė. Naudojimo atvejo „Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“ aprašymas

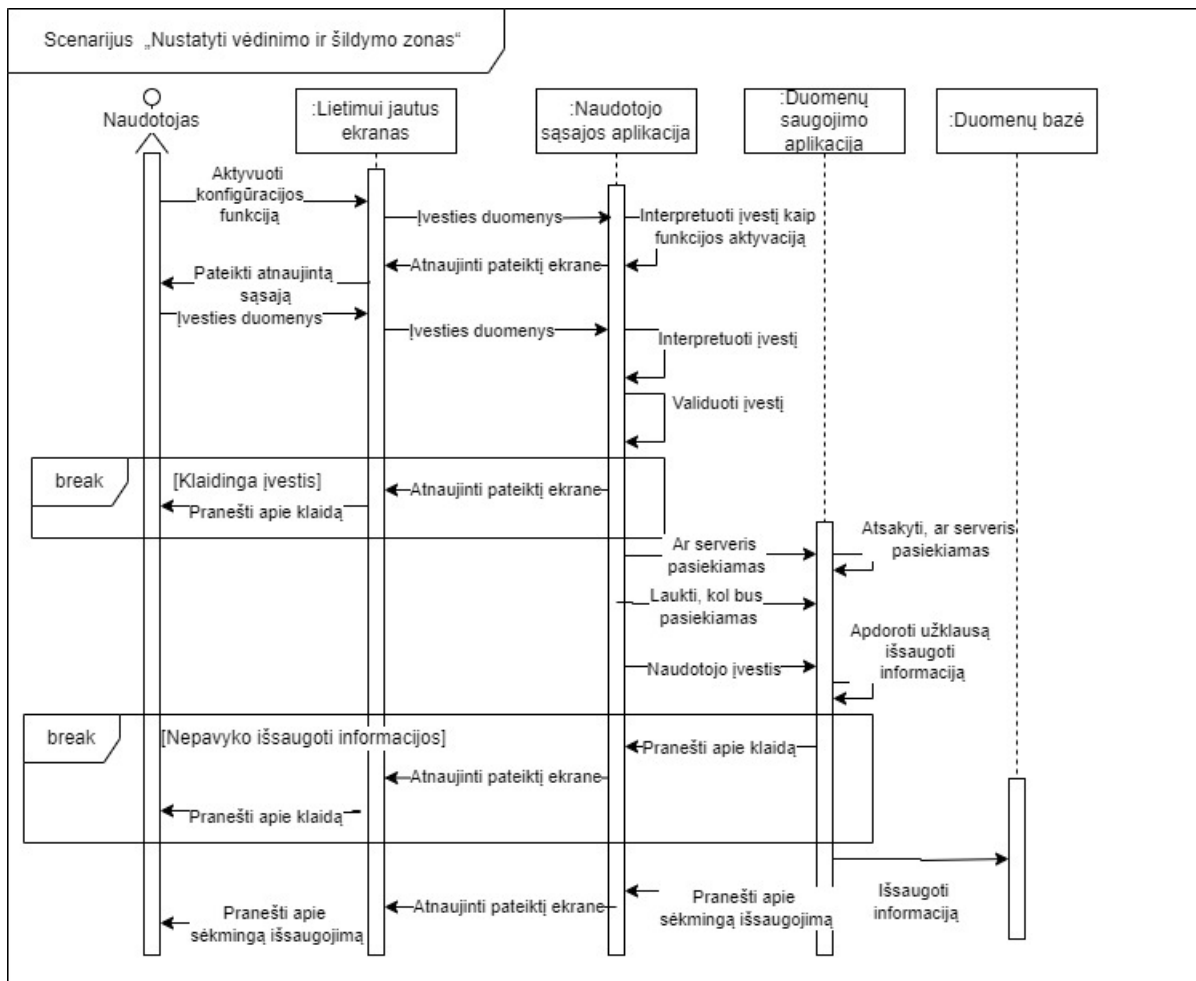
Naudojimo atvejis NA5.1.1	„Siųsti pranešimus dėl įvykių, reikalaujančių naudotojo veiksmų“
Abstrakcijos lygmuo	Programinės įrangos–techninės įrangos skaidymo lygmuo
Apimtis	Objektų aptikimo sensorius, langų valdymo aplikacija, Pranešimų siuntimo aplikacija
Pagrindinis aktorius	Naudotojas, Išmaniųjų namų centras
Įvestis ir rezultatai	Įvestis: įvykis, reikalaujantis naudotojo veiksmų. Rezultatas: pranešimas naudotojui.
Susiję tikslai	Apdorojama informacija, gauta iš objektų aptikimo sensorių. Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama pranešimų siuntimo aplikacijai. Informacija apie nesėkmingą langų uždarymą arba atidarymą yra perduodama išmaniųjų namų centrui.
Išankstinės sąlygos	Buvo atidaromi arba uždaromi langai
Sėkmės garantija	Naudotojas gauna pranešimą apie langų krypties pasikeitimą, nepavykusį atidarymą arba uždarymą
Trigeris	Įvykis, reikalaujantis naudotojo veiksmų
Pagrindinis scenarijus	1. Įvyksta scenarijus, kai langai turėjo pakeisti kryptį, jų nebuvo galima atidaryti ar uždaryti – objektų aptikimo sensorius perduoda informaciją apie kliūtis langų valdymo aplikacijai. 2. Langų valdymo aplikacija apskaičiuoja, kad reikia pakeisti langų kryptį, jų visai neatidaryti arba neuždaryti ir apie tai praneša pranešimų siuntimo aplikacijai. 3. Pranešimų siuntimo aplikacija perduoda pranešimą išmaniųjų namų centrui, kad būtų perduotas naudotojui.
Alternatyvūs scenarijai	-
Nesėkmės scenarijai	-



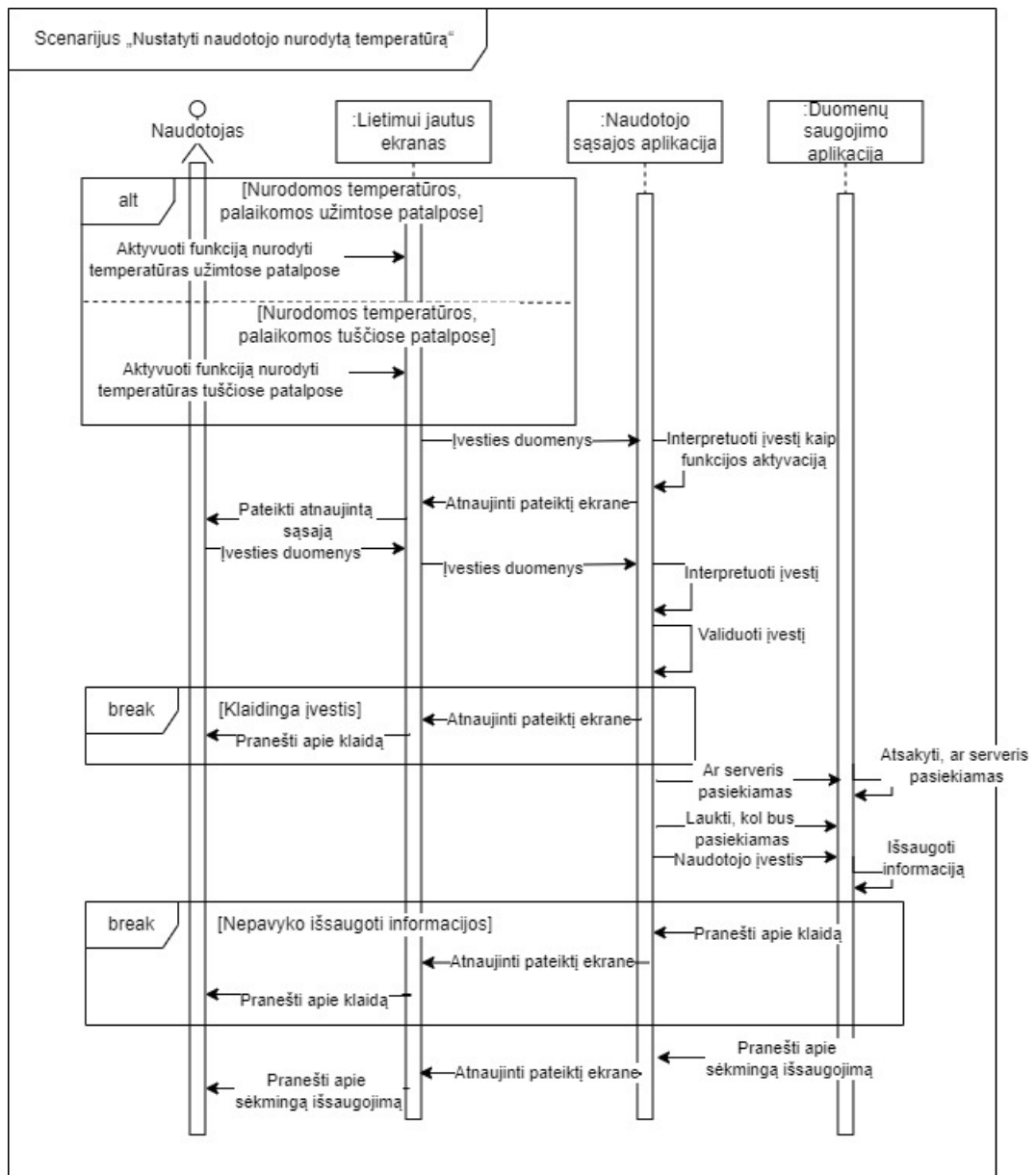
90 pav. Penktojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama

Priedas nr. 6

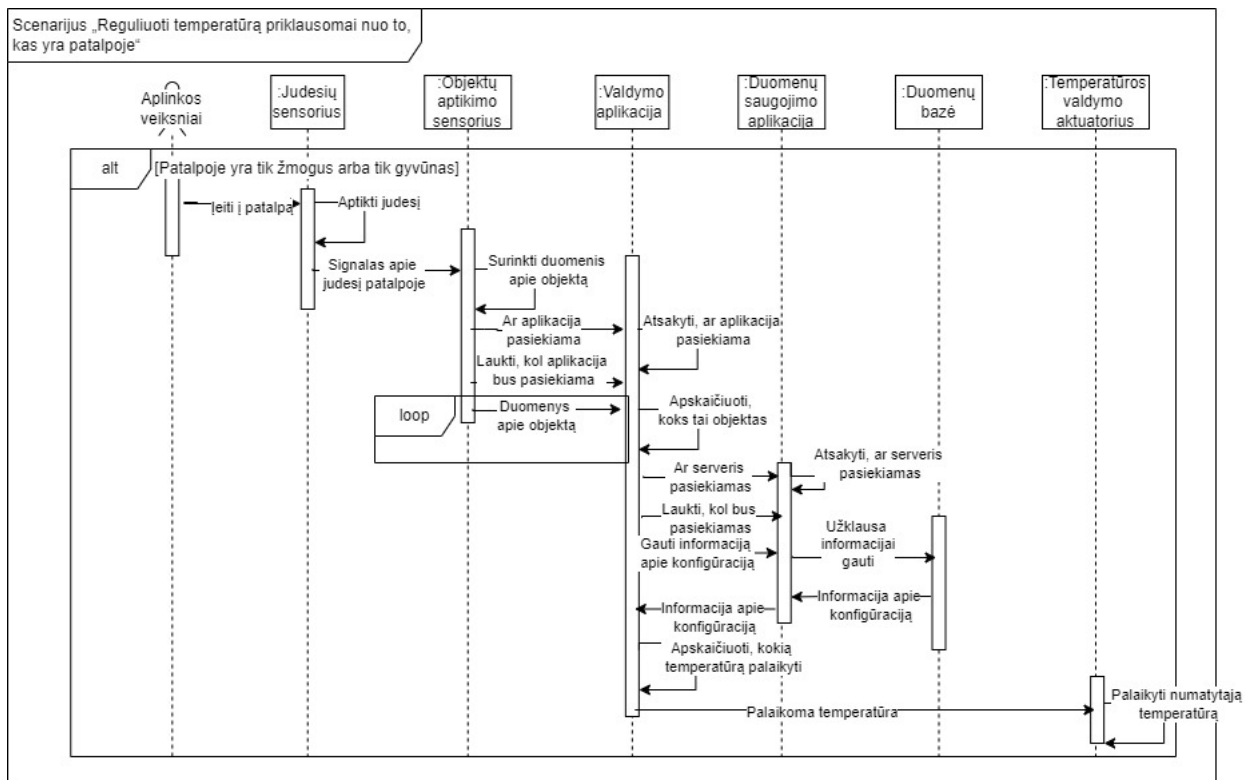
Sekų diagramos diegimo lygmenyje



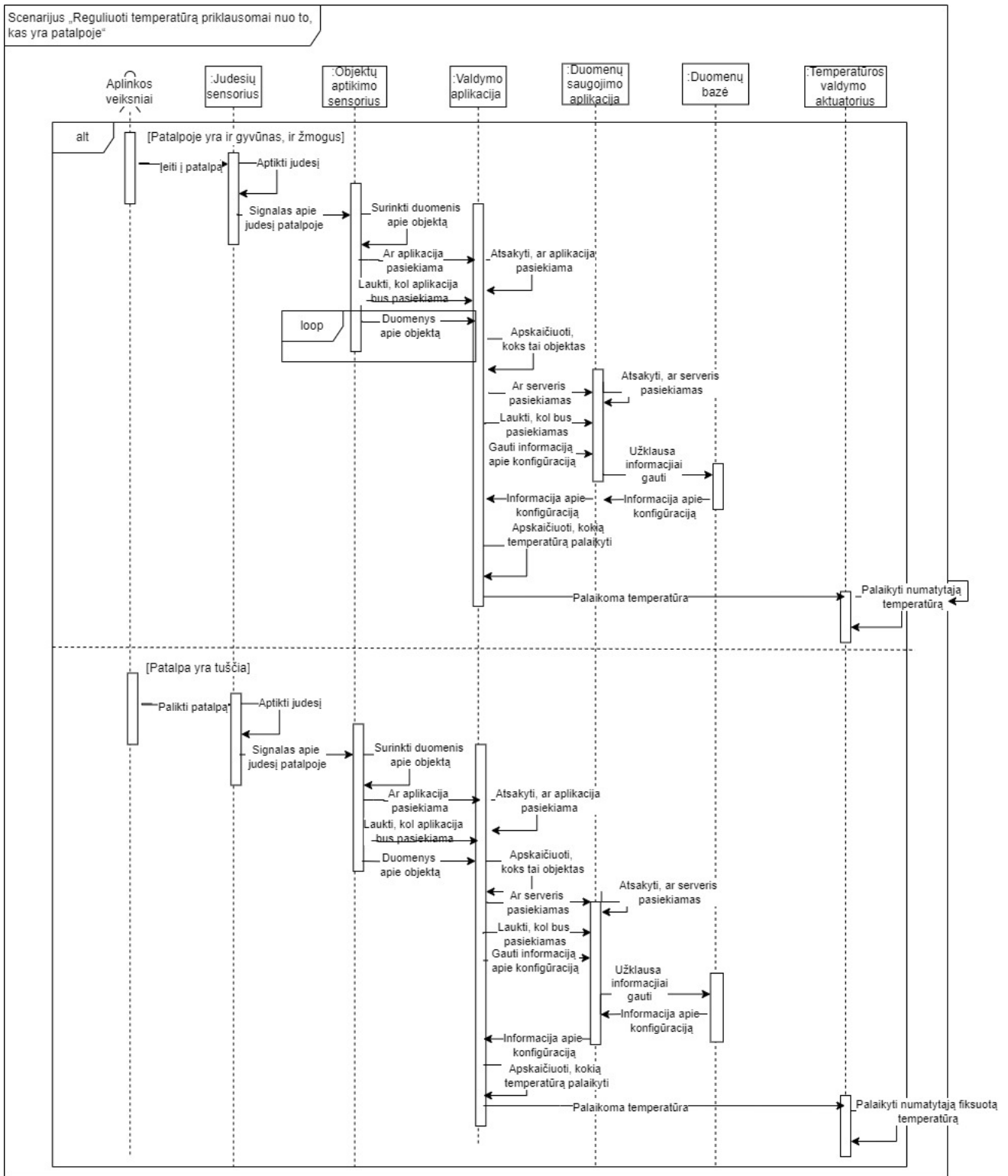
91 pav. Pirmojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



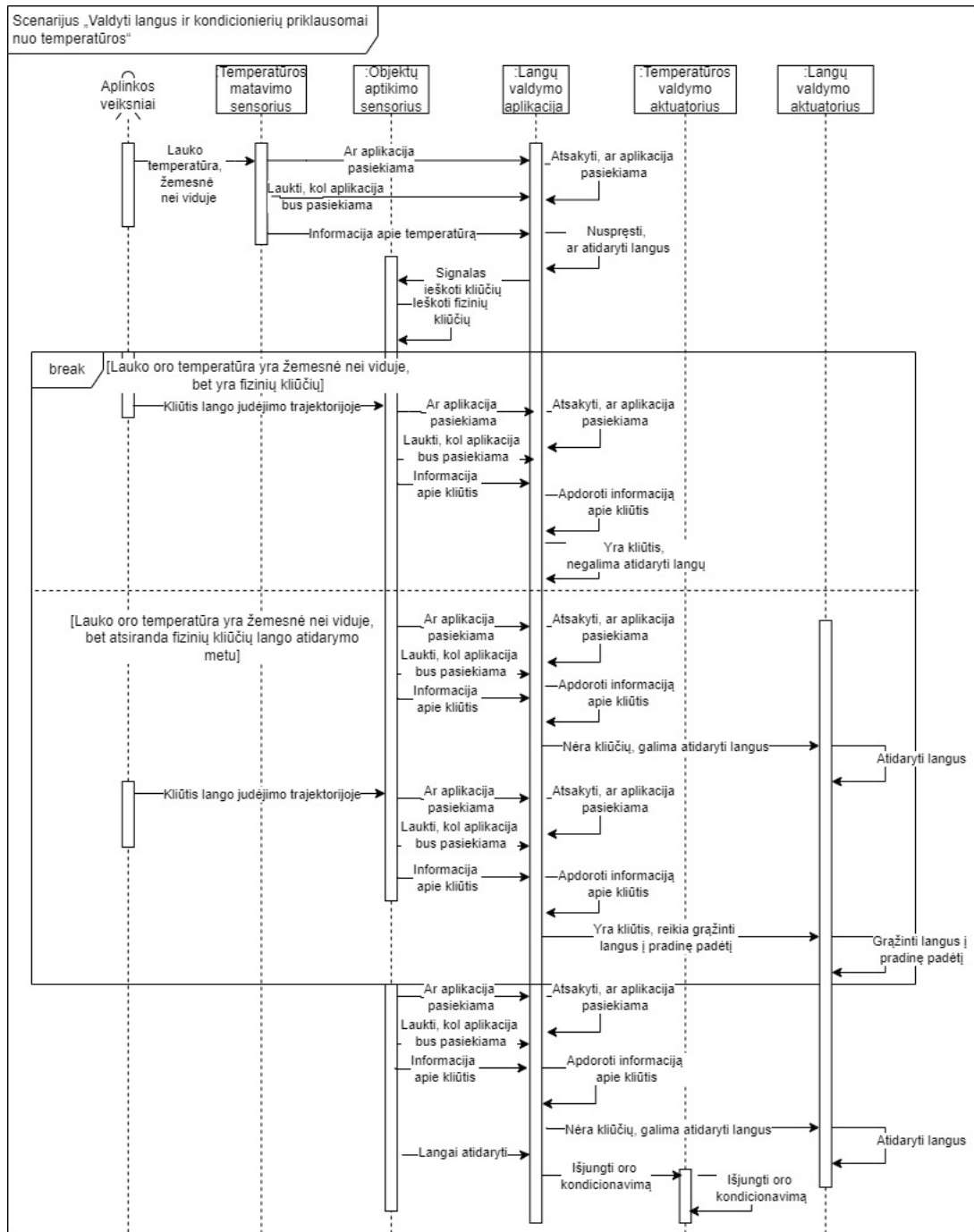
92 pav. Antrojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



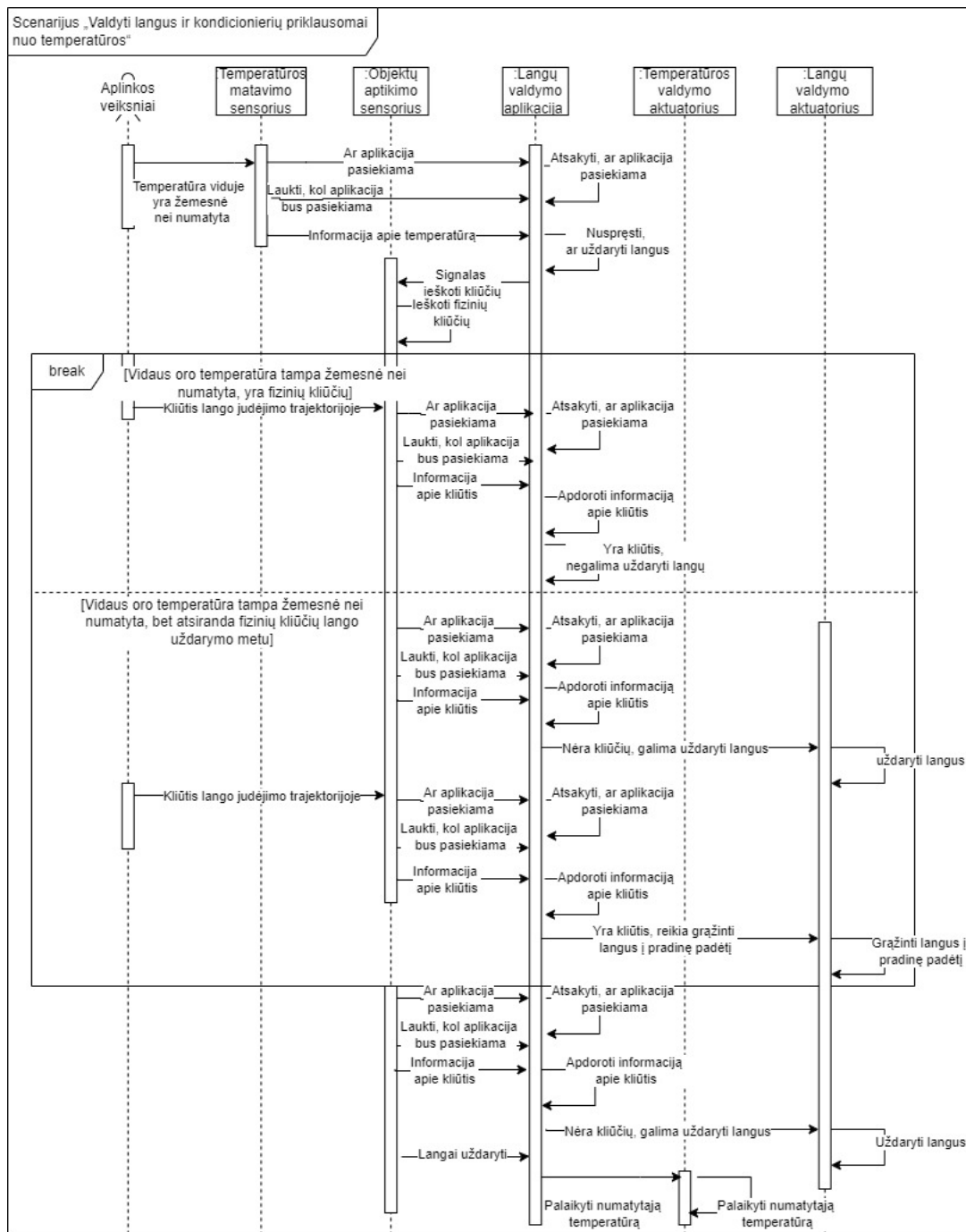
93 pav. Trečiojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



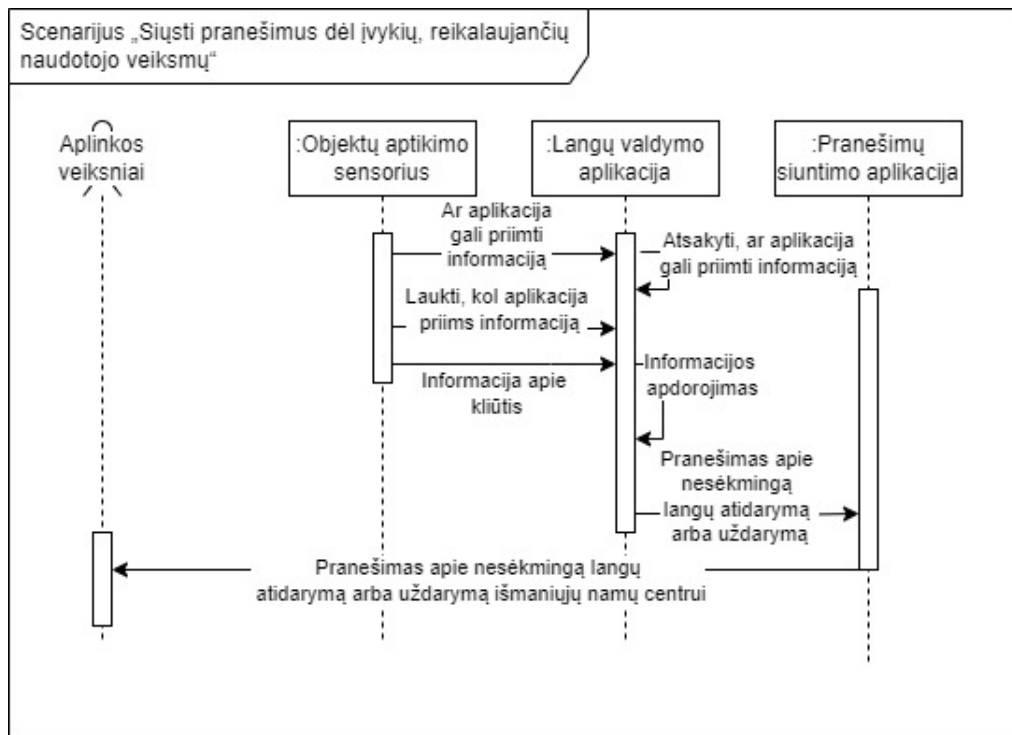
94 pav. Trečiojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



95 pav. Ketvirtojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



96 pav. Ketvirtojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama



97 pav. Penktojo naudojimo atvejo scenarijų sekos diagrama