
MOBILIŲJŲ OBJEKTŲ KOMUNIKACIJOS MODELIAVIMAS IR VALDYMAS TAIKANT SPALVOTUOSIUS PETRI TINKLUS

Dalė Dzemydienė

Mykolo Romerio universitetas, Lietuva, daledz@mruni.lt

Ramūnas Dzindzalieta

Vilniaus universiteto Matematikos ir informatikos institutas, Lietuva,
ramunas.dzindzalieta@gmail.com

Abstraktas

Tikslas – pasiūlyti judančių objektų geografinės padėties ir būsenos nustatymo programinės įrangos bei technologijos, kuri galėtų užtikrinti mobilių objektų bendravimą, apsikeitimą duomenimis, perspėjimo signalus ar priminimus vertinti susidariusią situaciją, projektavimo ir diegimo metodą ir būdus.

Metodologija – straipsnyje pateikiame imitacinio modeliavimo priemonių, t. y. spalvotųjų Petri tinklų (CPN), taikymo nutolusiems mobiliems objektams stebėti, būsenoms fiksuoti, situacijai modeliuoti bei ryšio priemonėms valdyti metodiką.

Rezultatai – modeliai, sukurti formaliomis CPN priemonėmis, leido numatyti iš anksto sumodeliuotas situacijas skirtingais detalizavimo lygmenimis ir tinkamai fiksuoti bei analizuoti stebimą informaciją apie judantį objektą, pasitelkiant tinkamas taisykles, kurios ir sudarė žinių bazės pagrindą.

Praktinė reikšmė – mobilusis įrenginys aptinka reikiamus duomenis per išorines ar vidines fizinės įrangos aplinkas (sensorius). Pasiūlyta architektūra, kurios mobiliųjų įrenginių komponentai gali bendrauti su vidine ar išorine fizine aplinka ir turi tų sensorių jutiklių parametrus. Vertinama pasitelkus žinių bazę, kurioje aprašomos vertinimui reikiamos taisyklės išskviečiamos pagal situacijos pradinis metaduomenis, suprojektuotus CPN priemonėmis.

Tyrimo ribotumas ir galimybės – mobilieji įrenginiai per sensorines priemones leidžia fiksuoti duomenis apie stebimą objektą bet kuriuo metu ir bet kurioje vietoje. Tačiau šios informacijos analizei reikalingi sudėtingesni žinių išskyrimo ir didelių duomenų saugyklų analizės metodai. Geriausias galimybes stebėti judančius objektus ir analizuoti jų būsenas šiuo metu suteikia mobiliosios technologijos. Tačiau situacijos analizės scenarijams aprašyti reikėjo papildomų dinamines savybes atspindinčių priemonių, tokių kaip Petri tinklai, kurios leistų parametrų pokyčius bei tipizaciją atvaizduoti tam tikromis spalvinimo priemonėmis.

Originalumas – taikomi metodai ir programinė įranga belaidėse sistemose leidžia keistis dauguma įmanomų duomenų formatų (pvz., tekstiniais, balsiniais ar vaizdiniais), suteikia informaciją apie objekto būseną geografinėje sistemoje realiuoju laiku. Reikiama informacija gali būti suteikiama iš sensorių. Tačiau mobilusis įrenginys kontekstinę informaciją ir jo aplinką reikalauja papildomų įvertinimo priemonių. Esant poreikiui informacija yra siunčiama į nutolusius serverius ir atlikus tam tikrus algoritmus bei skaičiavimus galima gauti tikslesnius duomenis. Todėl tokiems algoritmams perteikti buvo pasirinkti CPN, susieti su mobiliųjų technologijų priemonėmis.

Raktažodžiai: mobiliosios technologijos, modeliavimas, spalvotieji Petri tinklai, mobiliųjų įrenginių programinė įranga.

Tyrimo tipas: tyrimo pristatymas su koncepcijų pristatymu ir atvejo analizė.

Įvadas

Mobiliosios (belaidės) technologijos leidžia stebėti judančius objektus geografinėje vietovėje, tačiau sistemos, leidžiančios analizuoti objekto būsenas, reikalauja kurti ir į šių sistemų infrastruktūrą integruoti papildomų priemonių. Technologinė įranga, skaitanti duomenis iš sensorių (jutiklių), yra pagrindinis šių duomenų surinkimo į duomenų saugyklas komponentas. Sensorinės įrangos jutiklių atitinkamų parametrų reikšmės gali būti perduodamos į nutolusius serverius, kuriuose šie duomenys sisteminami, analizuojami ir naudojami priimant sprendimą dėl tolesnių objekto valdymo veiksmų. Norint tinkamai valdyti nutolusius objektus, kontekstinę informaciją būtina susieti su gaunamais duomenimis, juos diagnozuoti įvertinant būklę. Kadangi nutolę objektai nėra iš anksto nuspėjami, būtina sumodeliuoti kiek galima daugiau įmanomų scenarijų įvairioms situacijoms aprašyti ir atpažinti.

Šio darbo tikslas – programuojant scenarijus sudėtingose sąveikiuose sistemose, surasti tinkamus tokių sistemų modelio kūrimo būdus, kad būtų galima tinkamiau valdyti mobilių įrenginių komunikavimo ir stebėsenos procesus. Siūlome tokioms sistemoms aprašyti, modeliuoti bei kontroliuoti taikyti spalvotuosius Petri tinklus. Tyrinėjami spalvotieji Petri tinklai leido atvaizduoti skirtingus projektuojamos sudėtingos sistemos detalumo lygmenis, naudojant lengvai suprantamas grafiškai atvaizduojamų objektų savybes atspindinčias ir procesų dinamikos išraiškos priemones. Tokios analogiškos robotų projektavimo ir programavimo priemonės populiarėja mokslinėje robotų sistemų kūrimo literatūroje (Long Thanh Ngo et al., 2006,).

Šiame darbe keliami eksperimentinio tyrimo uždaviniai yra sumodeliuoti galimas būsenų stebėjimo situacijas ir šiuos modelius integruoti į sistemos žinių bazę, kad šie moduliai būtų panaudoti sprendžiant dėl tolesnių veiksmų valdymo. Imitaciniai modeliai turėtų padėti lengviau atvaizduoti realiai veikiančių objektų elgseną atspindinčius procesus. Modeliui kurti pasirinkta spalvotųjų Petri tinklų projektavimo metodologija. Šie tinklai yra Petri tinklų formalizmo praplėtimas, leidžiantis atvaizduoti realybėje vykstančių procesų bei jų parametrų kaitą, ją stebėti ir valdyti (Dzemydienė ir Dzindzalieta, 2010). Sukurti modeliai turėtų būti taikomi belaidžių įrenginių infrastruktūroje integruojant juos į bendrą dinaminio objekto stebėsenos ir būsenos nustatymo bei atpažinimo sistemą, kaip vieną iš žinių bazės komponentų, praplečiant sistemos, pateiktos (Dzemydienė et al., 2010), architektūrą ir įtraukiant į ją naujas funkcines savybes.

Spalvotieji Petri tinklai (Colored Petri Net, toliau – CPN) taikomi didelėms ir sudėtingoms kompiuterių sistemoms modeliuoti ir analizuoti (Jensen, 2007). CPN grindžiami intuityviu grafiniu atvaizdavimu; jie yra įvykdomi; gali būti konstruojami hierarchiniu modeliavimo principu. Juose numatyta galimybė modeliuoti įvairių sistemos procesų sugaišto laiko sąnaudas ir panašius procesų vykdymo parametrus.

CPN yra įrankis, kuriuo patvirtiname diskrečius sistemos įvykius, t. y. tiriamus ir modeliuojamus procesus. CPN gali būti naudojami reikiamai informacijai iš išorinių sistemai duomenų struktūrų gauti, analizuoti ir taikyti kaip kontekstinę informaciją vidinių dinaminio modeliujamų sistemų valdymui (informavimui). Grafinės CPN savybės patikslina taikymų galimybes ir teikia tinkamas priemones daugeliui modeliujamos sistemos lygių vizualizuoti. Be to, sinchroniniai ir asinchroniniai įvykiai gali būti organizuojami ir valdomi pagal tam tikrus prioritetus, nustatant procesų vykdymo eiliškumą, įvairias struktūrines procesų konfigūravimo savybes, procesų įvykdymo sąlygų taikomuosius efektus. Pagrindinis CPN ir Petri tinklų skirtumas yra tas, kad CPN elementai yra atskiriami tam tikrų spalvų priemonėmis, kurios papildo tradicinių Petri tinklų procesų valdymo savybes (Billington et al. 2004).

Pereinant prie belaidžių įrenginių bendravimo protokolų sistemos aprašymo, nagrinėjamos sesijos inicijavimo protokolo (SIP) praplėtimo galimybės. Čia CPN teikiamos savybės integruojamos į SIP aprašą ir taikomi tokie parametrai kaip skaičių sekos, patvirtinimai ir retransliavimas, kurie užtikrina, kad duomenų paketai yra pristatomi tik kartą (nedubliuojami) ir teisinga tvarka. Protokolas taiko strategiją „sustabdyti ir laukti“, t. y. tie patys duomenų paketai yra pakartotinai retransliuojami, kol priimantysis tikslinis objektas patvirtina gavimą.

1. Spalvotųjų Petri tinklų taikymas tinklo infrastruktūrai ir judančių objektų stebėsenai

CPN leidžia nagrinėti sistemą gana detalai, nes kiekvienas sistemos žingsnis aprašomas atskirais komponentais. Kiekviename paslaugų sistemos žingsnyje nustatoma realios situacijos analizė, kurios tinkamam algoritmui sukurti taikomas atitinkamas Petri tinklų architektūros modelis, pagal kurį vykdomas paslaugos atlikimo scenarijus. Kiekviena sistemos posistemė suskaidoma į komponentus – operacijas ir būsenas. CPN modeliuoja sistemos būsenas. Ryšių kanalais perduodama informacija, reikalinga keičiant vieną būseną kita, jais atliekami valdančios informacijos perdavimai ir / arba materialiuųjų srautų judėjimai. Sistemos būseną nustatoma „būsenos žymėmis“, ji fiksuojama tam tikroje pozicijoje. Būsenų pokyčiai vaizduojami žymių pokyčiais. Žymių srautai atitinka objektų parametrų pokyčius (išteklių, signalų, duomenų) ir modeliuojami sistemoje per žymių parametrų aibes bei operatorius.

Spalvotieji Petri tinklai CPN apibūdinami tokiu aibių rinkiniu (Billington et al, 2004):

$$CPN = (\Sigma, P, T, A, N, C, G, E, I);$$

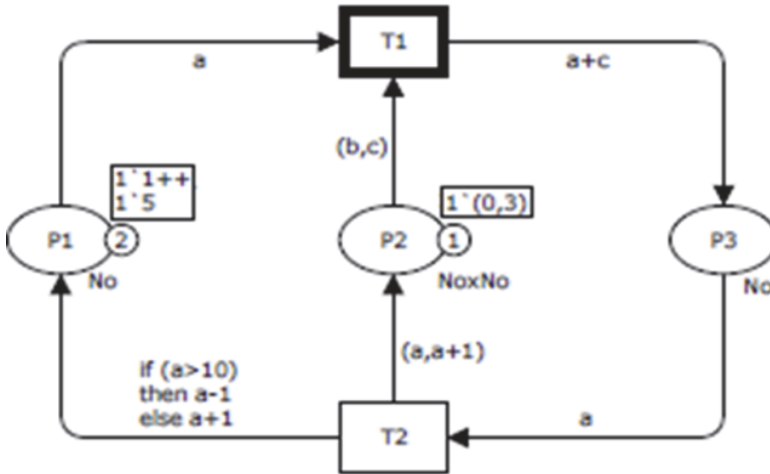
čia Σ – baigtinė, ne tuščia spalvų (gali būti duomenų tipų) aibė; P – baigtinė pozicijų aibė; T – baigtinė perėjimų (pereigų) aibė; A – baigtinė, ne tuščia jungčių aibė; N – mazgų (transformacijų, funkcijų) aibė, siejanti kiekvieną jungtį su pora (pozicija, pereiga) arba (pereiga, pozicija); C – pozicijų spalvų funkcija, siejanti kiekvieną poziciją iš aibės P su spalva iš aibės Σ ; G – pereigų kontrolės reiškinių (funkcijų) aibė; E – jungčių reiškinių (funkcijų) aibė; I – inicijavimo reiškinių (funkcijų) aibė. Aibių elementai žymimi mažosiomis aibės. M – tinklo žymėjimą realiuoju laiku nusakanti multiaibė, apimanti pozicijose esančius žymenis, o Y – einamuosius tinklo žingsnius nusakanti aibė.

Petri tinklo veikimą galima nusakyti pagal perėjimų suveikimo principus (Ding ir Liu, 2008), kai pradinis tinklo žymėjimas aprašo galimybę iš pradinės būsenos pereiti į kitas būsenas: $\forall p \in P : M_0(p) = I(p)$; $n+1$ -asis tinklo žymėjimas: $\forall p \in P : M_{n+1}(p) = I(p)$.

Dažnai norima atvaizduoti objektų parametrus (pvz., transporto priemonės numerį, pavadinimą, krovinių kiekį). Sudėtingesniems tokių parametrų sąveikos būdams atvaizduoti įvedamos spalvotos žymės. CPN modelyje parametro tipą nurodo spalva. Perėjimai aprašomi taisyklėmis, pagal kurias keičiamos gaminamų žymių spalvos. Panaudotų žymių spalvomis aprašomi įėjimo žymių ir išėjimo žymių ryšiai. Taip pat galima aprašyti „prieš sąlygas“, kurios nustato naudojamų žymių spalvas ir pagal tai atpažįsta parametrų tipus bei galimas operacijas, atliekamas su šiais parametrais. Spalvoti Petri tinklai suteikia galimybę žymėti skirtingomis spalvomis tiek procesus, tiek ir vykstančius parametrų pokyčius ir taip atspindėti sutartines dinamines duomenų reikšmių sąvybes. Kiekviena pozicija gali būti susieta su tam tikrų parametrų tipų rinkiniu, kuris lemia duomenų tipų rinkinio struktūrą, kurią poziciją gali saugoti ir yra toje pozicijoje išreiškiamų sąlygų įvykdymo išraiška.

CPN modelis konstruojamas taikant pozicijų (angl. *places*), vaizduojamų apskritimais, ir perėjimų (angl. *transitions*), vaizduojamų stačiakampiais, bei nukreipimo lankų

grafinę notaciją. Sąveika modeliuojama kryptinėmis linijomis ir imituoja darbų, valdymo arba duomenų perdavimo srautus. Aprašas yra CPN ML programavimo kalba. Bendro pobūdžio CPN schema vaizduojama 1 pav.



1 pav. CPN modelio bendro pobūdžio schema

Pozicijos naudojamos sistemos būklei atvaizduoti. Kiekvieną vietą galima pažymėti viena ar daugiau žymių, ir kiekviena žymė turi tam tikrą duomenų vertę. Ši duomenų vertė yra vadinama žymės spalva. Tai yra žymių skaičius ir žymių spalvos ant individualių vietų, kurios tuo pat metu atvaizduoja sistemos būseną. Tai vadinama CPN modelio žymėjimu. Šalia kiekvienos pozicijos yra aprašas, pagal kurį nustatomas spalvų rinkinio požymis (duomenų vertės). Spalvų vertės yra apibrėžtos naudojant CPN ML raktažodį – „colset“ – ir spalvos vertė – NO – apibrėžta visoms sveikųjų skaičių INT reikšmėms.

CPN leidžiama atlikti interaktyviąją imitaciją, kurios metu rezultatai pateikiami tiesiogiai diagramoje. Imitacijoje galime lengvai sumodeliuoti didelę ir sudėtingą sistemą, kurioje galima stebėti ir reikalui esant keisti judančių žymių informaciją. Taip pat leidžiama atlikti sistemos būsenos analizę, t. y. nustatyti konfliktuojančias būsenas, konkurencinius veiksmus, sinchronizacijos problemas, pasikartojančių būsenų ir bendrų išteklių panaudojimo galimybes.

2. Tinklo struktūros aprašymas judančių objektų stebėsenai ir būsenos duomenų įrašams fiksuoti

Svarbus uždavinys yra užtikrinti sistemos darbą naudojant skirtingus sąveikumo standartus ir perduodant interneto paslaugas mobiliems įrenginiams. Iš aplinkos gaunamus duomenis gali identifikuoti skirtingi įrenginiai ir jie su įvairiais duomenų šaltiniais gali bendrauti be papildomo įsikišimo. Egzistuoja gana didelė technologinių platformų

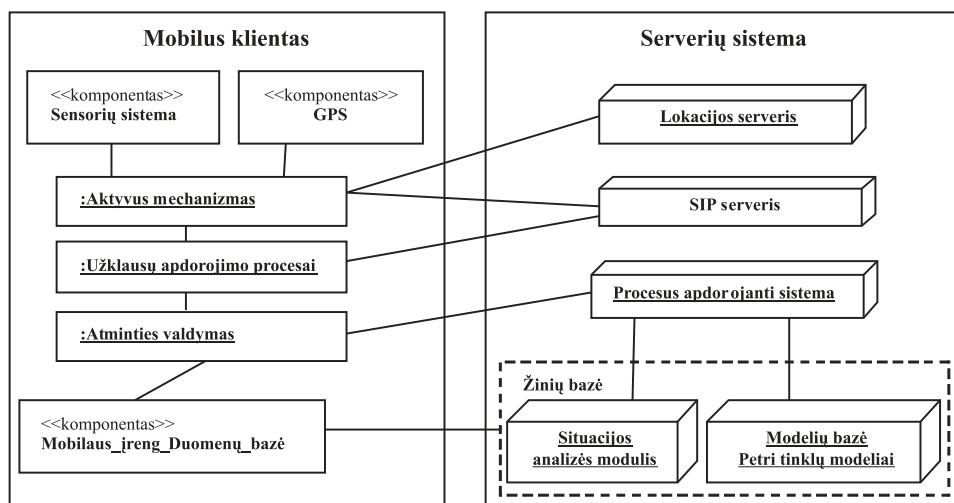
įvairovė. Gaunamų duomenų šaltiniai gali būti skirtingose platformose, tokiose kaip J2EE ar .NET. Pasirinkus integracijos būdą kurti sąveikos komponentus iš kiekvienos skirtingos aplinkos atskirai, bus daug mobiliųjų taikomųjų programų, kurioms sukurti reikės didelių laiko sąnaudų ir toks integravimas nepasiteisins. Todėl programinės įrangos kūrimo procesą ir duomenų perdavimo sąveikas siekiama palengvinti, unifikuojant ir standartizuojant sąveikos komponentus.

Žiniatinklio technologijų paslaugos kuriamos siekiant išspręsti šias integracijos problemas. Siūlomi standartai XML, SOAP ir WSDL suteikia duomenų apsikeitimo tarp platformų karkasą.

Duomenų formato standartas – XML, kuriuo bet koks prietaisas gali bendrauti, nepaisant tinklo protokolų ir transportavimo aplinkos. SOAP (angl. Simple Object Access Protocol) suteikia žinučių formatą keistis XML duomenimis su nutolusiomis paslaugomis. Naudojant šias technologijas siūlomi sprendimai unifikuoti duomenų apsikeitimo tarp skirtingų technologinių platformų procesus. Žiniatinklio paslaugos yra plačiai adaptuojamos.

Šiame darbe siūlome interneto paslaugas integruoti į sistemą per pagrindines mobiliojo įrenginio komponentes, kartu praplečiant sąveikos komponentus su vartotoju. Bendroji tokia sąveiką užtikrinanti sistemos architektūra pateikta 2 pav.

Pagrindinis pranašumas yra išplėsta serverių dalies architektūra, kuri leidžia gauti duomenis mobiliuoju telefonu per interneto paslaugas. Čia pagrindinį vaidmenį vaidina sesijos inicializavimo protokolas – SIP ir procesus apdorojanti komponentė, kuri valdoma pasitelkiant žinių bazės modelius. Žinių bazėje saugomi Petri tinklų modeliai leidžia įtraukti procesus valdančias taisykles į bendrą sistemą šiems sudėtingiems procesams atpažinti ir valdyti. Šios sistemos architektūros infrastruktūroje bandyta spręsti duomenų integravimo tarp heterogeninių sistemų ir jų dalinio suderinimo problemas.



2 pav. Mobilus įrenginio ir serverių sistemos sąveikos komponentų bendroji architektūra

Petri tinklo schema, išreiškianti judančio objekto parametrų sekimo procesą, pateikiama 3 pav. Gaunamų parametrų sekai belaidžio tinklo protokole fiksuoti įvedami papildomi parametrai, numatomi SPN aprašyme: *colset* – spalvų rinkinys, *NO* = int – spalvą atitinkančio parametro tipo numeris. *NO* naudojamas veiksmų sekos eiliškumui protokole modeliuoti.

Spalvų rinkinio ir duomenų Dekarto sandauga *NOxDATA* išreiškia gaunamų duomenų ir jų prieskyrų skirtingiems duomenų tipams sąveiką. Čia pirmas narys yra pozicijos eilės numeris, antrasis narys fiksuojami duomenys, išreiškiami teksto eilute.

Pagal (Homepage of the CPN Tools, 2011) spalvų rinkiniai pagrindiniais parametrais aprašomi taip:

```
colset DATA = string;
```

```
colset NOxDATA = product NO * DATA.
```

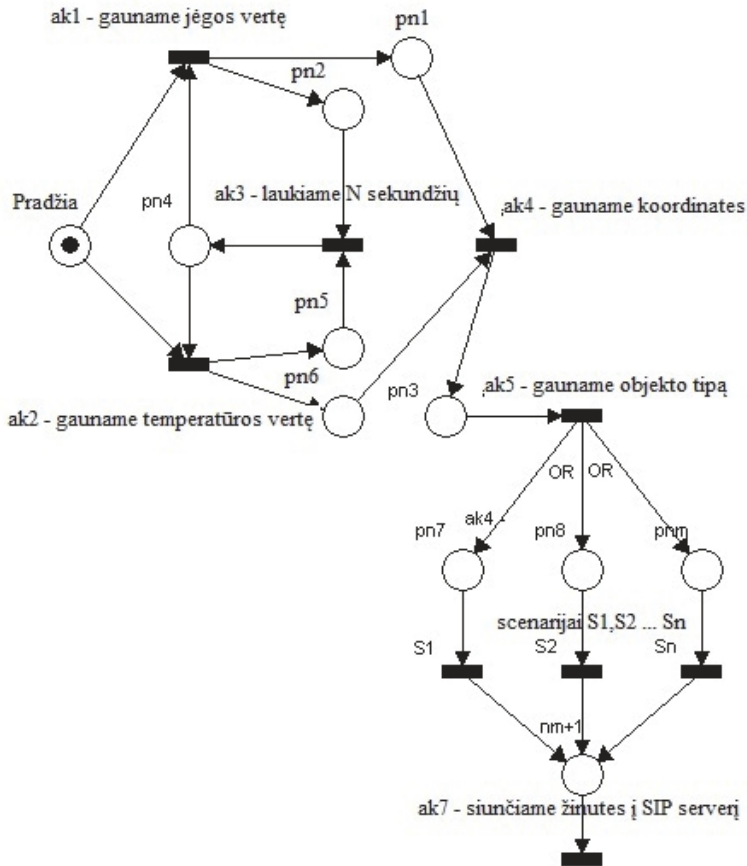
Spalvos rinkinys *DATA* naudojamas naudingajai duomenų paketų apkrovai modeliuoti ir apibrėžiamas visų teksto eilučių (String) rinkiniu. Spalvų rinkinys *NOxDATA* naudojamas duomenų paketams, kur taikomi duomenys yra eilės numeris ir patys duomenys, modeliuoti.

Pavyzdys, kaip aprašome CPN priemonėmis perduodamų duomenų paketus belaidžiuose tinkluose, pateikiamas 3 pav. Tai pagrindinių siunčiamų duomenų, gaunamų stebimo objekto vietoje, rinkinys $\{rin_g\}$:

- *l'(1,"reiksme1 ") ++*
- *l'(2," reiksme2 ") ++*
- *l'(3," reiksme3 ") ++*
- *l'(4," reiksme4 ,,) ++*
- *l'(5," reiksme5 ,,) ++*
- *l'(6," reiksme6 ,,) ++*
- *l'(7," reiksme7 ,,) ++*
- *l'(8," reiksme8 ,,) ++*
- *l'(9," reiksme9 ,,).*

Kiekviena reikšmė turi savo semantinę prasmę ir vertę modelyje. Inicijuojant sesiją kiekvienos reikšmės aprašas pateikiamas taip:

- reiksme1: INVITE sip:B_Vartotojas@serveris.org SIP/2.0;
- reiksme2: Via: SIP/2.0/UDP lab.serveris.org:5060;
- reiksme3: To: B_Vartotojassip:B_Vartotojas@radio.org;
- reiksme4: From: A_Vartotojassip:A_Vartotojas@serveris.org;
- reiksme5: Call-ID: 123456789@lab.serveris.org;
- reiksme6: CSeq: 1 INVITE;
- reiksme7: Subject: Testinis pranešimas...
- reiksme8: Contact: sip:A_Vartotojas@serveris.org;
- reiksme9: Content-Type: application/sdp; Content-Length: 150



3 pav. Petri tinklo schema, išreiškianti judančio objekto parametrų sekimo procesą

Kaskart siunčiant užklausas (*request*), siunčiami šie duomenys: CallID, FromNodeID, ToNodeID, SIPMethod, SIPMethod, MsgSize, Expire.

CPN šių parametrų pokyčių aprašas atrodytų taip:

```
colset SReq = product CallID * FromNodeID * ToNodeID * SIPMethod * SIPBody * MsgSize * Expire;
```

```
colset SResp = product CallID * FromNodeID * ToNodeID * SIPRespCode * SIPBody * MsgSize * Expire;
```

Pagrindiniai kintamieji, kurie naudojami SIP sesijos inicijavimo protokole, yra:

(*---klientų transakcijos būsenos---*)

1 colset STATEC = with calling | proceeding | completed | terminated;

(*---serverio transakcijos būsenos ---*)

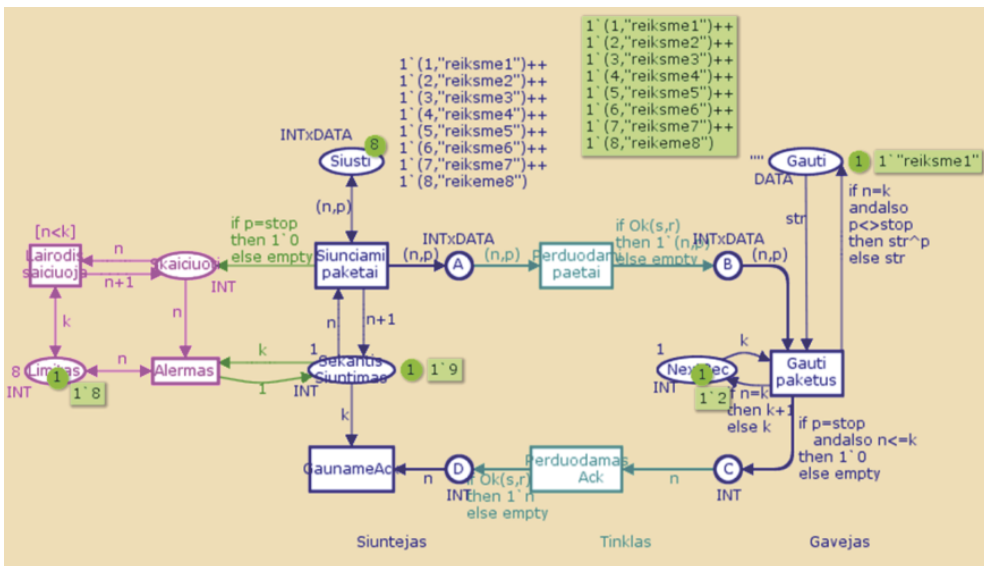
```
3 colset STATE = with Idle | proceedingT | proceedingS | confirmedS | completedS | terminatedS;
```



```
(*---užklausų žinutės, siunčiamos kliento---*)
5 colset REQUEST = with INVITE | ACK;
(*---atsakų žinutės, siunčiamos serverio---*)
6 colset RESPONSE = with r100 | r101 | r2xx | r3xx;
7 colset Response = subset RESPONSE with [r101, r2xx, r3xx];
(*---sveikas skaičius persiunčiamų žinučių kiekis---*)
8 colset INT = int with 0..10;
(*---kintamieji---*)
9 var sc : STATEC;
10 var ss : STATES;
11 var req: REQUEST;
12 var re : Response;
13 var res : RESPONSE;
14 var a,b: INT.
```

Simboliai ++ ir ‘ yra operatoriai, naudotini konstruojant skirtingus rinkinius iš šių spalvų.

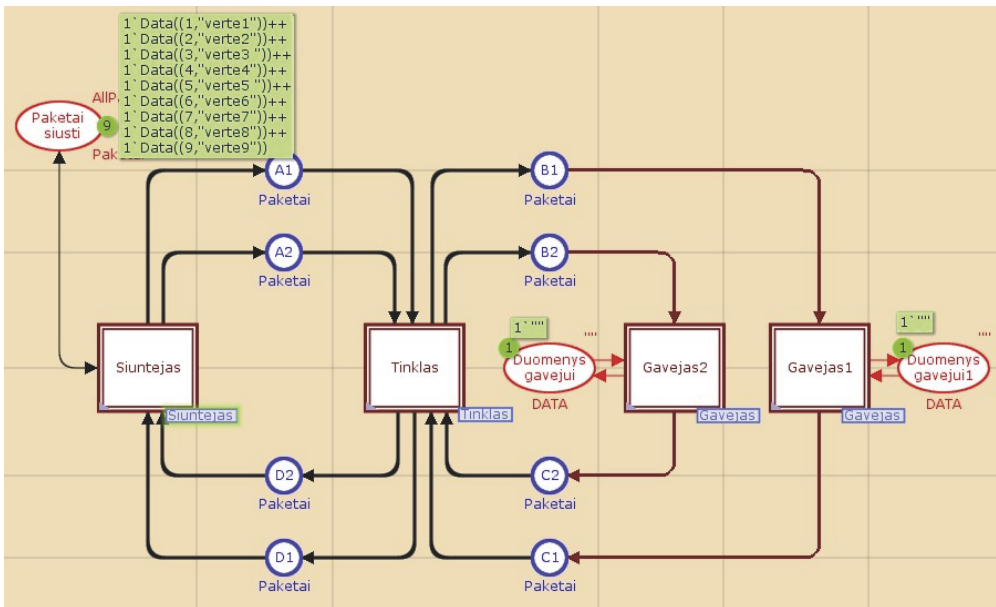
Protokolo modelis pateikiamas 4 pav. Čia pavaizduoti siunčiami duomenys $M_8(p)=INTxDATA$ yra starto pozicijoje pateikiami pradiniai duomenys. Paveikslėlyje pradinių aštuonių žymenų rinkinys $\{rin_8\}$ startuoja pozicijoje „Siųsti“. Pozicija „Kitas siuntimas“ perduoda parametrą 1‘9. Visi kiti perėjimai ir perduoda žymenų parametrus, ir juos transformuoja pagal veikimo taisykles.



4 pav. CPN schema, aprašanti perduodamų duomenų paketus belaidžiuose tinkluose

3. Sesijos inicijavimo protokolo SIP programavimo sąsaja mobiliesiems įrenginiams ir sesijų valdymas

Sesijos inicijavimo protokolo programavimo sąsaja mobiliesiems įrenginiams ir sesijų valdymas yra svarbiausias judančių objektų stebėsenos uždavinys. Norint pritaikyti sesijos inicijavimo protokolo (SIP) technologiją mobiliesiems įrenginiams, reikia pasinaudoti specifiniu `javax.microedition.sip` paketu, kuris užtikrina susijungimo sesijas tarp SIP klientų (Huang, Lee, 2006). SIP – tai signalinis dalykinės programos protokolas, kurio paskirtis sukurti, pakeisti ir užbaigti sesijas tarp vieno ar daugiau dalyvių. SIP klientai, norėdami prisijungt prie SIP tarnybinės stoties ar prie kitų galinių sistemų, naudoja TCP ar UDP (dažniausiai 5060 portą). Bendra SIP veikimo struktūra, atvaizduojama CPN modeliavimo priemonėmis, pateikiama 5 pav.



5 pav. Bendra SIP veikimo struktūra, atvaizduojama CPN modeliu

Šioje sistemoje svarbu inicijuoti ir užbaigti kliento ir serverio ryšius bei valdyti duomenų siuntimo srautus. Šiam uždaviniui išspręsti tenka apibrėžti `javax.microedition.Connection` paketo klases, kurios būtinos, kad galėtume panaudoti SIP technologiją. Mobilieji įrenginiai turi teikti savo fizinius adresus SIP agentui, kad stebėtojas galėtų bet kuriuo metu juos rasti. Norint užmegzti seansą su kitu įrenginiu, siunčiama Invite žinutė, kuri realizuoja įrenginių susijungimą. Dviejų ar daugiau įrenginių sujungimas pradedamas išsiunčiant SIP Invite žinutę prieš pradedant seansą. Per seansą inicijuoja-

ma užklausa, kuri leidžia virtualiai susijungti dviem ar daugiau įrenginių, kad būtų pasikeista duomenimis. Pirmiausia SIP Invite užklausa atsako mums statusu, kurio kodas yra 180, vadinasi, kitą klientą pasiekė informacija apie skambutį. Apie sėkmingai pateiktą žinutę informuoja kodas 200. Norint užbaigti SIP seansą tarp įrenginių, siunčiama SIP Bye žinutė, kuri nutraukia seanso darbą.

Išvados

Straipsnyje pristatomos sesijos inicijavimo protokolo (SIP) taikymo galimybės mobiliems įrenginiams, kur judančių objektų stebėseną vykdoma kartu su jų veiklos procesų modelio panaudojimu. Modeliuojamos sistemos sudėtingumui išreikšti pasirinkti ir taikomi spalvotieji Petri tinklai (CPN). Nuspėti galimus veiklos scenarijus ir juos suprogramuoti yra gana sudėtingas uždavinys. Scenarijų aprašymui mobiliųjų objektų komunikavimo, stebėsenos ir valdymo darbuose pasirodė tinkami CPN, kurie leido modeliuoti realius objektų veiklos scenarijus ir tinklo aplinkos sąveiką. Šių CPN modelių galimybės leidžia pastebėti tinklo sąveikos klaidas, taupo bandymų laiką.

Literatūra

- Billington, J., Gallasch, G.E. & Han, B. (2004). Lectures on Concurrency and Petri Nets: A Coloured Petri Net Approach to Protocol Verification, LNCS, Springer. Vol. 3098, p. 210-290.
- Ding L. G. and Liu L. (2008). "Modelling and Analysis of the INVITE Transaction of the Session Initiation Protocol Using Coloured Petri Nets," Proceedings of the 29th International Conference on Applications and Theory of Petri Nets and Other Models of Concurrency, Xi'an, Vol. 5062, 23-27 June 2008, p. 132–151.
- Dzemydienė, D., et al. 2010. Sensorinių tinklų taikymo pavyzdžiai intelektualiai aplinkai kurti belaidžių technologijų priemonėmis. Technologijos mokslo darbai Vakarų Lietuvoje. [D] 7:160–164.
- Dzemydienė, D.; Dzindzalieta, R. (2010). Development of architecture of embedded decision support systems for risk evaluation of transportation of dangerous goods // Technological and economic development of economy. Vilnius: Technika. 2010, Vol. 16, No. 4. p. 654–671.
- Jensen, K., Kristensen, L. & Wells, L. (2007). Coloured Petri Nets and CPN Tools for modelling and validation of concurrent systems, Int. J. On Software Tools for Technology.
- Homepage of the CPN Tools. 2011. prieiga per internetą: <http://wiki.daimi.au.dk/cpntools/cpntools.wiki>. Prisijungta 2011-05-12.
- Huang, C. M.; Lee, C. H. (2006). Signal reduction and local route optimization of SIP-based network mobility. Iš Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), p. 482–487.
- Diego Martinez 1, Apolinar Gonzalez 2, Francisco Blanes 3, Raul Aquino 2, Jose Simo 3, Alfons Crespo 4. (2011). Formal Specification and Design Techniques for Wireless Sensor and Actuator Networks, p. 1059-1077 ISSN 1424-8220
- Long Thanh Ngo., Long The Pham. (2007). An Approach designing autonomous robot

- navigation system based on behavior coordination. *ASEAN Journal for Science and Technology Development*. Vol. 24 Issue 4 p. 353-367;
- Barzegar, S., Davoudpour, M., Meybodi, Mr., Sadeghian, A., Tirandazian, M. (2010). Traffic Signal Control with Adaptive Fuzzy Coloured Petri Net Based on Learning Automata, North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS).
-

COMMUNICATION MODELING AND MOBILE OBJECT MONITORING BY USING COLORED PETRI NETS

Dalė Dzemydienė

Mykolas Romeris University, Lithuania, daledz@mruni.lt

Ramūnas Dzindzalieta

Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics. Lithuania,
ramunas.dzindzalieta@mii.vu.lt

Summary. *Monitoring moving objects and analyzing their statuses are the best opportunities currently offered by mobile technology. The methods and software for wireless systems allow the exchange of many possible data formats (e.g., text, visual or audio communication) and provide information about the state of the object's geographical coordinates in real time. The necessary information is received from the sensors and mobile device's contextual information. Information is sent to remote servers whenever applicable, and, after some calculation, more accurate data is obtained. Software to identify different situations has been designed and implemented. The software and therefore the identification of the situations of technical equipment can send data, warnings or reminders to a given situation. Colored Petri nets (CPN) allowed to more precisely model complex situations of scenarios and to capture the information any time, anywhere provided in advance of a moving object. Mobile devices detect the necessary data via the external or internal physical environment through sensors. The mobile device components are interacting with internal or external physical environment and have the sensor detectors' parameters. Such information is stored into data-warehouses in which the knowledge discovery is made by CPN models, which represent rules of analysis.*

Keywords: *mobile technology, modeling, colored Petri nets (CPN), software for mobile devices.*