

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

BENAS STRIOKAS

**SESIJŲ RIBINIŲ VALDIKLIŲ PANAUDOJIMAS NAUJOS
KARTOS TINKLUOSE**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. dr. Alfonsas Jarutis

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
TELEKOMUNIKACIJŲ KATEDRA

SESIJŲ RIBINIŲ VALDIKLIŲ PANAUDOJIMAS NAUJOS
KARTOS TINKLUOSE

Baigiamasis magistro projektas

Išmaniosios telekomunikacijų technologijos (621H64001)

Vadovas

Doc. dr. Alfonsas Jarutis

Recenzentas

Doc. dr.

Projektą atliko

Benas Striokas RMT-3 gr.stud.

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Benas Striokas

(Studento vardas, pavardė)

Išmaniosios telekomunikacijų technologijos (621H64001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Sesijų ribinių valdiklių panaudojimas naujos kartos tinkluose“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 27 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Beno Strioko** baigiamasis projektas tema „Sesijų ribinių valdiklių panaudojimas naujos kartos tinkluose“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Striokas, B. Sesijų ribinių valdiklių panaudojimas naujos kartos tinkluose. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Alfonsas Jarutis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Telekomunikacijų katedra.

Kaunas, 2015. 66 psl.

SANTRAUKA

Darbo tikslas - nustatyti sukuriamus informacinius srautus, tenkančius sesijų ribiniams valdikliams, ištiriant jų aptarnavimo kokybines charakteristikas, atsižvelgiant į teikiamų paslaugų įvairovę.

Problematikos dalyje analizuojami moksliniai darbai SBC tema. Atsižvelgiant į atliktą mokslinių darbų analizę, suformuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai.

Analitinėje dalyje nagrinėjami naujos kartos (NGN) ir IP multimedia posistemės (IMS) ypatumai. Analizuojami sesijų ribiniai valdikliai (SBC), pabrėžiant jų funkcionalumą, bei panaudojimo tinkle galimybes. Analizuojamas tinklo su sesijų ribiniais valdikliais kvietimų aptarnavimas.

Tyrimo dalyje, įvertinant naudojamas paslaugas, nustatomi tinkle sukuriami paketų srautai. Pasinaudojant teletrafiko teorijos modeliais, atliekama srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų analizė, atsižvelgiant į galimus srautų pokyčius, naudojamo interfeiso bei realaus įrenginio našumą.

Reikšminiai žodžiai: SBC; IMS; NGN.

Striokas, Benas. Use of Session Border Controller in the New Generation Networks. Final project of master degree / supervisor doc. dr. Alfonsas Jarutis; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Telecommunications

Kaunas, 2015. 66 p.

SUMMARY

The goal of this work is to determine information traffic that pass through session border controllers, taking into consideration the variety of services.

Analyze of research resources on SBC thematic is done on the problematic part. According to it the goal of this work as well as the tasks to reach it is set.

Analysis part of this work deals with the new generation (NGN) and IP Multimedia Subsystem (IMS) features. Session border controllers are analyzed, emphasizing their functionality and usage on the network capabilities. Call flows of the network with session border controllers are analyzed.

The study part of this work consist packet flows calculations assessing usage of different services. Tele traffic theory models are used in order to conduct qualitative characteristics analysis of the traffic flows. Several different cases are analyzed according to traffic changes, interface or real device efficiency.

Keywords: SBC; IMS; NGN.

Turinys

Sutrumpinimų sąrašas.....	7
Įvadas	8
1. Problematikos analizė	9
2. Naujos kartos tinklai ir IP multimedija posistemė	11
2.1 Naujos kartos tinklai.....	11
2.2 IP multimedija posistemė	16
3. Ribinis sesijų valdiklis	20
3.1 SIP signalizavimas.....	24
3.2 Galimi SBC panaudojimo tinkle scenarijai	26
3.3 Tinklo su sesijų ribiniais valdikliais kvietimų aptarnavimas.....	30
4. Sukuriamų srautų ir juos aptarnauti reikalingų resursų nustatymas.....	31
4.1 Balso paslaugos apkrovų ir kt. duomenų nustatymas.....	32
4.2 Duomenų paslaugos sukuriamų srautų ir paketų intensyvumo nustatymas	35
4.3 Signalizacijos srauto nustatymas	36
5. Sesijų ribinių valdiklių darbo kokybinių charakteristikų nustatymas	37
5.1 Įmonės tinklo srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų tyrimas (balsas+duomenys)	38
5.2 Įmonės tinklo srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų tyrimas (balsas+duomenys), kuomet SBC prijungtas prie tinklo, naudojant Fast Ethernet technologiją	46
5.3 Įmonės tinklo srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų tyrimas (balsas+duomenys), kuomet srautą aptarnauja konkretus SBC įrenginys.....	49
5.4 Įmonės tinklo srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų tyrimas (balsas+duomenys+signalizacija).....	53
Išvados.....	61
Literatūros sąrašas	62
Priedai.....	65

Sutrumpinimų sąrašas

- IMS IP multimedija posistemė (angl. *IP Multimedia Subsystem*)
- NGN Naujos kartos tinklas (angl. *New Generation Network*)
- QoS Paslaugos kokybė (angl. *Quality of service*)
- SBC Ribinis sesijų valdiklis (angl. *Session Border Controller*)
- VoIP IP telefonija (angl. *Voice over IP*)
- SIP Sesijos inicijavimo protokolas (angl. *Session Initiation Protocol*)
- RTP Realus laiko sistemų protokolas (angl. *Real-Time Transport Protocol*)
- OSI Abstraktus ryšio protokolų, naudojamų ryšio ir kompiuteriniuose tinkluose, aprašymas (angl. *Open Systems Interconnection Reference Model*)
- ITU-T (angl. *International Telecommunication Union Standardization Sector*)
- PSTN Viešo perjungimo telefono tinklas (angl. *Public Switched Telephone Network*)
- VPN Virtualus privatus tinklas (angl. *Virtual Private Network*)
- IAD Integruotos prieigos įrenginys (angl. *Integrated Access Device*)

Įvadas

Sparčiai didėjant telekomunikacijų paslaugų vartojimo poreikiams, nuolat diegiamos naujos, bei tobulinamos senosios technologijos. Vienas iš svarbiausių telekomunikacijų paslaugų tiekėjų tikslų yra prisitraukti kuo daugiau vartotojų, o tai padaryti galima tik turint gerai išvystytą tinklą, palaikantį naujausias paslaugas. Šiais laikais ypatingai svarbu, kad paslaugos kokybiškai veiktų bet kur, bet kada ir nepriklausomai nuo vartotojo prieigos tipo.

Judriojo ryšio tinklų vystymo organizacija 3GPP vysto naujos kartos judriojo ryšio tinklus, kurių pagrindu tapo IP multimedia posistemės (IMS), leidžiančios mobiliesiems operatoriams siūlyti Internet tinklo paslaugas, nepriklausomai nuo vartotojo prieigos tipo.

Nuo centralizuotai valdomo ir kontroliuojamo tinklo einama prie daug atviresnio tinklo modelio, todėl atsirado sesijų valdymo kontrolės poreikis, kad užtikrinti saugumą, komponentų sąveiką ir kontrolę. Tačiau IMS yra atsakinga tik už signalizaciją- sesijų užmezgimą bei sesijų kontrolę ir visiškai neatsakinga už vartotojo duomenų perdavimą. Tuo tikslu buvo sukurtas ribinis sesijų valdiklis SBC, kuriam tenka aptarnauti ne tik signalizacijos srautus, bet ir vartotojų informacinius srautus [1;2].

Darbo tikslas - nustatyti sukuriamus informacinius srautus, tenkančius sesijų ribiniams valdikliams, ištiriant jų aptarnavimo kokybines charakteristikas.

Norint pasiekti užsibrėžtą tikslą, darbe sprendžiami šie uždaviniai:

1. Pasinaudojant literatūros šaltiniais, atlikti mokslinių darbų, susijusių su darbo tema, analizę.
2. Atlikti IMS su SBC galimų realizavimo variantų analizę.
3. Nustatyti tinklo su sesijų ribiniais valdikliais kvietimų aptarnavimo algoritmus.
4. Įvertinant teikiamas paslaugas, sudaryti metodiką nustatyti sukuriamus srautus ir juos aptarnauti reikalingus resursus.
5. Iširti sesijų ribinių valdiklių darbo kokybines charakteristikas, įvertinant aptarnaujamų paraiškų įvairovę.

1. Problematikos analizė

Tiriamosios medžiagos SBC tema nėra daug, kadangi ji gana nauja ir nėra plačiai išnagrinėta. Vieni iš straipsnių yra daugiau teoriniai, kiti eksperimentiniai, aprašantys ribinių sesijų valdiklių panaudojimo galimybes, privalumus ir kt.

Straipsnio [3] autoriai kalba apie teisėsaugos agentūrų galimybę teisėtai perimti/priimti balso informacijos paketus taip stebint neteisėtus veiksmus. Pabrėžiama, kad teisėtas informacijos perėmimas gali būti atliekamas tik gavus teismo leidimą, turi būti nukreiptas tik į nurodytą srautą, paslaugos vartotojas neturi žinoti apie pasiklausymą ir prisijungimas negali daryt jokios įtakos paslaugų kokybei. Straipsnio autoriai pasiūlė slapto pasiklausymo architektūrą panaudojant ribinį sesijų valdiklį, kad suteikti teisėto VoIP paketų perėmimo galimybę teisėsaugos agentūroms. Pasiūlyto mechanizmo prototipas buvo įgyvendintas ir išbandytas, tam kad išanalizuoti jo efektyvumą ir įtaką tinklo veiklai. Testas susidėjo iš keleto dalių, kurių metu, naudojantis specialia kompiuterine įranga buvo inicijuojami VoIP skambučiai. Pirmu atveju buvo perimamas tik signalizacijos srautas (perimami SIP pranešimai), antru atveju buvo pridodamas ir vartotojo informacijos srautas (RTP), o trečiuoju atveju buvo testuojama perdavimo serverio ir vidinio tinklo sąsajų veikla. Informacinių paketų perėmimas buvo vykdomas ribiniame sesijų valdiklyje, kuris patalpintas tarp dviejų VoIP tinklų ir atlieka prieigos, maršrutizavimo, perjungimo, saugumo ir kokybės valdymo funkcijas. Testo rezultatai parodė, kad prototipas gali būti įgyvendinamas ir dislokuojamas tarp dviejų VoIP tinklų, tam kad perimti informacinius paketus be begalės kitų papildomų įrenginių, taip sutaupant paslaugų tiekėjų lėšas, kadangi nereikalingi papildomi įrenginiai, o taip pat ir jų priežiūra bei darbuotojų apmokymai. Taip pat nustatyta, kad informacijos paketų perėmimas pailgina skambučio trukmę, SIP pranešimų atsakymo laiką, sumažina galimų skambučių per laiko vienetą skaičių, tačiau paslaugos veikimui netruogo.

Šaltinyje [4] analizuojama kaip patobulinti SBC panaudojimą daugiataškiams konferenciniams skambučiams (*angl. Multipoint Conference*), kurie gali būti atliekami bet koku įrenginiu, bet kokioje vietoje ir bet kokia forma (*angl. Ubiquitous environment*). Tikima, jog tokia konferencijų paslauga taps viena iš populiariausių paslaugų naudojamų sujungiant žmones privačiame tinkle. Analizuojamos problemos išskylančios, kuomet viename privačiame tinkle prisijungę daugelis vartotojų ir naudojami konferencinių skambučių paslauga. Tokiu atveju, kai konferencijos paslaugai teikti naudojamas SBC serveris gali iškilti informacinių paketų uždelsimo problema. Vykdamas keletą konferencijų vienu metu, SBC serveriui tenka apdoroti didelius informacijos kiekius, todėl buvo atliktas eksperimentinis tyrimas, aprašantis kaip modifikuoti SBC

serverį, kad išvengti galimų paslaugos sutrikimų. Standartiniu metodu, visi vartotojų terminalai jungiami per SBC, nepaisant ar jie yra iš vieno privataus tinklo ar iš keleto. Tyrimo metu buvo pasiūlyta tame pačiame privačiame tinkle esančius vartotojų įrenginius sujungti tiesiogiai, o SBC panaudoti tik sujungiant vartotojus iš skirtingų privačių tinklų. Buvo atliktas testas, kurio metu buvo imituojami konferenciniai skambučiai, kurių dalyvių skaičius svyravo nuo 2 iki 20. Kiekvienu atveju buvo atlikta 5000 konferencinių skambučių. Testo rezultatai parodė, kad pasiūlytu metodu gaunamas mažesnis vartotojų informacijos perdavimo vėlinimas, kadangi šuoliai tarp vartotojų įrenginių vidutiniškai sumažinami 50%.

Straipsnyje [5] pasiūlyta savarankiškai persikonfigūruojančios IMS idėja. Tokia IP multimedija posistemė įgalintų IMS funkcinių sudedamųjų dalių ir atitinkamų fizinių taškų dinaminį, automatinį prisitaikymą remiantis esamomis sąlygomis, tokioms kaip tinklo apkrova bei galimi sistemos resursai. Tokios sudėtingos sistemos įgyvendinimas padėtų operatoriams sumažinti diegimo bei eksploatavimo išlaidas. Kadangi IMS komponentai apibūdinami kaip funkciniai (loginiai) objektai jei gali būti laikomi atskiri nuo fizinių taškų. Taigi dinaminė IMS komponentų adaptacija atskiriant loginius ir fizinius taškus gali realizuoti efektyvų sistemos resursų išnaudojimą. Įgyvendinat tokią sistemą, reikia nepamiršti, jog vienas iš pagrindinių IMS reikalavimų yra nenutrūkstantis paslaugos teikimas. Straipsnio autoriai siūlo tokio mechanizmo įgyvendinimą panaudojant išplėstą ribinį sesijų valdiklį (*angl. extended SBC*). Toks sesijų valdiklis panaudojamas paslėpti tinko pertvarkymus pagrindiniame IMS tinkle ir tokiu būdu pertvarkymai neįtakoja vartotojų įrangos veikimo, bei nenutraukia aktyvių sesijų. Pasiūlytas metodas buvo įgyvendintas eksperimento metu, realiame, veikiančiame tinkle vykdant VoIP skambučius. Gauti rezultatai parodė, jog IMS tinklo pertvarkymai gali būti atlikti vos per kelias sekundes be jokio paslaugų pertraukimo.

Analizuotas straipsnis [6] yra aprašantis teorinį modelį, kaip IMS tinkle panaudoti kelis ribinius sesijų valdiklius, kurie nuolatos autonomiškai stebėtų pagrindinio serverio taškų būklę, ir atsiradus pagrindinio serverio sutrikimams jie būtų sklandžiai pašalinami be žmonių įsikišimo ir teikiamos multimedia paslaugos nebūtų paveiktos. Tačiau, kaip jau minėjau tai buvo tik teorinis modelis ir teksto autoriai teigia, kad pasiūlytos sistemos bandymai bus atliekami ateityje.

Visi minėti straipsniai analizuoja ribinių sesijų valdiklių panaudojimo galimybes, kad pagerinti IMS/NGN tinklo veiklą, tačiau mažai kalbama apie SBC tenkančius srautus, perduodamų srautų aptarnavimo kokybines charakteristikas, įvertinant teikiamų paslaugų įvairovę.

2. Naujos kartos tinklai ir IP multimedija posistemė

Šiame skyriuje analizuojami naujos kartos tinklų/ IP multimedija posistemės NGN/IMS technologiniai klausimai. Atkreipsime dėmesį į naujos kartos tinklų reikalavimus/kriterijus, architektūras, funkcinius tinklo elementus, naudojamus protokolus bei teikiamas paslaugas. Taip pat analizuosime ribinius sesijų valdiklius SBC ir jų panaudojimą naujos kartos tinkluose.

2.1 Naujos kartos tinklai

Metai po metų, technologijų amžius kelia vis naujus pokyčius telekomunikacijų srityje. Pagrindiniai pokyčiai joje gali būti apibūdinami keletu pagrindinių aspektų [7]: rinkos reguliavimo panaikinimas; nauji vartotojų reikalavimai inovatyvioms paslaugoms atitinkančioms jų poreikius; skaitmeninio srauto „sprogimas“ (stipriai padidėjęs interneto vartojimas).

NGN [7] – tai naujos kartos, paketinio komutavimo tinklai, galintys teikti telekomunikacijų paslaugas daugialypiu plačiajuosčiu ryšiu; naudojami QoS įgalintomis transporto technologijomis, kuriose paslaugų funkcijos yra nepriklausomos nuo pagrindinių transporto technologijų. Jie įgalina nevaržomą vartotojų prieinamumą prie tinklų ir konkuruojančių paslaugų tiekėjų ir/ar pasirinktų paslaugų. Jie palaiko bendrą mobilumą (*angl. Generalized Mobility*), kuris leidžia nuoseklų ir visur prieinamą paslaugų teikimą vartotojams.

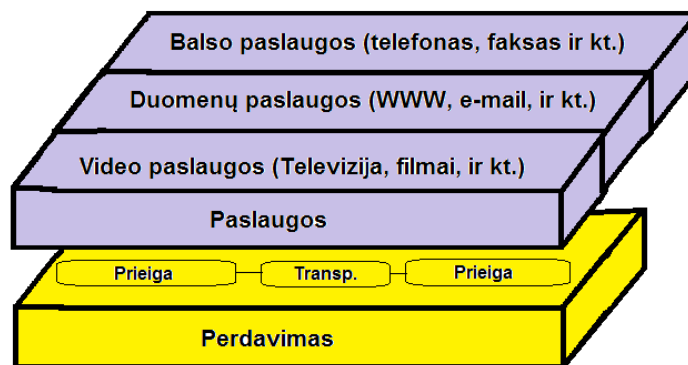
Naujos kartos tinklai ekonomiška bei technologiškai apibūdinami kaip: padidinantis produktyvumą (naujos tinklo panaudojimo galimybės atsižvelgiant į vartotojų nustatymus susietus su balso ir duomenų paslaugomis (pvz.:VoIP, momentiniai pranešimai, transliacijos, vaizdo skambučiai ir t.t.), leidžiantys sumažinti infrastruktūros valdymo ir priežiūros išlaidas (vieno tipo transportinio tinklo panaudojimas skirtinguose prieigos tinkluose), didelio lankstumo architektūros (leidžia lengvai pristatyti ir įdiegti naujausias paslaugas). Pagrindinė naujos kartos tinklų vizija yra suvienyti esamus ir naujus tinklus taip, kad paslaugos (egzistuojančios ir naujai sukuriamos) būtų prieinamos bet kur ir naudojant bet kokią ryšio priemonę (telefoną, kompiuterį ir t.t.) [8;9].

Tarptautinės Telekomunikacijų Sąjungos standartizacijos padalinys ITU-T charakterizuoja naujos kartos tinklus keletu pagrindinių aspektų [7]:

- Tinklo pagrindas yra paketų komutacija, kuri sudaryta iš atskirų valdymo ir informacijos pernešimo funkcijų ir paslaugų funkcijos atskirtos nuo tinklo funkcijų.
- Plačiajuosčio ryšio galimybės su užtikrinamu QoS.

- Tinklas palaikantis skirtingas prieigos technologijas (belaidės, kabelinės televizijos pagrindų technologijos, xDSL technologijos, optinių gijų technologijos).
- Tinklas, kuriame susietos fiksuoto ir mobiliojo ryšio paslaugos.
- Nevaržoma vartotojų prieiga prie skirtingų paslaugų tiekėjų.
- Palaikomas labai platus paslaugų spektras, įskaitant paslaugas realiaje laike, informacijos pristatymo ir multimedija paslaugas.
- Tinklas glaudžiai sąveikaujantis su esamais ryšio tinklais per atviras sąsajas.
- Tinklas turintis bendrą mobilumą- leidžia atskiriems abonentams naudotis ir valdyti paslaugas nepriklausomai nuo prieigos technologijos ir naudojamo terminalo.
- Atitinka visus norminius reikalavimus, pavyzdžiui, dėl naudojimosi ryšiu ekstremaliais atvejais, bei saugumo/privatumo ir kt.

NGN koncepcijos principas pagrįstas paslaugos ir jos perdavimo atskyrimu (2.1.1 pav.)



2.1.1 pav. Paslaugos ir perdavimo atskyrimas NGN

NGN atskiria pernešimo ir komutacijos funkcijas nuo kvietimo valdymo ir paslaugų valdymo funkcijas. Taipogi NGN architektūra leidžia tarpusavyje derinti tinklinius transportavimo lygmenis, o tai reiškia, kad norint pasiūlyti vartotojams naujo tipo paslaugas nebereikia tiesti naujų tinklų ar perdavimo linijų, o pakanka pasinaudojant sukurtomis rekomendacijomis ir protokolais, įdiegti naujas tarnybines stotis paslaugų teikimo lygmenyje. NGN keliamas reikalavimas – suvienyti esamus ryšio tinklus (bendro naudojimo telefoninius tinklus PSTN, duomenų perdavimo, bei mobilaus ryšio tinklus) įgyvendinamas tinklų sąsajomis (*angl. Gateways*) [7;9;10].

Žvelgiant plačiau NGN tinklo architektūrą galima skirstyti į keturis sluoksnius: paslaugų, valdymo, transporto ir prieigos. Trumpai apibūdinsime kiekvieną iš jų [11]:

- Prieigos – žemiausias NGN modelio sluoksnis. Sistemine tinkline infrastruktūra, susidedanti iš abonentinių linijų, prieigos mazgų ir perdavimo sistemų. Šis sluoksnis

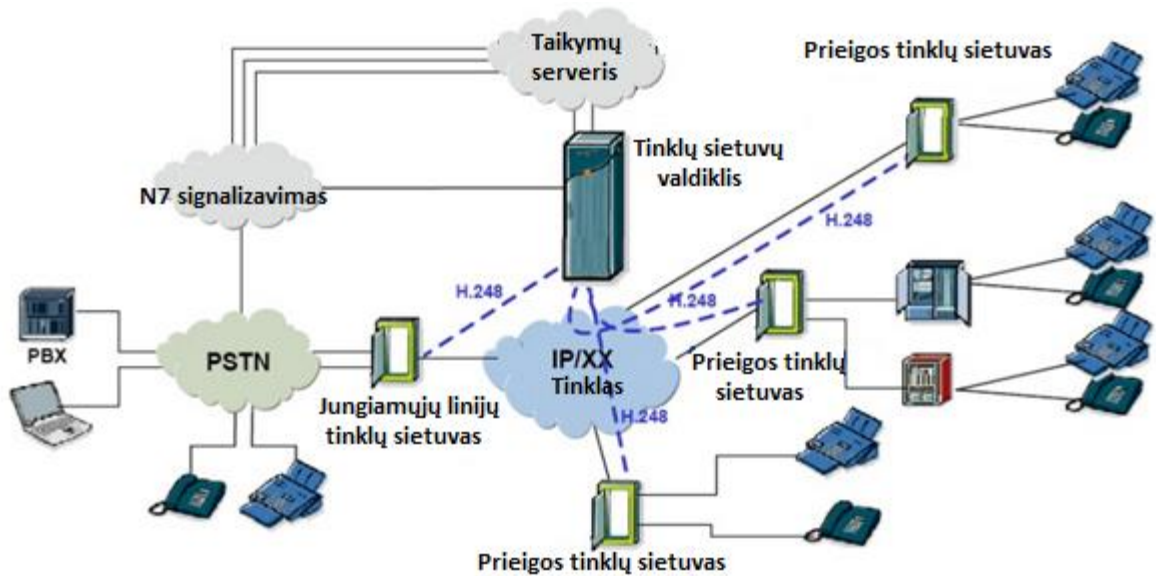
užtikrina sujungimą tarp pagrindinio tinklo ir vartotojo įrangos. Prieigos lygmenyje galimos kelios skirtingos perdavimo terpės.

- Transporto – susideda iš vieno ar kelių didelės spartos paketinio komutavimo tinklų. Šis sluoksnis skirtas sukurti komunikacijai tarp skirtingų tinklo mazgų (komutacija) bei užtikrinti skaidrų vartotojo informacijos pernešimą.
- Valdymo – šis lygmuo palaiko valdymo logiką, reikalingą apdoroti ir maršrutizuoti srautą: signalizacijos informacijos apdorojimas, kvietimų maršrutizavimas ir srautų valdymas.
- Paslaugų – paslaugų logika ir priedų valdymo funkcijos. Sluoksnis užtikrinantis: Infokomunikacinių paslaugų pateikimą, paslaugų valdymą, naujų paslaugų sukūrimą ir įdiegimą, įvairių paslaugų tarpusavio sąveiką.

NGN savo infrastruktūra ypatinga tuo, kad joje yra panaudotas universalus bazinis tinklas (tinklas, realizuojantis transportavimo ir komutacijos funkcijas), realizuotas paketinės komutacijos technologija. Bazinis tinklas savo sudėtyje turi tris lygius: Paketų komutacijos technologiją, trakto formatavimo technologiją ir signalų perdavimo terpę. Į bazinio NGN tinklo sudėtį gali įeiti tokie mazgai [11;12]:

- tranzitiniai (vykdo pernešimo ir komutacijos funkcijas);
- galiniai (užtikrina abonentų prieigą prie multiservisinio tinklo);
- signalizacijos kontrolieriai (vykdo signalizacijos informacijos apdorojimo funkcijas, kvietimų ir sujungimų valdymą);
- tinklo sietuvai (leidžia prisijungti tradiciniams tinklams).

(2.1.2 pav.) pateiktas NGN tinklo su keletu pagrindinių elementų ir naudojamų protokolų pavyzdys.



2.1.2 pav. NGN realizavimo pavyzdys [12]

2.1.2 pav. pateikto tinklo elementai yra [12]:

- prieigos tinklų sietuvas (*angl. Access Gateway*) - įgalina vartotojo prisijungimą prie paketinio tinklo, pakeičia analoginio signalo srautą į paketų tinklo srautą;
- jungiamųjų linijų tinklų sietuvas (*angl. Trunking Gateway*) - įgalina tarpusavio ryšį tarp TDM telefonijos tinklų ir paketinio komutavimo tinklų;
- tinklų sietuvų valdiklis (*angl. Media Gateway Controller*) - tai dar vadinamasis skambučių agentas (*angl. Call Agent*) atliekantis ryšio seansų sudarymo ir palaikymo funkciją;
- taikymų serveris (*angl. Application Server*) - palaiko konkrečių paslaugų realizavimą, pvz. intelektualią paslaugų, multimedia ir kt.

Kadangi NGN apjungia skirtingų prieigų tinklus (laidinius, bevielius ir t.t.), paslaugų asortimentas, tradicinių ir naujai sukurtų, siūlomas tokiame tinkle yra itin platus. Tai gali būti [11;12] duomenų centrai, vaizdo programos, skaitmeniniai ženklai, intelektualios namų priežiūros paslaugos, duomenų laikmenos ir paieškos sistemos, apmokėjimo ir autentifikacijos sistemos ir daugelis kitų (2.1.3 pav.). Trumpai apibūdinsime keletą iš jų [11;12]:



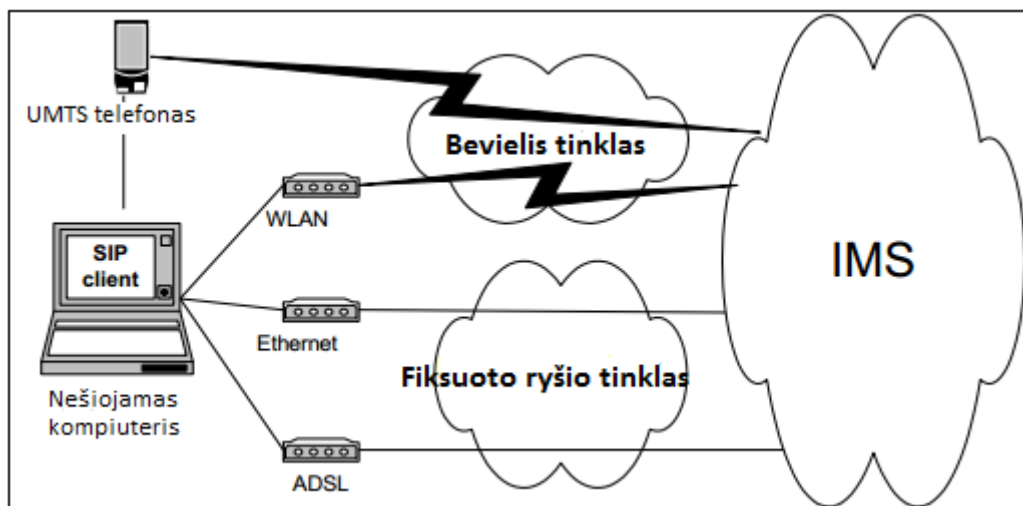
2.1.3 pav. NGN tinklų teikiamos paslaugos [13]

- balso telefonija – skambučio laukimas, skambučio peradresavimas, balso konferencijos;
- interaktyvios skaitmeninės reklamos ir komunikacijos sprendimai (*angl. Digital Signage*) – centralizuotai valdomi ekranai, kurie gali būti panaudoti reklamos tikslais;
- balso portalas (*angl. Voice Portal*) – bet koku metu, bet kur esant užtikrinamas priėjimas prie tokios informacijos kaip, žinios, orų prognozės, biržos akcijų kursai, sąskaitos likučiai, naudojant paprastas balso komandas telefonu;
- duomenų paslaugos – pralaidumas pagal poreikį, prisijungimo patikimumas;
- multimedija paslaugos – įgalina vartotojus bendrauti tarpusavyje, tuo pat metu dalinantis vaizdine medžiaga;
- virtualūs privatūs tinklai – įgalina dideles, geografiškai atskirtas organizacijas kurti savo privačius tinklus;
- viešo tinklo kompiuterija – suteikia viešojo tinklo pagrindų kompiuterijos paslaugų naudojimą įmonėms ir paprastiems vartotojams;
- vieningi pranešimai – palaiko balso pašto, el.pašto, fakso, ir kt. paslaugas per bendras sąsajas;
- e.komercija – įgalina vartotojus pirkti prekes ir paslaugas elektroniniu būdu per tinklą;
- skambučių centro paslaugos – vartotojo galimybė paskambinti į skambučių centro tiesiai iš internetinio puslapio;

- interaktyvūs žaidimai – siūlo vartotojams būdą susijungti tinkle ir vykdyti interaktyvių žaidimų sesijas;
- namų valdytojas (*angl. home manager*) – šios paslaugos teiktų namų apsaugos, energijos sistemų, namų pramogų ir kt. sistemų stebėjimo ir valdymo funkcijas,
- t.t.

2.2 IP multimedija posistemė

Kertinis naujos kartos tinklų (NGN) paslaugų architektūros akmuo yra IP multimedija posistemė (IMS). Tai yra sekantis NGN vystymo etapas, kurtas judriojo ryšio tinklams, tačiau ETSI adaptuotas ir fiksuoto ryšio prieigai. IMS leidžia mobiliam operatoriui siūlyti Internet tinklo teikiamas paslaugas (naršymas internete, el.paštas, tiesioginis susirašinėjimas, vaizdo konferencijos ir kt.), nepriklausomai nuo vartotojo buvimo vietos ir prieigos tipo (PON, GPRS, WLAN ir kt.) (2.2.1 pav.).



2.2.1 pav. IP multimedia posistemės nepriklausomybė nuo prieigos tipo [14]

IP multimedia posistemė yra specifikacijų rinkinys, kuris aprašo naujos kartos tinklų (NGN) architektūrą, apimant IP telefonijos ir daugialypės terpės paslaugų įgyvendinimą. Buvo nustatyta keletas pagrindinių IMS tikslų [8]:

- apjungti tarpusavyje esamas ir naujas technologijas;
- įgyvendinti mobilaus interneto idėją;
- sukurti bendrą platformą skirtingoms multimedia paslaugoms vystyti;
- sukurti mechanizmą, kuris padidintų tinklo talpą.

3GPP nustatė ir tam tikrus reikalavimus, kurie turi būti įdiegti tinkle, kad sistema veiktų tinkamai:

- IP multimedia seansų palaikymas;
- paslaugų kokybės palaikymas (QoS);
- susitarimas dėl apmokestinimo;
- nuo technologijos nepriklausantis tinklas;
- sujungimo su kitais tinklais ir „roamingo“ palaikymas.

IP multimedia posistemė gali teikti platų spektrą paslaugų, tačiau dvipusis audio/video ryšys išlieka viena iš pagrindinių. Todėl IMS architektūra turi palaikyti multimedia ryšio seansus IP tinkluose. Be to ryšys turi būti prieinamas vartotojo kaip savame tinkle taip ir svečių tinkle.

Paslaugų kokybės palaikymas yra vienas iš pagrindinių reikalavimų keliamų IMS. Sudarant ryšio seansą, vartotojo įranga informuoja IMS apie savo galimybes ir apie reikalavimus paslaugos kokybei.

SIP protokolo pagalba įvertinama tokie parametrai, kaip duomenų perdavimo tipas ir kryptis, bitų sparta, paketų dydis, RTP naudojimas, reikalinga pralaidumo juosta. IMS įgalina ryšio paslaugos kokybės, kurią gauna vartotojas valdymą, tokiu būdu diferencijuojant vartotojus bei paslaugas. Be to IMS paslaugų tiekėjams ar operatoriams leidžia multimedia seansams lanksčiai naudoti tarifus priklausomai nuo ryšio seanso trukmės ar perduotos informacijos kiekio.

Kaip jau minėta anksčiau, IMS yra nepriklausomas nuo prieigos tipo tinklas, todėl jis turi būti prieinamas iš daugybių IP pagrindu veikiančių prieigos tinklų. Kitas aspektas yra nepriklausomybė nuo vartotojo terminalo- vartotojo požiūriu, turi būti taip pat lengva naudotis IMS paslaugomis iš stalinio kompiuterio ar nešiojamo kompiuterio, kaip ir iš mobiliojo įrenginio [16].

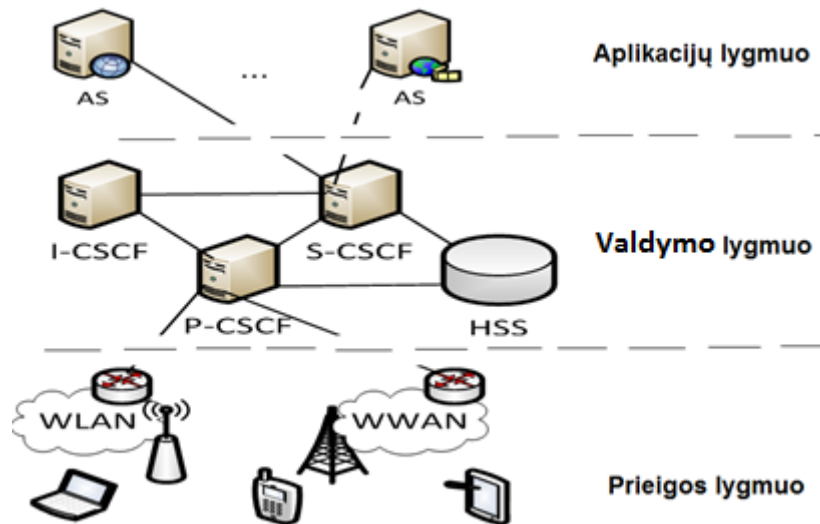
IMS įgalina naujas apjungtas balso ir duomenų paslaugas, kartu užtikrinant, kad jos bus prieinamos tiek fiksuoto tiek mobiliojo ryšio vartotojams naudojant atvirojo standarto IP protokolų sąveiką. Be to vartotojai turi galimybę vykdyti visas paslaugas tiek namų tinkle, tiek tarptinklinu ryšiu kitame tinkle [15;17].

IMS architektūra yra skirstoma į mažiausiai tris lygmenis: aplikacijų/taikymo, valdymo ir transporto (2.2.2 pav.). Kiekvienas lygmuo turi specifinę paskirtį [18;19]:

- Aplikacijų/taikymo lygmuo. Šis lygmuo apima teikiamas paslaugas. Jame vyksta paslaugų aktyvavimas/išjungimas, vartotojų grupių valdymas ir kt. Dauguma multimedia paslaugų palaikomos aplikacijų lygmens (taip sumažinama apkrova valdymo

įrenginiams). Paslaugų kūrimo gali dalyvauti paslaugų tiekėjai, naudodamiesi tinklo resursais. Šis lygis suteikia IMS architektūrai galią ir lankstumą greitai diegti naujas paslaugas. Aplikacijų/taikymų lygmens resursus valdo kontrolės/valdymo lygmuo.

- Valdymo lygmuo. Šis lygmuo atsakingas už vartotojo autentifikavimą, paslaugos autorizaciją, vietos nustatymą. Taip pat už sesijų kontrolę ir valdymą, paketų sesijų sudarymą bei nutraukimą. Srautų valdymas grindžiamas sesijos inicijavimo protokolu (SIP), todėl šis sluoksnis turi SIP serverius, kurie registruoja vartotojo įrenginius ir maršrutizuoja signalizacijos žinutes, kad nustatytų sesijas tarp tų įrenginių. Ryšio seansų valdymo funkcija (CSCF) bendradarbiauja su vartotojo duomenų bazės serveriu (HSS), kuris saugo informaciją apie vartotoją. Sąsajų panaudojimas leidžia kontroliniame lygmenyje skirtingų tinklų tarpusavio sąveiką. Ryšio seansų valdymo funkcija (CSCF) veikia kartu su MGCF (angl. Media Gateway Control Function) ir MRFC (angl. Media Resource Function Controller) ir kontroliuoja media tarptinklines sąsajas ir media resursus.
- Prieigos/transporto lygmuo. Šis sluoksnis atsakingas už prieigos tinklų atskyrimą nuo IMS architektūros. Iš esmės jis elgiasi kaip susikirtimo taškas tarp prieigos sluoksnių ir IP tinklo virš jų. Lygmenį sudaro mobiliojo/bevielio bazinio tinklo architektūra, MGW (angl. Media Gateway) ir MRF (angl. Media Resource Function) elementai. MRFP (angl. Media Resource Function Processor) funkcinis blokas atsakingas už multimedia resursus (konferencijas, pranešimus ir t.t.). Šiame sluoksnyje taip pat yra sąsaja, kuri skirta paslaugos tiekėjo tinklo prijungimui prie vidinės apskaitos ir apmokestinimo sistemų. Media sąsajos (MGW) atlieka konvertavimą tarp paketinio ir komutuojamojo tinklo. Saugumo užtikrinimas ypatingai svarbus šiame lygmenyje. Pagal IMS architektūros reikalavimus turi būti užtikrintas skaidrus paslaugų suteikimas bet kokiais kanalais ir nepriklausomai nuo naudojamo terminalo. Tinkamas šio lygmens funkcionavimas užtikrina platų prieigos spektrą prie paslaugų bet kokiomis sąlygomis ir pagal vartotojo reikalavimus.



2.2.2 pav. IMS architektūra

IMS architektūros elementų kiekis ir įvairovė gali priklausyti nuo tinklo paskirties, tačiau yra keletas pagrindinių [17]:

- MGW (*angl. Media Gateway*) – media tinklų sietuvas;
- MGCF (*angl. Media Gateway Control Function*) – media tinklų sietuvo valdymo funkcija;
- MRF (*angl. Media Resource Function*) – Media resursų funkcija;
- MRFC (*angl. Media Resource Function Controller*) – media resursų funkcijos valdiklis;
- MRFP (*angl. Media Resource Function Processor*) – media resursų funkcijos procesorius;
- HSS (*angl. Home Subscriber Server*) – savojo tinklo abonentų serveris;
- BGCF (*angl. Breakout Gateway Control Function*) – sujungimo su išorės tinklais sąsajos valdymo funkcija;
- IM-SSF (*angl. IP Multimedia Service Switching Function*) – IP multimedia paslaugų perjungimo funkcija;
- SLF (*angl. Subscriber Location Function*) – abonentų vietos nustatymo funkcija;
- SIP-AS (*angl. Session Initiation Protocol Application Server*) – SIP aptarnavimo serveris;
- I-CSCF (*angl. Interrogating Call State Function*) – apklausiančioji skambučio būsenos valdymo funkcija;

- P-CSCF (*angl. Proxy- Call State Control Function*) – „Proxy“ skambučio būsenos valdymo funkcija;
- S-CSCF (*angl. Serving- Call State Control Function*) – aptarnaujanti skambučio valdymo funkcija.

Pagrindinė IP multimedia posistemės valdymo sistemos dalis yra skambučio sesijos valdymo funkcija CSCF (*angl. Call Session Control Function*). Ši funkcija susideda iš trijų dedamųjų: P-CSCF, I-CSCF ir S-CSCF.

P-CSCF – pirmasis IMS tinklo ir vartotojo terminalo sąveikos taškas signalizacijos lygyje. Per jį vykdomas SIP užklausų ir atsakymų maršrutizavimas tarp IMS tinklo ir vartotojo terminalo. Taip pat jis atlieka: vartotojo autentifikavimą, SIP pranešimų korektiškumo kontrolę, SIP pranešimų suspaudimą ir sekančio taško (I-CSCF) identifikavimą.

I-CSCF – tai kontaktinis taškas iš kitų IMS domenų ateinančioms signalizacijos žinutėms. Diameter protokolo pagalba I-CSCF sąveikauja su SLF ir HSS, taip iš jų gaudamas informaciją apie vartotojo buvimo vietą bei jį aptarnaujantį S-CSCF. Jis taip pat persiunčia SIP užklausas ir atsakymus į S-CSCF. Be to I-CSCF identifikuoja vartotojo privilegijas prieigai prie paslaugų, parenka atitinkamą aplikacijų/taikymų serverį ir suteikia prieigą prie jo.

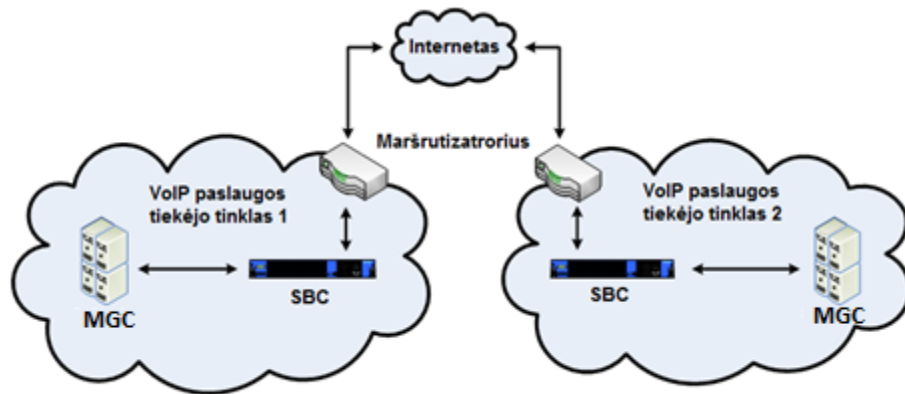
S-CSCF – tai pagrindinis IMS elementas. Jis visuomet yra namų tinkle ir atlieka seansų kontrolės, bei vartotojo įrenginių registracijos paslaugas. Atlieka seanso vadymą, SIP pranešimų maršrutizavimą, be to palaiko registruojančio SIP serverio funkciją. SIP signalizacijos informacija, perduodama ir priimama vartotojų IMS terminalais, praeina per S-CSCF, prie kurio registruotas vartotojas. S-CSCF palaiko ryšį viso seanso metu, be to esant reikalui sąveikauja su paslaugų platforma bei apskaitos funkcijomis. Galiausiai S-CSCF serveris atlieka pagrindinę IMS funkciją – registruoja vartotoją ir suteikia prieigą prie galimų paslaugų pagal iš anksto numatytą vartotojo profilį.

3. Ribinis sesijų valdiklis

Ribinis sesijų valdiklis (SBC) - tai įrenginys, sutinkamas VoIP tinkluose, kuris skirtas valdyti signalizacijos bei vartotojo informacijos srautus, atsirandančius, sudarant bei išardant ryšio sesijas, taip įnešant įvairių funkcijų reikalingų pasiekti ir sujungti IMS ir kitus IP tinklus su garantuotu saugumu, privatumo lygiu bei paslaugų kokybės kontrole [1].

Ribinis sesijų valdiklis kontroliuoja tinklą leisdamas (arba neleisdamas) ir nukreipdamas ryšių komunikacijas tarp dviejų galinių tinklo įrenginių, pvz VoIP skambutis tarp dviejų telefonų. Šios ryšių komunikacijos vadinamos sesijomis. Vaizdo skambutis tarp dviejų minėtų įrenginių vykdomas panašiai. Nesvarbu kokia sesija vykdoma, pagrindinė SBC funkcija išlieka ta pati: SIP sesijų valdymas.

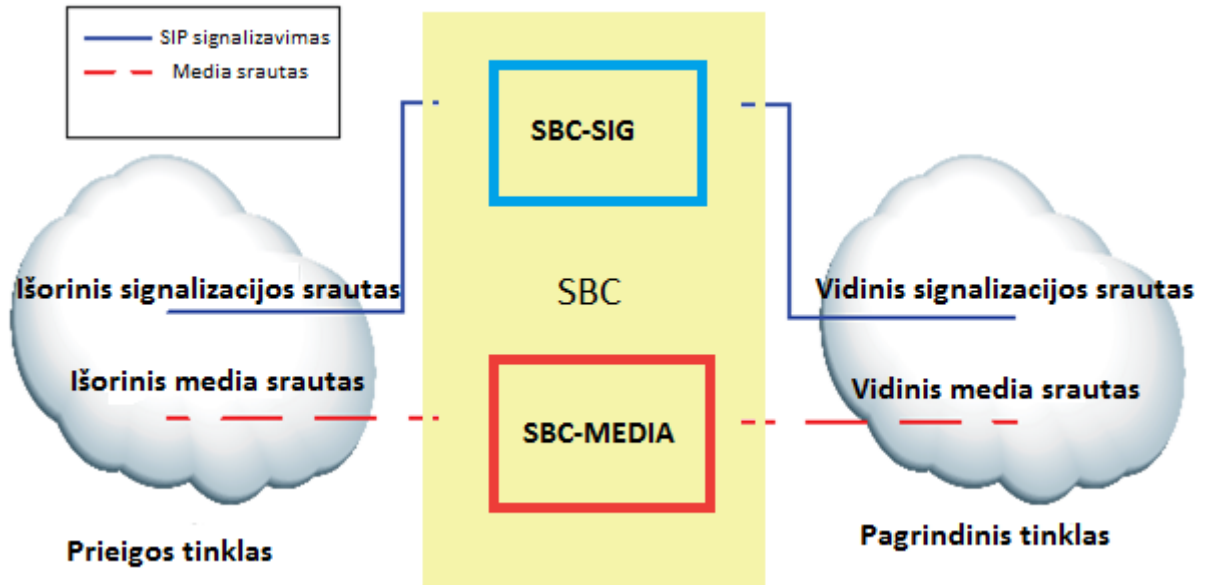
SBC atlieka sesijų valdymą riboje (*angl. border*), kurioje srautas perduodamas iš vieno tinklo į kitą (pvz. iš vieno VoIP tiekėjo tinklo į kitą) (3.1 pav.) [22].



3.1 pav. SBC vieta tarp dviejų tinklų

Ribinio sesijų valdiklio panaudojimo pavyzdys galėtų būti toks: SBC randasi riboje tarp privataus patikimo tinklo (paslaugų tiekėjo ar įmonės tinklo) ir viešo nepatikimo tinklo, tam kad būtų išvengta nepageidaujamų ar priešišku išpuolių patekti į patikimą tinklą. Tuo pačiu būtų užtikrinama, jog svarbi informacija, tokia kaip įrenginių iš patikimo tinklo IP adresai nepatektų į viešą nepatikimą tinklą.

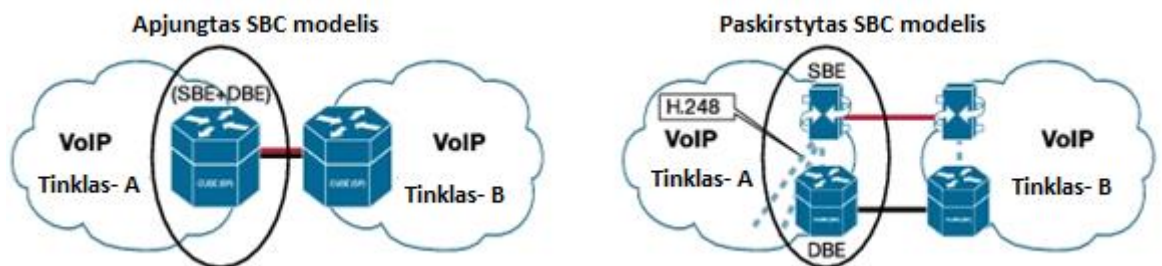
SBC prietaisas dalinamas į dvi logiškai atskirtas funkcines dalis (3.2 pav.) [1].



3.2 pav. SBC funkcinės dalys

- SBC signalizavimo funkcija SBC-SIG (*angl. Signaling SBC function*)- aptarnauja VoIP signalizavimo žinutes. Ji veikia kaip B2BUA (*angl. Back-to-Back User Agent*).
- SBC media funkcija SBC-MEDIA (*angl. Media SBC function*)- kontroliuoja informacinių paketų prieigą tinkle, suteikia skirtingas paslaugas ir QoS skirtingiems informaciniams srautams, be to užkerta kelią paslaugų vagystėms. Ji veikia kaip realaus laiko transporto protokolo įgaliotinis (*angl. RTP proxy*) [22].

Kai kurie SBC suteikia abi funkcijas viename prietaise (vadinamas single-box SBC arba unified SBC). Kituose SBC signalizavimo ir media funkcijos realizuojamos atskiruose aparatuose (dual-box SBC arba distributed SBC), o funkcijų sujungimui panaudojami skambučių kontrolės protokolai tokie kaip H.248 ar COPS-PR (3.3 pav.) [23].



3.3 pav. Galimi SBC architektūros modeliai [23]

3.3 pav. atvaizduoti SBC architektūros modeliai yra [23]:

1. Apjungtas SBC (*angl. Unified SBC*)- tai SBC modelis, kuriame SBE ir DBE loginės funkcijos yra bendra vieno fizinio įrenginio dalis.
2. Paskirstytas SBC (*angl. Distributed SBC*)- tai SBC modelis, kuriame SBE ir DBE yra atskirų įrenginių funkcinės dalys, kurios bendrauja per standartinį H.248 interfeisą.

SBE- (*angl. Signaling Border Element*) -atlieka valdymo funkcijas susijusias su signalizacijos srautais (SIP/H.323 protokolo naudojimas, CAC, tapatybės ir topologijos slėpimas).

DBE-(*angl. Data Border Element*)- atlieka valdymo funkcijas susijusias su media srautais (media paketų valdymas (inspekcija, modifikacija ir kt.).

Ribiniai sesijų valdikliai suteikia platų funkcijų spektrą [1;20;21]:

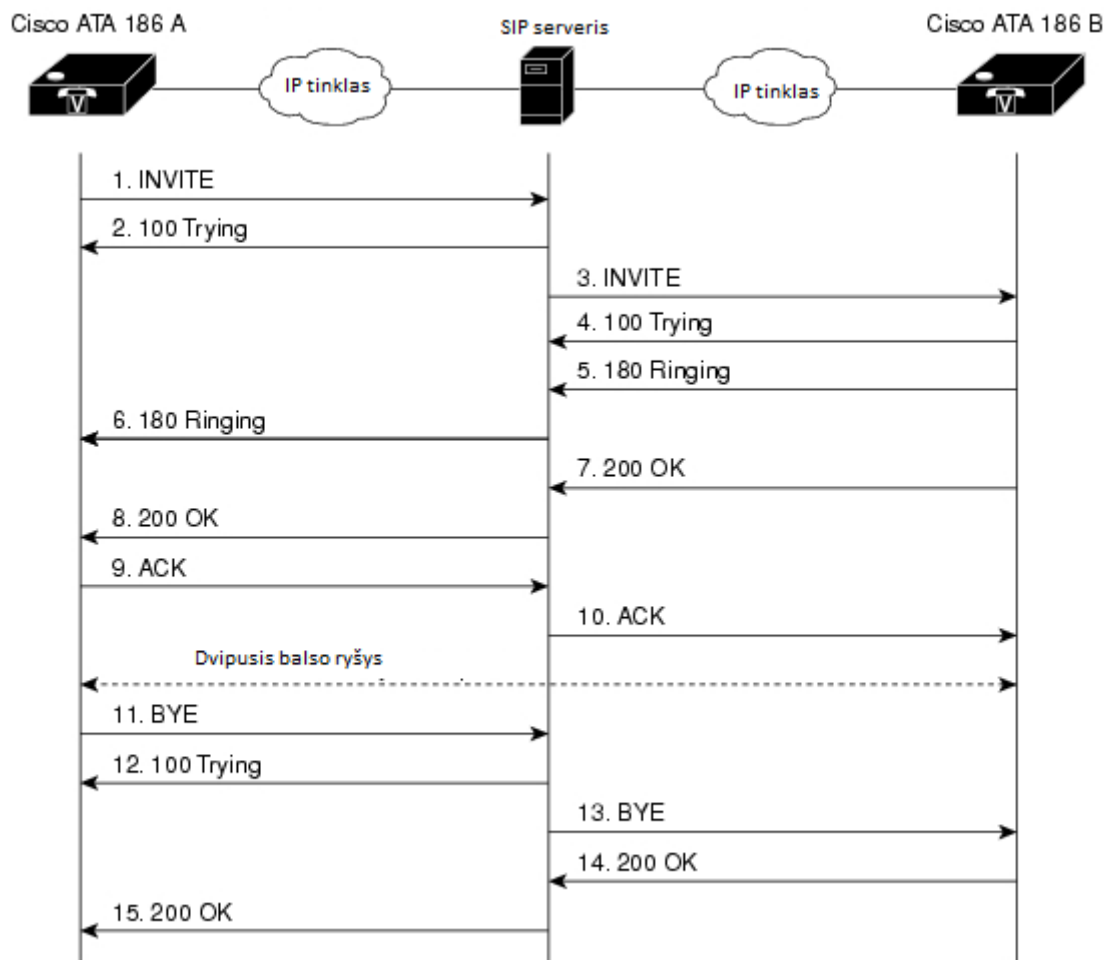
- Informacinių srautų apdorojimas (*angl. Media Traffic Management*) – informacinių srautų apdorojimas apima informacinių srautų tvarkymo funkcijas tokias kaip: perkodavimas – visų fiksuoto, mobilaus ar IP tinklų kodekų formatų perkodavimas, tam kad užtikrinti skirtingų tinklų sąveiką; protokolų sąveikos užtikrinimas – įgalina tinklų protokolų sąveiką (pvz IPv4 ir IPv6 sąveiką); dvigubo tono daugiadažnio signalizavimo DTMF (*angl. Dual Tone Multi Frequency Signaling*) funkcijos sąveika – kai tarp informacinio srauto aptinkamas DTMF tonas, jis pakeičiamas į RFC2833/RFC4733 formatą; fakso sąveika- G.711 fax yra pakeičiamas į T.38 fax.
- Tinklo adresų transliacija (*angl. Network Address Translation*) – jis panaudojamas IP adresų sujungimams, perėjimo tarp tinlo paslaugų tiekėjų palaikymui, IP maskavimui, serverio apkrovos balansavimui.
- Topologijos slėpimas (*angl. Topology Hiding*) – apibūdinamas kaip siekis padidinti tinklo saugumą. Topologijos slėpimas apriboja tinklo topologijos informacijos kiekį matomą išorinėms šalims. Operatoriai turi reikalavimą šiam funkcionalumui, kadangi jie nenori, kad jų įrenginių (tinklų sietuvų, aplikacijų serverių ir kt.) IP adresai būtų skelbiami išorės šalims. Taip jie siekia apsisaugoti nuo DoS (*angl. Denial of Service*) atakų.
- Skambučio priėmimo kontrolė (*angl. Call Admission Control*) - galimybė kontroliuoti tinklo resursų naudojimą. Aktyviai stebimi įeinantys ir išeinantys skambučiai, tam kad užtikrinto jog tinklo galimybės nėra viršytos. Atvejais kai yra per didelis informacinis ar signalizacijos srautas, SBC gali imtis priemonių pristabdyti srautą ir blokuoti naujų sesijų inicijavimą tinkle.

- Apsauga – SBC turi atlaikyti IP/UDP/TCP ir SIP sluoksnių atakas, tuo pat metu palaikant paslaugas vartotojams. Taip pat SBC suteikia šias saugumo funkcijas: neautorizuoto vartotojo prieigos į tinklą blokavimas, klaidingų arba kenksmingų skambučių (įskaitant DoS) apsauga. Taip pat baltųjų/juodųjų sąrašų sudarymas, kuriuose surašomi patikimi ir nepatikimi galiniai įrenginiai/ pagal kuriuos sprendžiama priimti ar atmesti jų skambučius.
- Šifravimas – šifravimas vykdomas ir signalizacijos ir informaciniams srautams. Signalizacijos srautas šifruojamas Ipsec arba TLS protokolais, o informacinis srautas – SRTP protokolu.
- Stebėseną (*angl. Monitoring*) – Tinklo resursų naudojimas gali būti stebimas dėl keleto reguliavimo priežasčių, pvz. atsiskaitymo už paslaugas tikslais ar vagystės atvejais. Kadangi per SBC praeina visi informaciniai ir signalizacijos srautai, tinklo resursų stebėjimas nesunkiai realizuojamas be papildomų įrengnių.

3.1 SIP signalizavimas

Anksčiau minėta, kad už signalizavimą SBC įrenginyje atsakinga SBC-SIG funkcija. Signalizavimui naudojama keletas skirtingų protokolų: SIP, H.323, H.428, MGCP/NCS. SIP signalizavimo protokolas sutinkamas dažniausiai ir plačiai naudojamas sudarant, sujungiant ir išardant komunikacijų sesijas (tipiška balso ar vaizdo skambučių per interneto tinklą) tarp dviejų ar daugiau vartotojų, susidedančias iš vieno ar kelių media srautų.

SIP yra nepriklausomas nuo transporto sluoksnio protokolų. Jis veikia virš UDP ir TCP ar STCP protokolų. SIP pagrįstas užklausų/atsakymų transakcijos modeliu, kur kiekviena transakcija susideda iš prašymo kuris asocijuoja konkretų metodą ar funkciją serveryje ir bent vieno atsakymo. Bazinis kvietimo aptarnavimo algoritmas parodytas 3.1.1 pav. [24].



3.1.1 pav. Tipinis SIP kvietimo aptarnavimo algoritmas [24]

Sudarant sesiją SIP turi apdoroti penkias funkcijas: Vartotojo vieta (nustato vartotojo buvimo vietą sistemoje, kuri bus naudojama sudarant skambutį); Vartotojo prieinamumas (nustato ar klientas kuriam skambinama galės priimti skambutį); Vartotojo galimybės (nustato media srauto parametrus kurie bus naudojami skambučiui); Sesijos sudarymas (sesijos parametrų sukūrimas iš abiejų pusių); Sesijos valdymas (paslaugų taikymas, įskaitant perdavimo, nutraukimo ir sesijos parametrų keitimo funkcijas).

Sesijų sudaryme ir išardyme dalyvauja šie tinklo elementai: SIP klientai: telefonai, kurie veikia kaip UAS (*angl. user agent server*) ar UAC (*angl. user agent client*) (taikomoji programa, kuri gavus SIP užklausą susisiekiama su vartotoju ir grąžina atsakymą jo vardu); tinklo sietuvai (*angl. gateways*), kurie atlieka skambučio valdymą. SIP serveriai: Įgaliotasis (*angl. proxy*) serveris – tarpinis įrenginys, gaunantis ir persiunčiantis užklausas kliento vardu; Peradresavimo (*angl. redirect*) serveris – suteikia klientui informaciją apie sekantį šuolį, kurį turi pereiti pranešimas. Registravimo (*angl. register*) serveris – apdoroja UAC užklausas esamai buvimo vietai registruoti.

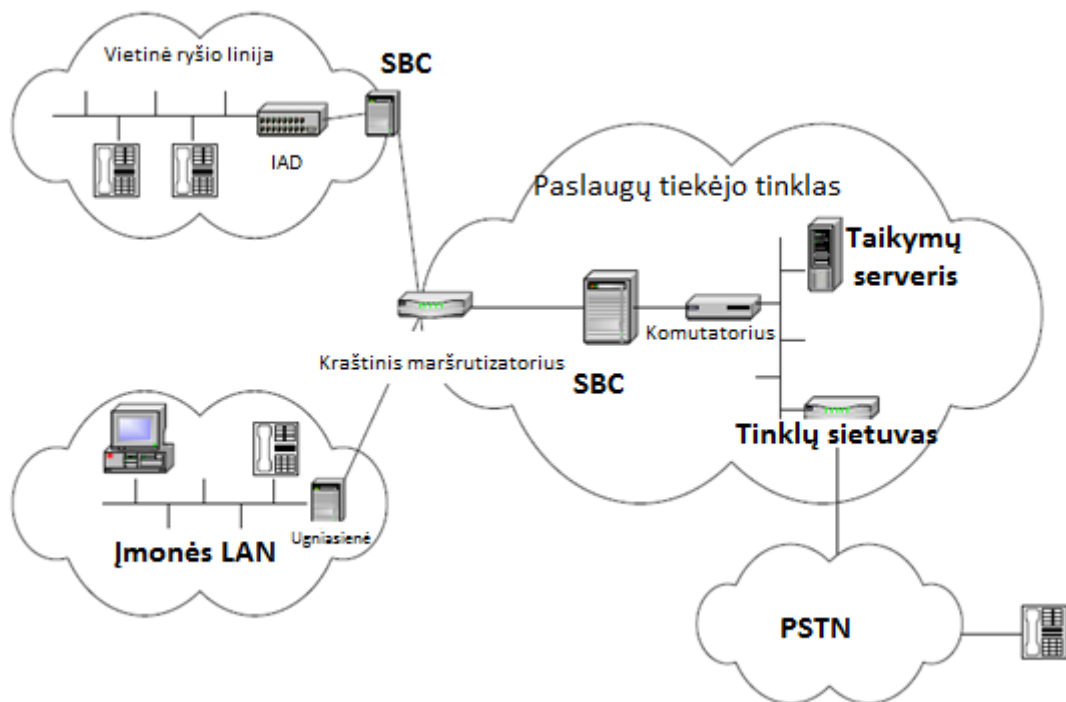
3.2 Galimi SBC panaudojimo tinkle scenarijai

Skiriami penki pagrindiniai SBC panaudojimo tinkle scenarijai [22]. Pirmuose trijuose SBC yra DMZ (*angl. Demilitarized Zone*) dalis, o paskutiniuose dviejuose, jis yra pagrindinėje tinklo dalyje (*angl. Core of a Network*).

DMZ- koncepcinis terminas mažam antriniam tinklui, kuris yra tarp patikimo privataus tinklo, pavyzdžiui bendrovės privataus LAN ir nepatikimo viešojo tinklo, pavyzdžiui viešojo interneto. Tipiškai DMZ sudaro prietaisai tiesiogiai prieinantis prie interneto srauto (web serverių, FTP serverių ar SBC. DMZ tikslas yra užkirsti kelią kensmingam ar nepageidaujamam srautui patekti į privatų tinklą [22].

Aptarsime visus penkis SBC panaudojimo scenarijus [22]:

- SBC riboje tarp paslaugos tiekėjo ir kliento (gali būti suprantamas kaip vartotojo tinklo sąsaja UNI) (3.2.1 pav.).



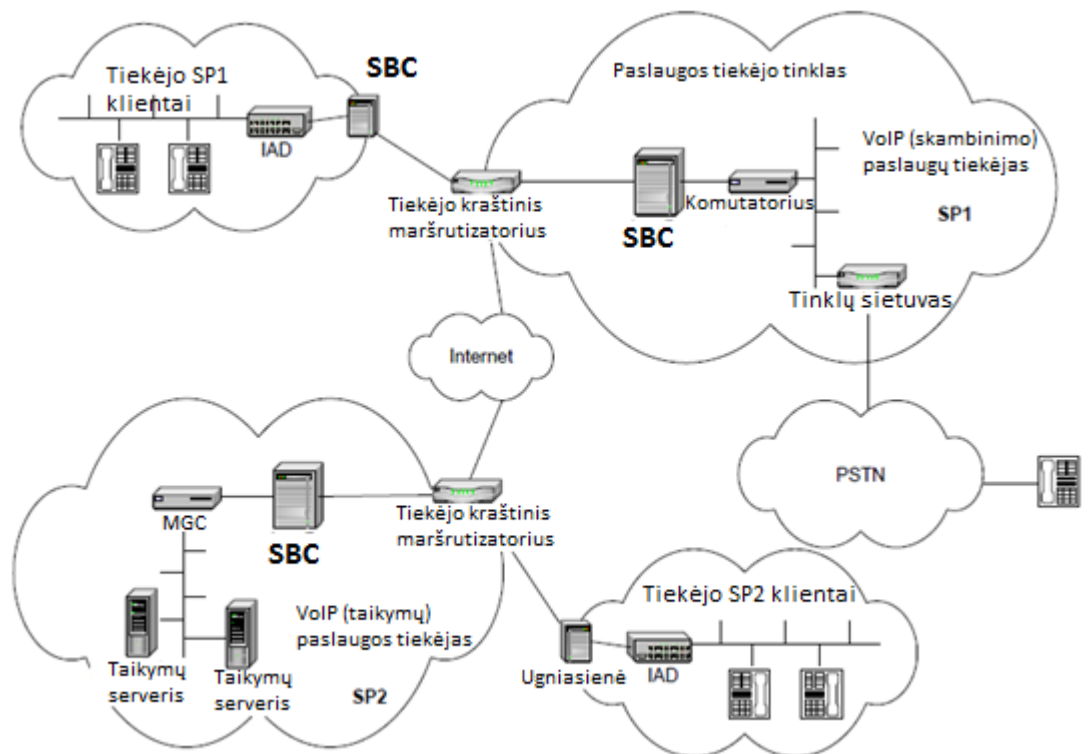
3.2.1 pav.SBC tarp paslaugos tiekėjo ir kliento [22]

Šiuo atveju SBC elgiasi kaip aplikacijų lygmens sąsajos ALG (*angl.Application-level gateway*) pakaitalas paslaugos tiekėjui ir taip pat suteikia skambučio priėmimo kontrolę (CAC).

Paslaugos tiekėjas teikia VoIP paslaugas. VoIP skambučiai į ne tiesiogiai sujungtus tinklus ar serverius yra viduje nukreipiami į PSTN per tinklų sietuvą. Ilgos distancijos VoIP skambučiams,

paslaugos tiekėjas galėtų nukreipti skambučius kitam paslaugos tiekėjui. Tai darant, paslaugos tiekėjas nori nuslėpti nukreipimo detales nuo kliento, kad apsaugoti nuo kliento bandymų jungtis tiesiai prie kito paslaugos tiekėjo, apeinant papildomus mokesčius. Šioje situacijoje SBC pašalina visas nukreipimo antraštes iš signalizavimo žinučių, kurios galėtų atskleisti nukreipimo į kitą paslaugos tiekėją atvejį. Be to SBC atlieka skambučio priėmimo kontrolę, taip apsaugodamas paslaugos tiekėjo serverį nuo per didelio apkrovimo.

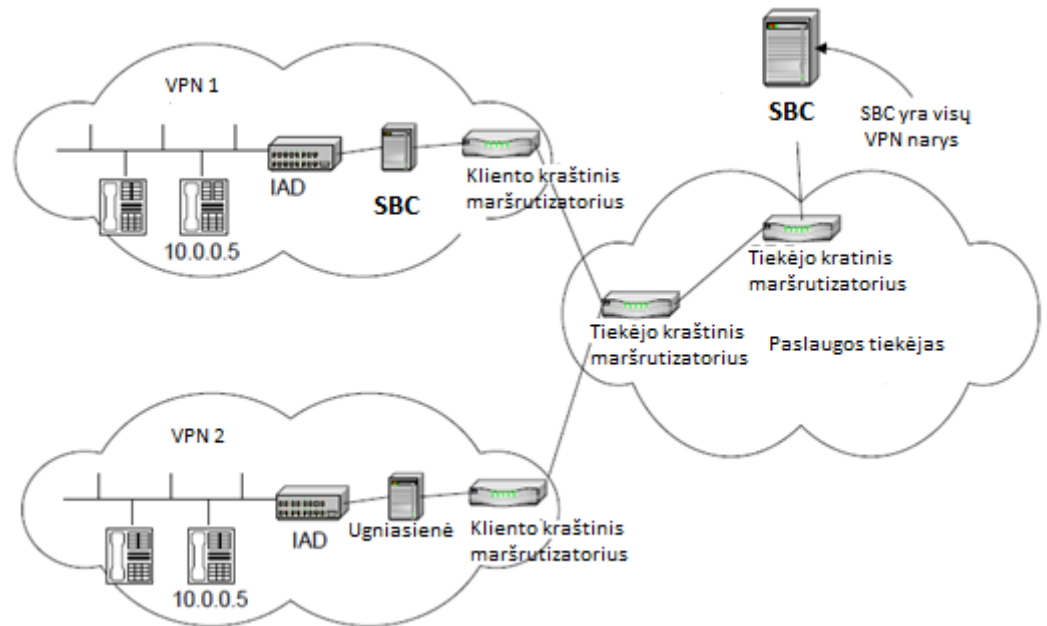
- SBC riboje tarp dviejų paslaugų tiekėjų (NNI) (3.2.2 pav.).



3.2.2 pav. SBC tarp dviejų paslaugų tiekėjų [22]

Šiame pavyzdyje paslaugos tiekėjas SP1 teikia VoIP skambinimo (calling services) paslaugas savo klientams, o SP2 VoIP taikymo (application) paslaugas savo klientams. Tačiau SP2 neturi savo ryšio su PSTN. Tarp tiekėjų yra susitarimas, jog SP2 sutinka teikti taikymo paslaugas SP1 tiekėjo klientams, o SP1 tiekėjas sutinka teikti VoIP skambinimo paslaugas SP2 klientams. Abu tiekėjai turi SBC, kuris saugo jų tinklų ribas. SBC gali teikti šias funkcijas: aplikacijų lygmens vartai ALG; topologijos slėpimas; CAC funkcijos; abipusių susitarimų tarp paslaugų tiekėjų kontrolė (pvz. SP2 paslaugos tiekėjas gali apriboti skambučių skaičių, kurį kitas paslaugos tiekėjas SP1 gali aptarnauti per dieną naudodamasis SP2 taikymų paslauga; skambučių nukreipimas; skambučių detalių ataskaitų kaupimas (naudojamos apmokestinimo klausimais ir sužinoti kas ir kiek naudojosi kitų paslaugomis per tam tikrą laiko tarpą).

- SBC tarp tiekėjo siūlančio VPN paslaugas, kad sujungti skambučius visame kliento VPN tinkle (3.2.3 pav.).

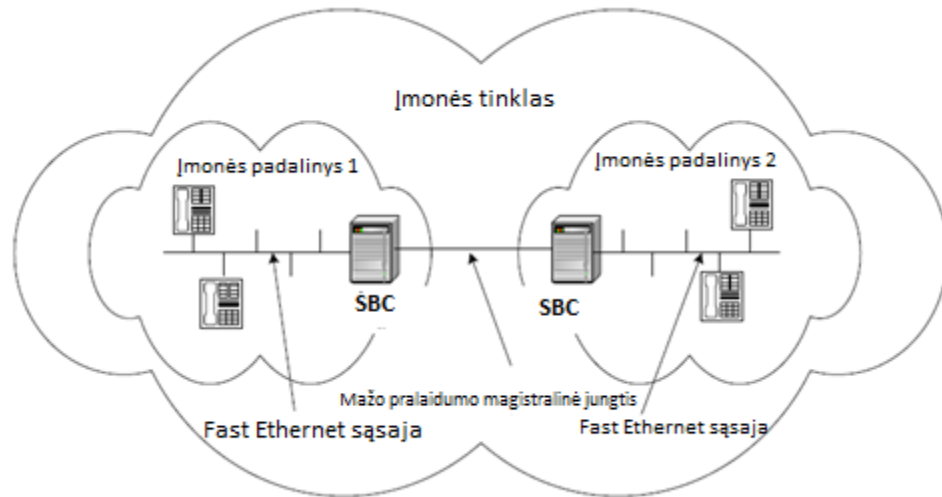


3.2.3 pav. SBC tarp tiekėjo ir VPN [22]

Paslaugų tiekėjas SP teikia VPN paslaugas dviems klientams. Abu klientai turi po keletą VPN saitų sujungtų per MPLS tunelius (angl. *Multiprotocol Label switching*) paslaugų tiekėjo magistraliniame tinkle (paveikslėlyje rodoma tik po vieną kliento saitą). Galiniai įrenginiai skirtinguose VPN kliento saituose gali tiesiogiai skambinti vienas kitam, kadangi jie yra viename LAN tinkle. Tačiau, neįmanoma įvykdyti skambučių tarp skirtingų VPN klientų saitų, dėl keleto priežasčių: kadangi galiniai įrenginiai yra skirtinguose VPN, srautas negali būti nukreiptas nuo vieno prie kito VPN naudojant standartinį IP nukreipimą. Jei tai ir būtų įmanoma, VPN adresų langeliai gali persidengti ir skambinančiojo ir tam kuriam skambina adresai gali sutapti.

Šios problemos išsprendžiamos su SBC. Tiekėjo tinkle SBC sukonfigūruotas būti visų VPN nariu. Jis naudoja VLAN etiketes tarp savęs ir arčiausio PE maršrutizatoriaus iš kiekvieno VPN. Telefonai keikviename VPN konfigūruoja SBC būti jų išvykstamuju įgalotiniu (angl. *outbound proxy*) išoriniams skambučiams. SBC elgiasi kaip B2BUA ir perduoda skambučius iš vieno VPN į kitą. Jis taip pat perduoda ir informacinį srautą (dviprasmybė adresų langeliuose išsprendžiamos perrašant IP ir SIP antraštes į signalizavimo ir informacinius paketus).

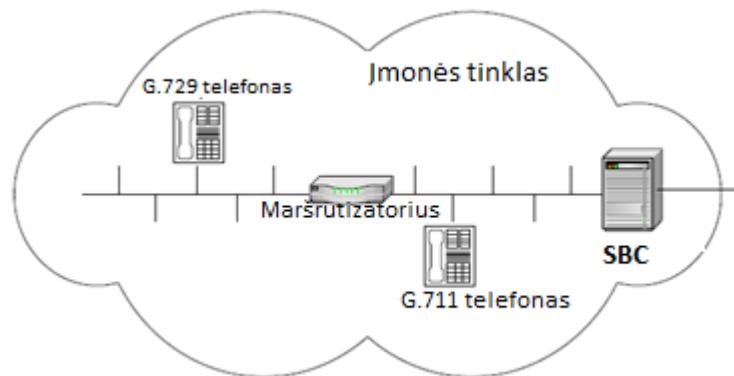
- SBC įmonės padaliniuose (3.2.4 pav.).



3.2.4 pav. SBC įmonės padaliniuose [22]

SBC gali būti panaudojamas ne tik riboje tarp skirtingų tinklų, bet ir viename tinkle, kad kontroliuotų tinklo resursų (VoIP srauto) naudojimą. 3.2.4 pav. pavaizduota tinklo topologija, kuri didelio pralaidumo tinklai yra sujungti per mažo pralaidumo magistralinę jungtį. SBC atlieka CAC funkciją, kad apsisaugoti nuo mažo pralaidumo magistralinio tinklo perkrovos balso srautu.

- SBC kaip centralizuotas kodekų perkoduotojas (3.2.5 pav.).



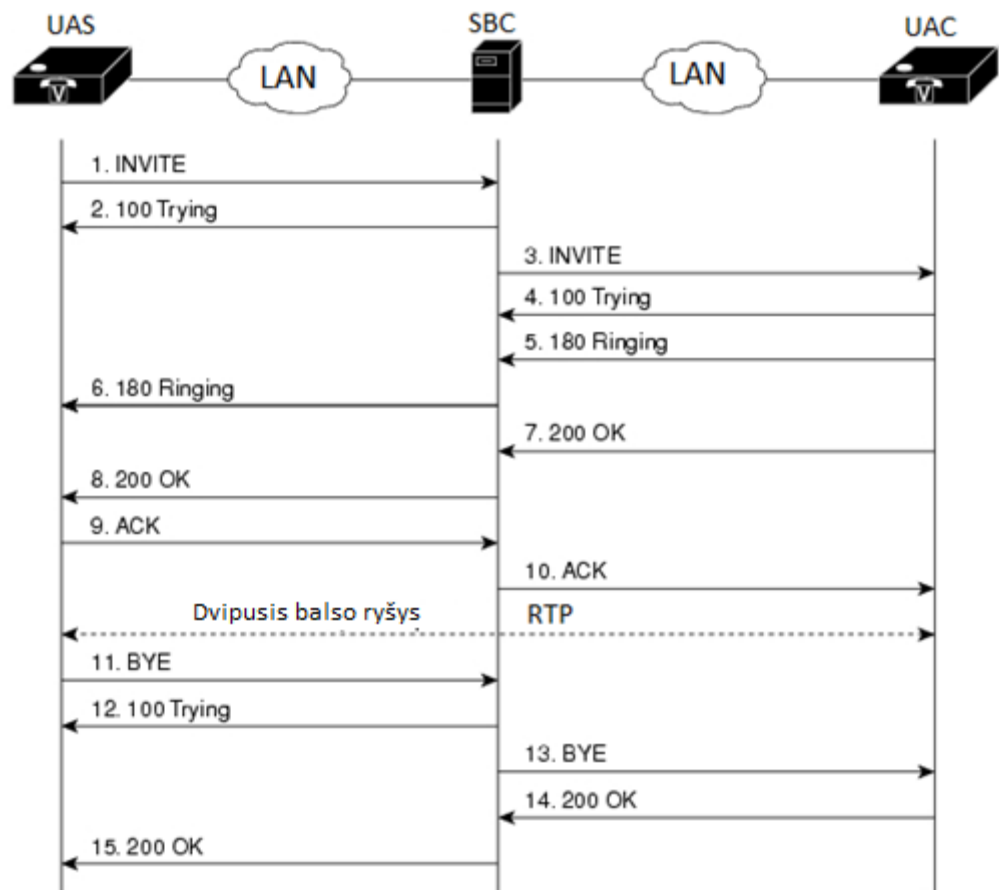
3.2.5 pav. SBC kaip centralizuotas kodekų perkoduotojas [22]

Kadangi dauguma SBC atlieka informacinių srautų apdorojimą, jie gali būti panaudoti kaip kodekų perkoduotojai. Tokiu būdu serveris apeina sujungimų klausimus susijusius su skirtingų galimybių įranga. Paveikslėlyje parodyta organizacija, kurioje naudojami IP telefonai naudojantys G.729 ir G.711 kodekus. SBC panaudojamas vidinių skambučių sujungimams, kuriems reikalingas kodekų perkodavimas. Be to jis atlieka kitas savo funkcijas (minėtos ankščiau) tinklui jungiantis su kitais tinklais [22].

3.3 Tinklo su sesijų ribiniais valdikliais kvietimų aptarnavimas

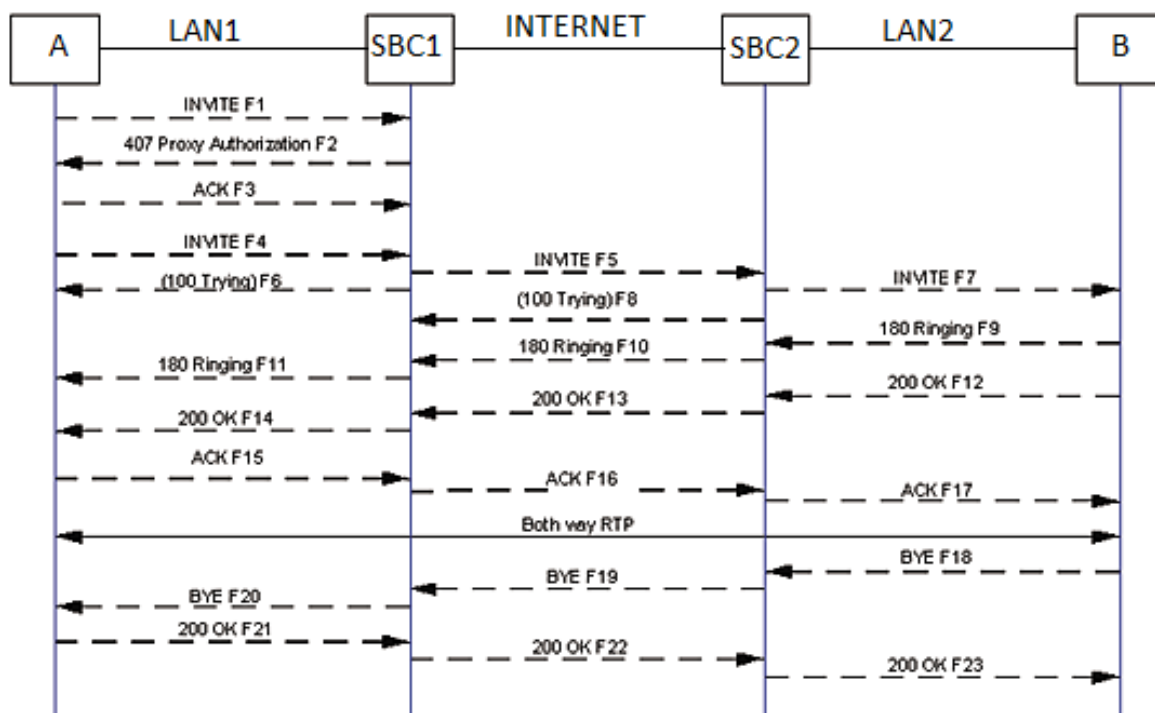
Tinkle, kuriame naudojamas SBC, kvietimo aptarnavimo algoritmai gali skirtis priklausomai nuo SBC panaudojimo tinkle scenarijaus.

Tuo atveju, kada SBC panaudojamas vietiniame tinkle (vidaus ryšiui užtikrinti), kvietimo aptarnavimo algoritmas pateiktas 3.3.1 pav. [24].



3.3.1 pav. Kvietimo aptarnavimo algoritmas (vidaus ryšiui vietiniame tinkle)

Iš pateikto algoritmo matome, jog kvietimo aptarnavimo algoritmas nesiskiria nuo standartinio, kadangi SBC dirba kaip bet kuris kitas tarpinis serveris (proxy), įnešdamas papildomas funkcijas (tokias kaip NAT ir kt.) aptartas anksčiau.



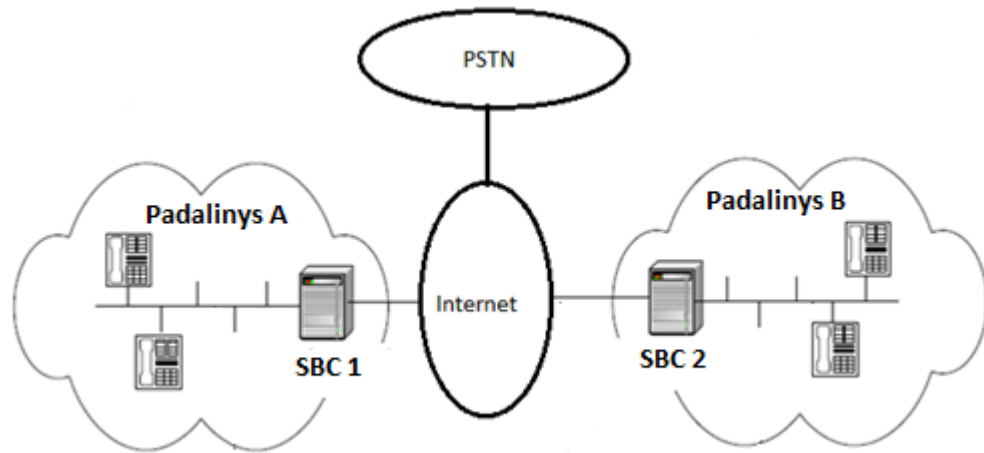
3.3.2 pav. Sėkmingo kvietimo aptarnavimo algoritmas tarp dviejų vartotojų, skirtinguose LAN, panaudojant SBC

SIP žinučių kiekis, bei tipai skiriasi priklausomai nuo to, tarp kiek dalyvių inicijuojamas kvietimas, bei nuo to kaip baigiasi kvietimo inicijavimas - sujungimo sudarymu, atmetimu, nutraukimu ir t.t. Tai matome iš 3.3.2 paveikslėlio, kuris vaizduoja sėkmingą kvietimo sudarymo algoritmą tarp dviejų vartotojų, kurie yra skirtinguose LAN tinkluose. Šie tinklai sujungti per interneto tinklą, o tinklų riboje panaudoti sesijų ribiniai valdikliai, kuriais perduodama signalizacijos informacija.

4. Sukuriamų srautų ir juos aptarnauti reikalingų resursų nustatymas

Šiame skyriuje apskaičiuojami įmonės telekomunikacijų tinkle susidarantys duomenų srautai. Atskirai įvertinsime duomenų, balso paslaugos bei signalizacijos informacijos paketų intensyvumus. Skaičiavimo rezultatus vėliau panaudosime atlikdami SBC darbo kokybinių charakteristikų tyrimą.

Tiriama variantas, kai įmonė turi du padalinius skirtingose geografinėse vietovėse. Įmonės padaliniuose iš viso dirba 400 vartotojų, kurie aptarnaujami dviem vietiniais kompiuterių tinklais LAN. Vietiniai tinklai tarpusavyje sujungti per internet tinklą, o vietinių tinklų riboje naudojami SBC, per kuriuos praeina visi vartotojo ir signalizacijos informacijos srautai. Padaliniuose naudojamos telekomunikacijų paslaugos- telefono ryšys, duomenys. Supaprastinta tiriamojo tinklo struktūra pateikta 4.1.1 pav.



4.1.1 pav. Supaprastinta tiriamojo tinklo struktūra

Tiriamos įmonės vartotojų bei naudojamų paslaugų pasiskirstymas pateiktas 4.1.1 lentelėje.

4.1.1 lentelė. Įmonės vartotojų bei naudojamų paslaugų pasiskirstymas

	Padalinys	A	B	Viso vartotojų (N_i)
Paslaugos	Telefono ryšys	120	80	200
	Duomenų paslaugos	80	120	200

Pradiniai duomenys **telefono ryšio apkrovų** skaičiavimui pateikti 1-ame priede. Pradiniai duomenys **duomenų srautų** nustatymui pateikti 2-ame priede.

4.1 Balso paslaugos apkrovų ir kt. duomenų nustatymas

Padalinys A:

Skaičiavimus atliksime pasinaudodami pradiniais duomenimis pateiktais 4.1 skyriuje, bei formulėmis pateiktomis [25].

A padalinio balso srauto sukuriamos apkrovos intensyvumas yra:

$$Y_A = \sum_{i=1}^2 N_{A,i} \cdot y_{A,i} = 120 \cdot 0.1 = 12 \text{ Erl}$$

čia:

$N_{A,i}$ – i-tosios kategorijos telefoniniams pokalbiams panaudojamų terminalų skaičius;

$y_{A,i}$ – i-tosios kategorijos telefoniniams pokalbiams panaudojamo terminalo sukuriamas vidutinis apkrovos intensyvumas.

Balso srauto dalis, liekanti įmonės viduje, yra:

$$Y_{A_vid} = Y_A \cdot k_{A_vidaus}^b = 12 \cdot 0,6 = 7.2 \text{ Erl.}$$

Balso srauto dalis, tenkanti PSTN tinklui, yra:

$$Y_{A_PSTN} = Y_A \cdot k_{A_PSTN}^b = 12 \cdot 0,4 = 4.8 \text{ Erl.}$$

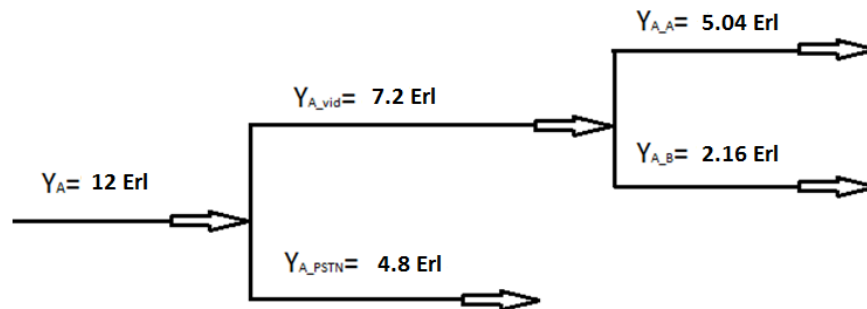
Įmonės vidaus balso srauto dalis liekanti A padalinio viduje yra:

$$Y_{A_A} = Y_{A_vid} \cdot k_{A_A}^b = 7,2 \cdot 0,7 = 5.04 \text{ Erl.}$$

Įmonės vidaus balso srauto dalis perduodama iš A padalinio į B padalinį yra:

$$Y_{A_B} = Y_{A_vid} \cdot k_{A_B}^b = 7,2 \cdot 0,3 = 2,16 \text{ Erl.}$$

Apkrovos intensyvumai paskirstomi galimomis ryšio kryptimis (4.1.1 pav.).



4.1.1 Pav. Apkrovų pasiskirstymas A padalinyje

Kadangi ryšys su bendrojo tinklo bei B padalinio abonentais vykdomas per internetą, tai bendra apkrova išeinanti iš A padalinio į internet tinklą yra:

$$Y_{\Sigma A_internet} = 4.8 \text{ Erl.} + 2.16 \text{ Erl.} = 6.96 \text{ Erl.}$$

Įvertinus įeinantį srautą, kurį sudaro 1.44 Erl. (B padalinyje sukurta apkrova išeinanti į A padalinį) ir 4.8 Erl. (Įeinantis srautas iš PSTN, kurį prilyginam išėjimo į PSTN dydžiui). Tuomet, bendras įeinantis srautas yra:

$$Y_{\Sigma IN} 1.44 \text{ Erl.} + 4.8 \text{ Erl.} = 6.24 \text{ Erl.}$$

Reikalingų vienašios ryšio seansų skaičių surandame įvertinę išėjimo ir įėjimo apkrovas bei pasinaudodami „Erlang B“ kalkuliatoriumi. Gaunamas vienašios ryšio seansų skaičius yra 22.

Kadangi balso informacija VoIP technologijoje perduodama paketais, nustatome reikalingą pralaidumą. Įvertiname tai, kad balsas perduodamas, naudojant VoIP Ethernet technologijoje

sudaro:

$$V_{\text{balso ethernet}} = 50 \cdot 238 \cdot 8 = 95,2 \text{ kbit/s,}$$

randame bendrą tinklo pralaidumą, reikalingą 22 viena laikiams ryšio seansams, kuris yra:

$$V_{\Sigma \text{balso ethernet}} = 22 \cdot 95200 = \mathbf{2094.4 \text{ kbit/s.}}$$

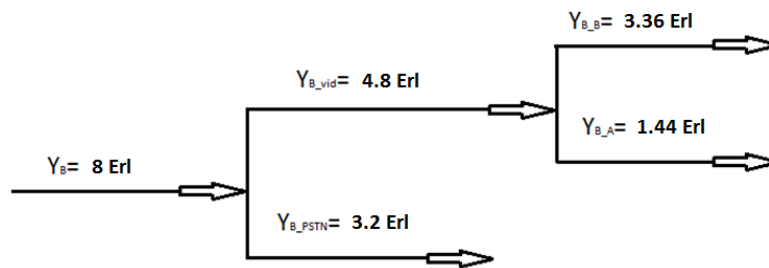
Balso paslaugos vartotojų sukuriamas paketų intensyvumas yra:

$$\lambda = \frac{V_{\Sigma \text{balso ethernet}} \cdot 1000}{L_{\text{Ethernet}} \cdot 8} = \frac{2094.4 \cdot 1000}{238 \cdot 8} = \frac{2094400}{1904} = \mathbf{1100 \text{ pak/s.}}$$

Padalinys B:

B padalinio balso paslaugos sukuriamų apkrovų, reikalingų viena laikio ryšio seansų skaičiaus, pralaidumo bei paketų intensyvumo skaičiavimas analogiškas A padalinio skaičiavimams, todėl pateikiame tik rezultatus .

Apkrovos intensyvumai paskirstomi galimomis ryšio kryptimis (4.1.2 pav.).



4.1.2 Pav. Apkrovų pasiskirstymas B padalinyje

Bendra apkrova išeinanti iš B padalinio į internet tinklą:

$$Y_{\Sigma B_internet} = \mathbf{4.64 \text{ Erl.}}$$

Bendras įeinantis srautas:

$$Y_{\Sigma IN} = 5.36 \text{ Erl.}$$

Įvertinus išėjimo ir įėjimo apkrovas bei pasinaudojus „Erlang B“ kalkuliatoriumi gautas reikalingas viena laikio ryšio seansų skaičius 18.

Bendras tinklo pralaidumas reikalingas 18 viena laikio ryšio seansų:

$$V_{\Sigma \text{balso ethernet}} = \mathbf{1713.6 \text{ kbit/s.}}$$

Balso paketų intensyvumas:

$$\lambda = 900, \text{ pak/s}$$

4.2 Duomenų paslaugos sukuriamų srautų ir paketų intensyvumo nustatymas

Padalinys A:

A padalinio duomenų sukuriamą srautą yra:

$$V_{\Sigma PC} = \sum_i^n k_i \cdot \lambda_i \cdot L_i \cdot N_{PC} \cdot 8 = 0.7 \cdot 50 \cdot 750 \cdot 80 \cdot 8 = 16800000 \text{ bit/s} = 16.8 \text{ Mbit/s}$$

Įmonės viduje liekančio duomenų srauto dalis yra:

$$V_{A_{vid}} = V_{\Sigma PC} \cdot k_{A_{vidaus}}^d = 16.8 \cdot 0.6 = 10.08 \text{ Mbit/s.}$$

Į Internet tinklą tenkančio duomenų srauto dalis yra:

$$V_{A_{Internet}} = V_{\Sigma PC} \cdot k_{A_{Internet}}^d = 16.8 \text{ Mbit/s} \cdot 0.4 = 6.72 \text{ Mbit/s}$$

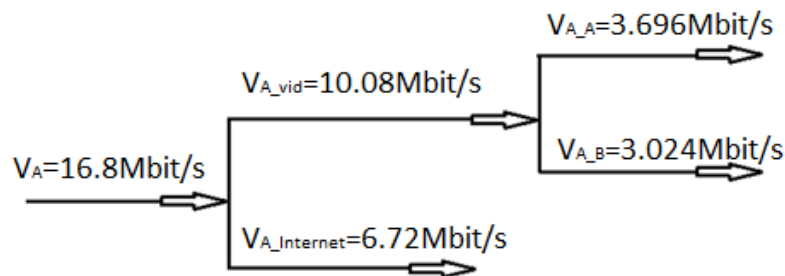
A padalinio viduje liekančio duomenų srauto dalis (iš įmonės viduje likusio srauto) yra:

$$V_{A_A} = V_{A_{vid}} \cdot k_{A_A}^d = 10.08 \text{ Mbit/s} \cdot 0.55 = 5.544 \text{ Mbit/s.}$$

Duomenų srauto dalis, perduodama iš A padalinio B padaliniui (iš įmonės viduje likusio duomenų srauto) yra:

$$V_{A_B} = V_{A_{vid}} \cdot k_{A_B}^d = 10.08 \text{ Mbit/s} \cdot 0.45 = 4.536 \text{ Mbit/s.}$$

Duomenų srautai paskirstomi galimomis ryšio kryptimis (4.2.1 pav.).



4.2.1 pav. Duomenų srauto pasiskirstymas A padalinyje

Nustatome bendrą pralaidumą, kuris reikalingas apsikeičiant duomenimis padaliniams bei dirbant internete:

$$V_{\Sigma} = V_{A_B} + V_{A_{Internet}} = 3.024 + 6.72 = 9.74 \text{ Mbit/s.}$$

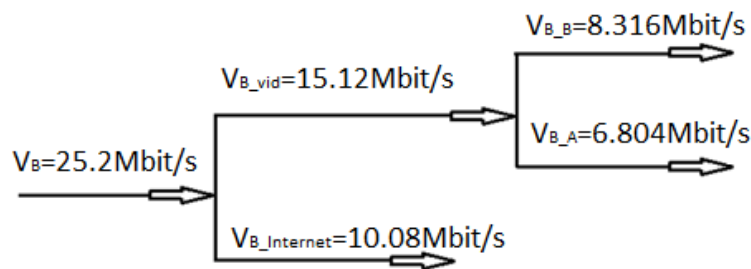
Tuomet A padalinyje paketų intensyvumas, sukuriamas apsieičiant duomenis padaliniais bei dirbant internete yra:

$$\lambda_A = \frac{V_\Sigma}{L_{PC} \cdot 8} = \frac{9744000}{750 \cdot 8} = \mathbf{1624 \text{ pak/s.}}$$

Padalinys B:

B padalinio duomenų paslaugos sukuriamų srautų pasiskirstymo, reikalingo pralaidumo bei paketų intensyvumo skaičiavimas analogiškas A padalinio skaičiavimams, todėl pateikiame tik rezultatus.

Duomenų srauto pasiskirstymas galimomis ryšio kryptimis (4.2.2 pav.).



4.2.2 pav. Duomenų srauto pasiskirstymas B padalinyje

Bendras pralaidumas, reikalingas apsieičiant duomenis padaliniais bei dirbant internete:

$$V_\Sigma = 16.884 \text{ Mbit/s.}$$

Paketų intensyvumas, sukuriamas apsieičiant duomenis padaliniais bei dirbant internete:

$$\lambda_B = \mathbf{2814 \text{ pak/s}}$$

4.3 Signalizacijos srauto nustatymas

Nagrinėjamu atveju - kvietimai sudaromi tarp dviejų įmonės padalinių, kurie turi atskirus LAN tinklus. Tinklų riboje panaudoti SBC ir tinklai sujungiami per interneto tinklą. Kvietimo aptarnavimui naudojant SIP protokolą, reikalingas apsieitimas šiais pranešimais: INVITE, 100, 180, 200, ACK, BYE, bei papildomas 407 pranešimas autorizacijai. Kvietimo aptarnavimo algoritmas pateiktas 3.3.2 pav..

LAN tinkle pranešimų duomenys įdedami į Ethernet, IP ir UDP protokolų paketus. Protokolų antraščių bei SIP pranešimų dydžiai paimti iš [25] ir pateikti 3-iame priede.

Bendras antraštės dydis yra:

$$l_{antr} = l_{ethernet} + l_{IP} + l_{UDP} = 38 + 20 + 8 = 66 \text{ baitai.}$$

Bendrus pranešimų dydžius gauname pridėję prie jų antraštės dydį, pvz.:

$$l_{INVITEsum} = l_{INVITE} + l_{antr} = 901 + 66 = 967 \text{ baitai.}$$

Visų pranešimų dydžiai pateikti 4-ame priede.

Vieno kvietimo sudarymo pranešimo SBC1 įrenginyje dydį apskaičiuosime sudaugindami pranešimų skaičių (iš 3.3.2 pav. pateikto kvietimo aptarnavimo algoritmo) su atitinkamų pranešimų dydžiais:

$$l_{SBC1} = 2 \cdot 967 + 797 + 3 \cdot 603 + 2 \cdot 358 + 2 \cdot 581 + 4 \cdot 664 + 2 \cdot 397 = 1934 + 797 + 1809 + 716 + 1162 + 2656 + 794 = 9868 \text{ baitai.}$$

Vidutinis signalizacijos informacijos paketo dydis SBC1 įrenginiui yra:

$$L_{sign.vid.SBC1} = \frac{l_{SBC1}}{N_{pran.SIP}} = \frac{9868}{16} = 616.75 \text{ baitai.}$$

Bendras signalizacijos paketų srauto dydis, įvertinant ryšio seansų skaičių ($N_{ryš.seans.}$), yra:

$$\lambda_{sign.A} = \frac{l_{SBC1}}{L_{sign.vid.SBC1}} \cdot N_{ryš.seans.} = \frac{9868}{616.75} \cdot 22 = 352 \text{ pak/s.}$$

Analogiški skaičiavimai atliekami SBC 2 įrenginiui, todėl pateiksime tik gautus rezultatus.

Vieno kvietimo sudarymo pranešimų SBC2 įrenginyje dydis yra:

$$l_{SBC2} = 8110 \text{ baitų.}$$

Vidutinis signalizacijos informacijos paketo dydis SBC2 įrenginiui yra:

$$L_{sign.vid.SBC2} = 623.85 \text{ baitai.}$$

Bendras signalizacijos paketų srauto dydis, įvertinant ryšio seansų skaičių yra:

$$\lambda_{sign.B} = 234 \text{ pak/s.}$$

5. Sesijų ribinių valdiklių darbo kokybinių charakteristikų nustatymas

Šiame skyriuje pasinaudosime apskaičiuotomis paketų srautų reikšmėmis ir atliksime tų srautų kokybinių charakteristikų tyrimą, atsižvelgiant į: galimų srautų pokyčius, naudojamo

interfeiso bei realaus įrenginio darbo našumą. Analizuosime SBC darbo kokybines charakteristikas, kuomet perduodama tik vartotojo informacija (balsas+duomenų perdavimas) bei kokią įtaką SBC darbo kokybinėms charakteristikoms įneša signalizacijos informacijos srautas. Panašiams atvejams kokybinių charakteristikų nustatymui dažnai pasinaudojama modeliais (M/M/1 ir M/G/1) [26;27].

5.1 Įmonės tinklo srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų tyrimas (balsas+duomenys)

Iš ankstesnių skaičiavimų surinkti paketų intensyvumų duomenys pateikti 5.1.1 lentelėje.

5.1.1 lentelė. Padaliniuose sukuriami duomenų, bei balso paslaugų paketų intensyvumai

Padalinys	A	B
Balso paketų intensyvumas (pak/s)	1100	900
Duomenų paketų intensyvumas (pak/s)	1624	2814
Balso+Duomenų pak. intensyvumas (pak/s)	2724	3714

Konkrečios paslaugos paketų pasirodymo tikimybės yra:

$$P_{Paslauga} = \frac{\lambda_{Paslauga}}{\lambda_{\Sigma_{paslaugos}}}$$

Tuomet,

- A padalinyje balso paketų pasirodymo tikimybė yra:

$$P_{Balsas} = \frac{1100}{2724} = 0.4038;$$

- duomenų paketų pasirodymo tikimybė A padalinyje yra:

$$P_{Duomenys} = \frac{1624}{2724} = 0.596.$$

Analogiškus skaičiavimus atliekame B padaliniui ir 5.1.2 lentelėje pateikiame abiejų padalinių paketų pasidorymo tikimybes.

5.1.2 lentelė. Paketų pasirodymo tikimybės

<i>Padalinys</i>	<i>A</i>		<i>B</i>	
<i>Paketas</i>	P_B	P_D	P_B	P_D
<i>Pasirodymo tikimybė</i>	0.4038	0.596	0.242	0.757

Iš ankstesnių skaičiavimų žinome Ethernet tinklu perduodamų paketų dydžius:

- balso paketas - $L_B = 238$ baitai;
- duomenų paketas - $L_D = 750$ baitų.

Įvertinus paketų pasirodymo tikimybes, vidutinis paketų dydis A padalinyje yra:

$$\bar{L}_{pak_A} = P_B \cdot L_B + P_D \cdot L_D = 0.4038 \cdot 238 + 0.596 \cdot 750 = 96.1044 + 447 = 543.1 \text{ baitai.}$$

Kad užtikrinti stabilų sistemos darbą, priimame, kad sistemos panaudos faktorius $\rho=0.5$ (t.y) sistemos išnaudojimas neviršys daugiau kaip 50%)

Tuomet reikalingas sistemai paketų aptarnavimo našumas (μ), A padalinyje yra:

$$\mu_A = \frac{\lambda}{\rho} = \frac{2724}{0.5} = 5448 \text{ pak/s}$$

A padalinyje reikalingas bitų perdavimo greitis, kai $\rho=0.5$ ir $\mu_A = 5448$ pak/s, yra:

Daugeliu atvejų priimama, kad laiko intervalai tarp ateinančių paketų bei aptarnavimo trukmės pasiskirstę eksponentiniu dėsnium. Tada srauto aptarnavimo analizei galima pasinaudoti **M/M/1** modeliu.

Vidutinis paraiškų skaičių sistemoje \bar{N}_S , A padalinyje yra:

$$\bar{N}_{S_A} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{2724}{5448 - 2724} = 1 \text{ pak}$$

Vidutinė paraiškų buvimo trukmė sistemoje \bar{T}_S , A padalinyje yra:

$$\bar{T}_{S_A} = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{5448 - 2724} = 3.67 \cdot 10^{-4} \text{ s.}$$

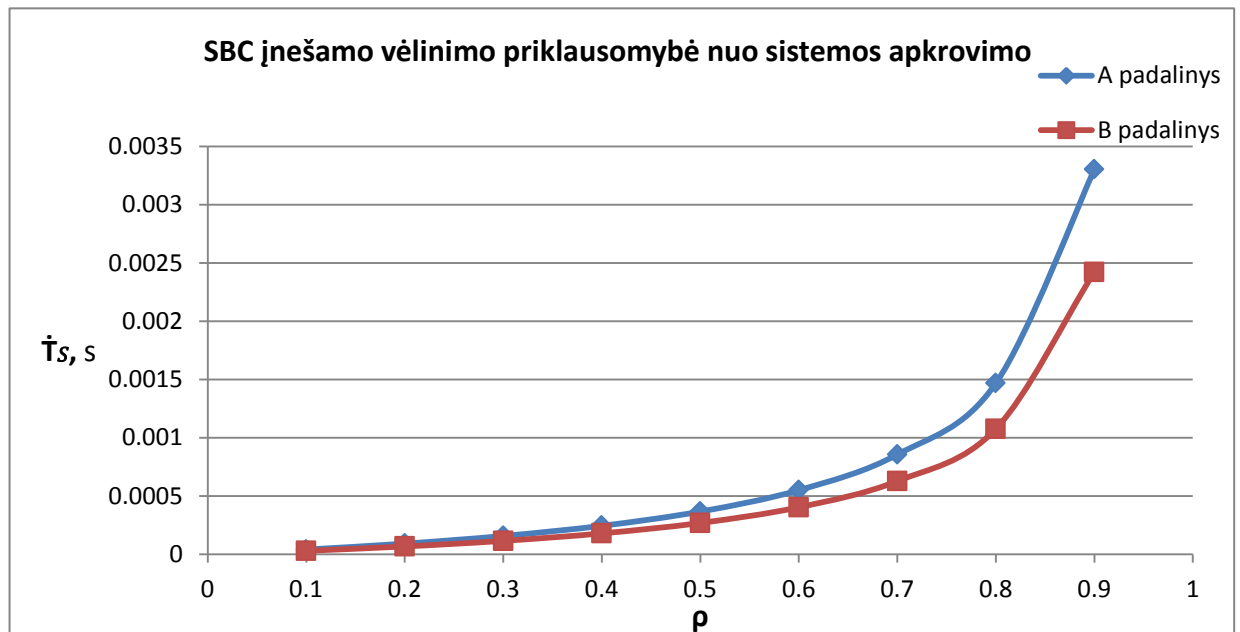
Skaičiavimai abiemis padaliniais analogiški. 5.1.3 lentelėje pateikti apibendrinti aptarnaujamų paketų dydžio, paketų aptarnavimo našumo, reikalingo pralaidumo, vidutinio paraiškų skaičiaus sistemoje bei vidutinio paketų buvimo sistemoje laiko skaičiavimo rezultatai abiemis padaliniais.

5.1.3 lentelė. Srautų aptarnavimo analizės M/M/1 modeliu rezultatai ($\rho=0.5$)

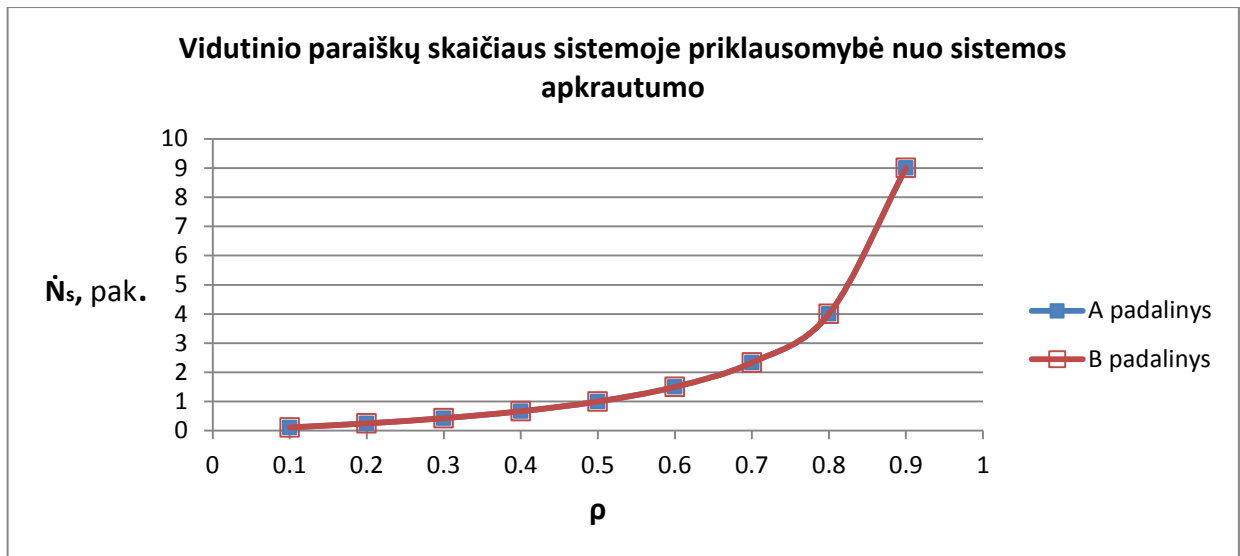
$\rho=0.5$	Padalinys A	Padalinys B
\bar{L}_{pak} , baitais	543.1	625.3
μ , pak/s	5448	7428
B , Mbit/s	23.67	37.16
\bar{N}_S , vnt.	1	1
\bar{T}_S , s	$3.67 \cdot 10^{-4}$ (0.37 ms)	$2.69 \cdot 10^{-4}$ (0.27 ms)

Iš 5.1.3 lentelėje pateiktų duomenų, matome jog prie 50% sistemos apkrovimo abiejų padalinių srautų analizės parametrai skiriasi nežymiai. Vienas pagrindinių parametru- vėlinimas B padalinyje mažesnis apytiksliai 0,1ms.

Realiai sistemos apkrautumas gali kisti, tad tikslinga nustatyti \bar{N}_S ir \bar{T}_S priklausomybes nuo sistemos panaudos faktoriaus ρ . Rezultatai pateikti 5.1.1 ir 5.1.2 pav.



5.1.1 pav. SBC įnešamo vėlinimo priklausomybė nuo sistemos apkrovimo



5.1.2 pav. Vidutinio paraiškų skaičiaus sistemoje priklausomybė nuo sistemos apkrautumo (A padalinyje $\lambda=2724$ pak/s, B- $\lambda=3714$)

Iš pateiktų grafinių priklausomybių matyti, jog didėjant sistemos apkrautumi, atitinkamai didėja ir paraiškų skaičius sistemoje bei jų buvimo sistemoje trukmė (vėlinimas). Artėjant prie 100% sistemos apkrautumo, paraiškų vėlinimo dydis artėja prie ∞ (sistema nebepajėgia stabiliai aptarnauti ateinančio srauto intensyvumo). A padalinyje, esant 90% sistemos apkrautumi, paraiškų vėlinimas priartėja prie 3.5 ms, o B padalinyje 2.5 ms ribos. Vidutinio paraiškų skaičiaus sistemoje priklausomybė nuo sistemos apkrautumo vienoda abiejuose padaliniuose.

Kadangi sistema daugumoje atvejų aptarnaujami skirtingo tipo paketai (naudojamos ir balso ir duomenų paslaugos), todėl galimas aptarnavimo trukmių pasiskirstymas ne pagal eksponentinį dėsnį. Tuo atveju tikslesniu modeliu laikomas M/G/1 modelis.

Atliksime srauto aptarnavimo analizę, pasinaudodami M/G/1 modeliu, kuriame paraiškų aptarnavimo laikas pasiskirstęs bendruoju dėsnium.

Taikant šį modelį vidutinis paraiškų skaičius sistemoje yra [26]:

$$\bar{N}_s = \rho + \frac{\lambda^2 \cdot E[X^2]}{2 \cdot (1-\rho)} \text{ pak,}$$

čia: \bar{N}_s - vidutinis paraiškų skaičius sistemoje; $E[X^2]$ - paraiškų aptarnavimo trukmės antrasis momentas; ρ - sistemos panaudos koeficientas; λ - paraiškų srauto intensyvumas.

Kadangi paraiškų aptarnavimo trukmės antrasis momentas yra kintantis dydis, priklausantis nuo daugelio faktorių (procesoriaus našumo, paslaugų sukuriamų srautų dydžio ir kt.), tai tyrimą pradedame, M/G/1 modelį prilygindami M/M/1 modeliui.

Tokiu atveju [26]:

$$E[X^2] = \frac{2}{\mu^2} = \frac{2}{5448^2} = \frac{2}{29680704} = 6.74 \cdot 10^{-8}.$$

Tuomet

$$\bar{N}_s = 0.5 + \frac{2724^2 \cdot 6.74 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot (1 - 0.5)} = 1 \text{ pak.}$$

Vidutinis paraiškos buvimo sistemoje laikas yra:

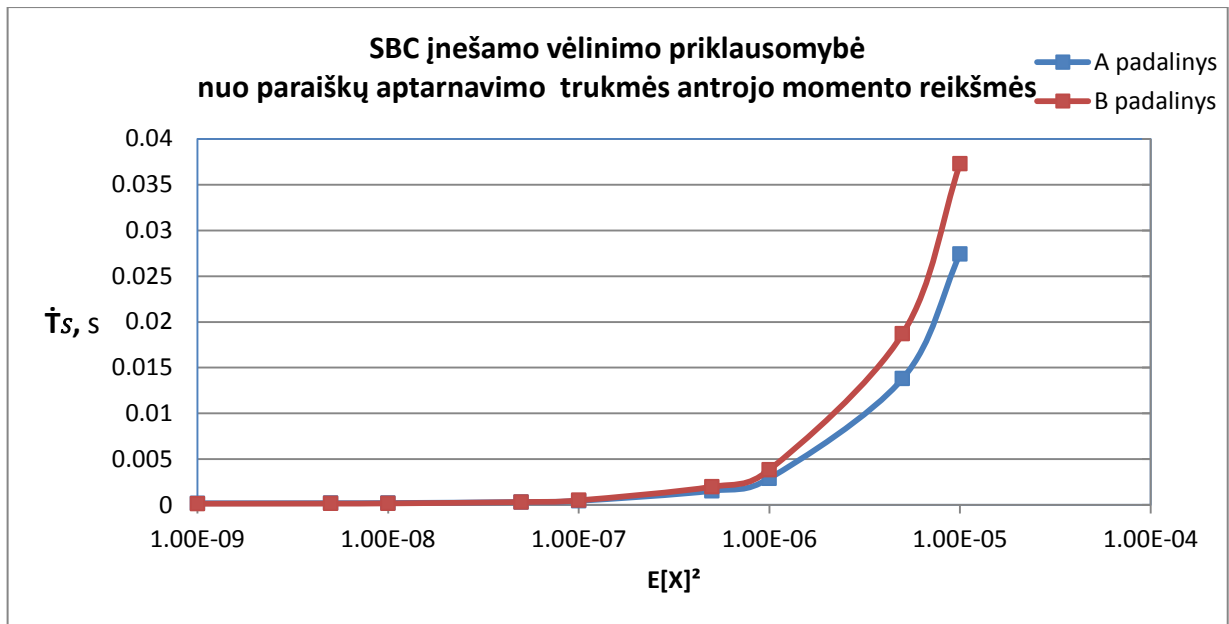
$$\bar{T}_s = \frac{1}{\mu} + \frac{\lambda \cdot E[X^2]}{2 \cdot (1 - \rho)} = \frac{1}{5448} + \frac{2724 \cdot 6.74 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot (1 - 0.5)} = 3.672 \cdot 10^{-4} \text{ s.}$$

Analogiški skaičiavimai atliekami abiemis padaliniais. Skaičiavimo rezultatai pateikti 5.1.4 lentelėje.

5.1.4 lentelė. Srautų aptarnavimo analizės M/G/1 modeliu rezultatai ($\rho=0.5$)

$\rho=0.5$	Padalinys A	Padalinys B
$E[X^2]$	$6.74 \cdot 10^{-8}$	$3.62 \cdot 10^{-8}$
\bar{N}_s (vnt)	1	0.999
\bar{T}_s (s)	$3.672 \cdot 10^{-4}$	$2.69 \cdot 10^{-4}$

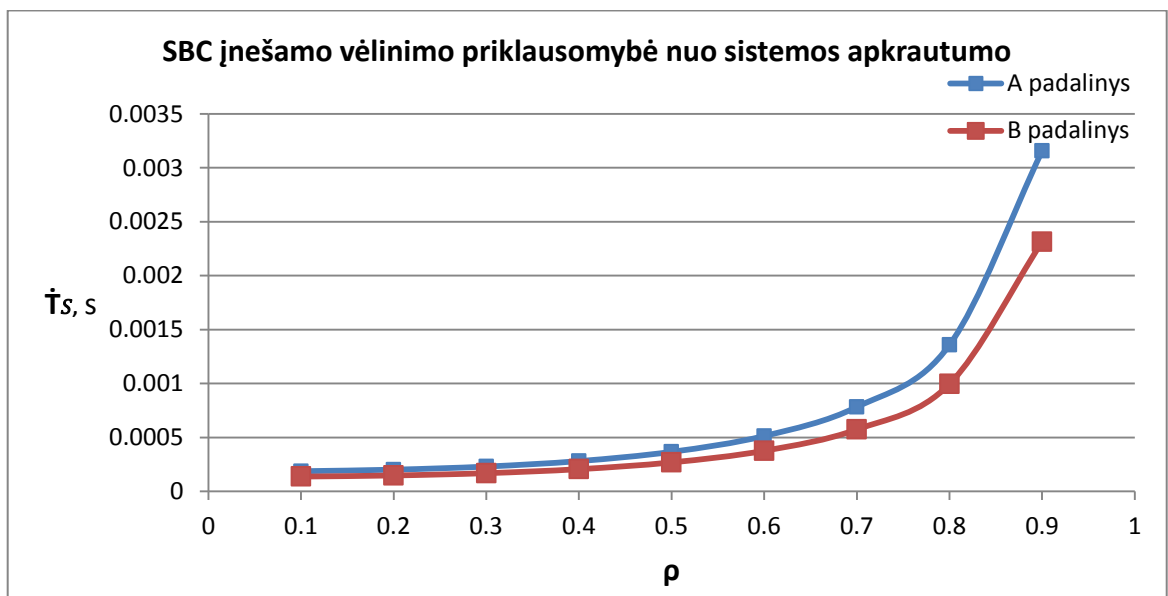
Dėl skirtingų srautų aptarnavimo, paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmė gali būti ir didesnė, todėl nustatome grafine \bar{T}_s priklausomybę nuo $E[X^2]$ (5.1.3 pav.).



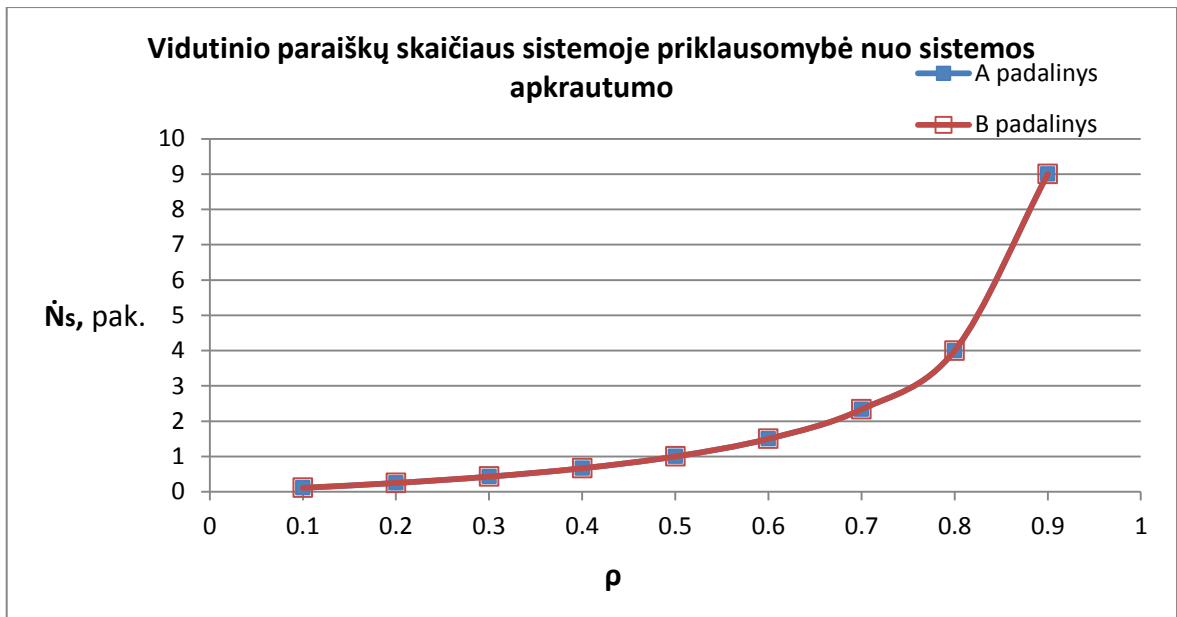
5.1.3 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo $E[X^2]$ (A padalinyje $\lambda=2724$ pak/s, B- $\lambda=3714$)

Didėjant paketų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmei, vėlinimas didėja. Ryškus paketų vėlinimo augimas pastebimas kuomet paketų aptarnavimo trukmės antrasis momentas viršija $5 \cdot 10^{-6}$ reikšmę. Iki tol vėlinimas neviršija paketų vėlinimo normų nustatytų ITU-T rekomendacijose [28]

Grafinė SBC įnešamo vėlinimo priklausomybė nuo sistemos apkrautumo bei paraiškų skaičiaus priklausomybė nuo sistemos apkrautumo pavaizduota 5.1.4 ir 5.1.5 pav.



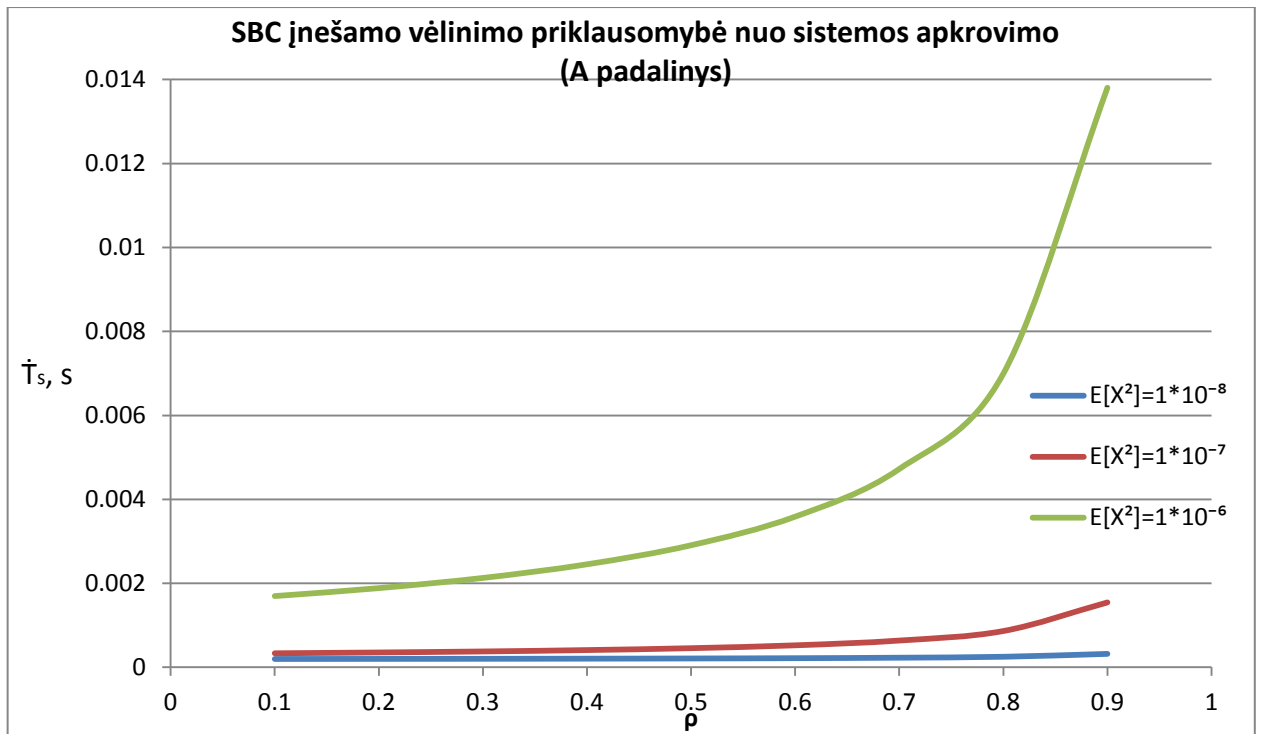
5.1.4 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo ρ (A padalinyje $E[X^2] = 6.74 \cdot 10^{-8}$, B - $E[X^2] = 3.62 \cdot 10^{-8}$)



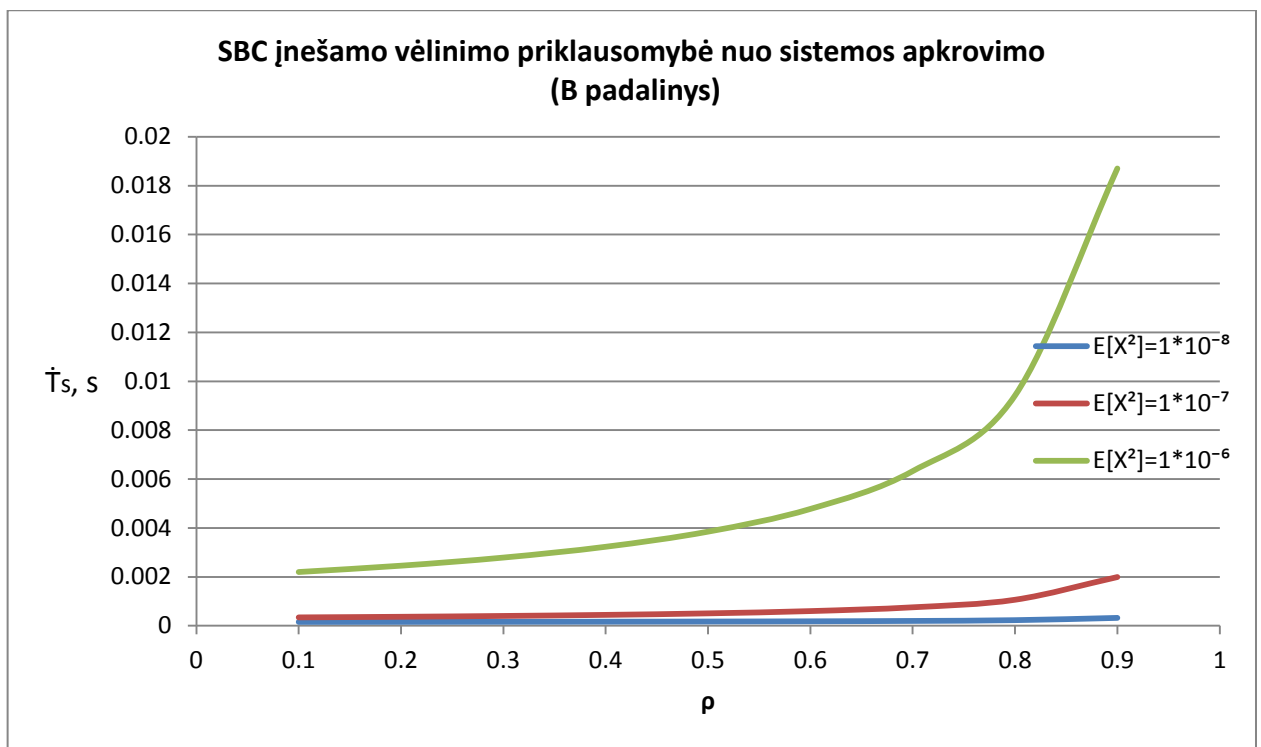
5.1.5 pav. \bar{N}_s priklausomybė nuo ρ (A padalinyje $E[X^2] = 6.74 \cdot 10^{-8}$, B - $E[X^2] = 3.62 \cdot 10^{-8}$)

Šios priklausomybės beveik nesiskiria nuo M/M/1 modelių gautų rezultatų, tačiau M/G/1 modelių atlikta analizė tiksliau įvertina srautų aptarnavimo charakteristikas, kuomet nežinomas paraiškų aptarnavimo trukmių skirstinys.

Analizuosime, kaip SBC įnešamą vėlinimą įtakoja sistemos apkrautumas, prie skirtingų paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmių. Tuo tikslu pasinaudodami skaičiavimais gautais duomenimis ir statistinėmis $E[X^2]$ reikšmėmis [30], nustatome grafines priklausomybes abiem padaliniam (5.1.6 ir 5.1.7 pav.).



5.1.6 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo ρ (A pad.) ($E[X^2] = 1 \cdot 10^{-8}$; $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-7}$; $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-6}$)



5.1.7 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo ρ (B pad.) ($E[X^2] = 1 \cdot 10^{-8}$; $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-7}$; $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-6}$)

Grafikuose atvaizduota SBC įnešamo vėlinimo priklausomybės nuo sistemos apkrautumo prie skirtingų paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmių. Iš pateiktų grafinių priklausomybių matyti, jog didžiausias SBC įnešamo vėlinimo augimas stebimas kai paraiškų aptarnavimo trukmės antrasis momentas $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-6}$. Prie tokios paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės, paketų vėlinimas neviršija 10 ms. rekomenduojamos reikšmės, kol sistemos apkrautumas neviršija 80% tiek A tiek B padaliniuose. Prie 90% sistemos apkrautumo, A padalinyje paketų vėlinimo reikšmės artėja prie 14 ms., o B padalinyje prie 19 ms, dėl skirtingo aptarnaujamų paketų intensyvumo dydžio.

5.2 Įmonės tinklo srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų tyrimas (balsas+duomenys), kuomet SBC prijungtas prie tinklo, naudojant Fast Ethernet technologiją

Tęsiame tyrimą prie tų pačių pradinių sąlygų kaip ir 5.1 skyriuje, tačiau įvertiname tai, kad SBC prie tinklo prijungtas naudojant Fast Ethernet technologiją, užtikrinant pralaidumą iki 100 Mbit/s.

Skaičiavimai analogiški 5.1 skyriuje atliktiems skaičiavimams, todėl čia pateiksime tik galutinius rezultatus (5.2.1 lentelė).

5.2.1 lentelė. Srautų aptarnavimo analizės M/M/1 modeliu rezultatai (B=100 Mbit/s)

B=100 Mbit/s	A padalinys	B Padalinys
μ , pak/s	23016	19990
ρ	0.118	0.186
\bar{N}_S , vnt	0.134	0.228
\bar{T}_S , s	$4.9 \cdot 10^{-5}$	$6.14 \cdot 10^{-5}$

Gauname, kad šiomis sąlygomis, A padalinyje sistemos apkrautumas tik 0.118. Prie tokio apkrautumo vidutinis paraiškų skaičius sistemoje 0.134 pak., o paketo vėlinimas $4.9 \cdot 10^{-5}s$ (0.049 ms). B padalinyje sistemos apkrautumas 0.186. Prie tokio apkrautumo vidutinis paraiškų skaičius sistemoje 0.228 pak., o paketo vėlinimas $6.14 \cdot 10^{-5}s$ (0.0614 ms). B padalinyje apkrautumas bei paketų vėlinimas gaunamas didesnis, nes didesnis aptarnaujamo srauto intensyvumas ir aptarnaujami didesnio dydžio paketai.

Galimi įvairūs srautų intensyvumai, todėl nustatome paketų buvimo sistemoje trukmės grafines priklausomybes nuo srauto intensyvumo (5.2.1 pav.). Toliau bus pateikiamos tik A

padalinio grafinės priklausomybės, nes B padalinio priklausomybės analogiškos ir jas galima nustatyti atlikus atitinkamus skaičiavimus.



5.2.1 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo λ (A padalinyje, $\mu=23016$ pak/s)

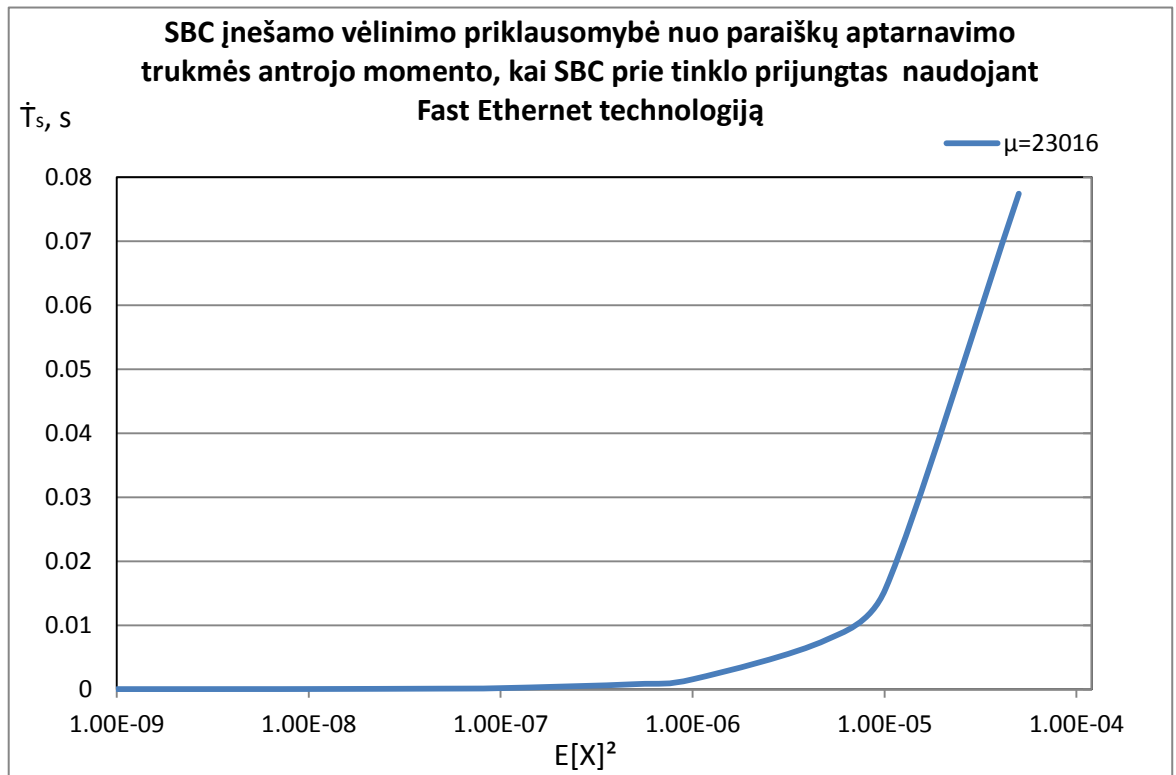
Iš pateikto grafiko matome, jog sistemoje naudojant Fast Ethernet technologiją srauto intensyvumo reikšmei priartėjus prie sistemos našumo didžiausios reikšmės, vėlinimas staiga kyla ir A padalinyje siekia 15 ms. Todėl galime daryti išvadą, kad norint jog sistema dirbtų stabiliai (paketo vėlinimo reikšmės neviršytų 10 ms), nereikėtų viršyti 95% sistemos apkrovimo ribos.

Atliekame analogiškus, kaip 5.1 skyriuje pateiktus skaičiavimus srautų analizei M/G/1 modeliu. 5.2.2 lentelėje pateikiame rezultatus.

5.2.2 lentelė. Srauto aptarnavimo analizės M/G/1 modeliu rezultatai (B=100Mbit/s)

B=100 Mbit/s	A Padalinys	B Padalinys
μ , pak/s	23016	19990
ρ	0.118	0.186
$E[X^2]$	$3.76 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$
\bar{N}_S , vnt	0.134	0.214
\bar{T}_S , s	$4.93 \cdot 10^{-5}$	$6.14 \cdot 10^{-5}$

Nubraižome grafinę SBC įnešamo vėlinimo priklausomybę nuo paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento (5.2.2 pav.).

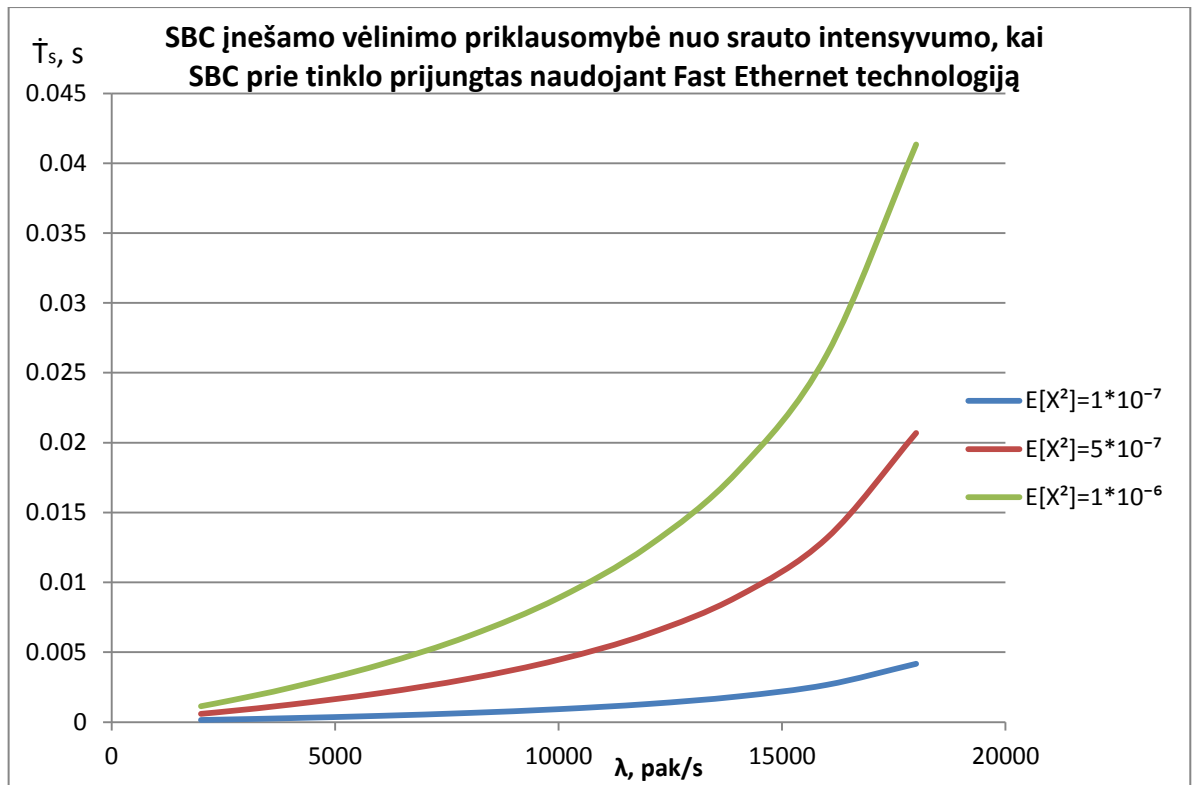


5.2.2 pav. \bar{T}_s priklausomybė nuo $E[X]^2$ (A padalinyje, $\mu=23016$)

Paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės panaudotos atvaizduojant 5.2.2 grafinę priklausomybę parinktos atsižvelgiant į atliktus skaičiavimus, bei statistinės analizės, atliktos [30] rezultatais.

Gauti rezultatai rodo, jog SBC įnešamas vėlinimas kinta nežymiai, kol paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės 10^{-9} - 10^{-6} eilės. Paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmei padidėjus iki 10^{-5} eilės reikšmės, paraiškų aptarnavimo vėlinimas smarkiai išauga ir artėjant prie 10^{-4} eilės paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės, vėlinimas artėja prie 80ms. reikšmės. Tokios vėlinimo reikšmės nepriimtinos aptarnaujant balso paslaugos paketus.

Kaip minėta anksčiau, galimi įvairūs srautų intensyvumai, todėl nustatome SBC įnešamo vėlinimo grafines priklausomybes nuo srauto intensyvumo.



5.2.3 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo λ (A padalinys, $\mu=23016$)

Grafike atvaizduota SBC įnešamo vėlinimo priklausomybė nuo srauto intensyvumo prie skirtingų paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmių. Iš pateiktų priklausomybių matome, jog paketų intensyvumas vėlinimą labiausiai įtakoja prie $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-6}$ reikšmės. Prie šios paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės paketų vėlinimas peržengia rekomenduojamą 10 ms. ribą, kai srauto intensyvumas viršija 10 000 pak/s reikšmę. Kai $E[X^2] = 5 \cdot 10^{-7}$, paketų vėlinimas viršija rekomenduojamą ribą, kuomet srauto intensyvumas viršija 15 000 pak/s reikšmę.

5.3 Įmonės tinklo srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų tyrimas (balsas+duomenys), kuomet srautą aptarnauja konkretus SBC įrenginys.

Šiame poskyryje įvertinsime konkretaus SBC įrenginio našumą. Pasirinkta „Ingate Systems“ kompanijos „SIParator“ produktų linija, kurių duomenys pateikti gamintojo techninėse specifikacijose [29]. Kitus duomenis imame iš ankstesnių skaičiavimų. Keleto „SIParator“ serijos SBC įrenginių pagrindiniai mums aktualūs duomenys pateikti 5.3.1 lentelėje.

5.3.1 lentelė. SIParator serijos SBC parametrai

Modelis	SIParator 21	SIParator51
Maksimalus viena­laikio ryšio seansų skaičius	15 sesijų	30 sesijų
Paketų aptarnavimo intensyvumas μ	2500 pak/s	7500 pak/s

„SIParator 21“ įrenginio srautų aptarnavimo analizės neatlikinėsime, kadangi iš 5.3.1 lentelėje pateiktų duomenų matome, jog šis įrenginys neatitinka reikalavimų mūsų analizuojamame tinkle. Ankstesniuose skaičiavimuose nustatyta, jog A padalinyje reikalinga mažiausiai 22, o B padalinyje – 18 viena­laikio ryšio seansų. Be to Įrenginio paketų aptarnavimo našumas mažesnis nei analizuojamos įmonės padaliniuose sukuriama paketų intensyvumas.

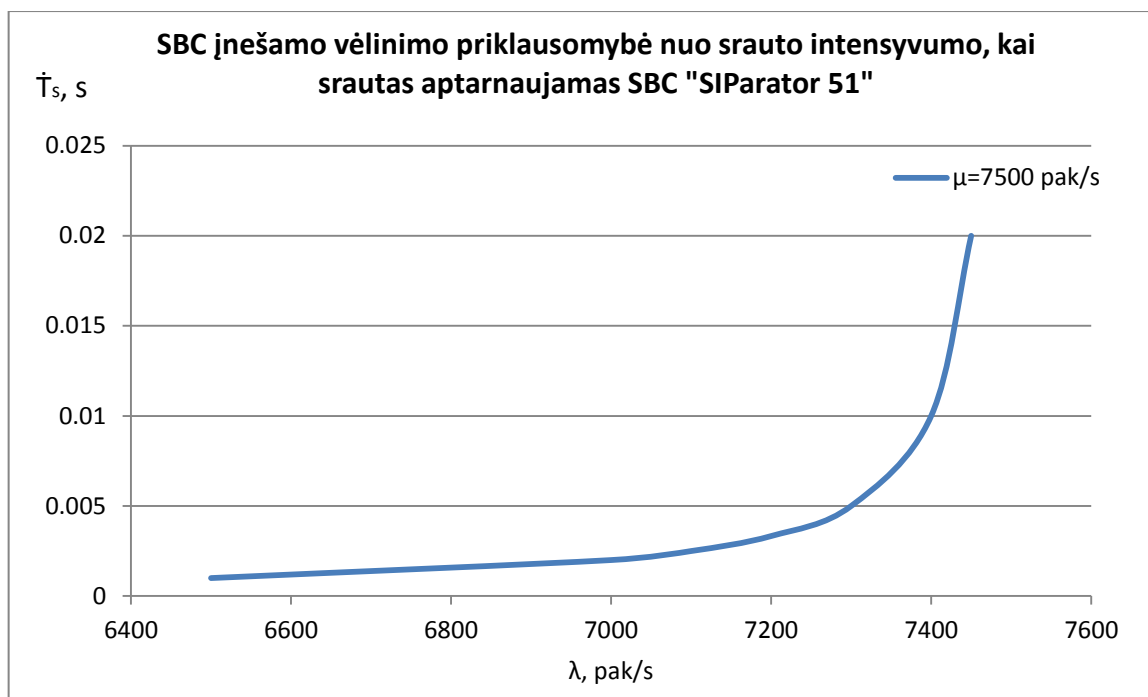
Atliekame srauto aptarnavimo analizę M/M/1 modelių. Visi skaičiavimai analogiškai prieš tai buvusiems, todėl 5.3.2 lentelėje pateikiame tik rezultatus.

5.3.2 lentelė. Srauto aptarnavimo analizė M/M/1 modelių (SIParator 51, $\mu=7500$ pak/s)

SIParator 51, $\mu=7500$ pak/s	A padalinys	B padalinys
ρ	0.36	0.495
\bar{N}_S , vnt	0.57	0.98
\bar{T}_S , s	$2.09 \cdot 10^{-4}$ (0.209 ms)	$2.64 \cdot 10^{-4}$ (0.264 ms)

Naudojant šį įrenginį A padalinyje sistema išnaudojama tik apie 36%, vidutinis paketų skaičius sistemoje 0.57 pak., o paketo vėlinimas apie 0.209 ms. B padalinyje sistema išnaudojama apie 49%, vidutinis paketų skaičius sistemoje 0.98 pak., o paketo vėlinimas apie 0.264 ms. B padalinyje sistemos apkrovimo ir SBC įnešamo vėlinimo reikšmės didesnės nei A padalinyje, dėl B padalinyje aptarnaujamo didesnio srauto intensyvumo, bei didesnio paketų dydžio.

Kadangi srauto intensyvumas nėra pastovus dydis, reikia įvertinti jo kitimą. Tuo tikslu nubraižome grafiką, kuriame atsispindi SBC įnešamo vėlinimo priklausomybė nuo srauto intensyvumo (5.3.1 pav).



5.3.1 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo λ (SIParator 51, $\mu=7500$ pak/s)

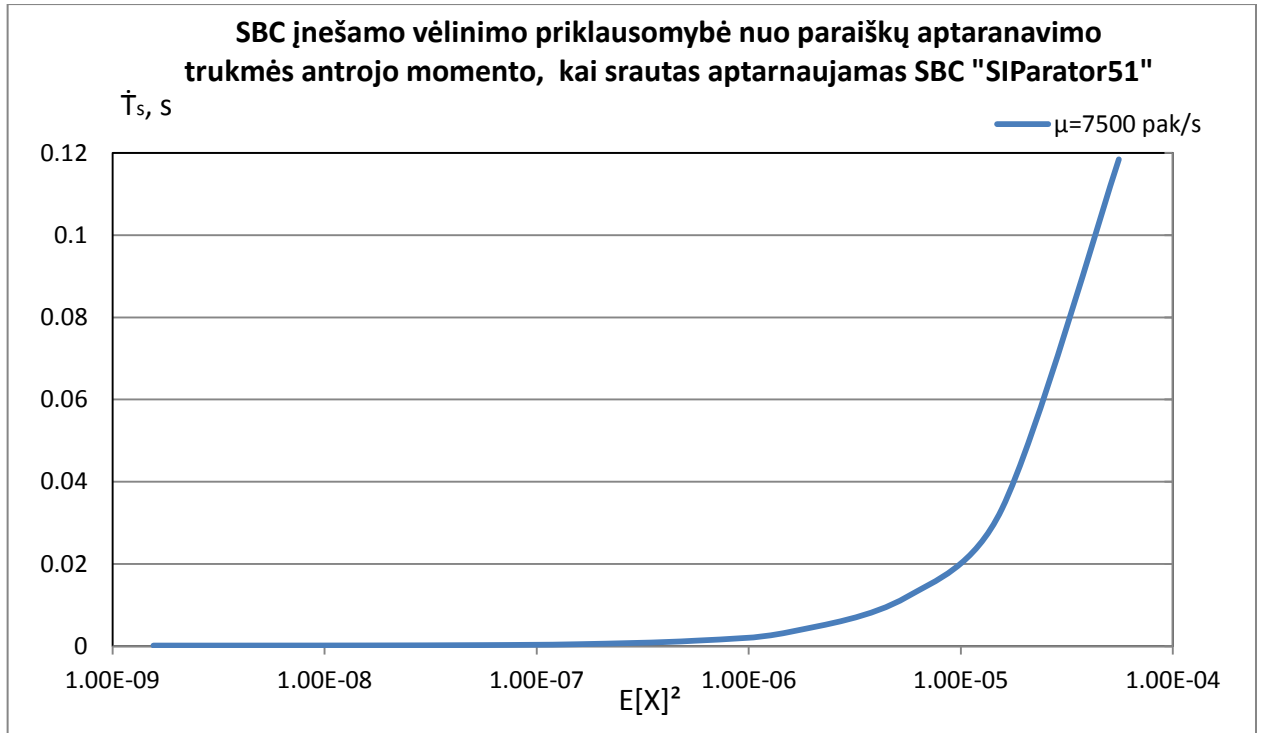
Skaičiavimai ir grafikas parodo, jog šis įrenginys gali stabiliai aptarnauti duomenų paketų srautus, kai jų intensyvumas neviršija 7400 pak/s reikšmės. Tokiomis sąlygomis paketo vėlinimas įrenginyje - $\bar{T}_S < 10$ ms. Viršijus šią ribą, paketų vėlinimas ima staiga augti ir artėjant prie maksimalios įrenginio našumo reikšmės, vėlinimas pasiekia 20 ms. Galime daryti išvadą, jog šis įrenginys tinkamas naudoti abiejuose tirtos įmonės padaliniuose, kadangi duomenų srauto intensyvumai juose neviršija įrenginio srauto aptarnavimo našumo vertės.

Atliekame analogišką analizę M/G/1 metodu ir 5.3.3 lentelėje pateikiame rezultatus.

5.3.3 lentelė. Srauto aptarnavimo analizė M/G/1 modeliu (SIParator 51, $\mu= 7500$ pak/s)

SIParator 51, $\mu= 7500$ pak/s	A padalinys	B padalinys
$E[X^2]$	$3.56 \cdot 10^{-8}$	$3.56 \cdot 10^{-8}$
\bar{N}_S , vnt	0.566	0.98
\bar{T}_S , s	$2.09 \cdot 10^{-4}$ (0.209 ms)	$2.64 \cdot 10^{-4}$ (0.264 ms)

Nubraižome grafinę SBC įnešamo vėlinimo priklausomybę nuo paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo moneto (5.3.2 pav.).

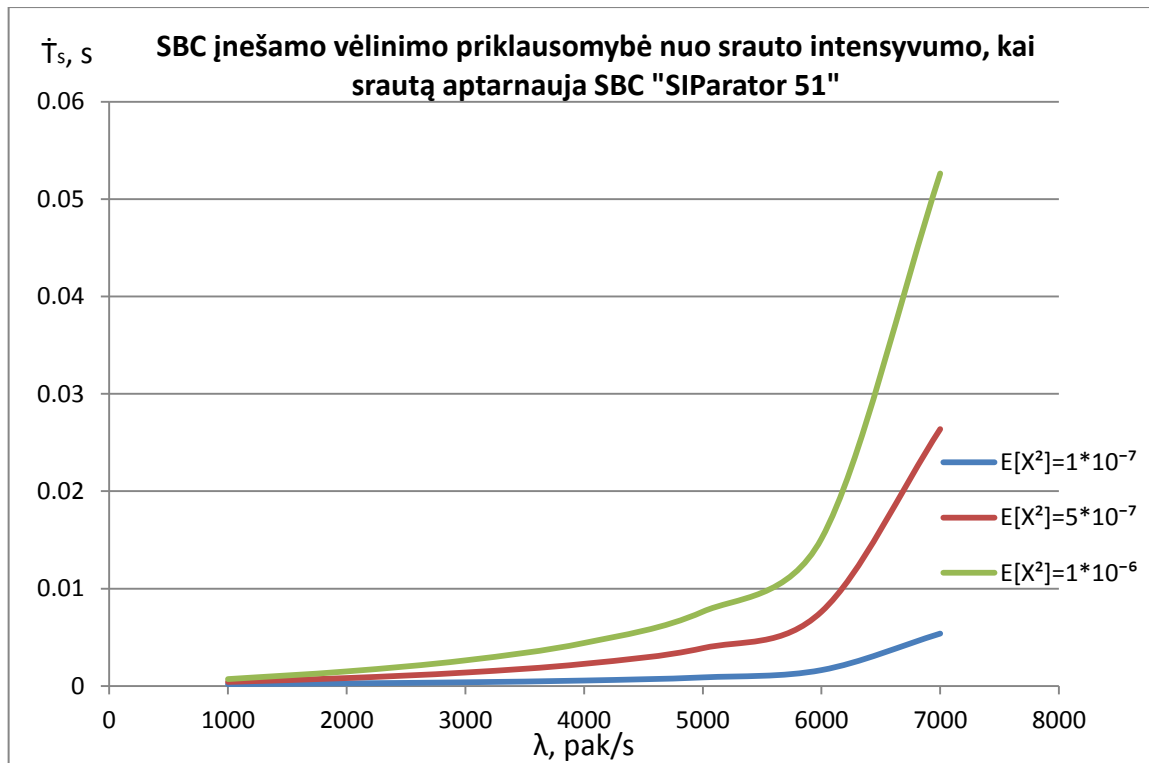


5.3.2 pav. \bar{T}_s priklausomybė nuo $E[X]^2$ (A padalinyje, $\mu=7500$ pak/s)

Paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės panaudotos atvaizduojant 5.3.2 grafinę priklausomybę parinktos atsižvelgiant į atliktus skaičiavimus, bei statistinės analizės, atliktos [30] rezultatais.

Paketų vėlinimo augimo tendencija pastebima tuomet, kai paraiškų aptarnavimo trukmės antrasis momentas viršija 10^{-6} eilės reikšmes. Mažesnės paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento atveju vėlinimas siekia 0.1-0.3 ms. reikšmes. Paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento dydžiui artėjant prie 10^{-4} eilės reikšmių, vidutinė paraiškų buvimo sistemoje trukmė (vėlinimas) artėja prie 120 ms.

Kaip ir ankstesniuose tyrimuose, galimi įvairūs srautų intensyvumai, todėl nustatome SBC įnešamo vėlinimo priklausomybes nuo srauto intensyvumo (5.3.3 pav.).

5.3.3 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo λ (A padalinys, $\mu=7500$)

Grafike atvaizduota SBC įnešamo vėlinimo priklausomybė nuo srauto intensyvumo prie skirtingų paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmių. Iš pateiktų priklausomybių matome, jog paketų intensyvumas SBC įnešamą vėlinimą labiausiai įtakoja prie $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-6}$ reikšmės. Prie šios paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės paketų vėlinimas peržengia rekomenduojamą 10 ms. ribą, kai srauto intensyvumas viršija apytiksliai 5500 pak/s reikšmę. Kai $E[X^2] = 5 \cdot 10^{-7}$, paketų vėlinimas viršija rekomenduojamą ribą, kuomet srauto intensyvumas viršija 6000 pak/s reikšmę. Galime daryti išvadą, jog jei įrenginiu aptarnausime srautą kurio intensyvumo reikšmė artima įrenginio našumo reikšmei, bus įnešami dideli paketų vėlinimai.

5.4 Įmonės tinklo srautų aptarnavimo kokybinių charakteristikų tyrimas (balsas+duomenys+signalizacija)

Šiuo atveju atliksime analogišką 5.1 skyriuje aprašytą tyrimą, tačiau skirtumas tas, kad prieš tai įvertinsime tai, kad perduodami ne tik balso ir duomenų perdavimo, bet ir signalizacijos paketai.

Tuo tikslu perskaičiuojame bendrą paketų intensyvumą padaliniuose, panaudodami duomenis gautus 4 skyriuje (5.4.1 lentelė).

5.4.1 lentelė. Padaliniuose sukuriama paketų intensyvumai

Padalinys	A	B
Balso paketų intensyvumas (pak/s)	1100	900
Duomenų paketų intensyvumas (pak/s)	1624	2814
Signalizacijos paketų intensyvumas (pak/s)	352	234
Balso+duomenų+signalizacijos pak. intensyvumas (pak/s)	3076	3948

Analogiškai kaip 5.1 skyriuje surandame duomenų pasirodymo tikimybes. Rezultatus pateikiame 5.4.2 lentelėje.

5.4.2 lentelė. Paketų pasirodymo tikimybės

<i>Padalinys</i>	<i>A</i>			<i>B</i>		
<i>Paketas</i>	P_B	P_D	P_S	P_B	P_D	P_S
<i>Pasirodymo tikimybė</i>	0.358	0.528	0.114	0.228	0.713	0.059

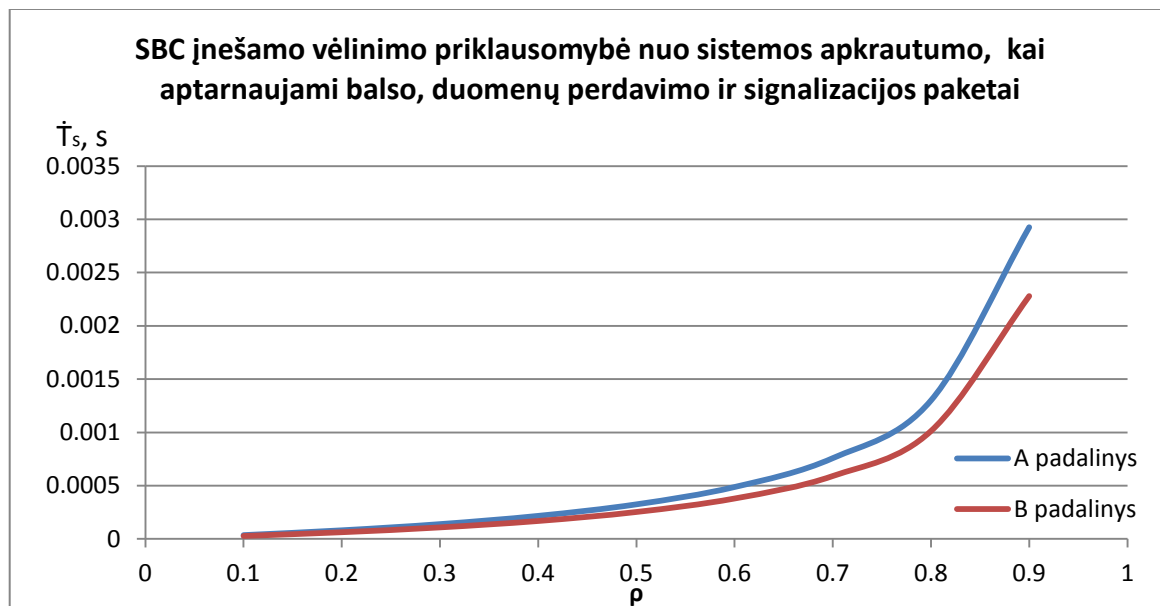
Perskaičiuojame vidutinius pasirodančių paketų dydžius, aptarnavimo intensyvumą ir kt. duomenis. Rezultatus pateikiame 5.4.3 lentelėje.

5.4.3 lentelė. Srauto aptarnavimo analizės M/M/1 modeliu rezultatai

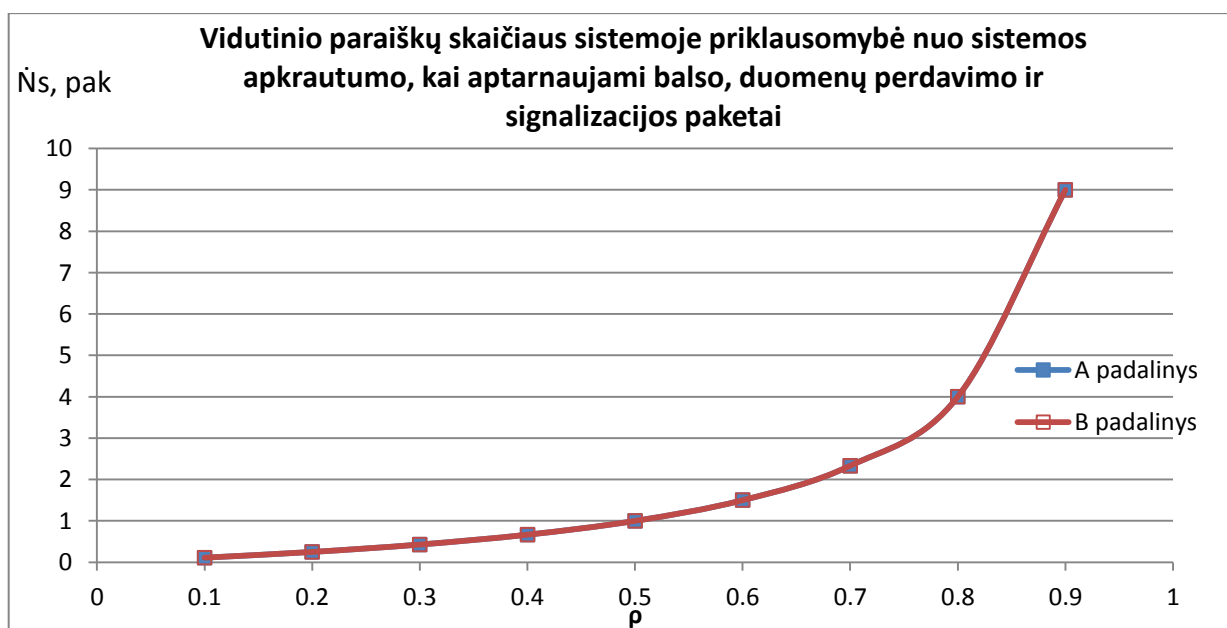
$\rho=0.5$	A padalinys	B padalinys
\bar{L}_{pak} , baitais	551.5	625.8
μ , pak/s	6125	7896
B , Mbit/s	27.14	39.53
\bar{N}_S , vnt.	1	1
\bar{T}_S , s	$3.25 \cdot 10^{-4}$ (0.325 ms)	$2.53 \cdot 10^{-4}$ (0.253 ms)

Pridėjus signalizacijos srautą, pasikeitė vidutinio aptarnaujamo paketo dydis, tačiau pokytis nežymus (A padalinyje padidėjo 8 baitais, B padalinyje tik 0,5 baito). Didesnių paketų aptarnavimui reikalingas ir šiek tiek didesnis paketų aptarnavimo intensyvumas, bei jų perdavimui reikalinga didesnė sparta (A padalinyje reikalinga apytiksliai 4 Mbit/s, B padalinyje apytiksliai 2,5 Mbit/s didesnė paketų perdavimo sparta).

Realiai sistemos apkrautumas gali kisti, tad galima nustatyti \bar{N}_S ir \bar{T}_S priklausomybes nuo sistemos panaudos faktoriaus ρ . Rezultatai pateikti 5.4.1 ir 5.4.2 pav.



5.4.1 pav. SBC įnešamo vėlinimo priklausomybė nuo sistemos apkrautumo (A padalinyje $\lambda=3076$ pak/s, B- $\lambda=3948$)



5.4.2 pav. Vidutinio paraiškų skaičiaus sistemoje priklausomybė nuo sistemos apkrautumo (A padalinyje $\lambda=3076$ pak/s, B- $\lambda=3948$)

Prisidėjęs signalizacijos srautas ryškios įtakos \bar{N}_S ir \bar{T}_S reikšmėms, lyginant su gautomis analizės metu, kada aptarnaujami tik balso ir duomenų perdavimo paketai, neturėjo. Paketų vėlinimo augimo tendencijos tos pačios - artėjant prie 100% sistemos išnaudojimo, paketų vėlinimo reikšmės artėja prie ∞ (sistema nebepajėgia stabiliai aptarnauti ateinančio srauto intensyvumo).

Vidutinio paraiškų skaičiaus sistemoje reikšmės vienodos abiejuose padaliniuose ir sutampa su 5.1 skyriuje gautais rezultatais.

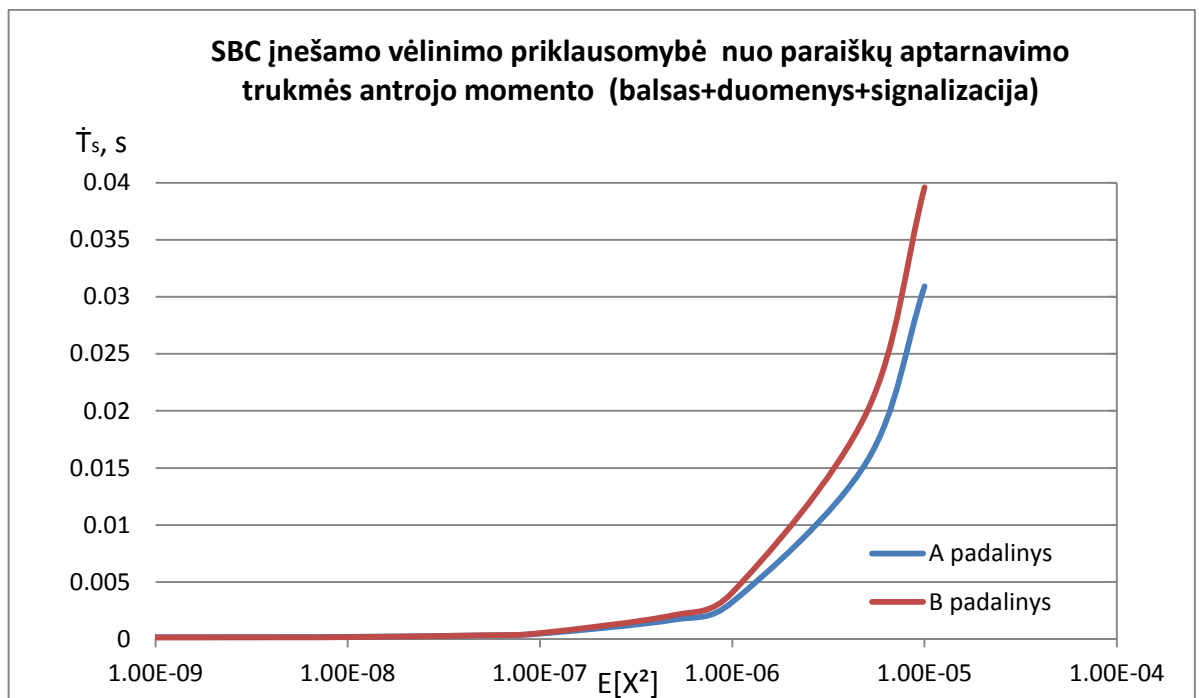
Kadangi sistema daugumoje atvejų aptarnaujami skirtingo tipo paketai (naudojamos ir balsų ir duomenų paslaugos), todėl galimas aptarnavimo trukmių pasiskirstymas ne pagal eksponentinį dėsnį. Tuo atveju tikslesniu modeliu laikomas M/G/1 modelis.

Atliekame analogiškus kaip 5.1 skyriuje pateiktus skaičiavimus ir rezultatus pateikiame 5.4.4 lentelėje.

5.4.4 lentelė. Srautų aptarnavimo analizės M/G/1 modeliu rezultatai ($\rho=0.5$)

$\rho=0.5$	A padalinys	B padalinys
$E[X^2]$	$5.28 \cdot 10^{-8}$	$3.2 \cdot 10^{-8}$
\bar{N}_s , vnt	1	1
\bar{T}_s , s	$3.25 \cdot 10^{-4}$	$2.53 \cdot 10^{-4}$

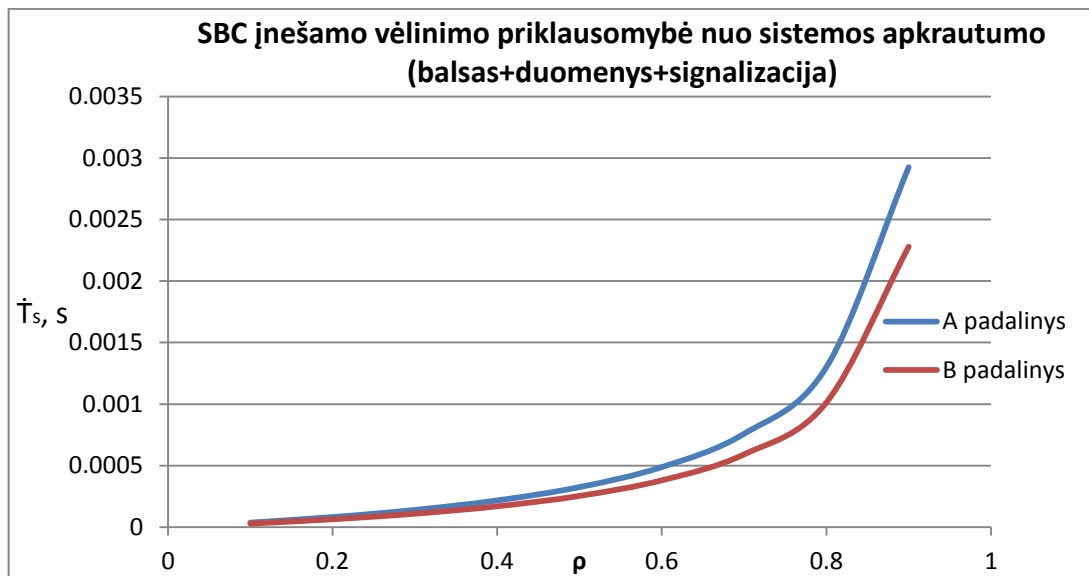
Dėl skirtingų srautų, paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmė gali būti ir didesnė, todėl nustatome grafinę \bar{T}_s priklausomybę nuo $E[X^2]$ (5.4.3 pav.).



5.4.3 pav. \bar{T}_s priklausomybė nuo $E[X^2]$ (A padalinyje $\lambda=3076$ pak/s, B- $\lambda=3948$)

Rezultatai analogiški 5.1 skyriuje 5.1.3 pav. gautiems rezultatams. Didėjant paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmei, vėlinimas didėja. Ryškus paketų vėlinimo augimas pastebimas kuomet paketų aptarnavimo trukmės antrasis momentas viršija $5 \cdot 10^{-6}$ reikšmę. Prisdėjęs signalizacijos srautas nežymiai padidina vidutinės paraiškų aptarnavimo trukmės dydį. A padalinyje prie $1 \cdot 10^{-5}$ paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės, paketų vėlinimas pasiekia 40 ms, kai tuo tarpu 5.1 skyriuje, 5.1.3 pav. gauta paketo vėlinimo reikšmė prie tokios pat paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmės apytiksliai 37 ms. B padalinio vėlinimo rezultatai, pridėjus signalizacijos srautą, taip pat skiriasi apytiksliai 3 ms. dydžiu.

Grafinė SBC įnešamo vėlinimo priklausomybė nuo sistemos apkrautumo bei paraiškų skaičiaus priklausomybė nuo sistemos apkrautumo pavaizduota 5.4.4 ir 5.4.5 pav.



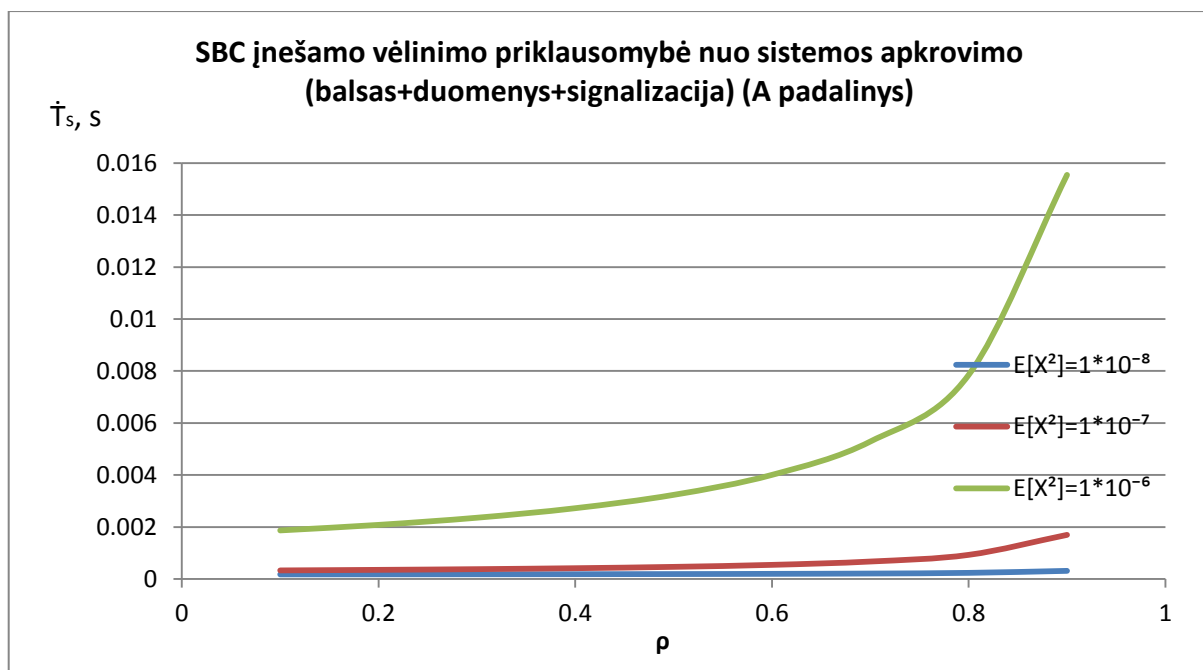
5.4.4 pav. \bar{T}_S priklausomybė nuo ρ (A padalinyje $E[X^2] = 5.28 \cdot 10^{-8}$, B - $E[X^2] = 3.2 \cdot 10^{-8}$)



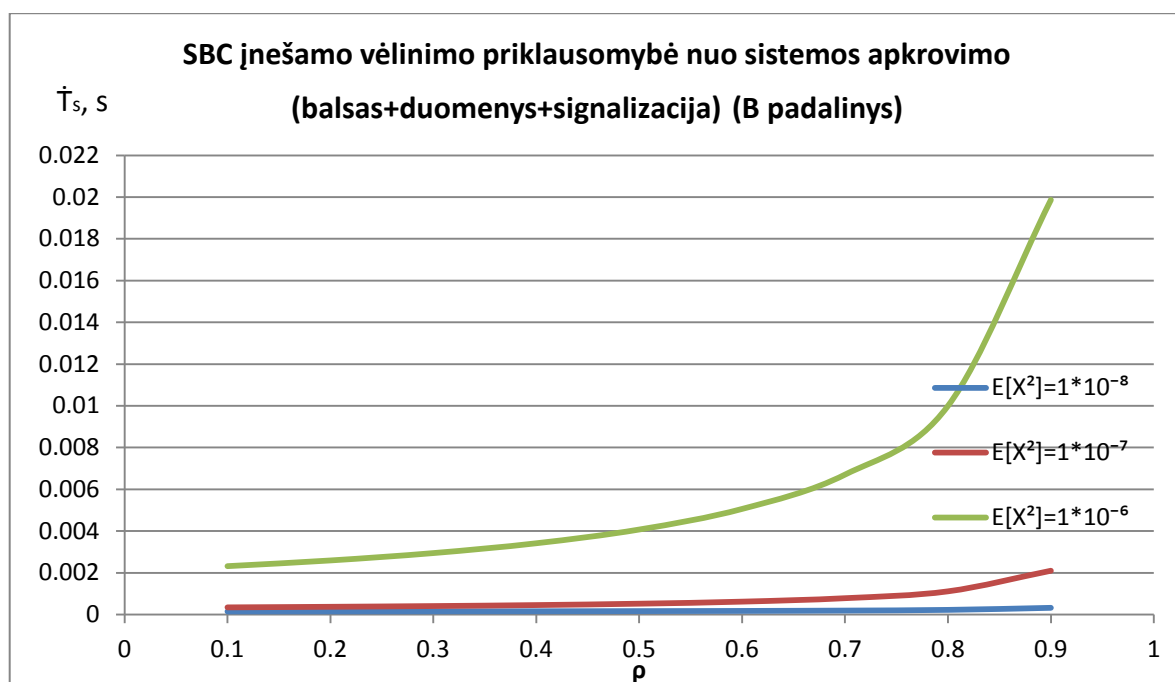
5.4.5 pav. \bar{N}_s priklausomybė nuo ρ (A padalinyje $E[X^2] = 5.28 \cdot 10^{-8}$, B - $E[X^2] = 3.2 \cdot 10^{-8}$)

Šios priklausomybės beveik nesiskiria nuo M/M/1 modeliu gautų rezultatų. SBC įnešamo vėlinimo reikšmės lyginant su 5.1 poskyryje 5.1.4 gautais rezultatais gaunamos 0.1-0.3 ms. dydžio mažesnės. Taip atsitinka, dėl skirtingų paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmių.

Analizuosime, kaip SBC įnešamą vėlinimą įtakoja sistemos apkrautumas, prie skirtingų paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmių. Tuo tikslu pasinaudodami skaičiavimais gautais duomenimis ir statistinėmis $E[X^2]$ reikšmėmis, nustatome grafines priklausomybes abiem padaliniam (5.4.6 ir 5.4.7 pav.).



5.4.6 pav. \bar{T}_s priklausomybė nuo ρ (A pad.) ($E[X^2] = 1 \cdot 10^{-8}$; $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-7}$; $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-6}$)



5.4.7 pav. \bar{T}_s priklausomybė nuo ρ (A pad.) ($E[X^2] = 1 \cdot 10^{-8}$; $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-7}$; $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-6}$)

Grafikuose atvaizduota SBC įnešamo vėlinimo priklausomybės nuo sistemos apkrautumo prie skirtingų paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento reikšmių. Iš pateiktų grafinių priklausomybių matyti, jog didžiausias SBC įnešamo vėlinimo augimas stebimas kai paraiškų aptarnavimo trukmės antrasis momentas $E[X^2] = 1 \cdot 10^{-6}$. Prie tokios paraiškų aptarnavimo

trukmės dispersijos reikšmės, paketų vėlinimas neviršija 10 ms. rekomenduojamos reikšmės, kol sistemos apkrautumas neviršija 80% tiek A tiek B padaliniuose. Prie 90% sistemos apkrautumo, A padalinyje paketų vėlinimo reikšmės artėja prie 16 ms., o B padalinyje prie 20 ms, dėl skirtingo aptarnaujamų paketų intensyvumo dydžio. Šios priklausomybės pokytis nežymus, nuo gautų 5.1 poskyryje 5.1.6 ir 5.1.7, kadangi prisidėjęs signalizacijos srautas nedidelis.

Išvados

1. Atlikta mokslinių šaltinių analizė parodė, jog mažai žinoma apie SBC tenkančias apkrovas, perduodamų srautų aptarnavimo kokybines charakteristikas, įvertinant perduodamų srautų įvairovę.
2. Atliekant technologinių klausimų (panaudojimo) analizę nustatyta, kad SBC atlieka ne tik signalizacijos ar informacinių srautų valdymą, bet ir įneša į tinklą papildomų funkcijų, tokių kaip: tinklo adresų transliacija, topologijos slėpimas, skambučio priėmimo kontrolė, šifravimas, apsauga, stebėseną.
3. Analizuotam atvejui, kai aptarnaujami balso ir duomenų paketai, o sistemos apkrova neviršija 50%, nustatyta, kad SBC įnešamas vėlinimas neviršija 0,36 ms.
4. Tyrimo metu nustatyta, kad, kai SBC prie tinklo prijungtas, naudojant Fast Ethernet technologiją, SBC įnešamas vėlinimas prie paraiškų aptarnavimo trukmės antrojo momento $E[X^2] \geq 1 \cdot 10^{-6}$, neviršija 1,6 ms reikšmės. Tačiau didėjant aptarnaujamų paraiškų srautui, prie srauto intensyvumo $\lambda=12000$ pak/s, viršijama rekomenduojama 10 ms. riba.
6. Įvertinant SBC „SIParator 51“ našumą, nustatyta, kad šio įrenginio įnešamas vėlinimas sudaro 0,209 ms., tad rekomenduojamos paketų vėlinimo ribos neviršijamos.
5. Srautų aptarnavimo analizės metu pastebėta, kad signalizacijos paketų srauto intensyumas įneša nežymų paketų vėlinimo reikšmių padidėjimą – kai, $E[X^2] \geq 1 \cdot 10^{-6}$ signalizacijos srautas įneša apytiksliai 0.3 ms. papildomą vėlinimą. Tai sudaro apytiksliai 9% bendro vėlinimo (3.2 ms) reikšmės.

Literatūros sąrašas

1. Jonathan Cumming. Session Border Control in IMS. An analysis of the requirements for Session Border Control in IMS networks. Data Connection Limited, 2005. -33 p.
2. Ivan Gagro, Robert Cavor. SBC implementation in Next Generation networks (NGN). MIPRO 2010, Opatja, Croatia. – 6p.
3. Menghui Yang, Hua Liu, Tonghong Li. Implementation and Performance for Lawful Intercept of VoIP calls based on SIP Session Border Controller. IEEE, 2010. 2635-2642 p.
4. Eunsung Park, Dongsu Seong, Keonbae Lee. The Improvement of SBC for a Multipoint Conference in a Ubiquitous Environment. Information Science and Applications (ICISA), 2010 International Conference on Seoul. -5p.
5. Komorita S, Yokota H, Dutta A, Makaya C, Das S, Chee D, Lin F,J, Schulzrinne Henning. User-transparent reconfiguration method for self-organizing IP multimedia subsystem. Computers and communications (ISCC), 2011 IEE Symposium on Kerkyra. - 1137-1144 p.
6. M. Boucadair, P. Morand, I. Borges, M. Tomsu. Enhancing the Serviceability and the Availability of IMS-Based Multimedia Services: Avoiding Core Service Failures. The Second International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, 2008 IEEE. -6p
7. ITU-T. ITU-T Recommendation Y.2001 (12/2004)- General overview of NGN. [žiūrėta 2014-04-7]. Prieiga per internetą: < <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/definition.aspx>>
8. Emmanuel Bertin, Imen Ben Yahia, Noel Crespi. Modeling IMS services. Journal of Mobile Multimedia, Vol. 3, No.2 (2007). 150-167p.
9. Naotaka Morita. Functional Architecture Model of NGN. ITU-T Workshop on „Next Generation Networks“. Hanoi, Vietnam, 15-16 May 2006. -16p.
10. Oscar Gonzalez Soto. NGN Network Architecture. ITU/BDT Regional Seminar on Costs and Tariffs for Member Countries of the Tariff Group for Africa (TAF). Midrand, South Africa, June 2005. -31p.
11. ITU-T. General principles and general reference model for Next Generation Networks, ITU-T REC.Y.2011, 10/2004. -34p.

12. Abdul Quyyum Butt, NGN, Next Generation Networks, 2013/5/2. -22p. [Žiūrėta 2014-04-28] Prieiga internete: < <http://www.slideshare.net/abdulquyyum/ngn-next-generation-networks>>
13. 2.1.3 Paveikslėlis. [Žiūrėta 2014-04-29] Prieiga internete: < http://www.ntt.co.jp/ir/library_e/nttis/2009spr/rd.html>
14. 2.2.1 Paveikslėlis. [Žiūrėta 2014-05-01] Prieiga internete: < http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/WG3_Security/ADHOCs/TSGS3_ADHOC_MAP_IMS_Sophia/Docs/PDF/S3z010100.pdf>
15. Samuel Dratwa, The Core Network, NGN & IMS, PowerPoint Presentation, LOGTEL, 2013. -36p. [Žiūrėta 2014-04-01] Prieiga internete: < <http://www.slideshare.net/samueldr/ngn-ims>>
16. CommVerge Solutions, IP Multimedia Subsystem (IMS). [Žiūrėta 2014-05-01] Prieiga internete: < <http://www.commverge.com/Solutions/NextGenerationNetworksNGN/IPMultimediaSubsystemIMS/tabid/171/Default.aspx>>
17. IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2. (3GPP TS 23.228 version 11.10.0 Release 11), 2013-12. -292p. [Žiūrėta 2014-05-02] Prieiga internete: < http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123200_123299/123228/11.10.00_60/ts_123228v111000p.pdf>
18. KJ (Ken) Salchow Jr. Introduction to the IP Multimedia Subsystem (IMS): IMS Basic Concepts and Terminology. F5 Networks, Inc., 2007. -4p.
19. Simon ZNATY, Jean-Louis Dauphin, IP Multimedia Subsystem: Principles and Architecture. -11p.
20. Jim Hodges, Session Border Controllers: Addressing Tomorrow's Requirements. Heavy Reading, white paper, september 2011. -14p.
21. Sonus, The Evolution of Session Border Control. Sonus Networks, Inc. 2012. -8p.
22. Jon Hardwick, Session border controllers – Enabling the VoIP Revolution, 2005. -52p.
23. Cisco Unified Border Element (SP Edition) on Cisco ASR 1000 series. [Žiūrėta 2014-06-09] Prieiga internete: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/asr-1000-series-aggregation-services-routers/white_paper_c11-540690.html
24. SIP Call Flows. [Žiūrėta 2015-05-16] Prieiga internete: <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cata/186_188/3_0/english/administration/guide/sip/sip30ad/SIP88APH.html>

25. A. Jarutis. Telekomunikacijų tinklų projektavimo metodiniai nurodymai. Kaunas: Technologija, 2011. – 75 p.
26. R. Rindzevičius. Teletrafiko teorija. Kaunas: Technologija, 2004. -248 p.
27. A. Jarutis. S. Simkute. QoS Analysis in IMS Network. Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2001. –No.6(112). 43-46 p.
28. ITU-T. Recommendation G.114. One-way transmission time.2003/05. - 14p. [Žiūrėta 2015-05-09] Prieiga internete: < <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.114-200305-I/en>>
29. Ingate SIParator techninė specifikacija. [Žiūrėta 2015-05-09] Prieiga internete: < https://www.ingate.com/files/Ingate_SIParator_21_20120323.pdf>
30. Gedmatas, Remigijus. Signalizacijos informacijos perdavimo IP tinklais tyrimas. Daktaro disertacija. 2010, Kaunas. 115 psl.

Priedai

1 Priedas. Duomenys balso paslaugos apkrovų ir kt. duomenų nustatymui

Padalinys A	Padalinys B
<p> $-N_A = 120$ VoIP telefono aparatų; $-y_A = 0,1 \text{ Erl}$ - vidutinis vieno telefono aparato sukuriamos apkrovos intensyvumas; $-k_{A_{vidaus}}^b = 60\%$ - A padalinio sukurto balso informacijos srauto įmonės viduje liekanti dalis; $-k_{A_{PSTN}}^b = 40\%$ - A padalinio sukurto balso informacijos srauto PSTN tinklui tenkanti dalis; $-k_{A_A}^b = 70\%$ - A padalinio viduje liekanti balso informacijos srauto dalis (iš įmonės viduje likusio srauto); $-k_{A_B}^b = 30\%$ - balso informacijos srauto dalis perduodama nuo A padalinio B padaliniui (iš įmonės viduje likusio informacijos srauto). </p>	<p> $-N_{B_{TA}} = 80$ VoIP telefono aparatų; $-y_B = 0,1 \text{ Erl}$ - vidutinis vieno telefono aparato sukuriamos apkrovos intensyvumas; $-k_{B_{vidaus}}^b = 60\%$ - B padalinio sukurto balso informacijos srauto įmonės viduje liekanti dalis; $-k_{B_{PSTN}}^b = 40\%$ - B padalinio sukurto balso informacijos srauto PSTN tinklui tenkanti dalis; $-k_{B_B}^b = 70\%$ - B padalinio viduje liekanti balso informacijos srauto dalis (iš įmonės viduje likusio srauto); $-k_{B_A}^b = 30\%$ - balso informacijos srauto dalis perduodama nuo B padalinio A padaliniui (iš įmonės viduje likusio informacijos srauto). </p>

2 Priedas. Pradiniai duomenys duomenų paslaugos srautų nustatymui

A padalinys	B padalinys
<p> $-N_{A_{PC}} = 80$ - personalinių kompiuterių duomenų paslaugoms; $-\lambda_{A_{PC}} = 50 \text{ pak/s}$ - paketų perdavimo intensyvumas iš vieno PC; $-L_{PC} = 750 \text{ baitų}$ - vidutinis duomenų paketų ilgis iš PC; $-k_{PC} = 0.7$ koeficientas įvertinantis vienu metu dirbančių kompiuterių skaičių $-k_{A_{vidaus}}^d = 60\%$ - įmonės viduje liekančio duomenų srauto dalis; $-k_{A_{Internet}}^d = 40\%$ - į interneto tinklą perduodamo duomenų srauto dalis; $-k_{A_A}^d = 55\%$ - A padalinio viduje liekančio duomenų srauto dalis (iš įmonės viduje likusio srauto); $-k_{A_B}^d = 45\%$ - duomenų srauto dalis, perduodama iš A padalinio B padaliniui (iš įmonės viduje likusio duomenų srauto). </p>	<p> $-N_{B_{PC}} = 120$ - personalinių kompiuterių duomenų paslaugoms; $-\lambda_{B_{PC}} = 50 \text{ pak/s}$ - paketų perdavimo intensyvumas iš vieno PC; $-L_{PC} = 750 \text{ baitų}$ - vidutinis duomenų paketų ilgis iš PC; $-k_{PC} = 0.7$ koeficientas įvertinantis vienu metu dirbančių kompiuterių skaičių $-k_{B_{vidaus}}^d = 60\%$ - įmonės viduje liekančio duomenų srauto dalis; $-k_{B_{Internet}}^d = 40\%$ - į interneto tinklą perduodamo duomenų srauto dalis; $-k_{B_A}^d = 55\%$ - A padalinio viduje liekančio duomenų srauto dalis (iš įmonės viduje likusio srauto); $-k_{B_A}^d = 45\%$ - duomenų srauto dalis, perduodama iš A padalinio B padaliniui (iš įmonės viduje likusio duomenų srauto). </p>

3 Priedas. Antraščių ir pranešimų dydžiai

Antraštės	Dydis (baitais)
Eterneto antraštė - $l_{ethernet}$	38
IP antraštė - l_{IP}	20
UDP antraštė - l_{UDP}	8
SIP pranešimai	Dydis (baitais)
INVITE - l_{INVITE}	901
407 - l_{407}	731
100 - l_{100}	292
180 - l_{180}	515
200 - l_{200}	598
ACK - l_{ACK}	537
BYE - l_{BYE}	331

4 Priedas. Pranešimų dydžiai pridėjus antraštes

SIP pranešimai	Dydis (baitais)
INVITE - $l_{INVITE} + l_{antr}$	967
407 - $l_{407} + l_{antr}$	797
100 - $l_{100} + l_{antr}$	358
180 - $l_{180} + l_{antr}$	581
200 - $l_{200} + l_{antr}$	664
ACK - $l_{ACK} + l_{antr}$	603
BYE - $l_{BYE} + l_{antr}$	397