

Duomenų perdavimo tinklo apkrautumo skaičiavimas

D. Eidukas, A. Valinevičius, G. Vilutis, Š. Kilius, T. Vasylius

Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas,

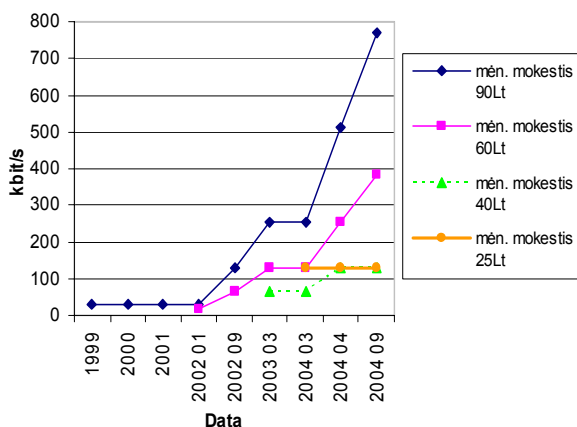
Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva, tel.: +370 37 351389, +370 612 72169,

el. p. algimantas.valinevicius@ktu.lt

Įvadas

Daugėjant kompiuterių turinčių namų ūkių, sparčiai daugėja ir interneto vartotojų. Vartotojų skvarbos didėjimas leidžia sumažinti transportavimo, tinklų valdymo bei priežiūros išlaidas, todėl masiškumas – viena svarbiausių prielaidų, leidžiančių atpiginti internetą. Kartu vartotojų nebetenkina ir vienas seniausių ir plačiai naudotų prisijungimo prie interneto būdų – jungimas telefono linija naudojant modemą. Net ir sparčiausi modemai leidžia telefono linijomis perduoti duomenis tik 56 kbit/s greičiu.

Atsiradus alternatyvams, t.y. ne telefono linija, prisijungimo prie interneto poreikiui, pirmieji vartotojai daugiabučiuose gyvenamuosiuose namuose buvo jungiami radijo ryšiu. Aukšta perdavimo įrangos bei paslaugų kaina ilgą laiką sunkino paslaugų plėtrą. Tačiau daugėjant vartotojų, apie 2001 – 2002 metus daugelis interneto paslaugų teikėjų pradėjo diegti vietinius kompiuterių tinklus, jungiančius kelis ar keliolika daugiabučių namų. Šiais tinklais vartotojai gali keistis informacija, prisijungti prie interneto daug didesne sparta, nei leido modemas, telefono linija ar radijo ryšys. 1 pav. pavaizduota, kaip didėja vienam interneto vartotojui teikiamas srautas.



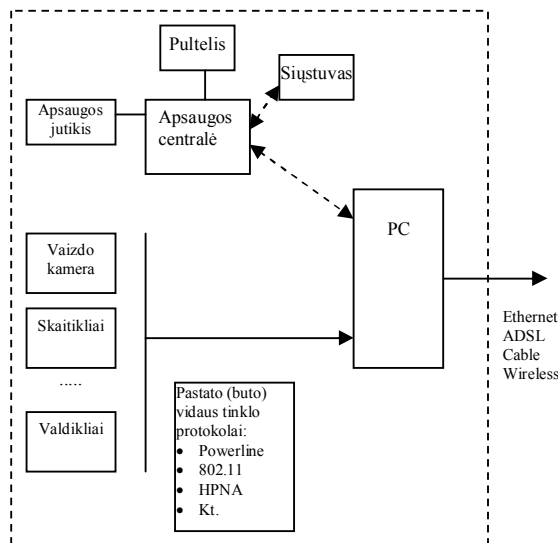
1 pav. Duomenų srauto, suteikiamo vienam vartotojui, didėjimas

Didesnė interneto sparta bei nuolatinis kompiuterio prijungimas prie interneto įgalina vartotojus naudoti

daugiau ir kartu geresnės kokybės paslaugų. Anksčiau paslaugos apsiribojo el. paštu, interneto svetainių peržiūra ar duomenų bylų persiuntimu, bet ilgainiui atsirado ir daugiau paslaugų, kurioms teikti reikalinga vis spartesnė interneto prieiga (3 pav.).

Pastato valdymo sistemų pranešimų perdavimas internetu

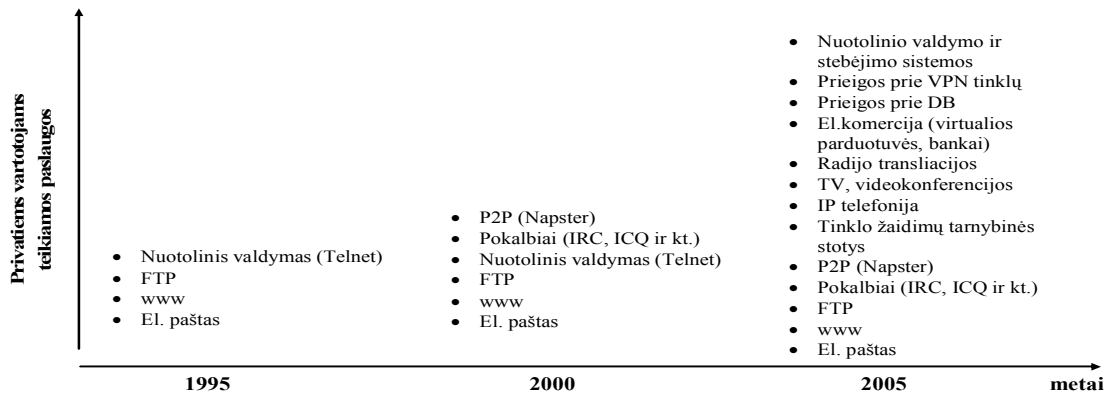
Plačiajuostė interneto prieiga gali būti panaudota pastato valdymo sistemų pranešimams perduoti, kadangi ja galima perduoti įvairių tipų bei apimties duomenis. Tuo tarpu kitų priegų (telefono linijos, mobiliojo GSM ryšio ir kt.) galimybės yra ribotos [1].



2 pav. Integruotos pastato valdymo sistemos struktūrinė schema

2 pav. pavaizduota pastato sistemų jungimo struktūrinė schema. Valdant visas sistemas centralizuotai, galima pasiekti didesnę efektyvumą – sumažinti eksploatacijos išlaidas ir užtikrinti didesnę patogumą gyventojams:

- energijos valdymas – šildymo, vėdinimo, elektros sistemos, diagnostika, automatinis skaitiklių duomenų nuskaitymas;



3 pav. Privatiems vartotojams teikiamų paslaugų augimas

- apsauga – apsaugos sistemos valdymas, pavojaus signalų ir pranešimų perdavimas, vaizdo stebėjimas;
- telemedicina – vaikų, senyvo amžiaus žmonių priežiūra;
- pastato automatizavimas – įvairių jutiklių kontrolė, sistemų automatinis valdymas.

Toks pranešimų perdavimas taikomas ir medicinos reikmėms. Pacientui implantuotas stebėjimo įtaisas gali perduoti gydytojams duomenis apie širdies darbo sutrikimus. Remdamasis nestabilumo padidėjimu, elektrokardiograma bei kitais fiziologiniais duomenimis, įtaisas gali informuoti apie pavojingą būklę 10 – 11 dienų anksčiau, nei pacientas pajus kokius nors simptomus [2].

Interneto tinklo pralaidumo poreikio įvertinimas

Naujų interneto paslaugų plėtra (IP telefonija, video konferencijos, bankų paslaugos) bei interneto panaudojimas svarbiems pranešimams perduoti (apsauga, telemedicina ir pan.) kelia didelius reikalavimus ryšio kokybei ir patikimumui.

Tyrinėjant LAN teikiamų paslaugų kokybės priklausomybę nuo komutacinių mazgų sujungimo linijų pralaidumo bei tos linijos apkrautumo, t.y. vartotojų, kurie nori gauti tam tikrą tinklo teikiamų paslaugų rinkinį, skaičiaus, pastebėta, kad tikslinga šias paslaugas skirstyti į dinaminio bei stabilaus duomenų perdavimo greičio reikalaujančias paslaugas. Kadangi TCP/IP protokolai sudaryti taip, kad būtų maksimaliai išnaudojamas duomenų pralaidumas LAN tinklu, tai sunku apskaičiuoti, kokia sparta vartotojai gauna jiems reikalingas paslaugas. Skaičiavimo netikslumų atsiranda todėl, kad vartotojų prisijungusių tuo pačiu tinklu prie LAN, skaičius yra kintamas dydis, taip pat negalima pamiršti, jog kiekvienas vartotojas nori skirtingų paslaugų. Todėl siūloma atlikti aproksimaciją, kuri leistų įvertinti vidutiniškai vieno vartotojo konkrečių paslaugų poreikį ir tik tuomet atlikti skaičiavimus.

Pirmiausia būtina nustatyti, kokius parametrus turi tenkinti ta paslauga, bei išanalizuoti LAN schemą. Analizuodami schemą, nustatome ne tik komutacinių mazgų pralaidumą, bet ir kokios spartos linijomis jie yra sujungti. Jas dar skirstome į visiškai arba iš dalies apkrautas. Iš dalies apkrautos linijos – tai tokios linijos, kurių:

$$DTR_{real}^i < DTR_{MAX}^i; \quad (1)$$

čia DTR_{real}^i – i -tosios komutacinės linijos momentinė duomenų perdavimo spartos vertė; DTR_{MAX}^i – i -tosios komutacinės linijos maksimali galima duomenų perdavimo spartos vertė.

Kadangi atliekami skaičiavimai susiję su teikiamų paslaugų kokybe, tai nustatomi minimalūs keitimosi duomenimis greičiai, kuriuos turi užtikrinti esamos linijos. Kaip jau buvo minėta, vartotojui reikia užtikrinti tam tikrą keitimosi duomenimis greitį DTR . Tarkim, LAN'e yra tik viena paslauga (FTP paslauga). Šios paslaugos keitimosi duomenimis sparta priklauso nuo bendro vartotojų, besinaudojančių tomis pačiomis komutacinėmis linijomis, skaičiaus bei nuo vartotojų, kurie FTP paslaugą gauna kitomis linijomis, bet iš tų pačių FTP tarnybinių stočių, skaičiaus. Norint žinoti, ar i -toji komutacinė linija, kuri į bendrą tinklą prijungia tik vieną potinklį, tenkina reikalavimus, reikia nustatyti, ar vartotojai, esantys tame potinklyje, pateiks FTP paslaugą kokybės parametruose pasirinkta sparta DTR_{FTP} . Šis dydis randamas taip:

$$DTR_{FTP} = \frac{DTR_{MAX}^{i0} \cdot K_0}{\frac{L_{FTP}^{LAN}}{L_{\Sigma}} \cdot L^{i0}}; \quad (2)$$

čia DTR_{MAX}^{i0} – maksimaliai galima i -tosios linijos duomenų perdavimo sparta; K_0 – atsargos koeficientas, įvertinantis komutacinių linijų duomenų perdavimo apkrovą piko metu; L_{FTP}^{LAN} – vidutinis tuo pačiu metu FTP paslauga besinaudojančių LAN vartotojų skaičius; L_{Σ} – bendras LAN vartotojų skaičius; L^{i0} – per i -tąją liniją prie LAN tinklo prijungtų vartotojų skaičius (šiuo atveju potinklio vartotojų skaičius).

Tačiau padidėjus vartotojų poreikiams, šiuolaikiniai LAN tinklai teikia ne vien tik FTP paslaugas. Tokiu atveju tarkim, kad LAN'e yra $J+1$ paslaugų skaičius ir kad tik vienai paslaugai (FTP paslaugai) reikia kintamos duomenų perdavimo spartos, o LAN paslaugų teikėjo (provaiderio) kokybės parametruose šios spartos ribinė vertė didesnė už visų teikiamų LAN paslaugų spartą. Tokiu atveju

užtikrinus vartotojams šią spartą visos kitos paslaugos bus teikiamos kokybiškai. Tada (2) formulė įgauna tokią išraišką:

$$DTR_{FTP}^{i0} = \frac{DTR_{MAX}^{i0} \cdot K_0 - \sum_{j=1}^J \frac{L_j^{LAN} \cdot DTR_j}{L_{\Sigma}} \cdot L^{i0}}{\frac{L_{FTP}^{LAN}}{L_{\Sigma}}}; \quad (3)$$

čia L_j^{LAN} – vidutinis visame LAN'e j -tąja paslauga naudojančiųsi aktyvių vartotojų skaičius; DTR_j – j -tąjai paslaugai užtikrinti reikalingas duomenų perdavimo greitis, J – LAN'e teikiamų paslaugų skaičius.

Projektuojant bei eksploatuojant didelius LAN tinklus, kurie savo aprėptimi prilygsta MAN tinklams, interneto paslaugų teikėjai priversti kelis potinklius sujungti duomenų perdavimo linijomis nuosekliai arba prie vieno potinklio prijungti kelis papildomus potinklius (išplėstos žvaigždės atveju /extensive star case/). Kai i -toji duomenų perdavimo linija prijungia prie LAN i -tąjį potinklį, o prie šio potinklio per $i1, i2, \dots, iM$ linijas lygiagrečiai prijungiama M papildomų potinklių, tai tokiu atveju (3) formulė tinka skaičiuoti, jei tenkinama sąlyga

$$DTR_{real}^{i1, \dots, iM} < DTR_{MAX}^{i1, \dots, iM}. \quad (4)$$

Tačiau jeigu prie i -tojo potinklio lygiagrečiai prijungtu kitų potinklių linijų pralaidumai riboja gaunamų paslaugų perdavimo spartą, t.y.

$$DTR_{real}^{i1, \dots, iM} = DTR_{MAX}^{i1, \dots, iM}, \quad (5)$$

kur $DTR_{real}^{i1, \dots, iM}$ ir $DTR_{MAX}^{i1, \dots, iM}$ – prie vartotojų potinklio prijungtų kitų potinklių faktinės ir maksimaliai leistinos keitimosi duomenimis spartos, tokiu atveju (5) formulė įgauna šitokią pavidalą:

$$DTR_{FTP}^{i0} = \frac{DTR_{MAX}^{i0} \cdot K_0 - \sum_{j=1}^J \frac{L_j^{LAN} \cdot DTR_j}{L_{\Sigma}} \cdot L_{ik} - \sum_{m=1}^M DTR_{MAX}^{im}}{\frac{L_{FTP}^{LAN}}{L_{\Sigma}} \cdot L_{ik}}}; \quad (6)$$

čia L_{ik} – prie i -tosios linijos prijungto k -tojo potinklio vartotojų skaičius; DTR_{MAX}^{im} – prie k -tojo potinklio prijungtų kitų potinklių ($i1, iM$) duomenų perdavimo linijų maksimali sparta.

Neretai LAN paslaugų teikėjus domina, koks yra ribinis vartotojų skaičius kiekvienoje tinklo atšakoje, kuriam esant teikiamos visos paslaugos. Ribinį vartotojų skaičių L'_{lim} galima būtų apskaičiuoti taip transformavus (6) formulę:

$$L'_{lim} = \frac{DTR_{MAX}^{i0} \cdot K_0 - \frac{DTR'_{FTP} \cdot L_{FTP}^{LAN} \cdot L_{ik} - \sum_{m=1}^M DTR_{MAX}^{im}}{L_{\Sigma}}}{\sum_{j=1}^J \frac{L_j^{LAN} \cdot DTR_j}{L_{\Sigma}} \cdot L_{ik}}}; \quad (7)$$

čia DTR'_{FTP} – FTP paslaugos ribinė duomenų perdavimo sparta, kuri turi būti garantuojama kiekvienam prie LAN tinklo prisijungusiam vartotojui.

Ši formulė gali padėti atlikti skaičiavimus, reikalingus tinklo reorganizacijos ar plėtros darbams. Tai vienas iš būdų, kurie leidžia preliminariai prognozuoti tinklo apkrovimą didėjant vartotojų skaičiui. Taip pat galima apytiksliai prognozuoti, kuriam laikui vartotojų poreikius tenkins esama tinklo struktūra bei jo pralaidumas.

Potinklio apkrautumo skaičiavimas

Remiantis (6) formule buvo atliktas potinklio apkrautumo skaičiavimas. Nustatytos vartotojų naudojamos paslaugos bei kiekvienos paslaugos teikimui užtikrinti reikalinga duomenų perdavimo sparta.

Vartotojui teikiamas paslaugas pagal tai, iš kur siunčiami duomenys bei kokia galima maksimali duomenų perdavimo sparta, galima suskirstyti į dvi grupes:

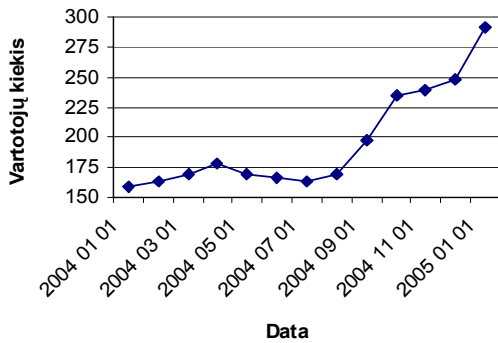
- tinklo viduje teikiamos paslaugos. Prie jų priskiriama: FTP, vidiniai tinklo žaidimų tarnybinės stotys, radijo transliacijos, duomenų persiuntimas tarp atskirų to paties tinklo vartotojų;
- paslaugos, kai duomenys siunčiami iš interneto (kitų interneto paslaugų teikėjų tinklų). Tai interneto svetainės, išorinės FTP tarnybinės stotys, el. paštas, pokalbių svetainės ir kt.

Naudojantis pirmosios grupės paslaugomis, maksimalią duomenų perdavimo spartą riboja tik duomenų šaltinis bei tinklo apkrovimas. Iš paminėtų paslaugų didžiausia sparta reikalinga duomenims persiųsti tarp atskirų vartotojų bei iš FTP tarnybinių stočių. Atsižvelgdami į siunčiamų bylų dydį, tariame, kad minimali vartotojus tenkinanti sparta – 5 Mbit/s. Radijo stočių transliacijoms priklausomai nuo suspaudimo laipsnio reikia 64–128 kbit/s spartos, o žaidžiant žaidimus tinkle, pakanka 64–96 kbit/s spartos.

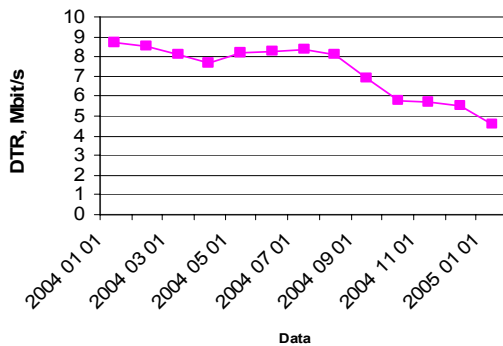
Naudojantis antrosios grupės paslaugomis, maksimalią duomenų perdavimo spartą riboja vartotojo pasirinktas paslaugų planas. Analizuojamame tinkle vartotojai gali pasirinkti tokios duomenų perdavimo spartos paslaugų teikimo planus: 128 kbit/s, 256 kbit/s, 512 kbit/s arba 768 kbit/s. Įvertinus vartotojų pasiskirstymą, vidutinė duomenų siuntimo iš interneto sparta – 145 kbit/s.

Atliekant skaičiavimus, buvo įvertinta, kiek vartotojų tuo pat metu naudojasi atskiromis paslaugomis. Tinklą stebint nustatyta, kad piko metu duomenis siunčia bei vidinėmis FTP tarnybinėmis stotimis naudojasi iki 5% vartotojų; vidiniame tinkle retransliuojamų radijo stočių klausosi 1,5% vartotojų; tinklo žaidimus žaidžia 2% vartotojų. Taip pat užfiksuota, kad internetu piko metu naudojasi iki 50 % vartotojų. Tačiau tuo pat metu iš šių vartotojų tik apie 20 % aktyviai siunčia duomenis bei panaudoja duomenų kanalą (pavyzdžiui, naršant internete, duomenys iš interneto svetainės siunčiami tik dalį laiko, kitu metu svetainės turinys skaitomas, todėl kanalas lieka laisvas).

Remiantis 4 pav. pateiktu vartotojų skaičiaus augimu, buvo atliktas potinklio apkrautumo skaičiavimas. 5 pav. pateikti skaičiavimo rezultatai. Didėjant vartotojų skaičiui, mažėja jiems suteikiama sparta. 2005 m. 12 mėn. nukrinta žemiau 5 Mbit/s ribos.



4 pav. Vartotojų skaičius potinklyje



5 pav. Vartotojui suteikiamos spartos kitimas

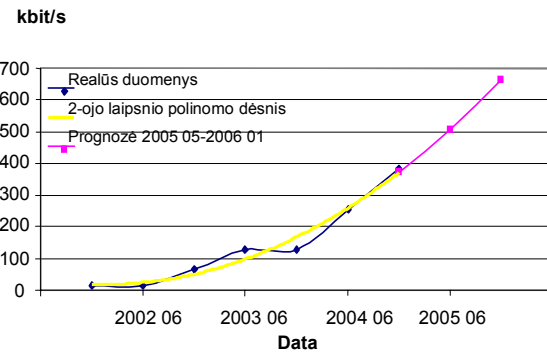
Esant atsargos koeficientui $K_0=0,8$, tirtasis potinklis prie viso LAN tinklo yra prijungtas mažo pralaidumo duomenų perdavimo linija. Siekiant patenkinti vartotojų poreikius, 100 Mb/s linija turi būti pakeista į didesnio pralaidumo liniją ($DTR_{FTP} < 5\text{Mb/s}$ priešastis – viršytas ribinis vartotojų skaičius bei padidėjęs L_{FTP}^{LAN}). Pakeitus šią liniją į 1 Gb/s spartos liniją, rodiklis tampa $DTR_{FTP} > 5\text{Mb/s}$, o tai jau tenkina mūsų pasirinktas sąlygas.

Potinklio apkrautumo prognozavimas

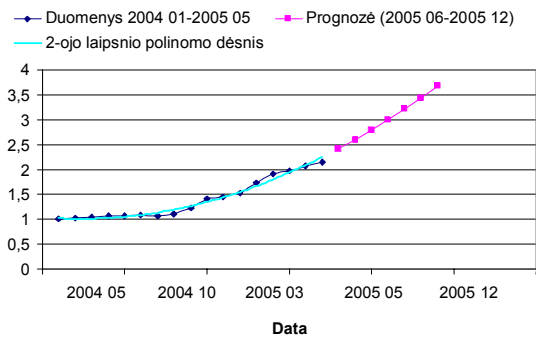
Atliekant esamo duomenų perdavimo tinklo reorganizavimo ar plėtros darbus, būtina iš anksto prognozuoti vartotojų skaičiaus augimą ir kaip tai atsilies teikiamų paslaugų kokybei. Pagal tai galima parinkti optimalią tinklo struktūrą ir atitinkamo pralaidumo duomenų perdavimo įrangą. Šiuos skaičiavimus galima atlikti remiantis (6) formule.

Prognozuojant būtina įvertinti ne tik vartotojų skaičiaus kitimą, bet ir kiekvienam vartotojui teikiamo duomenų srauto augimą. Aproximacija atliekama 2-ojo laipsnio polinomu remiantis turimais duomenimis, kurie pateikti 1 pav. 6 pav. pavaizduotas prognozuojamas vartotojui teikiamo duomenų srauto augimas 2005 m.

8 pav. pavaizduotas santykinis vartotojų augimas potinklyje. Prognozuota iki 2005 m. 12 mėn. pagal vartotojų skaičiaus kitimą nuo 2004 m. sausio mėnesio iki 2005 m. gegužės mėnesio. Remiantis atliktais skaičiavimais, vartotojų skaičius nuo 2004 m. sausio mėnesio iki 2005 m. gruodžio mėnesio gali išaugti 3,6 karto.

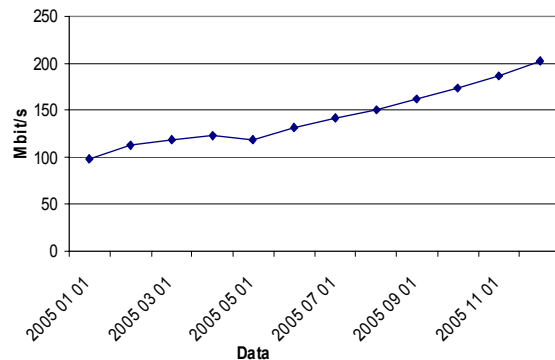


7 pav. Vartotojui teikiamo duomenų srauto kitimas



8 pav. Santykinis vartotojų prieaugis

9 pav. pavaizduotas minimalus reikalingas tinklo pralaidumas, kurį būtina užtikrinti didėjant vartotojų skaičiui. Remiantis vartotojų skaičiaus ir vartotojų poreikių augimo prognoze bei naudojantis (6) formule, apskaičiuota, kad, norint užtikrinti vartotojams 5Mbit/s duomenų siuntimo spartą, analizuojamo potinklio magistralinių linijų pralaidumas 2005 m. gruodžio mėnesį turėtų būti ne mažesnis kaip 203 Mbit/s.



9 pav. Potinklio apkrautumas

Išvados

Naujų interneto paslaugų plėtra (IP telefonija, video konferencijos, bankų paslaugos) bei interneto panaudojimas svarbesniems pranešimams perduoti (apsauga, telemedicina ir pan.) kelia didelius reikalavimus ryšio kokybei ir patikimumui.

Išnagrinėtas vienas iš būdų, leidžiančių preliminariai prognozuoti tinklo apkrovimą didėjant vartotojų skaičiui. Taip pat galima apytiksliai prognozuoti, kiek laiko vartotojų poreikius tenkins esama tinklo struktūra bei jo pralaidumas.

Atliekant esamo duomenų perdavimo tinklo reorganizavimo ar plėtros darbus, būtina iš anksto prognozuoti vartotojų skaičiaus augimą ir kaip tai atsilieps teikiamų paslaugų kokybei. Pagal tai galima parinkti optimalią tinklo struktūrą ir atitinkamo pralaidumo duomenų perdavimo įrangą.

Literatūra

1. **Kilius Š., Valinevičius A., Vilitis G.** Interneto vartotojų poreikių dinamikos analizė // IT 2005: Konferencijos pranešimų medžiaga, I tomas. ISBN 9955-09-788-4. Kaunas: Technologija, 2005. – P. 329–333.
2. **Philip E. Ross.** Managing Care Through the Air. IEEE Spectrum, December 2004. – P. 17–19.
3. **Atkočiūnas Š., Vilitis G.** Kompiuterinio tinklo efektyvumo tyrimas // IT 2004: Konferencijos pranešimų medžiaga. ISBN 9955-09-588-1. Kaunas: Technologija, 2004. P. 263-264.
4. **Balaišis P.; Eidukas D., Kavoliūnas R., et al.** Research of network efficiency of information transmission // ITI 2004: Proceedings of the 26th International Conference on Information Technology Interfaces, June 7–10, 2004, Cavtat, Croatia. Zagreb, 2004. – P. 587–592.

Pateikta spaudai 2005 04 26

D. Eidukas, A. Valinevičius, G. Vilitis, Š. Kilius, T. Vasylius. Duomenų perdavimo tinklo apkrautumo skaičiavimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 8(64) – P. 22-26.

Daugėjant kompiuterių turinčių namų ūkių, sparčiai daugėja ir interneto vartotojų. Vartotojų skvarbos didėjimas leidžia sumažinti transportavimo, tinklų valdymo bei priežiūros išlaidas, todėl didėja vartotojams teikimo prisijungimo prie interneto sparta. Staigus interneto vartotojų skaičiaus augimas bei interneto paslaugų plėtra reikalauja iš anksto prognozuoti vartotojų skaičiaus augimą ir kaip tai atsilieps teikiamų paslaugų kokybei. Pagal tai galima parinkti optimalią tinklo struktūrą ir atitinkamo pralaidumo duomenų perdavimo įrangą.

Pateikta metodika gali padėti atlikti skaičiavimus, reikalingus tinklo reorganizavimo ar plėtros darbams. Tai vienas iš būdų, leidžiančių preliminariai prognozuoti tinklo apkrovimą didėjant vartotojų skaičiui. Ši metodika leidžia prognozuoti, kuriam laikui vartotojų poreikius tenkins esama tinklo struktūra bei jos komutacinių linijų pralaidumas. Il.9, bibl.4 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų kalbomis).

D. Eidukas, A. Valinevičius, G. Vilitis, Š. Kilius, T. Vasylius. Information Network Loading Evaluation // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 8(64) – P. 22–26.

As the result of the increase of households, which have a computer, the number of Internet users increased too. Greater throughput and permanent connection of a computer to the Internet enables the users to get more and more qualified services. The development of new Internet services and the use of the Internet to transmit important messages raise quite high requirements to the quality and reliability of the connection. As there is a high increase of Internet users, it is very important to predict the load of network during the network development. Some problems appear when there is a need to find the transfer rate of services that reaches the users through local network because network's throughput is divided to the users dynamically and the number of connected users, at the same time, always changes. Il. 9, bibl.4 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian.).

Д. Эйдукас, А. Валинявичюс, Г. Вилутис, Ш. Килиус, Т. Василюс. Расчет нагрузки информационных сетей // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 8(64). – С. – 22-26.

С увеличением числа пользователей персональным компьютером растет и число потребителей интернета. Это позволяет уменьшить затраты на внедрение, содержание и управление информационными сетями. Одновременно это требует прогнозирования и расчета потребностей и нагрузки сетей, чтобы обеспечить оптимальную структуру и выбрать соответствующее оборудование.

Предложенная методика позволяет проводить расчеты при реорганизации и расширении информационных сетей, прогнозировать потребности потребителей и пропускную способность коммутационных линий. Ил. 9, библи.4 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).