

Telekomunikacijų inžinerija T 180

MOBILAUS DUOMENŲ PERDAVIMO SISTEMŲ PASLAUGŲ PASIEKIAMUMO UŽTIKRINIMO TYRIMAS

Dmitrijus Balčiūnas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: dima_balciunas@yahoo.com

Santrauka. Nagrinėjamos GSM pagrindu sukurtų mobiliojo ryšio sistemų, veikiančių nepalankiose sąlygose, duomenų perdavimo charakteristikos. Analizuojamos šių duomenų perdavimo tinklų paslaugų pasiekiamumo sąlygos. Aptariami duomenų perdavimo sistemų charakteristikų valdymo ir analizės būdai, taip pat parametru pagerinimo būdai. Analizuojant garantuojamo duomenų perdavimo sistemų kūrimo sąlygas paminėtos ir kelių duomenų perdavimo sistemų apjungimo į vieną visumą galimybės. Siekiant patobulinti duomenų perdavimo charakteristikas atliekami modeliavimai optimaliems protokolams pasirinkti ir sudaromos rekomendacijos patobulinto protokolo kūrimui.

Reikšminiai žodžiai: mobilusis tinklas, duomenų perdavimas, protokolai, GSM, 3G, UMTS.

Įvadas

Augant visuomenės poreikiams ir vystantis šiuolaikinėms technologijoms vis didesni reikalavimai keliami garantuotam duomenų perdavimui.

Pagrindiniais bevieliais ryšio kanalais, mobiliuose sistemose, neretai pasirenkamos 2,5G – GPRS/EDGE, 3G – HSDPA, ar 4G – WiMax sistemos. Tačiau esami tinklai negali būti vadinami garantuoto pasiekiamumo ar garantuojamų parametru sistemomis, tad nuolat vykdomi jų tobulinimo darbai (McCabe 2007).

Patikimas ryšys su garantuojamais parametrais ypač svarbus greitojo reagavimo tarnyboms. Pvz., gaisrininkų, gelbėtojų ar apsaugos tarnybų ekipažams, kuriems reikalingas specifinės informacijos pateikimas su mažiausiais įmanomais vėlinimais ir didžiausia sparta. Šiais atvejais tai gali būti ir video ir foto medžiaga iš įvykio vietos.

Galima teigti, kad tai yra aktualus darbas, nes mobilieji operatoriai veikiami trijų pagrindinių veiksnių turi pereiti prie kokybiškai naujai vertinamų paslaugų lygių. Vienas iš šių veiksnių, žinoma, vartotojai, kurie pagrįstai pageidauja kokybiškų paslaugų. Suteikiamų paslaugų kokybė turėtų būti deklaruojama sutartyse su mobiliojo perdavimo paslaugų operatoriais. Taip pat svarbus veiksnys yra ir valstybinės reguliavimo institucijos bei Europos sąjungos įstatyminė bazė ir, žinoma, ryšių reguliavimo tarnybų reikalavimai. Trečiasis aspektas – tai sveika rinkos konkurencija. Jei vieni mobilieji operatoriai gali garantuoti savo klientams kokybiškas paslaugas ir pamatuoti šių suteikiamų paslaugų kokybę kiekybiniais parametrais, apie kuriuos bus kalbama šiame darbe – jie yra pranašesni

už tuos, kurie savo paslaugų kokybės negarantuoja (Laiho *et al.* 2005).

Darbe yra analizuojama skirtingų prioritetinių protokolų įtaka mobilaus duomenų perdavimo sistemų paslaugų pasiekiamumo užtikrinimui.

Mobilus duomenų perdavimo kokybės charakteristikos

Šiame skyriuje analizuojamos mobilųjų duomenų perdavimą aprašančios charakteristikos. Tiriama būdai, kuriais galima užtikrinti duomenų perdavimo parametru pagerinimą.

Šiuolaikiniuose mobilus duomenų perdavimo tinkluose, pradedant nuo 3G (UMTS), galima lanksčiai konfigūruoti kai kuriuos tinklo parametrus (ETSI TS 123 107 V8.0.0 2009). Parametru korekcija turi būti atliekama tik po išsamios analizės ir testų. Šie parametrai dažniausiai vadinami vartotojų duomenų aptarnavimo tinkle kokybės rodikliais QoS (angl. *Quality of Service*).

Svarbios charakteristikos, įtakančios duomenų perdavimą, tai paketų atėjimo tvarka, didžiausias leidžiamas paketas, sugadintų paketų kontrolės ypatumai, didžiausias leidžiamas klaidingai persiūtų bitų skaičius, paketų vėlinimas, didžiausioji sparta, garantuojama sparta ir vartotojo duomenų prioritetasis.

Skirtingi mobiliųjų paslaugų vartotojai yra „jautrus“ vienam ar keliems duomenų perdavimo kokybės parametru pokyčiams. Jei esamas parametras yra mažesnis, pavyzdžiui sparta, ar didesnis, pavyzdžiui vėlinimas, nei to reikalauja aplikacija, ji arba nefunkcionuoja, arba funkcionuoja nekokybiškai.

Mobiliojo tinklo operatorius konkrečiam prioritetiniam vartotojui teoriškai gali garantuoti duomenų perdavimo paslaugos prieinamumą. Didelės apkrovos atveju operatorius vartotojo duomenų paketams gali suteikti tam tikrą prioritetą. Duomenų paskirstymas į prioritetų grupes ir kokybinių parametru valdymas iš dalies realizuotas GPRS technologijoje, tačiau GPRS atveju yra užtikrinama tik patikimumo klasė. Kiti parametrai yra geriausių pastangų tipo (angl. *best effort*). Jie užtikrinami tik esant galimybei tai padaryti (Kajackas 2005).

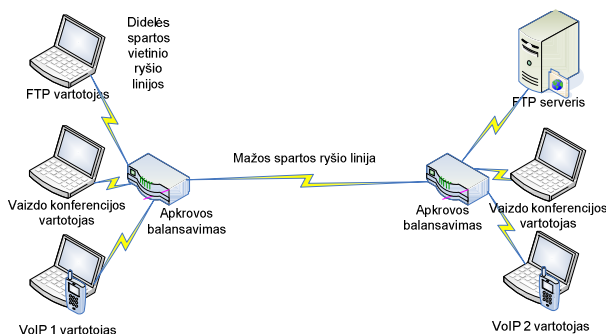
Mobilus duomenų perdavimo kokybę ir atitinkamai paslaugų pasiekiamumą galima pagerinti keliais būdais:

- duomenis skirstant į prioritetų grupes ir naudojant specialius protokolus;
- naudojant kelis lygiagrečius duomenų perdavimo kanalus;
- tobulinant vartotojų terminalus ir naudojant pagalbinį serverį mobiliajame duomenų perdavimo tinkle;
- tobulinant TCP/IP grupės protokolus ir kuriant naujus protokolus, skirtus mobiliam duomenų perdavimui.

Modeliavimas

Šioje darbo dalyje tiriama duomenų rūšiavimo perdavimo metu protokolų įtaka duomenų perdavimo spartai ir vėlinimui. Modeliuojamas mobilus, mažos spartos kanalas, kuriuo ribinėmis sąlygomis perduodami kelių skirtingų vartotojų tipų duomenys. Kiekvienam duomenų srautui suteikiami jam būdingi parametrai. Modeliavimas vykdomas OPNET paketu, modelio schema pavaizduota 1 pav.

Modeliavimo metu surenkama statistika, leidžianti išsiaiškinti kiekvieno protokolo ypatumus (Evans *et. al.* 2007). 1 lentelėje nurodomi modeliavimo metu naudojami parametrai.



1 pav. Modeliuojamas tinklas

Fig. 1. Modelled network

1 lentelė. Modeliavimo metu naudojami parametrai

Table 1. Parameters used in modelling

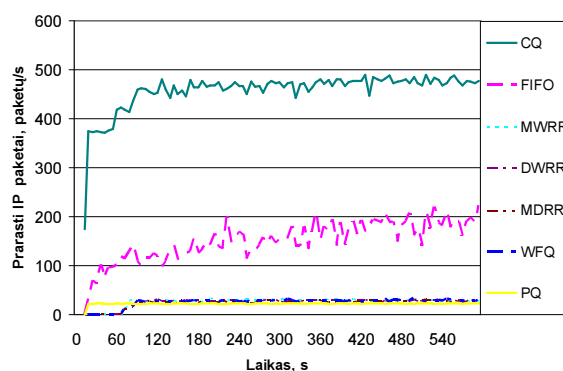
Vartotojai	Prioriteto klasė	Svorio koef.	Paraiškų intervalas	Rinkmenos tipas
FTP	Geriausių pastangų (klasės ID: 0)	0	10 s	1 000 Kb
Vaizdo	Srautinė Multimedia (klasės ID: 4)	128	0,1 s (10 kadru/s)	128×120 taškų, spalvotas
VoIP	Interaktyvus pokalbis (klasės ID: 6)	192	2 s	PCM, G.711 (64 Kb/s)

Modeliuojami duomenų srautai, būdingi balso perdavimui per paketinius tinklus (VoIP), rinkmenų persiuntimui (FTP) ir vaizdo perdavimui (Internetworking Technologies 2003; Yan *et.al.* 2004). Buvo modeliuojamas standartinis 10 klasės EDGE duomenų perdavimo kanalas su jam būdingais vėlinimais ir spartomis.

Modeliavimo metu surinkta nemažai duomenų, aprašančių kiekvieno protokolo ypatumus, 2 pav. parodomas vienas iš vaizdingiausių – duomenų perdavimo metu prarastų IP paketų kiekis.

Iš 2 pav. matyti, kad daugiausiai paketų buvo išmetama dėl trumpų CQ eilių, apie 450 paketų per sekundę. FIFO algoritmo atveju, tai buvo apie 180 paketų per sekundę. Kiti protokolai, šiuo požiūriu, yra praktiškai identiški – jų paketų išmetimo dažnis buvo mažesnis nei 50 paketų per sekundę.

Iš modeliavimo rezultatų aišku, kad neįmanoma išskirti nei vieno universaliai tinkančio visiems atvejams protokolo. Beveik visi buvo pranašesni vienose situacijose ir prastesni kitose. Iš karto galima atsisakyti FIFO protokolo, kaip netinkamo mobiliam duomenų perdavimui dėl to, kad jis nenaudoja paketų prioritetų. Kadangi standartinis CQ eilės ilgis yra tik 20 paketų, šis algoritmas yra vienas iš prasčiausių ir yra netinkamas tinklams su didelėmis apkrovomis.



2 pav. Prarastų IP paketų kiekio priklausomybės

Fig. 2. The lost IP packets number dependencies

Patobulintas paketų padalinimo algoritmas

Įvertinant modeliavimo rezultatus siūlomas patobulintas paketų padalinimo algoritmas skirtas kelių fizinių mobiliųjų kanalų, kuriais gali būti įvairios EDGE, HSDPA, UMTS ir WiMax bei WiFi kanalų kombinacijos, kaip statiniame, kai vartotojas nekeičia savo geografinės pozicijos, taip ir dinamiame režimuose:

1. Reguliariai matuojamos pasiekiamų kanalų charakteristikos ir sudaroma kanalų charakteristikų matrica:

$$CH = \begin{bmatrix} V_1 & D_1 & P_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ V_n & D_n & P_n \end{bmatrix}, \quad (1)$$

čia: V_n – n -tojo kanalo pralaidumas; D_n – n -tojo kanalo vėlinimas; P_n – apskaičiuojamas n -tojo kanalo patikimumas.

Paketo, persiunčiamo iš vieno tinklo galo (A) į kitą (B) laiku t , vėlinimą galima suskirstyti į komponentes, kurios gali būti aprašomos pagal Thomas (2006) taip:

$$D_n = T_{\text{ass}}(i) + T_{\text{tx}} + T_{\text{error}}(i) + T_{\text{ACK}}(i). \quad (2)$$

Paketui, kurio ilgis i , kanalo priskyrimo tinkle laikas yra $T_{\text{ass}}(i)$; paketo persiuntimo laikas yra T_{tx} , jis priklauso nuo paketo ilgio ir kanalo pralaidumo. Jei paketas persiuntimo metu yra sugadinamas, laikas, skirtas jam atkurti, įvertinant ir persiuntimo laikus yra $T_{\text{error}}(i)$. Jei laukiamas paketo patvirtinimas, tai patvirtinimo kelionės atgal pas vartotoją tinkle sugaištas laikas yra: $T_{\text{ACK}}(i)$, jis aktualus naudojant, pavyzdžiui, TCP protokolą, UDP atveju šis laikas yra lygus nuliui.

Kanalo priskyrimo tinkle laikas yra matuojamas kaip laikas, praėjęs nuo pirmo paketo bito parengimo išsiuntimui $t_s(i)$ ir iki tol, kol šis bitas yra išsiųstas $t_0(i)$:

$$T_{\text{ass}}(i) = t_s(i) - t_0(i). \quad (3)$$

Jei kanalo pralaidumas V_{AB} paketo persiuntimo metu yra pastovus, o paketo ilgis G_i , tai paketo vėlinimas tarp taškų A ir B yra:

$$D_{AB} = \frac{G_i}{V_{AB}}. \quad (4)$$

Vidutinė sparta kanale gali būti paskaičiuota taip:

$$V(i, t) = \frac{\sum G_i}{t_{\Sigma i} / N}, \quad (5)$$

čia N – persiųstų paketų kiekis.

Sparta ir vėlinimas matuojami kiekvieną kartą siunčiant duomenis. Patikimumas apskaičiuojamas įvertinant x intervale esančių paskutinių matavimų rezultatus. Intervale x skaičiuojama kiek kartų teko retransliuoti paketus.

Tuomet, jei teko y kartų iš eilės pakartoti paketo siuntimą, kanalas tampa visiškai nepatikimu. Optimalią y reikšmę galima rasti modeliavimo metu.

2. Patikrinama ar V , D ir P yra normos ribose. Sudaroma ribinių naudojamų duomenų perdavimui kanalų reikšmių matrica:

$$CH_{\text{lim}} = \begin{bmatrix} V_{1\text{min}} & D_{1\text{min}} & P_{1\text{min}} & V_{1\text{max}} & D_{1\text{max}} & P_{1\text{max}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{n\text{min}} & D_{n\text{min}} & P_{n\text{min}} & V_{n\text{max}} & D_{n\text{max}} & P_{n\text{max}} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Šioje matricoje $V_{n\text{min}}$ yra mažiausiais kanalo pralaidumas. Kai kanalo pralaidumas nusileidžia iki mažesnės nei ši reikšmės – jis išimamas iš naudojamų kanalų sąrašo. Kai išimto iš naudojamų kanalų sąrašo kanalo pralaidumas tampa didesnis, nei $V_{n\text{max}}$ reikšmė – jis grąžinamas į naudojamų kanalų sąrašą.

3. Sudaromas naudojamų kanalų sąrašas, pvz.:

$$CH_{\text{list}} = \begin{bmatrix} V_1 & D_1 & P_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ V_3 & D_3 & P_3 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

4. Apskaičiuojami kiekvieno naudojamo kanalo koeficientai. Kanalo koeficientų apskaičiavimui siūloma naudoti EIGRP metrika (Internetworking Technologies 2003). Perdavimo sparta tuomet apskaičiuojama:

$$BW_{\text{EIGRP}} = \left(\frac{1 \cdot 10^7}{V_i} \right) \cdot 256, \quad (8)$$

čia V_i – kanalo pralaidumas, išreikštas kb/s.

Vėlinimas randamas pagal:

$$D_{\text{EIGRP}} = D_i \cdot 2560, \quad (9)$$

čia D_i – kanalo vėlinimas, išreikštas ms. Kanalo metrika EIGRP atveju yra:

$$M_{\text{EIGRP}} = \left(K_1 \cdot BW_{\text{EIGRP}} + \frac{K_2 \cdot BW_{\text{EIGRP}}}{256 - L_i} + K_3 D_i \right) \times \left(\frac{K_5}{P_i + K_4} \right), \quad (10)$$

čia: L_i – kanalo apkrova; D_i – kanalo vėlinimas; P_i – patikimumas; koeficientai K – nustatomi planuojant ir derinant tinklą. Paprasčiausiu atveju šių koeficientų reikšmės yra: $K_1 = K_3 = 1$; $K_2 = K_4 = K_5 = 0$. Tuomet ignoruojama $K_5 / (P_i + K_4)$ dalis ir metrika užrašoma taip:

$$M_{\text{EIGRP}} = BW_{\text{EIGRP}} + D_i. \quad (11)$$

Skaičiuojant mobiliųjų kanalų metrikas mūsų atveju įvertinama kanalo perdavimo sparta, vėlinimas ir patikimumas. Kai kanalo apkrovimas prilyginamas 1, manoma kad kanalas neapkrautas.

5. Sudaroma kanalų metrikų matrica:

$$M = \begin{bmatrix} M_{ch1} = \text{metric}(V_1, D_1, P_1) \\ \vdots \\ M_{chn} = \text{metric}(V_n, D_n, P_n) \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Tokiu būdu gaunama metrika yra atvirkščiai proporcinga kanalo pralaidumui, todėl kanalu su mažiausia metrika turi būti persiunčiamas didžiausias paketų kiekis.

6. Skaičiuojami koeficientai, kurie naudojami paketų, laukiančių persiuntimo paskirstymo metu.

Didžiausias M matricos elementas padalinamas iš kiekvieno elemento, taip gaunami kanalų koeficientai:

$$K = \begin{bmatrix} \max(M)/M_{ch1} \\ \vdots \\ \max(M)/M_{chn} \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Kanalo koeficientas nusako kiek paketų per vieną ciklą paskirstomą į kanalą. Persiuntimo laukiantys paketai yra išrūšiuojami ir dalijami į grupes. Grupės sudaromos pagal jų kokybės klases ir prioritetus. Taip pat ir pakartotinai siunčiamų paketų prioritetas gali būti keičiamas, priklausomai nuo pakartotinių siuntimų kiekio.

7. Nuolat tikrinama ar kanalų parametrai yra priimtinoje ribose, jei ne, grįžtama prie 1 punkto.

Išvados

1. Vieno duomenų perdavimo kanalo išteklių padalinimo modelis rodo, kad skirtingos svarbos srautams perduoti per riboto pralaidumo ryšio linijas turi būti naudojami tinkami išteklių padalinimo protokoliai, kurie yra tobulintini.

2. Iš modeliavimo metu surinktų statistinių duomenų seka išvada, kad neįmanoma išskirti nė vieno universaliai tinkančio visiems duomenų perdavimo per ribotų parametrų ryšio liniją atvejams protokolo. Iš karto siūloma atsisakyti FIFO ir CQ protokolo. PQ protokolas turi būti tinkamai konfigūruojamas, keičiant jo laukimo eilių talpą.

3. Mobiliam duomenų perdavimui tinkami pasirodė MWRR, DWRR, MDRR ir WFQ protokoliai. Tolimesniuose etapuose galima atlikti kruopštesnę analizę ir pasirinkti vieną iš šių protokolų, kaip atraminį.

4. Dinaminiam apkrovos balansavimui reikalingas algoritmas, kuris parinktų tinkamą protokolą pagal tinkle persiunčiamų duomenų tipus ir tinklo charakteristikas. Dalinis tokio algoritmo realizavimas pristatomas šiame darbe, galutinės versijos sukūrimas ir bandymai planuojami sekančiuose darbų etapuose.

Literatūra

- Cisco Press, *Internetworking Technologies Handbook*. 2003. Cisco Press Indianapolis, Indiana, 1128 p. ISBN: 1-58705-119-2
- ETSI TS 123 107 V8.0.0 (2009-01) LTE: *Quality of Service (QoS) concept and architecture, Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)*, 2009.
- Evans, J.; Filsfils, C. 2007. *Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks*. Morgan Kaufman Publishers. 431 p. ISBN 978-0123705495.
- Yan, Z.; Soong, B.-H. 2004. Performance evaluation of GSM/GPRS networks with channel re-allocation scheme, *IEEE Communications Letters* 8(5): 280–282. doi:10.1109/LCOMM.2004.827379
- Kajackas, A. 2005. *Telekomunikacijų teorija*. Vilnius: Technika. 255 p. ISBN 9986-05-833-3.
- Laiho, J.; Wacker, A.; Novosad, T. 2005. *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*. 2nd ed. Wiley. 662 p. ISBN 978-0470015759.
- McCabe, J. D. 2007. *Network Analysis, Architecture, and Design* [interaktyvus]. 3rd ed. Morgan Kaufman Publishers. 495 p. ISBN 978-0-12-370480-1.
- Schierl, T.; Gänger, K.; Hellge, C.; Stockhammer, T.; Wiegand, T. 2006. Multi source streaming for robust video transmission in mobile ad-hoc networks, in *IEEE International Conference on Image Processing*, 1669–1672. doi:10.1109/ICIP.2006.312679

ANALYSIS OF THE SERVICE AVAILABILITY IN MOBILE DATA TRANSMISSION SYSTEMS

D. Balčiūnas

Abstract

Main quality assuring characteristics of the GSM based data transmitting networks are analyzed in this work. The networks behaviour and parameters under complicated for the data transmitting environment, when interference or distances are high are analyzed. Data transmitting assurance and improvement are possible when few channels are utilized and proper protocols are involved. Modelling of the high load in networks with different protocols was performed, and possible to use algorithm idea is presented.

Keywords: mobile network, data transferring, protocols, QoS, GSM, 3G, UMTS.