

Multimediju pārklājuma tīklu topoloģijas un to salīdzinājums

Aigars Riekstins, Riga Technical University

Kopsavilkums. Raksta dota pārklājuma tīklu izveides metode multimediju komunikāciju sistēmas izveidei. Metode balstās uz esošā tīkla mērījumu veikšanu režģtīkla topoloģijā ar sekojošu koka topoloģijas izveidi balstoties uz mērījumos iegūto atlikušo caurlaides joslu un aizkaves novērtējumu. Darbā dots divu kritēriju apvienošanas algoritms īsākā un liekākā joslas platuma ceļa izvēlei kombinējot šos divus parametrus un šādi veidota pārklājuma tīkla simulācijas rezultāti ns2 simulātorā.

Atslēgas vārdi: pārklājuma tīkli, multimediju tīkli, topoloģija, tīklu parametru mērījumi, simulācija.

I. IEVADS

Interneta komunikācijas veids, kas pazīstams kā labākā mēģinājuma princips ir pietiekams lielākajai daļai šodienas tīklu lietojumu, bet diemžēl tas ir pilnīgi neadekvāts reālā laika lietojumiem, kuri attīstās un ienāk mūsu dzīvē arvien straujāk. Ņemot vērā to, ka reālā laika lietojumi arī turpmāk arvien plašāk ienāks mūsu dzīvē ir nepieciešams atrast risinājumu šai problēmai.

Šāda tīkla problēmas risinājuma veidi pamatā ir divi – pieprasīt un iegūt nepieciešamo servisa kvalitāti no savienojošā tīkla (QoS atbalstoši tīkli) vai izmantot esošos tīklus neizmainītus, bet darīt to optimālākā veidā.

QoS atbalsta ieviešana globālos datoru tīklos diemžēl nav noritējusi pietiekami ātri un šādai lēnai ieviešanai ir ne tikai tehniski iemesli (ekonomiski, sociāli..). Līdz ar to arī nav paredzams, ka tas varētu notikt tuvākajā nākotnē. It īpaši ņemot vērā šodienas ekonomiskos un IPv4 adresācijas apgabalu izlietojuma apstākļus, kas diemžēl spiedīs biznesus samazināt attīstībai atvēlamos līdzekļus vai novirzīt tos svarīgāku tehnisku problēmu risināšanai.

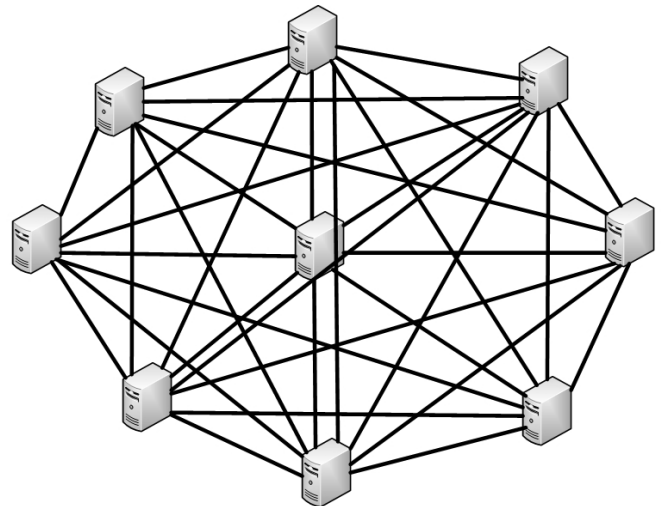
Ja runājam par esošā tīkla infrastruktūras izmantojuma optimizāciju, tad jāņem vērā tas, ka šādu uzdevumu atkal jau nevar veikt globālā mērogā koordinējot visas iesaistītās puses (ne tikai tehnisku iemeslu dēļ). Kā sekas tam šodienas pārklājuma tīklos ir izvēle koordinēt un iesaistīt tikai tos tīkla objektus, kuri ir ieinteresēti tīkla optimālā izmantošanā savu mērķu sasniegšanai.

Šādi ieinteresēti tīklu objekti parasti ir gala sistēmas un to koordinējošas sistēmas vai pasākumi tiek saukti par pārklājuma tīkliem. Pārklājuma tīkli servisa kvalitātes ziņā balstās uz to, ka esošie tīkli ir optimizēti citiem kritērijiem un tajos ir pieejami alternatīvi savienojumi, kas izveidot redundances nodrošināšanai vai citiem mērķiem. Dažos pētījumos piemēram [1] ir noskaidrots, ka vairāk par 30 procentiem savienojumu Internetā pastāv alternatīvas ar labākiem savienojuma parametriem nekā tās ko piedāvā pakalpojuma sniedzēji pēc noklusējuma.

Pārklājuma tīkliem līdz ar to ir iespēja izmantot šādas alternatīvas sev nepieciešamo tīkla parametru nodrošināšanai. Lai to veiktu pārklājuma tīklam ir jāizzina pamat tīkla topoloģija un esošo savienojumu parametri.

Diemžēl tas nav iespējams dēļ daudzo iesaistīto tīkla pakalpojuma sniedzēju drošības uzstādījumiem un to veiktā sava tīkla topoloģijas slēpšanas komerciālu vai citu mērķu vārdā. Lai apietu šo šķērslī pārklājuma tīkli cenšas dinamiski noskaidrot pamata tīkla parametrus un tad veidot savu tīklu jau balstoties uz šo mērījumu rezultātiem.

Lai no mērījumu rezultātiem varētu veidot pamatotu topoloģiju šādi mērījumi vispārējā gadījumā ir jāveic visu pārklājuma tīklā iesaistīto mezglu starpā (sk. 1. attēlu) tā dēvētā režģtīkla topoloģijā.



1. att. Režģtīkla topoloģija mērījumu veikšanai

Šāda mērījumu veikšana ir iespējama tikai neliela apjoma pārklājuma tīkliem (ne vairāk par 50 līdz 80 mezgliem) dēļ iegūto rezultātu uzglabāšanas vietas mērogojamības problēmas.

Režģtīkla savienojumu skaits skatoties no vienādojuma 1. ir kvadrātiskā saistībā ar iesaistīto mezglu skaitu.

$$C = \frac{n^2 - n}{2}. \quad (1)$$

Režģtīkla mērījumu gadījumā no formulas 1. varam iegūt arī mērījumu skaitu C (kur n ir pārklājuma tīkla mezglu skaits).

Ņemot vērā cilvēku komunikācijas lietderības kritumu palielinoties komunikācijā iesaistītās grupas izmēram [2] es pieņemu, ka vienlaicīgi komunicējošo personu skaits, kas ir

mazāks apr 80 joprojām ir pietiekams un šādas grupas ir efektīvas savu mērķu sasniegšanā. lielāka apjoma komunikācija parasti ir apraides formāta un tam ir kardināli citādas prasības un arī risinājumi.

Pat definējot šāda apjoma un mērķa grupu komunikācijas pārklājuma tīklus ir ļoti daudz iespējamo pārklājuma tīkla savienojumu topoloģiju. Šajā darbā tiek piedāvāts viena konkrēta multimediju lietojumu nodrošināša pārklājuma tīklu topoloģijas izveides metode, kas balstā uz esošā pamattīkla mērījumiem un kura apjoms nepārsniedz 80 iesaistītos mezglus.

Darbs sastāv no sešām daļām. Pirmajā daļā ir dots ievads. Otrajā daļā tiek apskatīti jau veikto pētījumu rezultāti dotā darba kontekstā. Trešā daļa apraksta mērījumu veikšanas realizāciju un pamatojumu. Ceturtā daļa apraksta topoloģijas izveides metodi. Piektā daļa sniedz simulācijas aprakstu un rezultātus, bet sestā daļā ir doti secinājumi un nākotnes pētījumu ievirzes.

II. IEPRIEKŠ VEIKTIE PĒTĪJUMI

Pārklājuma tīklu izveides un to topoloģijas kontekstā ir veikti vairāki pētījumi un to virzieni ir ļoti dažādi. Šāda dažādība ir pamatota ar pārklājuma tīklu plašo pielietojumu dažādu lietojumu nodrošināšanā sākot ar failu apmaiņu un beidzot ar vadības uzdevumu atbalstu.

Visi pārklājuma tīkli pēc [3] tiek klasificēti pēc to topoloģijām - strukturētos un nestrukturētos pārklājuma tīklos.

Nestrukturēti pārklājuma tīkli nesatur vienu, mezglus apvienojošu struktūru, un to pielietojums pamatā ir ļoti liela apjoma pārklājuma tīklu izveidē.

Strukturētie paklājuma tīkli savukārt ir tuvāki dotā uzdevuma klasei. Tie satur vienu mezglu vai metodi kas ļauj veidot vienotu savienojumu struktūru visu mezglu starpā un tāpēc šāda tipa tīkli arī tiek apskatīti šajā darbā.

Strukturēto paklājuma tīklu pētījumi ir iedalāmi savukārt tādos, kuru izveide sākas ar koka struktūras izveidi (NARADA [4], CANs [5] and SCRIBE [6]) un tādos kas sākas ar režģtīkla struktūras izveidi (Yoid [7], ALMI [8], Host Multicast Tree Protocol (HMTTP) [9]).

Ņemot vērā problēmas, kas saistās ar koka topoloģijas pārveides sarežģītību jaunu saišu izveides gadījumos, un to ka mums ir nepieciešama pilna apjoma un visu iespējamo savienojumu mērījumu sistēma, šajā darbā apskatīsim režģtīkla sistēmas un tad koka topoloģijas izveides pārklājuma tīklus.

Visi iepriekš minētie pārklājuma tīkli veido savus savienojumus neiesaistot esošo tīkla infrastruktūru un tāpēc tos var pielietot ne tikai vadu pārklājuma tīklos, bet arī bezvadu ekspromta tīklos. Šo tīklu pētījumi ir ļoti aktuāli un to nozīmīgums varētu pieaugt ieviešot arvien ātrākus un visuresošus bezvadu tīklus [17]

III. PĀRKLĀJUMA TĪKLU MĒRĪJUMI

Lai veiktu pamattīkla mērījumu pieejamā joslas platuma ziņā tiek izvēlēta pakešu pāra tehnika[18], kas uzlabota darbam nevienmērīgos tīklos *pathchirp* [10]

Šis mērījuma rīks ir pieejams gan atklātā koda pakotnes veidā gan ns2 simulātorā moduļa formā un tas realizē pieejamā joslas platuma mērījumu abos gadījumos.

Lai mērītu pakešu piegādes aizkaves simulātorā vidē tiek lietots žurnāla faila analīzes skripts, bet reālo tīklu gadījumā var izmantot, piemēram, ICMP protokola vaicājumus.

Vispārējā gadījumā aizkaves būtu jāmēra katrā savienojuma virzienā atsevišķi, bet tas savukārt prasa saskaņot laika atskaiti visos iesaistītajos mezglos. Lai realizētu ļoti precīzu laika koordināciju, protams, šodien ir pieejami kompakti atoma pulksteņi vai GPS serviss, bet šo risinājumu izmantošana ir nepraktiska dēļ to izmaksām vai nepieciešamības nodrošināt netraucētu piekļuvi lielam debess apgabalam. Vēl, protams, ir pieejams NTP protokols, bet tā izšķiršanas spēja ir nepietiekama šodienas datoru tīkliem, kuros sekundes desmitdaļas jau ir ļoti liela neprecizitāte. Iepriekš teiktā dēļ šajā darbā tiek apskatīti tikai simetriski aizkaves mērījumi pāru starpā, kas tiek veikti apkārtceļa aizkaves mērījuma veidā.

Šādi mērītas aizkaves gala rezultātā sniedz abu aizkavju summu (rindošanas un noraides laika), bet ņemot vērā to, ka mēs neapskatām pārslogotus tīklus vai to darba režīmus, kuros paketes tiek pārmērīgi rindotas, tad varam uzskatīt, ka rindošanās laika iespaids var tikt ņemts vērā.

Aizkaves mērījumi ir vajadzīgi arī tāpēc, ka pārklājuma tīkliem nav iespējams noskaidrot pamata tīkla individuālo savienojumu skaitu, kas realizē vienu pārklājuma tīkla savienojumu. Līdz ar to es pieņemu, ka aizkaves laiks ir attāluma mērs tīkla mezglu starpā.

Šāda pieņēmums gan nav nekas jauns jo piemēram [11] šādi tiek mērīts mezglu savstarpējais tīkla „attālums”. Aizkaves laika izmantošana mezglu attāluma novērtēšanai ir saistīta ar Eiklīda ģeometrijas pamatu neievērošanu. Tas ir it īpaši izteikti trīsstūra malu garumu teorēmas kontekstā [12]. Tas nozīmēt to, ka nevar balstīties uz divu mērījumu rezultātiem lai paredzētu trešā mērījuma vērtību šādā parametru telpā.

Tas gan nav pārāk svarīgi dotā uzdevuma kontekstā jo mērījumi jebkurā gadījumā būs tikai tuvināta novērtējuma formā un vienmēr būs kļūdas procents, kas neļaus uzzināt absolūti precīzas vērtības. kā arī mērījumi vienmēr tiks veikti visu pāru starpā un tāpēc atkrīt nepieciešamība ekstrapolēt rezultātus uz kādu jaunu savienojumu neizdarot tā mērījumus

Bez joslas platuma un aizkaves multimediju datu tīklos svarīgs ir arī pakešu zuduma apjoms. Ir pietiekami daudz pētījumu par pakešu zuduma apjomu datoru tīklos, bet to kopējā atziņa ir, ka šodien tas ir pietiekami reta parādība, un pamatā tas norāda uz tīkla savienojuma problēmām. Šajā darbā pieņemu, ka tīkli ir pietiekami stabili savā darbībā un pakešu zudumus, tādā apjomā kā tie ir sastopami šodienas tīklos, var novērst izmantojot, piemēram, kļūdu korekcijas algoritmus.

IV. TOPOLOĢIJU IZVĒLE

Balstoties uz ievadā sniegto pārklājuma tīklu klasifikāciju un aprakstu, es izvēlos strukturētos pārklājuma tīklus kuru izveides pirmais solis ir režģtīkla topoloģijas izveide.

Lai inicializētu režģtīkla topoloģiju ir nepieciešams kāds mehānisms, kas nodrošinātu centralizētu informācijas izplatību visiem tīkla mezgliem par visiem pārējiem tīkla mezgliem. Šādu centralizētu mezglu var veidot gan atsevišķs serveris (piemēram - multimediju konferences kontrolieris) gan kāds no tīklā iesaistītajiem gala mezgliem (piemēram līdzīgi supermezglu izvēlei Skype sistēmā).

Šī darba mērķis nav apskatīt pārklājuma tīklu izveides procesu tāpēc pieņem, ka šāds solis ir jau veikts un turpmāk uzskatu, ka informācija par visiem mezgliem ir nodrošināta visiem mezgliem.

Režģtīkla topoloģijas savienojumiem tiek veikti mērījumi pieejamās joslas platumam un pakešu apkārtceļa laikam. Šī topoloģija tiek uzturēta visu tīkla darbības laiku un jaunu mezglu piesaistes gadījumā ir jāveic mērījumi, kas saistīti tikai ar jauno savienojumu izveidi. Šāda topoloģija ir ļoti ērta tīkla atteikumu noturības nodrošināšanai un ātrai konverģencei pēc atteikuma ganījumiem. Piemēram, veicot regulārus visu savienojumu atkārtotus mērījumus tīkla darbības laikā var uzturēt aktuālu pamattīkla parametru bāzi un nepieciešamības gadījumā ātri izvēlēties jau aprēķinātu labāko piegādes ceļu.

Kā otru topoloģiju kas veidojama balstoties uz pirmās rezultātiem tiek izvēlēta koka topoloģija. Koka topoloģija ir optimāla no aktīvi izmantoto savienojumu skaita.

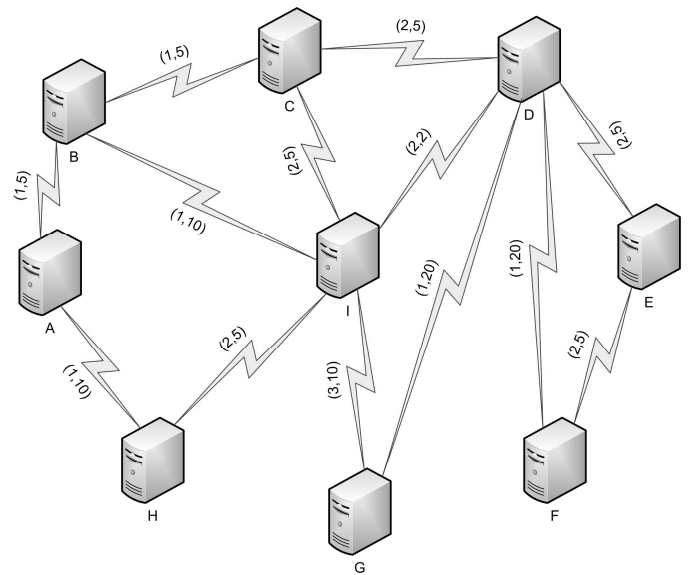
Lai gan pārklājuma tīkla savienojumi ir virtuāli tomēr to uzturēšana prasa atmiņas un skaitļošanas resursus, kuru var būt nepietiekami ierobežotas jaudas iekārtās.

Koka topoloģija tiek veidota izvēloties optimālāko savienojumu veidu pēc diviem kritērijiem – pieejamā joslas platuma un aizkaves.

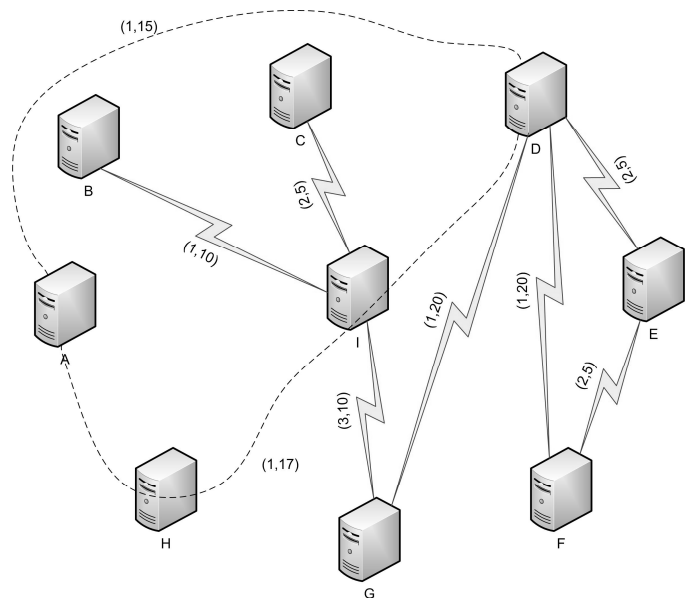
Vispirms tiek veidoti visi iespējamie ceļi no viena mezgla līdz otram sākot ar ceļu, kuram ir mazākais aizkaves laiks. Pieņemot to, ka mērījumu posmā ir atstāti tikai tie savienojumi, kuri apmierina minimālās lietojuma prasības topoloģiju var attēlot kā parādīts otrajā attēlā. Savienojumi šeit apzīmēti iekavās ar to joslas platumu J un aizkavi A (J, A).

Trešajā attēlā ir parādīta algoritma pirmās daļas darbība ceļa izvēlei starp mezgliem A un D. Pirmajā solī tiek atklāts savienojuma ceļš ABCD ar aizkavi 15 un joslas platumu 1. Atmetot šo savienojumu atkal tiek meklēts savienojuma ceļš ar mazāko aizkavi un tas ir AHID (1,17). Šādi algoritms turpinās līdz visi iespējamie ceļi AD_i ir atklāti. Tādas pat darbības tiek veiktas visu mezglu pāru starpā veidojot katram pārim i ceļus ar dažādiem parametriem. tad kad aprēķināti visi iespējamie ceļi otrajā solī tiek izvēlēta savienojumu koka topoloģija, kas minimizē visu iesaistīto savienojumu pieejamo joslas platuma attiecību pret aizkaves laiku. Šim mērķim ir nepieciešams aprēķināt katra savienojuma BDP summu pēc otrās formulas visiem iespējamajiem savienojumiem. Dotajā piemērā savienojumam AD BDP aprēķina pēc otrās formulas.

$$BDP_{AD} = \sum_i \frac{J_i}{A_i} \quad (2)$$



2. att. Pilnsaistīta tīkla mērījumu rezultāti



3. att. Zemākās aizkaves ceļu atklāšana

Šādi aprēķinātie BDP_{ij} katram no iespējamo pāru savienojumiem savukārt veido savienojumu topoloģiju, kurā katram savienojumam divu punktu starpā ir tikai viens svara koeficients (BDP_{ij}). Koka topoloģijas izveide šādi uzdotā režģtīkla savienojumu sistēmā ir plaši pētīta un to var veikt, piemēram, izmantojot īsākā ceļa meklēšanu ar Dijkstra algoritma palīdzību.

V. SIMULĀCIJA

Lai novērtētu šādas topoloģijas izveides algoritmu ir iespējams veikt simulāciju kādā no diskreto notikumu simulatoriem. Savā darbā es izmantoju ns2 [13] simulatoru.

Simulācijas pamatam tiek ģenerēta 3037 mezglu liela sintētiska topoloģija izmantojot Inet [14] topoloģijas ģeneratoru.

Šāda topoloģija ir parametru ziņā tuva Interneta tīklam un to vēl ir iespējams simulēt ns2 simulatorā dažu stundu laikā.

Sintētiskās topoloģijas mezgli tiek dalīti grupās. 1000 mezglu lielas grupas mezgli noslogo tīklu ar nemainīga ātruma bitu plūsmām, bet vēl 800 mezgli ir TCP HTTP un FTP plūsmu mezgli un avoti.

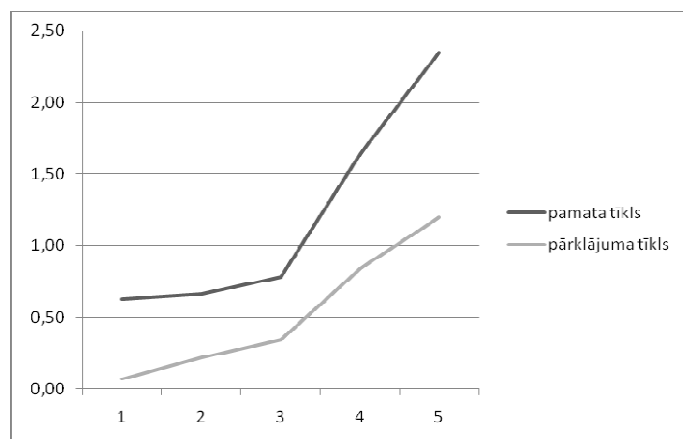
Šādi noslogotā tīklā tiek veikta rakstā dotās metodes pārbaude pēc sekojoša algoritma:

1. Topoloģijas izveide un noslodzes radišana tajā.
2. Multimediju bitu plūsmas lietojuma realizācija 10 mezglu starpā un pamata tīkla mērījumu veikšana bez pārklājuma tīkla izveides.
3. Pilnsaistīta pārklājuma tīkla izveide 10 mezglu starpā un šī pārklājuma tīkla mērījumu veikšana.
4. Pārklājuma tīkla koka topoloģijas manuāla izveide.
5. Multimediju bitu plūsmas lietojuma realizācija 20 mezglu starpā izmantojot pārklājuma tīkla koka topoloģiju un lietojuma statistikas iegūšana.

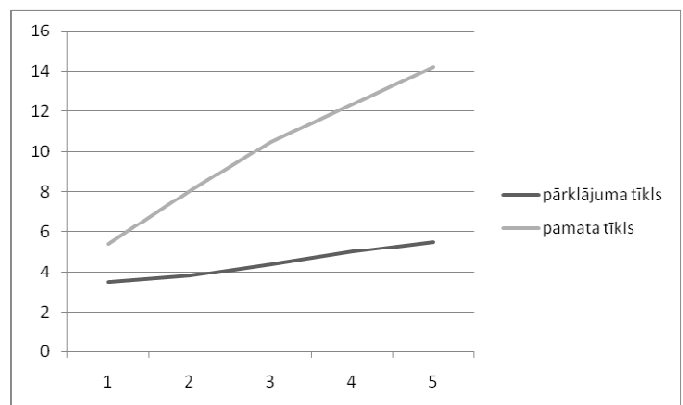
Pēc simulācijas tika veikta otrā un piektā punktā iegūto lietojumam svarīgo tīkla parametru salīdzinājums bez pārklājuma tīkla un ar pārklājuma tīklu.

Salīdzinājums pakešu zuduma (procentos) atkarībai no komunikējošo pāru skaita dots ceturtajā attēlā.

Salīdzinājums pakešu aizkaves (milisekundēs) atkarībai no komunikējošo pāru skaita dots piektajā attēlā. Analīze veikta sākot ar viena pāra komunikāciju un beidzot ar piecu pāru vienlaicīgu komunikāciju pamata un pārklājuma tīklos.



4. att. Pakešu zuduma (procentos) atkarība no komunikējošo pāru skaita



5. att. Pakešu aizkaves (milisekundēs) atkarība no komunikējošo pāru skaita.

VI. SECINĀJUMI UN TURPMĀKĀ DARBA VIRZIENI

Šajā darbā tika piedāvāta metode pārklājuma tīklu topoloģijas izvēlei. Metodes pamatā ir ideja veidot divu veidu topoloģijas (pilnsaistītu un koka) un katru no tām izmantot savai tīkla funkciju nodrošināšanas daļai.

Pilnsaistīta tīkla topoloģija ir grūti mērogojama, bet tai ir iespējas realizēt ļoti labu atteikuma noturību un konfigurācijas maiņas ātrumu. Pieņemot, ka komunikāciju grupas nav pārāk lielas to vienlaicīgo dalībnieku skaita ziņā ir iespējams realizēt šāda tipa pārklājuma tīkla topoloģijas, tieši multimediju tīkla lietojumiem.

Koka topoloģija savukārt ir minimāla un tai nav nekādas atteikuma noturības. Tāpēc kombinējot divas topoloģijas var panākt mums vēlamus rezultātus. Kā multimediju pārklājuma tīkla optimizācijas kritēriji darbā tiek piedāvāti multimediju lietojumiem divi svarīgākie parametri – pakešu aizkave un joslas platums. Šo parametru atklāšanai ir nepieciešams veikt esošā tīkla mērījumus un no tiem iegūt vienu kopēju svāra koeficientu - BDP.

Šis piedāvājums tika pārbaudīts izmantojot diskrēto notikumu simulatoru un scenārijus kas tuvināti nepārslogota Interneta tīkla darbībai. Iegūtie rezultāti uzrāda šādi veidota pārklājuma tīkla izmantošanas efektivitāti salīdzinājumā ar esošās maršrutēšanas izvēli

Turpinot šo pētījumu būtu jānoskaidro pamata tīkla noslodzes un dinamikas iespaids uz iegūtajiem rezultātiem, jo [14] darbā iegūtie rezultāti norāda uz pamata tīkla noslodzes ietekmi uz rezultātiem ko uzrāda pārklājuma tīkls. Šāda noslodzes ietekmē pārklājuma tīkla efektivitāte var kļūt negatīva.

Tāpat ir jāpārbauda mērogojamības ierobežojumu apiešanas iespējamība izmantojot kādu no tīkla koordinātu sistēmām [15], [16]. Tas ļautu atteikties no pilnsaistītas topoloģijas uzturēšanas aizstājot to ar mērījumiem tikai pamata mezglu vi tikai dažu tuvāko mezglu starpā, līdz ar to novēršot mērogojamības ierobežojumus.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Neil Spring, Ratul Mahajan, Thomas Anderson, *Quantifying the Causes of Path Inflation*. Proc. SIGCOMM 2003, pp. 113 - 124
- [2] Mark Lubella, Vicken Hillisb, William M. Bauma Richard McElreath, Peter J. Richerson, *Group Size and Sincere Communication in Experimental Social Dilemmas* [Online]. Available <http://www.des.ucdavis.edu/faculty/Richerson/GroupSizeCommunication.pdf> [Accessed: Aug. 1, 2010].
- [3] John Buford, Heather Yu, Eng Keong Lua, *P2P Networking and Application*. Morgan Kaufmann (2008) ISBN-13: 978-0123742148
- [4] C. Abad, W. Yurcik, R. H. Campbell, *A Survey and Comparison of End-System Overlay Multicast Solutions Suitable for Network Centric Warfare*. Proc. of SPIE'04, 2004, pp. 215 - 226.
- [5] S. Ratnasamy, M. Handley, R. M. Karp, S. Shenker, *Application-Level Multicast Using Content-Addressable Networks*. Proc. of the Third International COST264, 2001, pp. 14-29.
- [6] Miguel Castro, Peter Druschel, Anne-Marie Kermarrec, Antony Rowstron, *SCRIBE: A large-scale and decentralized application-level multicast infrastructure*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC 28), 2002, pp. 1489 - 1499
- [7] P. Francis, *Yoid: Your own internet distribution*. Technical report, ACIRI, (April, 2000), [Online]. Available <http://www.aciri.org/yoid> [Accessed: Sept. 12, 2010].
- [8] D. Pendarakis, S. Shi, D. Verma, M. Waldvogel, *ALMI: An application level multicast infrastructure*. Proceedings of the 3rd, USENIX

- Symposium on Internet Technologies and Systems (USITS '01), 2001, pp. 49-60.
- [9] B. Zhang, S. Jamin, L. Zhang, *Host multicast: A framework for delivering multicast to end users*. In Proceedings of IEEE Infocom, 2002, pp. 1366 – 1375.
- [10] Vinay Ribeiro, Rudolf Riedi, Richard Baraniuk, Jiri Navratil, Les Cottrell, *pathChirp: Efficient Available Bandwidth Estimation for Network Paths*. Passive and Active Measurement Workshop 2003, [Online]. Available <http://www.spin.rice.edu/Software/pathChirp/pathchirp-1.3.3.ps> [Accessed: Oct. 1, 2010].
- [11] Yang Chen, Yongqiang Xiong, Xiaohui Shi, Beixing Deng, Xing Li, *Pharos: A Decentralized and Hierarchical Network Coordinate System for Internet Distance Prediction*. In Proceeding of the 50th Annual IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'07), 2007, pp. 421 – 426.
- [12] Chengbo Dong, Guodong Wang, Yang Chen, Beixing Deng, Xing Li, *Handling triangle inequality violations in Euclidean distance based network coordinate systems*. Quality of Service (IWQoS), 2010 18th International Workshop, 2010, pp. 1 -2.
- [13] ns2 [Online]. Available <http://www.isi.edu/nsnam/ns/> [Accessed: Aug. 1, 2010].
- [14] Daniel Bauer, Sean Rooney, Paolo Scotton, Sonja Buchegger, Ilias Iliadis, *The Performance of Measurement-Based Overlay Networks*. Lecture Notes in Computer Science, 2002, Volume 2511/2002, pp.115-124.
- [15] Peter Pietzuch, Jonathan Ledlie, Michael Mitzenmacher, Margo Seltzer, *Network-Aware Overlays with Network Coordinates*. In Proceedings of IWDDs 2006, 2006, pp.12.
- [16] Jonathan Ledlie, Paul Gardner, Margo Seltzer, *Network Coordinates in the Wild*. In Proceedings of NSDI 2007, 2007, pp. 299–311.
- [17] Josh Broch, David A. Maltz, David B. Johnson, Yih-Chun Hu, Jorjeta Jetcheva, *A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols*. Proceedings of the 4th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking, 1998, pp: 85 – 97.
- [18] Andreas Johnsson, *On the Comparison of Packet-Pair and Packet-Train Measurements* Swedish National Computer Networking Workshop, Arlandastad [Online]. Available https://www.tlm.unavarra.es/research/seminars/papers/packet_pair_train.pdf [Accessed: Oct. 1, 2010].

Aigars Riekstins received a B.E. degree in electrical engineering from the Riga Technical University, Riga, Latvia, in 1998, and S.M. degree in 2002. He has also been working on Ph.D. degree since 2003. He received a postdoctoral grant from the EU. From March 2002 till October 2010, he has been involved in teaching at lecturer position in Riga Technical University, Riga, Latvia. Current and previous research interests include network measurement and multimedia systems design. He is student member in IEEE Computer Society and ACM since 2002.

Aigars Riekstins. Multimedia overlay network topologies

In this work is discussed multimedia data overlay network design from topology control standpoint. Work introduces method for overlay topology creation in small group multimedia communication systems. In first chapter introduction in overlay networking for multimedia communications is given with basic problem statement for discussed case. In the second chapter is presented previous work in the given field of interest with overlay networks classification and considerations for future work development. Second chapter also shows limitations on choosing of possible topologies. Third chapter discusses measurement types and their chose reasoning. We use delay and bandwidth as measurement parameters in our case as packet loss in today's Internet is small and can be compensated with FEC algorithms. Fourth chapter gives method which is used to choose optimal interconnect topology in overlay network. This chapter shows example of such topology for multimedia conferencing system consisting of two topologies, one fully connected topology for measurement and fault tolerance and second tree topology for delivery of data in such interconnect. We interchange two parameters (bandwidth and delay) by one – bandwidth delay product (BDP) and then optimize tree topology by this parameter creating shortest path tree. Fifth chapter shows simulation experiment setup in discrete event simulator ns2 and presents simulations results for lightly loaded network of 3037 nodes in which ten pairs configures overlay network with given method. Sixth chapter presents conclusions and future work directions. By chosen criteria it is clear that overlay network topology which is created with given method is better by packet loss and delay metrics.

Айгарс Риекстиньш. Топологии мультимедийных наложенных сетей

В данной работе рассматриваются наложенные сети для передачи мультимедийных данных, дизайн и управление исходя из точки зрения топологий. Работа представляет метод создания топологии в системах мультимедийной связи небольших групп (до 80 узлов). В первой главе дано введение в наложенных сетей для мультимедийной связи, и дается основная постановка задачи для данной работы. Во второй главе представлены предыдущие работы в данной сфере интересов, классификация наложенных сетей и выбор их типа для дальнейшего развития работы. Вторая глава также показывает ограничения по выбору возможных топологий. Третья глава рассматривает типы измерений и рассуждений их выбора. Мы используем задержку и полосу пропускания, ибо потери пакетов в сети Интернет сегодня является небольшой проблемой и может быть компенсировано с упреждающими алгоритмами исправление ошибок. Четвертая глава дает метод, который используется для выбора оптимальной топологии соединений в наложенной сети. Эта глава показывает пример такой топологии для мультимедийных конференц систем, состоящая из двух топологий, одна полностью связанная топология для измерения и отказоустойчивости, а вторая топология дерева для доставки данных. Мы объединяем два параметра (пропускная способность и задержка) в один – соотношение пропускной способности и задержки, а затем оптимизируем топологию дерева по этому параметру, создавая дерево кратчайшего пути. Пятая глава даёт сценарий моделирования в симуляторе дискретных случаев ns2 и представляет результаты для слабо загруженной сети из 3037 узлов, десять пар из которых создает наложенную сеть с данным методом. Шестая глава содержит выводы и направлений будущих работ. По выбранным критериям ясно, что топология наложенной сети, которая создается с помощью данного метода лучше, судя по объемам потерь и задержки пакетов.