

УДК 681.3

Т. Коркішко, канд. техн. наук; Р. Шевчук*Тернопільська академія народного господарства*

ЧАСОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАЛЕЛЬНИХ БАГАТОАБОНЕНТСЬКИХ МУЛЬТИМЕДІА КОНФЕРЕНЦІЙ РЕКУРСИВНОЇ АРХІТЕКТУРИ

В роботі досліджується рекурсивна архітектура мультимедіа конференцій. Запропоновано математичну модель оцінки часових затримок на основних елементах рекурсивної архітектури та в транспортному середовищі. Використовуючи експериментальні дані, отримано аналітичні залежності часових затримок від кількості паралельних мультимедіа конференцій із змінною кількістю учасників.

I. Вступ

Мультимедіа конференцією називають розподілену телекомунікаційну систему, що складається з терміналів, центральних мережевих пристроїв та транспортного середовища, в якій передача різноманітної інформації (текст, графіка, звук та інше) між віддаленими учасниками конференції проводиться у реальному часі [5]. Багатоабонентською мультимедіа конференцією називають мультимедіа конференцію, в якій кількість учасників більша двох. В паралельній мультимедіа конференції учасник може одночасно перебувати в декількох конференціях [7]. В послідовній мультимедіа конференції учасник у визначений момент часу може перебувати тільки в одній мультимедіа конференції. Мультимедіа конференція рекурсивної архітектури будується на основі мультимедіа конференції централізованої [1] та ієрархічної архітектур [2, 3, 4] та складається з N рівнів ієрархії [5]. Причому кількість рівнів ієрархії обмежується пропускною спроможністю каналів зв'язку та продуктивністю її елементів. Елементами такої структури є сервери-вузли з приєднаними до них терміналами.

Важливі задачі, які виникають при проектуванні мультисервісних мереж, це задачі аналізу та оптимізації основних функціональних характеристик таких мереж, а саме їх часових характеристик.

II. Постановка задачі

Мультимедіа конференції є важливими елементами для ефективної взаємодії віддалених учасників у системах зв'язку загального і спеціального використання. Тому задача дослідження та аналізу часових характеристик системи мультимедіа конференції на основі рекурсивної архітектури є актуальною.

III. Аналіз літератури

В роботах [6, 13, 14] проаналізовано та досліджено часові характеристики сучасних мереж з комутацією пакетів. Відомості про методи генерування інформаційних пакетів наведені в [9, 10, 11, 18]. Однак в даних роботах вивчаються мультимедіа конференції, побудовані відповідно до ієрархічної архітектури. Тому дана робота направлена на розгляд і побудову математичних моделей часових затримок у мультимедіа конференціях з рекурсивною архітектурою.

IV. Мета роботи

Дослідити часові характеристики мультимедіа конференції рекурсивної архітектури. Провести експериментальні дослідження часових характеристик мультимедіа конференцій рекурсивної архітектури.

V. Рекурсивна архітектура мультимедіа конференції

Елементами мультимедіа конференції рекурсивної архітектури є сервери-вузли та термінали. Сервери-вузли поділяються на основні та проміжні. Основною функцією терміналів є генерування інформаційних пакетів, які відправляються до серверів-вузлів

(рис. 1). Відомо декілька методів генерування інформаційних пакетів, які, в загальному випадку, різняться між собою структурами перетворення інформації з первинного вигляду до вигляду, придатного до транспортування [9, 10, 11, 18]. Для рекурсивної архітектури мультимедіа конференцій пропонується використовувати метод побудови, запропонований в [18], в якому основними функціями терміналів є стискання та пакетування даних (рис. 1). До допоміжних функцій методу [18] також відносять придушення ехо, виявлення активності учасника [12, 18]. Основні сервери здійснюють стискання/розтискання, мікшування, пакетування та перерозподіл інформаційних потоків, що надходять від проміжних серверів та терміналів. Проміжними серверами будемо називати такі елементи рекурсивної архітектури, які знаходяться на шляху від терміналу до основного сервера. У випадку, коли є декілька основних серверів, всі сервери, що знаходяться між основними серверами, називаються проміжними. Проміжні сервери виконують роль маршрутизаторів та перенаправляють вхідні інформаційні потоки на наступний рівень ієрархії. Якщо у мультимедіа конференції використовується декілька основних серверів, то кінцевий перерозподіл інформаційних

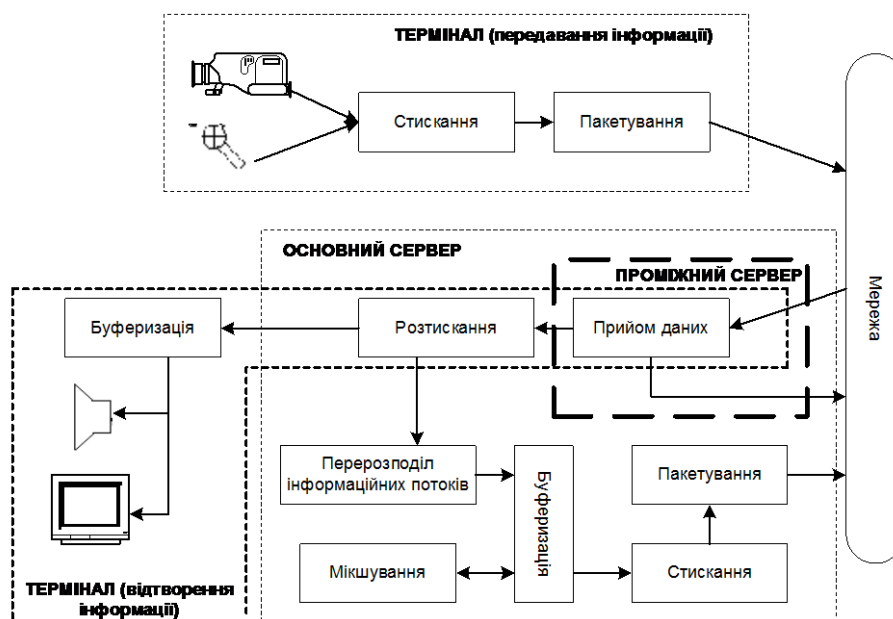


Рис. 1. Взаємодія елементів рекурсивної архітектури

потоків буде здійснювати сервер, що знаходиться на вершині ієрархії. Кількість основних серверів для однієї мультимедіа конференції залежить від інтенсивності циркулювання інформаційних потоків в мережі та продуктивності серверів. При глобальній взаємодії учасників конференції проміжні сервери та термінали, що знаходяться в корені ієрархії, визначають елементарні сегменти рекурсивної архітектури. Степенем сервера будемо називати кількість терміналів, яку він об'єднує [8]. У випадку локальної взаємодії, в межах одного сегменту, сервер, який був проміжним при глобальній взаємодії учасників конференції, призначається основним сервером [5]. В паралельних мультимедіа конференціях сервер може одночасно виконувати функції основного та проміжного серверів, причому для паралельних конференцій можлива динамічна зміна функцій серверів.

VI. Часові характеристики рекурсивної архітектури

Систему для організації мультимедіа конференції рекурсивної архітектури зручно подавати у вигляді орієнтованого навантаженого графа (рис. 2): $G = (V, U)$, де: $V = \{v_i \mid i=1,2,\dots,n\}$ – множина вершин графа, $U = \{u_{i,j} \mid i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m\}$ – множина дуг графа з вихідною вершиною v_i і вхідною вершиною v_j (рис. 2). Кожній дузі $u_{i,j}$ графа $G = (V, U)$ ставиться у відповідність деяке значення $w_{i,j}$ її ваги, яке може

виражати затримку передачі або вартість передачі, а іноді те й інше: $w_{i,j} = (c_{i,j}, d_{i,j})$, де: $c_{i,j}$ – вартість, а $d_{i,j}$ – затримка передачі інформації в каналі передачі даних між суміжними вузлами.

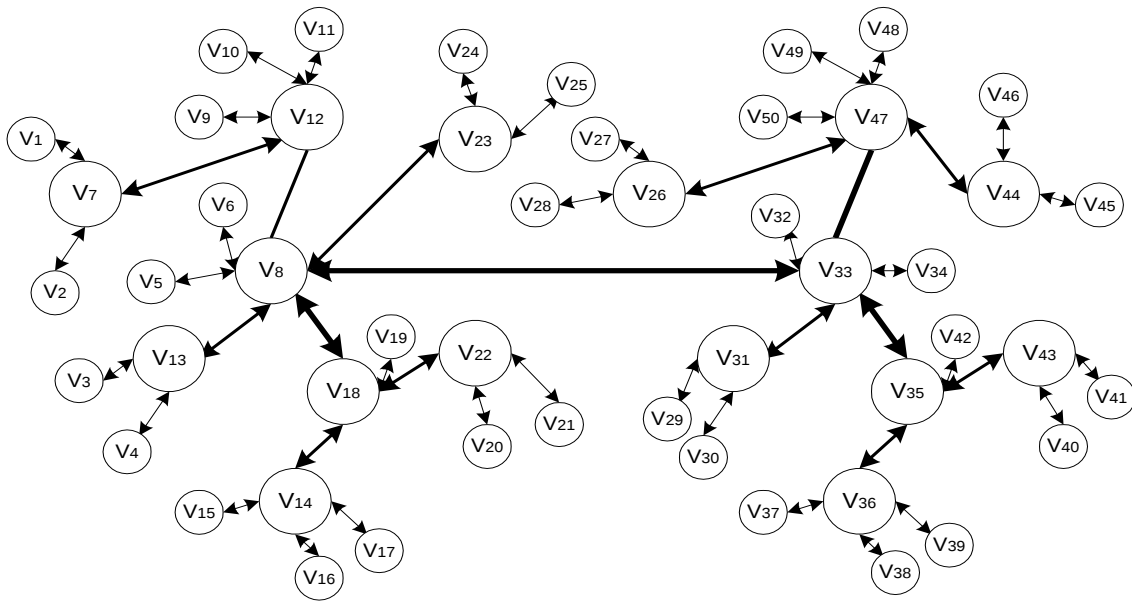


Рис. 2. Рекурсивна архітектура

Необхідно відзначити, що затримка інформаційних потоків на елементах рекурсивної архітектури є змінною величиною, що залежить від ряду параметрів. До основних параметрів, що впливають на затримку інформаційних потоків на елементах мультимедіа конференції рекурсивної архітектури, віднесемо: стиснення/розтиснення, мікшування та пакетування даних.

Оскільки сервери-вузли в рекурсивній архітектурі поділяються на проміжні та основні, важливим питанням є надання серверу статусу: основний, проміжний. Основний сервер обробляє та перерозподіляє інформаційні потоки, що надходять до нього. Проміжний сервер виконує функції маршрутизатора.

Основним сервером також будемо називати сервер, який одночасно виконує функції маршрутизації, обробки та перерозподілу інформаційних потоків для паралельних мультимедіа конференцій.

У паралельній мультимедіа конференції кожна вершина графа G може бути: 1) вершиною ієрархії ($q=0$); 2) проміжним вузлом ($q=1$); 3) терміналом ($q=2$). Для визначення затримок на серверах-вузлах при побудові паралельних мультимедіа конференцій введемо такі змінні: N_i – загальна кількість паралельних мультимедіа конференцій, що використовують ресурси i -го сервера; $k_i(N)$ – кількість інформаційних потоків, що надходить на i -тий сервер від учасників N -ої конференції; k_{max} – максимально можлива кількість інформаційних потоків, при якій сервер буде спроможний обробляти інформаційні потоки в реальному масштабі часу; T_s – затримка на сервері.

Для визначення статусу сервера, тобто функцій, які він повинен виконувати, пропонується наступний алгоритм:

- 1) якщо $N_i * k_i(N) > k_{max}$, тоді сервер буде не в змозі забезпечити обробку інформаційних потоків в реальному часі. В цьому випадку частину його функцій необхідно розподілити між сусідніми серверами;
- 2) якщо $N_i * k_i(N) = k_{max}$, то такий сервер буде виконувати функції основного сервера;
- 3) якщо $N_i * k_i(N) < k_{max}$, то такий сервер буде виконувати функції проміжного сервера;
- 4) якщо $N_i \geq 1$ і $k_i(N) \leq k_{max}$ і $q(i) = \{1\}$, то такий сервер буде виконувати функції

проміжного сервера;

- 5) якщо $N_i \geq 1$ і $k_i(N) \leq k_{max}$ і $q(i) = \{0, 1\}$, то такий сервер буде виконувати функції основного сервера.

Нехай ресурси сервера v_i розподіляються між N_i мультимедіа конференціями, при цьому до сервера v_i надходить $k_i(N)$ інформаційних потоків, тоді затримка інформаційних потоків (T_s) на даному сервері буде визначатись виразами:

- 1) для проміжного сервера:

$$T_{s_pr} = \sum_{N_i} T_m(k_i), \quad (1)$$

де $T_m(k_i)$ – затримка, що виникає на сервері при маршрутизації k_i інформаційних потоків.

- 2) для основного сервера (без маршрутизації):

$$T_{s_o} = \sum_{N_i} T_{dcom}^A + T_{mix}^A(k_i) + T_{com}^A + T_{pack}(k_i), \quad (2)$$

де T_{dcom}^A – затримка, що виникає під час розтискання даних алгоритмом A ; $T_{mix}^A(k_i)$ – затримка, що виникає під час мікшування інформаційних потоків k_i , алгоритмом A ; T_{com}^A – затримка, що виникає під час стискання інформаційного потоку алгоритмом A ; $T_{pack}(k_i)$ – затримка, що виникає під час пакетування інформаційних потоків k_i ;

- 3) для основного сервера (з маршрутизацією):

$$T_{s_g} = \sum_{N_i} T_{dcom}^A + T_{mix}^A(k_i) + T_{com}^A + T_{pack}(k_i) + \sum_{N_i} T_m(k_i). \quad (3)$$

На основі одержаних виразів (1-3) визначимо сумарну затримку інформаційних потоків на шляху $P_{m,l}$ [6]:

$$D_{m,l} = \sum_{v_k, d_{i,j} \in P_{m,l}} (d_{i,j} + T_s), \quad (4)$$

де T_s може приймати значення $\{T_{s_pr}, T_{s_o}, T_{s_g}\}$ залежно від статусу сервера. Тут підсумовування ведеться по всіх вершинах і дугах, що входять у шлях $P_{m,l}$. Слід зазначити, що вираз (4) буде визначати сумарну затримку тільки для тих інформаційних потоків, які рухаються в напрямку від кореня до вершини ієрархії та у випадку використання вершиною ієрархії unicast адресації.

Враховуючи те, що мультимедіа конференцією рекурсивної архітектури передбачається використання групової адресації, в графі $G = (V, U)$ (рис.2) виділимо підграф $G_S = (V_S, U_S)$, який відповідає групі одержувачів інформації, яка є набором вершин, ідентифікованих унікальною груповою адресою s . У даному випадку група одержувачів інформації є множиною вершин $V_S = \{v_i \mid i=1, 2, \dots, N_{grp}\}$. Множина шляхів від v_S до кожної вершини підмножини $V_S = \{v_i \mid i=1, 2, \dots, N_{grp}\}$ утворює так зване дерево доставки повідомлень. Коренем цього дерева є вершина v_S , а усі його листи є членами групи G_S .

Розглянемо довільний шлях $P_{S,i}$ від вершини v_S до вершини $v_i \in V_S$, причому вершина v_i буде визначати кінцевий сервер-вузол, який об'єднує членів мультикаст групи G_S . Затримка на шляху $P_{S,i}$ буде рівна:

$$D_{S,i} = \sum_{v_s, d_{i,j} \in P_{S,i}} d_{i,j}. \quad (5)$$

Вершина v_i буде виконувати функції основного сервера, тобто здійснювати кінцевий перерозподіл інформаційних потоків членам мультикаст групи. Оскільки

вершина v_i приймає тільки один інформаційний потік (якщо $N_i=1$), то затримка на ній (T_{s_m}) буде відрізнятися від затримки основного сервера ($T_{s_m} \neq T_{s_o}$). Отже, в випадку групової адресації, ресурси сервера v_i можуть розподілятися між N_i мультимедіа конференціями, а затримка інформаційних потоків на даному сервері (T_{s_m}) буде визначатися виразом:

$$T_{s_m} = \sum_{N_i} T_{dcom}^A + (\sum_{n_s} T_{mix}^A(n_s) + T_{com}^A + T_{pack}^A(n_s)). \quad (6)$$

У випадку групової адресації, сумарна затримка на шляху $P_{s,k}$ від вершини ієрархії v_s до вершини v_k (термінал мультикаст групи) складає:

$$D_{s,k} = \sum_{v_s, d_{i,j} \in P_{s,i}} d_{i,j} + T_{s_m} + \sum_{v_i, d_{i,j} \in P_{i,k}} d_{i,j}. \quad (7)$$

У більшості випадків затримки визначаються на шляху від джерела до приймача та від приймача до джерела [6, 13, 14]. В мультимедіа конференції рекурсивної архітектури джерелом, у випадку передачі інформаційних потоків від кореня до вершини ієрархії, виступає термінал, а приймачем основний сервер. При передачі інформаційних потоків з вершини ієрархії до кореня, джерелом буде основний сервер, а приймачем – термінал. Зведемо отримані вище вирази (1-7) з врахуванням цієї умови (табл. 1).

Таблиця 1

Затримки в транспортному середовищі рекурсивної архітектури

Адресація	Джерело (v_s)	Приймач (v_r)	Затримка на шляху $P_{s,r}$
unicast	термінал	основний сервер	$D_{s,r} = \sum_{v_s, d_{i,j} \in P_{s,r}} (d_{i,j} + T_s)$
unicast	основний сервер	термінал	$D_{s,r} = \sum_{v_s, d_{i,j} \in P_{s,r}} d_{i,j}$
multicast	основний сервер	термінал	$D_{s,r} = \sum_{v_r, d_{i,j} \in P_{s,r}} d_{i,j} + T_{s_m}$

ВІІ. Дослідження часових характеристик мультимедіа конференцій рекурсивної архітектури

Використання швидкісних каналів передачі інформації дозволяє знизити затримки транспортного середовища і тим самим збільшити роль елементів (терміналів, серверів) мультимедіа конференцій в загальну затримку розповсюдження даних. У зв'язку з цим, даний розділ присвячений експериментальному дослідженню затримок на елементах мультимедіа конференції рекурсивної архітектури.

Як вказано вище, часові затримки на елементах мультимедіа конференції рекурсивної архітектури залежать від алгоритму мікшування, алгоритмів стискання/розтискання, формату та розміру медіа пакету, характеристик маршрутизатора.

Вхідними параметрами для проведення дослідження візьмемо: маршрутизатор Riverstone 3000 [19], алгоритм стискання/розтискання - LD-CELP [17], медіа пакет розміру 1500 байт та одноступінчатий алгоритм мікшування [8]. Дослідження проводиться на основі одержаних вище виразів (4-10).

З метою кількісного представлення часових затримок на основному сервері побудуємо графік залежності затримок від кількості паралельних багатобонентських конференцій (N) зі змінним числом учасників (M) (рис.3).

Основний сервер в мультимедіа конференції рекурсивної архітектури може, крім своїх основних функцій, виконувати функції маршрутизатора (у випадку реалізації паралельної мультимедіа конференції).

Рисунок 4 ілюструє залежність часових затримок на основному сервері (з підтримкою функцій маршрутизації) від кількості паралельних багатоабонентських конференцій (N) зі змінним числом учасників (M).

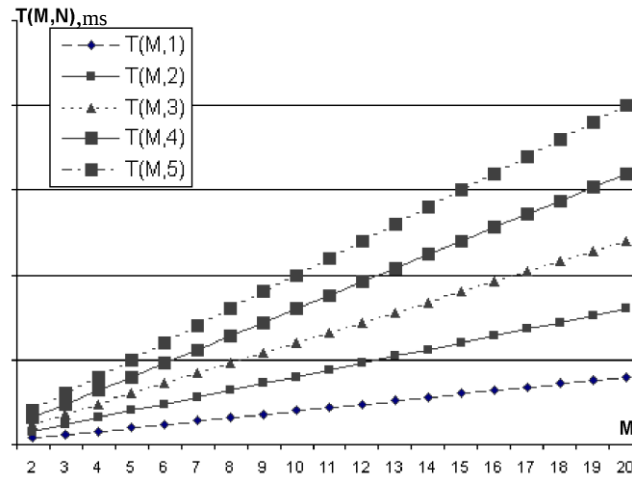


Рис. 3. Залежність часу затримки на основному сервері (без функцій маршрутизації) від кількості паралельних мультимедіа конференцій зі змінним числом учасників

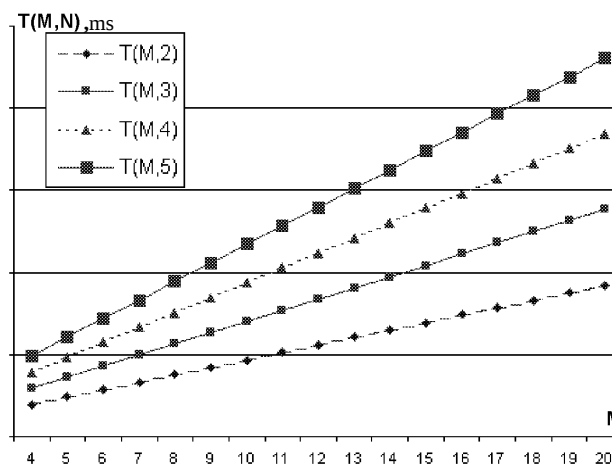


Рис. 4. Залежність часу затримки на основному сервері (з функціями маршрутизації) від кількості паралельних мультимедіа конференцій зі змінним числом учасників

Аналіз графіків дозволяє встановити, що затримка на основних серверах зростає, відповідно до лінійного закону, при збільшенні кількості учасників чи паралельних мультимедіа конференцій. Необхідно підкреслити, що залежність часових затримок на проміжних серверах та терміналах від кількості паралельних мультимедіа конференцій зі змінним числом учасників буде змінюватись аналогічно до зміни часових затримок на основних серверах.

Серед серверів-вузлів найменша затримка спостерігається на проміжному сервері, найбільша – на основному сервері з функціями маршрутизації. Затримка на основному сервері, який виконує тільки свої основні функції, займає проміжне місце.

VIII. Висновки

В роботі досліджено характеристики багатоабонентських мультимедіа конференцій рекурсивної архітектури. На основі представлення мультимедіа

конференції у вигляді орієнтованого навантаженого графа, запропоновано математичну модель оцінки часових затримок для транспортного середовища мультимедіа конференції, в якій враховано спосіб адресації інформаційних пакетів. Це дозволило, використовуючи одержані аналітичні вирази, що описують затримки на основних елементах рекурсивної архітектури, провести дослідження часових характеристик мультимедіа конференції рекурсивної архітектури. Встановлено, що часові затримки на елементах мультимедіа конференції рекурсивної архітектури зростають згідно з лінійним законом у випадку збільшення кількості учасників чи кількості паралельних мультимедіа конференцій. Порівняння одержаних результатів для основних елементів мультимедіа конференції показало, що серед серверів-вузлів найменша затримка спостерігається на проміжному сервері, найбільша – на основному сервері з функціями маршрутизації. Часова затримка на основному сервері, який виконує тільки свої основні функції, займає проміжне місце. Одержані результати можна використовувати при побудові паралельних багатоабонентських мультимедіа конференцій рекурсивної архітектури.

In this work construction of the model of the timing characteristics of recursive architecture for multipoint multimedia conferences. The mathematical model of timing delays for the transport environment of multimedia conferences, where the method of the information package addressing was taken into account was created. Using constructed analytical equations that describes the delays on the basic elements of recursive architecture, the timing characteristics of recursive architecture was investigated. As a result we shown that the delays on the elements of recursive architecture grow linear with increasing the number of participants or parallel multimedia conferences. Comparisons of the obtained results shown that among servers-nodes the least delay is observed on an intermediate servers, the biggest delay is on a root server with the routing functions. The delay on a root server, which executes only the basic functions, possesses intermediate place. These results can be used for construction of effective parallel multipoint multimedia conferences with the recursive architecture.

Література

- 1 K. Singh, G. Nair, and H. Schulzrinne. Centralized conferencing using SIP. In Internet Telephony Workshop, New York, Apr. 2001.
- 2 Rangan P. V., Harrick M., Ramanathan V. S., Communication Architectures and Algorithms for Media Mixing in Multimedia Conferences, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.1, No.1, February 1993.
- 3 Harrick M. Vin, P. Venkat Rangan, and Srinivas Ramanathan. Hierarchical Conferencing Architectures for Inter-Group Multimedia Collaboration. In Proceedings of the Conference on Organizational Computing Systems (COCS'91), SIGOIS Bulletin, Vol. 12, No. 2-3, pages 43–55, November 1991.
- 4 Srinivas Ramanathan, P. Venkat Rangan, Harrick M. Vin, Thomas Kaepfner: Optimal Communication Architectures for Multimedia Conferencing in Distributed Systems. ICDCS 1992: 46-53
- 5 Коркішко Т. А., Шевчук Р. П. Аналіз архітектур багатоабонентських мультимедіа конференцій // Матеріали міжнародної конференції “Проблеми інформатики і моделювання – 2003” (ПІМ-2003). Харків, 2003. – С.
- 6 Халдун Абдел Карим Ахмад Бесуль. Оценка времени задержки передачи информации в виртуальных сетях. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. -1999. -№2. -С. 110-113.
- 7 P. Venkat Rangan and Harrick. M. Vin. Multimedia Conferencing as A Universal Paradigm for Collaboration In Multimedia – Principles, Systems, and Applications}, Chapter 14, Ed. Lars Kjell Dahl, Springer-Verlag, April 1991 (Proceedings of Eurographics Workshop on Multimedia Systems, Applications, and Interaction}, Stockholm, Sweden)
- 8 S. Ramanathan, P. Venkat Rangan and H. M. Vin. Designing Communication Architectures for Inter-Organizational Multimedia Collaboration. Journal of Organizational Computing Systems, Vol. 2, No. 3 and 4, pp. 277-302, December 1992.
- 9 Eve M. Schooler and Stephen L. Casner, “A packet-switched multimedia conferencing system,” ACM Special Interest Group on Office Information Systems Bulletin, vol. 10, pp. 12–22, Jan. 1989.
- 10 Isidor Kouvelas and Vicky Hardman, “Overcoming Workstation Scheduling Problems in a Real-Time Audio Tool”, Proceedings of Usenix Annual Technical Conference, January 1997, Anaheim, California.
- 11 A. Gonzalez and H. Abdel-Wahab, “Audio mixing for interactive multimedia communications “, Proceedings of Fourth International Conference on Computer Science and Informatics, 217-220, Durham, NC, Oct. 1998
- 12 Isidor Kouvelas, “A Combined Network, System and User Based Approach to Improving the Quality of Multicast Audio”, dissertation of University College London, May 1998.
- 13 Ахмед Али Аль-Зуби. Анализ производительности кольцевых сетей с маркерными методами доступа // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. - № 2. –С. 164-165.

- 14 Романов А.И. Оценка вероятностно - временных параметров информационных потоков в централизованных системах управления сетями связи // Збірник наукових праць. Частина 1. - К.: КВІУЗ, 1998. - С.98 - 110.
- 15 Boggs, David R, Jeffrey C. Mogul, Christopher A. Kent. Measured capacity of an Ethernet: Myths and Reality. WRL Research Report №4, 1988
- 16 A. Vogel, Brigitte Kerherve, Gregor von Bochmann and Jan Gecsei, "Distributed Multimedia and QoS: A Survey", IEEE Multimedia , volume 2, number 1, pp. 10-18, 1995.
- 17 Кунегин С. В. Анализ возможности использования алгоритмов пакетной передачи речи в сетях передачи данных IP и Frame Relay. Доступно з www.kunegin.narod.ru
- 18 Jean-Chrysostome Bolot, Andrés Vega-García. Control Mechanisms for Packet Audio in the Internet. INFOCOM 1996: 232-239.
- 19 Ньюман Д. Маршрутизаторы и фильтры: цена производительности. Сети № 15. - 2003

Одержано 19.01.04 р.