

3. *Rappaport , T. S.* (1996). *Wireless Communications*, 1st edn. Upper Saddle River, NJ:Prentice Hall .
4. *Roberto Verdone, Davide Dardari, Gianluca Mazzini, Andrea Conti.* *Wireless Sensor and Actuator Networks: Technologies, Analysis and Design* 2008
5. *М.Ю.Зеляновський, О.В.Тимченко.* Інтелектуальна система для бездротових спеціалізованих сенсорних та мереж персонального радіусу дії: програмно-апаратна платформа вузла бездротової мережі // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип.49. – К.: 2008. – С. 185-193.
6. *Зеляновський М.Ю., Тимченко О.В.* Програмно-апаратна платформа вузла бездротової мережі // Науково-практична конференція „Сучасні проблеми телекомунікацій – 2008”. Матеріали конференції. 29-30 жовтня 2008 р. – Львів: 2008. – С.3-5.

Поступила 15.01.2009р.

УДК 621.395.54

О.В. Тимченко¹⁾²⁾, д.т.н., професор
 М.І.Кирик²⁾, ст.викл., Б.М.Верхола³⁾, аспірант, Самі Аскар²⁾, аспірант

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ

Стрімке зростання мультимедійного трафіку (IPTV, відеоконференції, дистанційне навчання, мережеві ігри та ін.) потребує значного збільшення смуги пропускання. Існують два принципи потокової передачі звуку й зображення: одноадресна передача даних (unicast) і багатоадресна передача (multicast).

У режимі одноадресної передачі даних сервер-відправник інформації формує для кожного клієнта окремий потік даних, а комп'ютер користувача періодично відправляє на сервер підтвердження про доставку інформаційних пакетів. При цьому необхідна потужність сервера та смуга пропускання каналу зв'язку C прямо пропорційні кількості клієнтів K :

$$C = \sum_{k \in K} C_k \quad (1)$$

¹ Akademia Humanistyczno - Ekonomiczna, Zakład Metod Przetwarzania Informacji, Łódź, Poland

² Національний університет „Львівська політехніка”, Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки, каф. Телекомунікацій, вул.С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

³Українська академія друкарства, каф. Автоматизації та комп'ютерних технологій, вул.Підголюско, 19, 79020, Львів, Україна

Одноадресна передача даних використовується, переважно, в системах "відео на замовлення" (VoD) [1].

У режимі багатоадресної передачі даних сервер формує один потік даних, до якого можуть підключатися різні групи клієнтів. Потужність сервера й смуга пропускання каналу не залежать від кількості одержувачів інформації [2].

Необхідна пропускна здатність:

$$C = \begin{cases} \sum_{i=2}^K C_i + P_k \cdot C_k, & \text{якщо } K > 1 \\ C_k, & \text{при } K = 1 \end{cases} \quad (2)$$

де P_k - ймовірність того, що K -ий користувач використовуватиме відеопотік, який раніше не отримувал жоден абонент.

$$P_k = \frac{N \cdot C_k - C_{k-1}}{N \cdot C_k} \quad (3)$$

де N - кількість відеопотоків в мережі,

C_k - пропускна здатність, яку використовує один потік.

Багатоадресна передача використовується для IP-телебачення (IPTV) та відеоконференцій [2]. Використання технології багатоадресної передачі для таких повідомлень дозволяє збільшити продуктивність роботи мережі та зекономити ресурси смуги пропускання. Загалом, із збільшенням кількості абонентів, що отримують відеопотоки у мережі, доцільність застосування технології багатоадресної передачі різко збільшується (рис. 1).

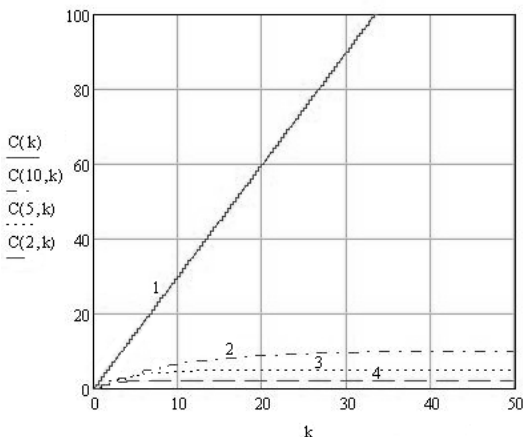


Рис. 1. Залежність споживаної пропускної здатності від кількості користувачів, які приймають один із відео потоків:

- 1 - unicast;
- 2 - multicast з $N = 10$;
- 3 - multicast з $N = 5$;
- 4 - multicast з $N = 2$.

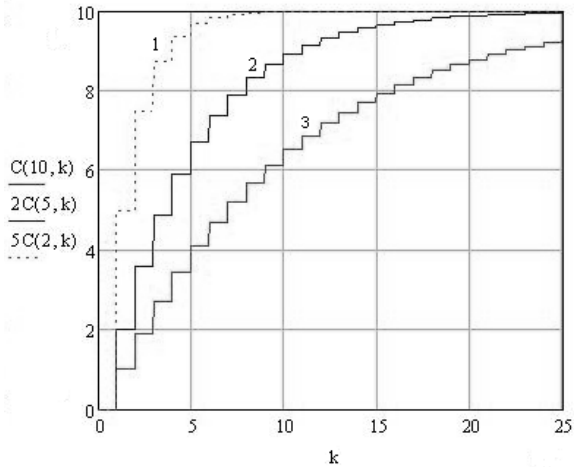


Рис.2. Залежність споживаної пропускної здатності від кількості користувачів, які приймають один із відео потоків:
 1 - multicast з $N = 2$ і $C_k = 5\text{Мбіт/с}$;
 2 - multicast з $N = 5$ і $C_k = 2\text{Мбіт/с}$;
 3 - multicast з $N = 10$ і $C_k = 1\text{Мбіт/с}$.

Як видно з рис.2, за умови $K < N$, затрачена пропускна здатність K користувачами при використанні багатоадресної передачі, при загальній кількості відеопотоків N буде наближатись до затраченої пропускної здатності одно адресної передачі. У випадку коли $K > N$ пропускна здатність, що використовується для передачі цих потоків буде наближатись до сумарної пропускної здатності всіх відео потоків $N \cdot C_k$

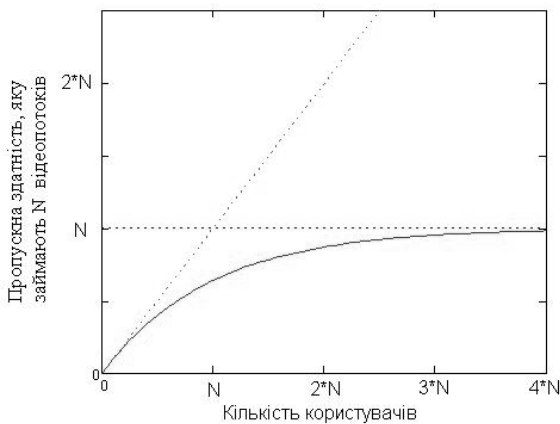


Рис. 3. Залежність споживаної пропускної здатності від кількості користувачів, які приймають один із відеопотоків

Загалом, при $K < N/2$, споживана пропускна здатність багатонадресної передачі наближається до однонадресної, а при $K > 2*N$ – до сумарної пропускної здатності всіх відеопотоків (рис. 3).

Звичайні маршрутизатори не забезпечують контролю переповнення або перевищення пропускної здатності каналу зв'язку та гарантованої якості передачі. Інша проблема полягає в тому, що при передачі неперервної відеоінформації кожен інформаційний пакет повинен вчасно доставлятися одержувачу, декодуватися та відтворюватися без накопичення затримок та пауз. Перевищення швидкістю передачі пропускної здатності спричиняє втрати інформації, якість передачі при цьому різко знижується. Неоднорідність структури мережі й характеристик окремих систем передачі та прийому призводять до зміни значень затримок і втрат, які не можуть бути скомпенсовані.

При вирішенні зазначених проблем можуть бути використані два основних підходи. Перший з них полягає в забезпеченні необхідної QoS за рахунок підтримки необхідних параметрів мережі шляхом вдосконалення мережевого обладнання на всьому шляху проходження трафіку. Другий підхід базується на використанні на приймальній стороні відеоінформації таких систем, які б забезпечували прийнятну якість при малій залежності від характеристик мережі. Це не вимагає кардинальної зміни параметрів мережі.

Також підвищення якості відеоінформації може бути досягнуте двома шляхами: за рахунок удосконалювання методів керування мережею, обробки й передачі незалежно від характеру відеоінформації, або на основі використання методів компресії, що враховують семантику зображень [3].

Багатонадресна передача описана в [4]. Протоколи багатонадресної маршрутизації використовують різні підходи, але всі вони створюють дерево Spanning Tree, яке об'єднує всіх користувачів у групі. Дерево включає всі маршрутизатори та хости й описує найефективніший шлях доставки інформації.

Використовуються два варіанти реалізації технології багатонадресної IP-передачі в телекомунікаційних мережах [5]. Перший базується на протоколах PIM-SM та IGMP v1/v2: завдяки таким технологіям, як IGMP Snooping, IGMP mapping, MSDP (Multicast Source Discovery Protocol), MBGP (Multiprotocol Border Gateway Protocol) створюється інтегроване рішення, що включає в себе організацію багатонадресного дерева, зворотну передачу й контроль багатонадресної розсилки другого рівня, а також багатонадресну передачу між автономними системами. Для другого варіанту використовуються протоколи PIM-SSM й IGMPv3, які також за допомогою технологій IGMP Snooping й MBGP, надають комплексне рішення, що включає організацію багатонадресного дерева, контроль багатонадресної передачі, багатонадресну передачу між автономними системами й т.д. Однак всі ці рішення, засновані тільки на традиційних технологіях багатонадресної IP-передачі, мають ряд проблем, які вони не можуть вирішити самотужки.

Міжмережвий протокол керування групами IGMP (Internet Group Management Protocol), протокол Рівня 3 ISO/OSI використовується для визначення клієнтів, які входять у групи багатоадресних розсилок, і для передачі цієї інформації мережевим маршрутизаторам.

Крім IGMP, для підтримки багатоадресної передачі маршрутизатори використовують один із трьох наступних протоколів маршрутизації:

- Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP);
- Multicast Open Shortest Path First Protocol (MOSPF);
- Protocol Independent Multicast (PIM).

Протокол дистанційної маршрутизації повідомлень із використанням векторної багатоканалної трансляції DVMRP працює разом із протоколами IGMP й RIP і служить для визначення приналежності робочих станцій до деякої групи [6]. Спочатку він припускає, що всі станції підписані, а потім поступово видаляє їх із групи, якщо ті не відповідають. Якщо виявляється, що цілий сегмент не містить членів групи, протокол зупиняє передачу багатоадресних пакетів у цей сегмент.

Протокол DVMRP також виконує наступні операції:

- кожні 60 секунд перевіряє наявність нових абонентів;
- за допомогою алгоритму Бельмана-Форда (Bellman-Ford) дозволяє маршрутизаторам визначати кількість ретрансляції (відстань між конкретним маршрутизатором й іншими маршрутизаторами) до всіх інших маршрутизаторів мережі;
- дозволяє маршрутизатору визначити, у якому напрямку (що називається вектором) відправляти по мережі пакет, щоб він міг досягти певного маршрутизатора з мінімальною кількістю ретрансляцій.

Протокол MOSPF у роботі подібний до протоколу OSPF [7]. Використовуючи інформацію, передану по протоколу IGMP між сервером і підписаним клієнтом, він визначає, які робочі станції є членами групи багатоадресної передачі. Постійно контролює мережу й знаходить найкоротші маршрути між сервером і членами кожної групи. MOSPF не сумісний з RIP і повинен застосовуватися тільки в тих мережах, де в якості основного протоколу маршрутизації використовується OSPF.

Протокол багатоадресної передачі, що не залежить від протоколу PIM існує у двох різновидах: Dense-mode PIM й Sparse-mode PIM. Обидва різновиди працюють разом із протоколом IGMP.

Протокол Dense-mode PIM (PIM в "щільному" режимі) сумісний як з RIP, так і з OSPF. Подібно протоколу DVMRP, він збирає інформацію про підписані робочі станції, опитуючи всі мережні станції й поступово видаляючи ті з них, які не відповідають. Dense-mode PIM використовується в тих випадках, коли в деякій частині мережі розташовується багато членів групи й коли є широка смуга пропускання.

Протокол Sparse-mode PIM (PIM в "розрідженому" режимі) розглядає маршрутизатори як проміжні точки для визначення найкоротших маршрутів

між сервером трансляції та членами групи. Потім він надсилає багатоадресні пакети тільки тим маршрутизаторам, які обрані як проміжні точки, і з їх допомогою передає пакети підписаним робочим станціям. Sparse-mode PIM призначений для використання в тих мережах, де члени групи розкидані по віддалених підмережах .

Для забезпечення необхідної якості обслуговування QoS, особливо для послуг реального часу використовується протокол резервування ресурсів RSVP, який дозволяє подати запит про необхідну якість послуг в мережі [8]. Хост RSVP надсилає запит мережевим маршрутизаторам, що знаходяться на шляху між відправником та одержувачем. Повідомлення зберігають стан маршруту в кожному вузлі на шляху проходження. Мережа резервує пропускну здатність і розриває сеанс після його завершення. Завдяки RSVP мультимедійні повідомлення отримують найвищий пріоритет. RSVP може використовуватися для формування багатоадресних дерев із заданою QoS.

Протокол RSVP забезпечує інтегрований стиль резервування мережевих ресурсів (IntServ), що викликає певні проблеми з його масштабованістю у висошвидкісних мережах. Велика кількість IntServ потоків, що проходять по магістральних каналах, спричиняють надмірне навантаження на маршрутизатори.

Для вирішення проблем IntServ та RSVP використовується механізм диференційованих послуг DiffServ, що не потребує збереження інформації про стан кожного потоку. При використанні DiffServ відправник та одержувач не обмінюються повідомленнями про необхідну якість QoS, тим самим значно зменшується час встановлення з'єднання та об'єм службової інформації. Необхідно зауважити, що DiffServ забезпечує не гарантований рівня обслуговування, а лише забезпечує визначені параметри затримки та втрати даних.

Таким чином, концепція диференційованих послуг DiffServ може застосовуватись і для багатоадресної передачі. Відправник може сформувати одне, або декілька дерев з різними DSCP [9].

1. *Scott Sleek*. Video on Demand Usage: Projections and Implications / Scott Sleek // Pike & Fischer, October 2007, www.broadbandadvisoryservices.com.
2. Enhanced Service Differentiation for Layered Video Multicast in Differentiated Service Networks / [K. Nahm, J. Shin, J. Kim, C.-C. J. Kuo] // Proc. SPIE Visual Communications and Image Processing. – San Jose, CA. – January 2002.
3. Optimization of VoD Streaming Scheduling for IPTV Multi-channel Support / [Lin-Huang Chang, Ming-Yi Liao, Yung-Fa Huang and Yu-Lung Lo] // Springer Berlin, Heidelberg, 2007. – 304 p.
4. *Steve Deering*. Host Extensions for IP Multicasting / Steve Deering // RFC 1112. August 1989.
5. *Остерлох Х.* TCP/IP семейство протоколов передачи данных в сетях компьютеров / Х. Остерлох – М. : DiaSoft, 2002. – 576 с.
6. *Waitzman D.* Distance Vector Multicast Routing Protocol / D. Waitzman, C. Partridge, S. E. Deering // RFC 1075. – 01/1988.

7. *Moy J.* "Multicast Extensions to OSPF, RFC 1584, March 1994.
8. *L. Zhang, R. Braden, Ed., S. Berson, S. Herzog, S. Jamin.* Resource ReSerVation Protocol // RFC-2205, September 1997.
9. *Тимченко О.В., Кирик М.І., Верховла Б.М., Самі Аскар.* Класифікація якості обслуговування телекомунікаційних мереж і механізми її забезпечення // Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип.45. – К.: 2008. – С. 190-196.

Поступила 22.01.2009р.

УДК 621.395

К.О. Чабан, к.т.н., каф. Телекомунікацій, НУ «Львівська політехніка»

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЦИФРОВОГО КІЛЬЦЯ МІСЬКОЇ ТЕЛЕФОННОЇ МЕРЕЖІ

Вступ

Переваги цифрових засобів зв'язку в порівнянні з аналоговими найбільш суттєво проявляються при роботі їх в повністю цифрових мережах, де є наявні цифрові тракти, що закінчуються цифровими системами комутації і цифровими кінцевими пристроями, і де відсутній перехід від цифрової до аналогової техніки.

Проте сучасні телефонні мережі ще достатньо насичені аналоговою апаратурою [1, 2]. Задача побудови цифрових мереж зв'язку (ЦМЗ) потребує перебудови всієї мережі на базі принципово нових технічних засобів, що неможливо одночасно виконати в усій мережі. Це складна проблема, яка містить в собі великий комплекс системних питань, який забезпечує взаємодію цих засобів. Враховуючи консервативність мережі зв'язку і необхідність її неперервної роботи, очевидно, що процес переходу від аналогової до повністю цифрової мережі буде швидше еволюційним, ніж революційним, і може розтягнутися на декілька десятків років. Тривалість переходу залежить, в основному, від темпів росту щільності в мережі і для більшості розвинутих країн складає від 20 до 40 років. Першим кроком переходу до ЦМЗ можливо вважати появу цифрових систем передачі (ЦСП). Одночасно з цим широко впроваджуються і цифрові системи комутації (ЦСК), тобто перехід до цифрових мереж вже розпочався і на сьогоднішній день в нашій державі розвиток телефонних мереж знаходиться в перехідному періоді, який характеризується наявністю великої кількості змішаних аналого-цифрових мереж на різних рівнях ієрархії телефонної мережі загального користування.

Крім зниження витрат, введення цифрової техніки на телефонних мережах приведе до зміни структури мережі. Площа району, який