

УДК 004.725.5

**Г.С. Гайворонська (д-р техн. наук, проф.), Г.О. Крижановська (асп.),
Д.О. Себов (студент)**

Одеська державна академія холоду, м. Одеса
кафедра інформаційно-комунікаційних технологій
E-mail: switchonline@rambler.ru

МОДЕЛЬ НАВАНТАЖЕННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ

У статті розглянуто підхід, що дозволяє отримати модель навантаження мультисервісних мереж, що враховує різні види інформації та різні режими її переносу.

Ключові слова: мультисервісні мережі, навантаження, матриця навантаження.

Вступ

Вчені різних країн одноставно вважають, що ми вступили в еру глобального інформаційного суспільства, для якого характерна нова «інформаційна економіка». Це пов'язано з тим, що з одного боку, послуги, що надаються сучасними телекомунікаційними мережами (ТМ) можна розглядати як масовий товар загального користування, який має свою ціну й свою частку у валовому внутрішньонаціональному продукті будь-якої країни, з іншого — інфокомунікації є складовою частиною практично всіх суспільних процесів, відіграють помітну роль у світовій економіці.

Виникнення нових мережних технологій призвело до появи нових інфокомунікаційних послуг (ІКП), що забезпечують передачу різнотипного трафіку, широкосмугового доступу, послуг з гарантією часу доставки й т.п. Виходячи з цього очевидно, що сучасні ТМ призначені для надання великої кількості різноманітних ІКП, тому вони одержали назву мультисервісні мережі (МсМ). В англійській літературі сформувався термін *Time Warner Full Service Network (FSN)*, що дослівно означає поплносервісні мережі, які попереджають втрату якості через несвоєчасну доставку трафіку. У вітчизняній літературі цей термін аналогічний поняттю мультисервісних мереж, тобто мереж, готових до надання будь-яких ІКП [1].

Передача всіх видів інформації в цифровій формі дає можливість однакового структурування всіх сигналів, які треба передати, тобто надає можливість представляти будь-який сигнал у вигляді цифрової послідовності, яка розбивається на елементарні блоки (ЕБ) певної довжини. Як показано в [2], такі ЕБ є основою для класифікації режимів переносу інформації в мережі. Термін режим переносу (РП), введений МСЕ, визначає правила передачі інформації між двома точками доступу до мережі. Поняття режиму переносу містить у собі взаємодію методів комутації, мультиплексування й пакетування інформації. Усі РП стандартизовані МСЕ-Т і відповідають трьом нижнім рівням моделі взаємодії відкритих систем (ВВС) [3].

Постановка задачі

Процес стандартизації визначив нові ІКП й нові РП, цей фактор позначається на характері навантаження, яке створюють ці ІКП, що, безумовно, потрібно враховувати при розрахунках навантаження, для обслуговування якого призначена мережа. Отже, методи проектування мереж, що існують, не повною мірою відповідають реальному стану, морально застаріли й вимагають уточнення й корекції, оскільки в останні роки відбуваються істотні зміни характеру навантаження, що обслуговується телекомунікаційними мережами. Реальна ситуація на ТМ вимагає розробки нового підходу до прогнозування й розрахунку навантаження, відповідного до сучасного стану їх розвитку.

Донедавна ТМ були представлені в основному телефонними мережами, що давало можливість голосового обміну між людьми. Розробка й розвиток систем факсимільного й відеозв'язку додали можливість передачі у цифровий формі документів, схем і відеозображень. Поява мереж передачі даних (МПД) дозволила розв'язати задачу обміну інформацією між людиною й комп'ютером, а також комп'ютерів між собою. При цьому передача даних доповнюється такою формою обслуговування користувачів, як обробка й доступ до баз даних (БД) різного призначення. Сполучення всіх цих видів обслуговування в одній мережі призводить до того, що існуюча модель навантаження ТМ і методи її розрахунку і розподілу в мережі, які враховують тільки телефонні мережі й особливості потоків викликів у цих мережах, уже не відповідають ситуації, що склалася на сучасному етапі розвитку телекомунікацій. Тому необхідна розробка моделі навантаження, що враховує не тільки мовну інформацію, але й інші її види, такі як: тексти, відеозображення, відеотекст, телетекст, конференц-зв'язок, обмін оперативними, діалоговими даними й файлами, телевізійну й факсимільну інформацію, при забезпеченні вимог користувачів до своєчасності і якості доставки цієї інтегральної інформації.

Розробка моделі навантаження мультисервісних мереж

Найбільш перспективним шляхом реалізації вимог до передачі інформації користувачів із заданою якістю обслуговування, є шлях, при якому ТМ створюється для задоволення вимог користувачів за деякою матрицею навантаження між усіма вузлами мережі [4]

$$\Lambda = \|\lambda_{ij}\|.$$

Матриця Λ складається так, щоб мультисервісна мережа забезпечувала задану якість обслуговування навантаження, враховуючи, що процес потреби у зв'язку може бути описаний послідовністю матриць навантаження, що змінюються в кожний момент часу

$$\Lambda(t_1), \Lambda(t_2), \dots, \Lambda(t_i), \dots = \{\Lambda(t_k)\}_{k=1}^{\infty}, \quad (1)$$

Процес зміни матриць навантаження у часі може бути стохастичним або детермінованим із заданим розкладом зміни тяжіння між вузлами мережі. В останньому випадку він може бути регулярним, коли зміна матриць навантаження підкоряється деякому закону розподілу ймовірностей переходу від $\Lambda(t_1)$ до $\Lambda(t_2)$, $t_1 < t_2$, і нерегулярним, коли закон розподілу невідомий.

У роботі [5] запропонована просторово-часова модель навантаження ТМ, яка заснована на наступних міркуваннях. Враховуючи, що вимоги на обслуговування мережі характеризуються величиною інтенсивності вхідного й вихідного навантаження для кожного вузла цієї мережі, а інтенсивність навантаження є функцією від часу $\lambda_{ij}(t)$, де $i, j \in I; t \in T$, $\lambda_{ij}(t)$ — навантаження (в Ерлангах) від вузла $i \in I$ до вузла $j \in I$ в часі $t \in T$, значення миттєвої інтенсивності навантаження $\lambda_{ij}(t)$ може бути точно визначене для всіх моментів $t \in T$ або приблизно оцінене шляхом прогнозування $\lambda_{ij}(0)$, якщо точні дані відсутні.

Величина навантаження Y залежить від розглянутої пари вузлів і часу, та представляє функцію $Y: I^2 \times T \rightarrow \mathbb{R}$, значення якої, ілюструє рис. 1 [6]. Ці значення можуть відповідати як величинам реальних вимірів навантаження між вузлами в заданий час, так і прогнозованим.

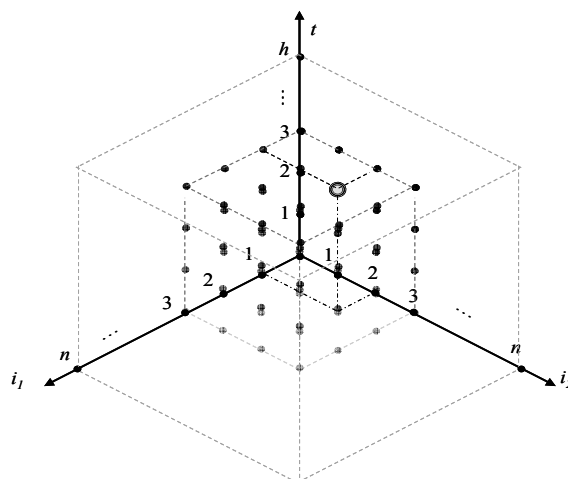


Рисунок 1 — Просторово-часове представлення міжвузлового навантаження

При цьому просторовий зріз міжвузлового навантаження можна отримати зафіксувавши пари вузлів $\langle i, j \rangle$, тоді її просторовий переріз \mathfrak{Y}_{ij} має вигляд

$$\mathfrak{Y}_{ij} : T \rightarrow \mathbb{R}, \mathfrak{Y}_{ij}(t) = Y(i, j, t).$$

Таким чином, для кожної пари вузлів задана функція одного аргументу, що визначає навантаження між цією парою вузлів у кожний момент часу. У цій же роботі показано, що можна одержати й часовий зріз навантаження, зафіксувавши деякий момент часу t й побудувавши квадратну матрицю n -ого порядку $Y(t)$ так, щоб $Y(t) = \|\mathfrak{Y}_{ij}(t)\| \in M_n(\mathbb{R})$. Враховуючи дискретність і обмеженість T , можна говорити про Y як про кінцеву систему матриць навантаження.

У всіх випадках мультисервісна мережа повинна забезпечити реалізацію вимог користувача на обслуговування в будь-який момент часу із заданою якістю (нормами на припустимому затримку в передачі інформації, імовірність відмови й т.п.). Для цього МСМ розраховується на передачу інформації із заданою якістю обслуговування для максимальної матриці навантаження

$$\Lambda_{\max} = \|\lambda_{ij}^{\max}\|, \quad (2)$$

кожний елемент якої рівний максимальному з однойменних елементів усіх матриць навантаження процесу (1):

$$\lambda_{ij}^{\max} = \max_{t \in T} \lambda_{ij}(t). \quad (3)$$

Найбільш перспективним шляхом реалізації вимог на передачу інформації із заданою якістю обслуговування, є шлях, при якому мережа створюється для деякої фіктивної матриці навантаження

$$\Lambda_{\phi} = \|\lambda_{ij}^{\phi}\|. \quad (4)$$

Фіктивна матриця вимог Λ_{ϕ} складається так, що створена мережа забезпечує задану якість обслуговування для будь-якої матриці процесу (1) за умови перерозподілу потоків інформації в мережі, тобто корекції плану розподілу інформації при переході від $\Lambda(t_1)$ к $\Lambda(t_2)$. Однак, при виникненні непередбачених перевантажень, для яких відповідна матриця навантаження не була врахована при проектуванні мережі й не розглядалася в процесі (1), будь-який перерозподіл потоків може не забезпечити задану якість обслуговування. Тому в останньому випадку необхідно обмежувати обсяг навантаження, що надходить в мережу, аби воно могло бути обслужене із заданою якістю.

Оскільки об'єктом дослідження є мультисервісна мережа, у ній повинні бути реалізовані всі можливі режими переносу інформації: каналний, пакетний, кадровий і чарунковий. Для забезпечення можливості передачі всіх видів інформації в єдиній мультисервісній мережі необхідно реалізувати кілька рівнів пріоритетів:

- абсолютний, який дозволяє передавати інформацію негайно по найкоротшому шляху, незалежно від стану трафіку в мережі;
- високий, який призначається повідомленням, переданим у реальному масштабі часу;
- низький, який призначається повідомленням, які можуть зазнати переривання.

При цьому високий і низький рівні пріоритету можуть мати кілька значень.

Розглянемо підхід, при якому можна запропонувати єдину модель навантаження для мережі, що поєднує всі перераховані режими переносу. Усі РП використовують позиційне

або міточне мультиплексування, і в цьому полягає їхня принципова відмінність [2]. Режими комутації відрізняються друг від друга тільки алгоритмами встановлення, підтримки й роз'єднання з'єднань (фізичних або логічних), що менш суттєво для моделі навантаження ніж метод мультиплексування потоків інформації й тип адресації ЕБ, який прямо залежить від методу мультиплексування.

Якщо в якості потоків викликів використовувати модель пуассоновських вхідних потоків, інтенсивності потоків, що входять у МсМ можна задати матрицями виду [7]

$$\| \Lambda^{kij} \| = [\lambda_{sd}^{kij}] \text{ і } \| \Lambda^{Pij} \| = [\lambda_{sd}^{Pij}],$$

де λ_{sd}^{Pij} — інтенсивність потоку викликів при використанні позиційного мультиплексування (ПМ) для інформації i -го виду й j -го пріоритету між s -м і d -м ВК;

λ_{sd}^{Mij} — інтенсивність потоку при використанні міточного мультиплексування (ММ) для інформації i -го виду й j -го пріоритету між s -м і d -м ВК.

Якщо Λ^{Pij} — матриця тяжінь між ВК, що використовують ПП для інформації i -го виду й j -го пріоритету, а Λ^{Mij} — матриця тяжінь між ВК, що використовують ММ для інформації i -го виду й j -го пріоритету, то, беручи до уваги, подібність в обробці повідомлень конкретних видів і пріоритетів у кожному реалізованому в мережі режимі переносу, інтенсивності вхідних потоків навантаження можна задати матрицями $\| \Lambda^P \| = [\lambda_{sd}^P]$ і $\| \Lambda^M \| = [\lambda_{sd}^M]$. Тут

$$\lambda_{sd}^P = \sum_{\substack{i \in I_P \\ i \in J_P}} \lambda_{sd}^{Pij} \text{ і } \lambda_{sd}^M = \sum_{\substack{i \in I_M \\ i \in J_M}} \lambda_{sd}^{Mij}$$

де I_P — множина видів інформації, переданих з використанням ПМ;
 J_P — множина пріоритетів передачі інформації при використанні ПМ;
 I_M — множина видів інформації, переданих з використанням ММ;
 J_M — множина пріоритетів передачі інформації при використанні ММ.

З потоками інформації зв'язана ще одна випадкова величина — довжина повідомлень для передачі при використанні ММ або тривалість виклику в каналному режимі при позиційному мультиплексуванні. Прийемо, що тривалість виклику в каналному режимі при ПМ для повідомлень кожного виду й пріоритету розподілено експоненціальне із середнім $1/\mu^{Pij}$ і однаково для всіх пар джерело-адресат. Аналогічно, довжина повідомлень переданих з використанням міточного мультиплексування для інформації кожного виду й пріоритету розподілена експоненціальне із середнім $1/\mu^{Mij}$ і однаково для всіх пар джерело-адресат.

Тоді, спрощено усереднена по всіх видах і пріоритетах тривалість виклику в каналному режимі при ПМ

$$\frac{1}{\mu^P} = \sum_{\substack{i \in I_k \\ i \in J_k}} \frac{\lambda^{Pij}}{\lambda^P} \frac{1}{\mu^{Pij}},$$

де

$$\lambda^{\Pi ij} = \sum_{sd} \lambda_{sd}^{\Pi ij}, \quad \lambda^{\Pi} = \sum_{\substack{i \in I_k \\ i \in J_k}} \lambda^{\Pi ij}.$$

Аналогічно усереднена довжина повідомлень при використанні ММ для будь-якого РП:

$$\lambda^{Mij} = \sum_{sd} \lambda_{sd}^{Mij}, \quad \lambda^M = \sum_{\substack{i \in I_k \\ i \in J_k}} \lambda^{Mij}.$$

Використовуючи запропонований підхід, відповідно до видів інформації, режимів її переносу й заданими пріоритетами, різні види запитів, що поступають від користувачів на ресурси мережі можна описати у вигляді тривимірної матриці, елементи λ_{ij}^k якої є умовними позначками елементарних ЕБ, тобто λ_{ij}^k — елементарний блок i -го виду інформації j -го пріоритету при використанні k -го режиму переносу.

Кожний ЕБ характеризується параметрами, що відображають необхідну якість його обслуговування мережею. До цих параметрів відносяться такі:

- p_0^D — максимальна припустима ймовірність викривлення символу;
- T^D — максимально припустима середня затримка;
- D^D — припустима дисперсія часу затримки, $D = \sigma^2$.

Вимоги користувачів до якості доставки інформації в МсМ можуть бути задані у вигляді матриці показників якості $\|Q^k\| = [q_{ij}^k]$, елемент якої q_{ij}^k являє собою вектор граничних значень показників якості при передачі інформації i -го виду й j -го пріоритету $(q_{ij}^{k1}, \dots, q_{ij}^{km})$. Обмеження на параметри систем комутації й передачі мультисервісних мереж задаються векторами:

- припустимих швидкостей передачі $C^D = \{c_i^D\}$;
- припустимих максимальних ємностей пам'яті КК $L^D = \{l_{ij}^D\}$;
- продуктивності КК для конкретного РП $U^{PP} = \{u_k^{PP}\}$.

Ці вектори визначають на підставі характеристик апаратно-програмних засобів, які можуть бути застосовані для реалізації елементів МсМ. Аналогічно можуть бути задані й інші параметри якості обслуговування, важливі для конкретного режиму переносу або конкретного виду інформації. Завдання й нормування параметрів якості обслуговування дозволять враховувати не тільки відомі в цей час вимоги до мережного обладнання, висунуті з боку ІКП, для надання яких ця мережа проектується, але й ті послуги й технології передачі інформації, які можуть з'явитися тільки в майбутньому.

До загальних характеристик інформації, що передається в МсМ, відносяться види інформації $k \in K^N$, що визначають розподіл переданих ЕБ на значеннєві групи, які пред'являють різні вимоги до показників якості доставки повідомлень адресатові; категорії терміновості $q \in Q^N$, що визначають вимоги до ймовірнісно-часових характеристик доставки ЕБ; довжина ЕБ $l \in L^N$, що виражається числом (m -них розрядів, знаків або комбінацій певної довжини).

При проектуванні МсМ усі види інформації, що передається, попередньо поєднуються в підгрупи, кожній із яких привласнюється свій пріоритет. Таким чином, кожний блок інформації окремого повідомлення, що виникає в момент t і переданого між двома вузлами мережі, позначеними a_i і a_j , можна описати вектором

$$(a_i, a_j, k, q, l, t), \quad k \in K^N, q \in Q^N, l \in L^N, t \in T^N,$$

де T^N — інтервал часу, за який досліджується поведінка мережі.

На підставі цих параметрів можуть бути визначені результуюча інтенсивність потоку інформації, що визначає навантаження $MсМ$, і параметри розподілу довжин складових її повідомлень:

$$\lambda_{ij} = \sum_{q \in Q^N} \lambda_{ij}(q), \quad \mu = \sum_{q \in Q^N} \mu(q).$$

Сукупність параметрів λ_{ij} задає матрицю міжвузлових тяжінь $\|\Lambda\|$.

Висновок

Розроблений підхід дозволив одержати уніфіковане векторне подання навантаження мультисервісної мережі, що враховує різні види інформації й різні режими її переносу. Запропонована модель навантаження визначається законом розподілу інтервалів часу між моментами надходження ЕБ; законом розподілу числа ЕБ у повідомленні; класом пріоритетності, обумовленим у загальному випадку терміновістю доставки; цінністю інформації; адресою джерела й адресою одержувача інформації та ін.

Список використаної літератури

1. Сикарев А.А. Интеграционные процессы на рубеже XX и XXI веков в глобальных и региональных информационных сетях связи / А.А. Сикарев // Тр. МАС. — 2001. — №1(17).
2. Гайворонская Г.С. Режимы переноса информации и сетевая архитектура информационных сетей: учеб. пособ. / Г.С. Гайворонская. — Одесса: ОГАХ, 2008. — 121 с.
3. Гайворонская Г.С. Основные рекомендации МСЭ по информационным сетям / Г.С. Гайворонская. — Одесса: УГАС, 2000. — 86 с.
4. Лазарев В.Г. Динамическое управление потоками информации в сетях связи / В.Г. Лазарев, Ю.В. Лазарев. — М.: Радио и связь, 1983. — 216 с.
5. Гайворонская Г.С. Метод представления пространственно-временной структуры модернизируемой телекоммуникационной сети / Г.С. Гайворонская // Зв'язок. — 2006. — №8 (68). — С. 57–60.
6. Гайворонская Г.С. Модель синтеза оптимальной структуры телекоммуникационной сети / Г.С. Гайворонская // Вісник ДУИКТ. — 2006. — №4. — С. 276–285.
7. Рухман Е.Л. Аналитические и имитационные модели информационных сетей / Е.Л. Рухман, С.А. Яковлев. — Л.: ЛЭТИ, 1982. — 60 с.

Надійшла до редакції:
27.03.2012 р.

Рецензент:
д-р техн.наук, проф. Воронцов О.Г.

G.S. Gayvoronska, G.O. Kryzhanovska, D.O. Sebov. Model of a Load of the Time Full Service Network. The approach, allowing to receive a load model of the multiservice networks, which considers various types of information and various modes of information's carrying is considered in the article.
Keywords: Full Service Network, load, the load matrix.

Г.С. Гайворонская, А.А. Крыжановская, Д.А. Себов. Модель нагрузки мультисервисных сетей. В статье рассмотрен подход, позволяющий получить модель нагрузки мультисервисных сетей, учитывающий различные виды информации и различные режимы ее переноса.
Ключевые слова: мультисервисные сети, нагрузки, матрица нагрузки.