

УДК 621.396

Ткаченко О. М., Дищук А. С., Білий О. А., Нагнибіда М. К.*Державний університет телекомунікацій, Київ***СИНТЕЗ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ІГОР**

Проаналізовані загальні вимоги до перспективних мультисервісних мереж телекомунікацій. Запропоновано методіку багатокритеріальної оптимізації параметрів мультисервісних мереж на основі методів теорії ігор. Визначено оптимальні ймовірності застосування чистих стратегій та середній виграш. Показані особливості використання змішаних ігрових стратегій при реалізації мультисервісних мереж телекомунікацій.

Ключові слова: мультисервісна мережа, послуга, синтез, багатокритеріальна оптимізація, якість, теорія ігор, матриця, стратегія.

Tkachenko O. M., Dyshchuk A. S., Bilyi O. A., Nahnybida M. K.*State University of Telecommunications, Kyiv***SYNTHESIS OF MULTISERVICE NETWORKS USING THE GAME THEORY METHODS**

The requirements for perspective telecommunication networks are defined: multiservice, broadband, multimedia, intelligence, access invariance, multi-operator. Advantages in comparison with traditional telecommunication networks are determined. It is shown that one of the main goals of building multiservice networks is to expand the range of services provided: telephone service; data services; telematic services; mobile telecommunication services; services of information providers.

A method for multicriterion optimization of multiservice network parameters based on game theory methods is proposed. The optimal probabilities of using pure strategies and the average win have been determined. When applying a mixed strategy, the choice of a particular action must remain unknown to the enemy. An important property of the optimal mixed strategy is that for any opponent strategy (pure or mixed) it provides the player with an average winnings no less than if the opponent uses the optimal mixed strategy.

Keywords: multiservice network, service, synthesis, multicriterion optimization, quality, game theory, matrix, strategy.

Ткаченко О. Н., Дищук А. С., Билый А. А., Нагныбида М. К.*Государственный университет телекоммуникаций, Киев***СИНТЕЗ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ИГР**

Проанализированы общие требования к перспективным мультисервисным сетям телекоммуникаций. Предложена методика многокритериальной оптимизации параметров мультисервисных сетей на основе методов теории игр. Определены оптимальные вероятности применения чистых стратегий и средний выигрыш. Показаны особенности применения смешанных игровых стратегий при реализации мультисервисных сетей телекоммуникаций.

Ключевые слова: мультисервисная сеть, услуга, синтез, многокритериальная оптимизация, качество, теория игр, матрица, стратегия.

Вступ і постановка задачі. Мультисервісна мережа (МСМ) представляє собою універсальне багатоцільове середовище, призначене для передачі мови, зображення і даних з використанням технології комутації пакетів (ІР). Мультисервісна мережа відрізняється ступенем надійності, характерної для телефонних мереж (на протизагу негарантованої якості зв'язку через Інтернет) і забезпечує низьку вартість передачі в розрахунок на одиницю об'єму інформації (наближену до вартості передачі даних по Інтернету).

© Ткаченко О. М., Дищук А. С., Білий О. А., Нагнибіда М. К., 2017

Мультисервісні мережі можуть бути створені безпосередньо на основі як існуючих цифрових, так і віртуальних мереж.

В літературі [1-5] сформувався термін Time Warner Full Service Network (FSN), який дослівно означає повносервісні мережі, що попереджають втрату якості через несвоєчасність (з запізненням) доставки трафіку. У вітчизняній літературі цей термін аналогічний поняттю мультисервісних мереж, тобто мереж, готових до надання будь-яких телекомунікаційних та інформаційних послуг – передача голосу, мультимедійні послуги, передача даних тощо.

Аналіз літературних джерел показує, що при дослідженні, аналізі та синтезі мультисервісних мереж найефективнішим є апарат складних систем.

При проектуванні складних систем, як відомо [6-9], для одержання ефективних рішень, необхідно здійснювати векторний синтез на основі вектора показників якості.

В роботі [10] досліджується категорія чутливості складних систем як математичного показника для оцінювання поведінки системи щодо запобігання перевантажень мережі і підвищення якості надання послуг. Представлені аналітичні вирази для визначення однопараметричної і багатопараметричної чутливості складних систем.

Метою даної роботи є дослідження можливості використання алгоритмів теорії ігор при оптимізації параметрів мультисервісних мереж.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі: обґрунтування вимог до перспективних мереж зв'язку, постановка основного завдання мультисервісної мережі, оптимізація мережі на базі алгоритмів теорії ігор.

Особливості реалізації мультисервісних мереж. В [3, 8] визначені загальні вимоги до перспективних мереж зв'язку:

- мультисервісність – незалежність технологій надання послуг від транспортних технологій;
- широкосмуговість – можливість гнучкої й динамічної зміни швидкості передачі інформації в широкому діапазоні в залежності від поточних потреб користувача;
- мультимедійність – здатність мережі передавати багатокomпонентну інформацію (мова, дані, відео, аудіо) з необхідною синхронізацією цих компонентів в реальному часі;
- інтелектуальність – можливість управління послугою, викликом і з'єднанням з боку користувача або постачальника послуг;
- інваріантність доступу – можливість організації доступу до послуг, незалежно від використовуваної технології;
- багатооператорність – можливість участі декількох операторів у процесі надання послуги і поділ їх відповідальності у відповідності з областю діяльності.

Основне завдання мультисервісних мереж полягає в забезпеченні роботи різнорідних інформаційних і телекомунікаційних систем і додатків в єдиному транспортному середовищі, коли для передачі звичайного трафіку (даних) і трафіку іншої інформації (мови, відео та ін.) використовується єдина інфраструктура, яка володіє наступними характеристиками:

- функціонує на базі комутації пакетів і має розділені функції управління і перенесення інформації, де функції послуг і додатків відокремлені від функцій мережі;
- мережа компонентної побудови з використанням відкритих інтерфейсів;
- підтримує широкий спектр послуг, включаючи послуги в реальному часі і послуги доставки інформації (електронна пошта), в тому числі мультимедійні послуги;
- забезпечує взаємодію з традиційними мережами електрозв'язку;
- володіє загальною мобільністю, тобто дозволяє окремому абоненту користуватися і управляти послугами незалежно від технології доступу і типу використовуваного терміналу та надає абоненту можливість вільного вибору постачальника послуг.

Мережі телекомунікацій, побудовані на основі концепції мультисервісної мережі, мають наступні переваги перед традиційними мережами телекомунікацій:

- використання універсальної транспортної мережі для надання різних послуг;
- підвищення середнього доходу з абонента за рахунок надання додаткових мультимедійних послуг;
- оптимальна реалізація смуги пропускання для інтеграції різних видів трафіку;
- мультисервісна мережа краще пристосована до модернізації і розширення;
- мультисервісна мережа володіє легкістю в управлінні та експлуатації;
- оператор мультисервісної мережі має можливість швидкого впровадження нових послуг і додатків з різними вимогами до обсягу переданої інформації і якості її передачі.

Переваги для користувача:

- абстрагування від технологій реалізації послуг телекомунікацій (принцип чорного ящика);
- гнучке отримання необхідного набору, обсягу та якості послуг;
- мобільність отримання послуг.

Однією з основних цілей побудови мультисервісних мереж є розширення спектру послуг, що надаються:

- послуги служби телефонного зв'язку (надання місцевого телефонного з'єднання, міжміського телефонного з'єднання, міжнародного телефонного з'єднання);
- послуги служб передачі даних (надання виділеного каналу передачі даних, постійного і комутованого доступу в мережу Інтернет, віртуальних приватних мереж передачі даних);
- послуги телематичних служб (електронна пошта, голосова пошта, доступ до інформаційних ресурсів, телефонія по IP-протоколу, аудіоконференція і відеоконференція);
- послуги служб рухомого електрозв'язку;
- послуги постачальників інформації: відео та аудіо за запитом, інтерактивні новини, електронний супермаркет, дистанційне навчання та ін.

MCM використовує єдиний канал для передачі даних різних типів, дозволяє зменшити різноманітність типів обладнання, застосовувати єдині стандарти, технології і централізовано керувати комунікаційним середовищем.

Інтерактивні MCM надають абонентам широкий спектр послуг: пакети аналогового і цифрового телебачення, потокове мовлення, Інтернет, телефонію, відеоконференція, голосування та опитування населення, відеотелефонію, відео на вимогу, дистанційне навчання, медичні консультації, оплату комунальних послуг з автоматичним зніманням показань із лічильників води, тепла і електроенергії, охоронну сигналізацію, відеоспостереження та ін.

Оптимізація мережі на базі теорії ігор. Для розрахунку показників якості мультисервісних мереж пропонується скористатися методами теорії ігор. Це дозволить ефективно розв'язати задачу багатокритеріальної оптимізації параметрів мультисервісних мереж. Покажемо це на прикладі.

Нехай гравець A – система управління деякою мережею, яка повинна управляти одним з двох основних показників якості мережі – гравця B . Мережа може забезпечувати певне стале значення лише одного параметра, але не обох одразу. Відомо, що перший параметр втричі важливіше, ніж другий. Як потрібно діяти обом супротивникам?

Позначимо стратегії управління та забезпечення певного сталого значення першого параметра індексом 1, другого параметра – індексом 2.

Тоді платіжна матриця має вигляд, зображений на рис. 1.

	B_1	B_2
A_1	0	3
A_2	1	0

Рис. 1. Платіжна матриця гри

Якщо B забезпечує певне постійне значення параметра якості, яким управляє A , то виграш A дорівнює нулю. Легко бачити, що ця матриця не має сідлової точки:

$$\max_j \min_i a_{ji} = 0 \quad (\max[0,0]=0), \quad \min_i \max_j a_{ji} = 1 \quad (\min[3,1]=1).$$

Застосування чистих стратегій в цьому випадку є не вигідним для гравців. Дійсно, якщо A завжди буде дотримуватися одного й того ж принципу дій (наприклад, управляти більш важливим параметром), то B , знаючи про це, зведе виграш A до нуля. Таким же чином, якщо B буде, наприклад, завжди забезпечувати певне стає значення більш важливого параметру (що, здавалося б, диктується "здоровим глуздом"), то A зможе напевно виграти 1 – управляти другим параметром. Таким чином, той, хто застосовує чисту стратегію, опиняється в гіршому положенні, в порівнянні з його більш "гнучким" супротивником. Очевидно, більш вигідно потай від супротивника вибирати то одну, то іншу чисту стратегію, причому не за будь-яким наперед відомим законом, а випадково, користуючись, скажімо, таблицею випадкових чисел. Наприклад, якщо гравець A буде з рівними ймовірностями управляти то одним, то іншим параметром, то як би не діяв B , виграш A в середньому буде не менше $\frac{1}{2}$, тобто, в будь-якому випадку, більше нуля. Виникає питання, які ж оптимальні ймовірності застосування чистих стратегій? Для випадку ігор 2×2 теорія ігор дає порівняно просту відповідь: ймовірності чистих стратегій повинні розраховуватися за формулами:

$$p(A_1) = \frac{a_{22} - a_{21}}{(a_{11} + a_{22}) - (a_{12} + a_{21})}; \quad p(B_1) = \frac{a_{22} - a_{12}}{(a_{11} + a_{22}) - (a_{12} + a_{21})};$$

$$p(A_2) = \frac{a_{11} - a_{12}}{(a_{11} + a_{22}) - (a_{12} + a_{21})}; \quad p(B_2) = \frac{a_{11} - a_{21}}{(a_{11} + a_{22}) - (a_{12} + a_{21})}.$$

Отримаємо наступні ймовірності:

$$p(A_1) = 1/4; \quad p(A_2) = 3/4; \quad p(B_1) = 3/4; \quad p(B_2) = 1/4.$$

Середній виграш A (тобто програш B) рівний при цьому $\frac{3}{4}$. Стратегія, що полягає у випадковому застосуванні з визначеними ймовірностями тих чи інших чистих стратегій, називається змішаною стратегією. Змішана стратегія задається ймовірностями застосування чистих стратегій, що входять в неї. В нашому випадку оптимальні змішані стратегії гравців S_A та S_B можна записати в наступному вигляді, причому чисті стратегії нумеруються зверху до низу:

$$S_A = \begin{vmatrix} 1/4 \\ 3/4 \end{vmatrix}; \quad S_B = \begin{vmatrix} 3/4 \\ 1/4 \end{vmatrix}.$$

На відміну від випадку гри з сідловою точкою, при застосуванні змішаної стратегії вибір певної дії повинен залишатися невідомим супротивнику. Хоча, однак, оптимальну змішану стратегію гравця супротивник завжди може розрахувати за матрицею гри.

Важливою властивістю оптимальної змішаної стратегії є те, що при будь-якій стратегії супротивника (чистій чи змішаній) вона забезпечує гравцю середній виграш, не менший, ніж у випадку застосування супротивником його оптимальної змішаної стратегії. Цей середній

виграш, який може отримати "хороший" гравець у "хорошого" гравця, називається ціною гри. В нашому прикладі ціна гри дорівнює $\frac{3}{4}$ (на користь A). У грі з сідловою точкою ціна гри рівна величині платежу в сідловій точці. Якщо ціна гри рівна нулю, то гру можна вважати "справедливою". В протилежному випадку одному з гравців краще утриматися від гри, якщо це можливо (це, доречі, також деяка чиста стратегія, що зводить гру до гри з сідловою точкою та ціною гри, рівною нулю).

Рішення ігор з більшою кількістю чистих стратегій, ніж 2×2 , знайти складніше. Однак, як довів Дж. фон Нейман, кожна гра $m \times n$ має хоча б один розв'язок у вигляді оптимальних (чистих чи змішаних) стратегій для обох гравців.

Досить складними є ігри з більшою кількістю стратегій, особливо так звані нескінченні ігри (з нескінченною множиною чистих стратегій), а також ігри багатьох гравців, в тому числі коаліційні ігри, в яких гравці можуть утворювати коаліції з метою збільшити сумарний виграш.

Висновки. Запропоновано методику багатокритеріальної оптимізації параметрів мультисервісних мереж на базі методів теорії ігор.

Для наведеного прикладу показано, що застосування чистих стратегій є не вигідним для гравців, так як той, хто застосовує чисту стратегію, опиняється в гіршому положенні, в порівнянні з його більш "гнучким" супротивником.

Визначено оптимальні ймовірності застосування чистих стратегій, а також середній виграш A – система управління мережею зв'язку, (тобто програш B – мережа зв'язку), який становить $\frac{3}{4}$.

Список використаної літератури

1. Толубко В.Б. Методи оптимізації / В.Б. Толубко, Л.Н. Беркман. – Київ: ДУТ, 2016. – 442 с.
2. Соломенчук В. Д. Оптические транспортные сети / В. Д. Соломенчук, В. А. Мищенко, К. Н. Гура. – Киев: Центр последипломного образования ПАО «Укртелеком», 2014. – 294 с.
3. Стеклов В. К. Телекоммуникационные сети / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – Київ: Техніка, 2000. – 392 с.
4. Бертсекас Д. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – Москва: Мир, 1989. – 544 с.
5. Лихтциндер Б.Я. Интеллектуальные сети связи. / Б. Я. Лихтциндер, М. А. Кузякин, А. В. Росляков, С. М. Фомичев. – Москва: Эко-Трендз, 2000. – 205 с.
6. Беркман Л. Н. Застосування алгоритмів теорії ігор для оптимізації систем управління телекомунікаційними мережами / Л. Н. Беркман, О. М. Ткаченко // Матеріали Международной научно-технической конференции «Технологии цифрового вещания: стратегия внедрения в Украине» (ДВТ-2006). – 2006. – С. 180-183.
7. Льюс Р.Д. Игры и решения / Р. Д. Льюс, Х. Райфа. – Москва: ИИЛ, 1961. – 642 с.
8. Нетудыхата Л. И. К вопросу оптимизации системы управления сетью связи методами теории игр / Л. И. Нетудыхата, В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман // Зв'язок. – 2004. – №6. – С. 59-60.
9. Ткаченко О.М. Використання ігрових методів для аналізу і синтезу систем зв'язку / О. М. Ткаченко // Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології (COMINFO-2006)». – С. 34-35.
10. Горошанко Я. І. Управління надійністю телекомунікаційної мережі на основі аналізу чутливості складних систем / Я. І. Горошанко // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2016. – №3. – С.31-36.

References

1. Tolubko V. B., Berkman L. N. "The methods of optimization." *Kyiv: DUT* (2016): 442.
2. Solomenchuk V. D., Mischenko V. A., Gura K.N. "Optical transport networks." *Kyiv: Ukrtelecom* (2014): 294.
3. Steklov V. K., Berkman L. N. "Telecommunication networks." *Kyiv: Tekhnika* (2000): 392.
4. Bertsekas D., Gallager R. "Data transmission networks." *Moskva, Mir* (1989): 544.
5. Lichtzkinder B. Ya., Kuzyakin M. A., Roslyakov A. V., Fomichev S.M. "Intelligent Communication Networks". *Moskva: Eco-Trends* (2000): 205.
6. Berkman L. N., Tkachenko O. M. "Application of algorithms of game theory for optimization of telecommunication network management systems." *International Scientific and Technical Conference "Digital Broadcasting Technologies: Implementation Strategy in Ukraine" (DBT-2006)* (2006): 180-183.
7. L'yus R. D., Raifa H. "Games and solutions." *Moskva: IIL* (1961): 642.
8. Netudykhata L. I., Steklov V. K., Berkman L. N. "On the question of optimization of the network management system by game theory methods." *Zviyazok* 6 (2004): 59-60.
9. Tkachenko O. M. "Use of game techniques for the analysis and synthesis of communication systems." *II International Scientific and Technical Conference "Modern Information and Communication Technologies (SOMINFO)* (2006)": 34-35.
10. Toroshanko Ya. I. "Management reliability of telecommunication network on the analysis of sensitivity of the complex systems." *Telekomunikatsiini ta informatsiini tekhnolohii* 3 (2016): 31-36.

Автори статті

Ткаченко Ольга Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +380 (50) 647 57 77. E-mail : okar@ukr.net.

Дишук Анатолій Станіславович – директор центру документального інформаційного забезпечення та контролю, Державний університет телекомунікацій. Тел.: +380 (67) 273 46 82. E-mail: adishuk@mail.ru.

Білий Олексій Андрійович – студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +380 (93) 264 16 31.

Нагнибіда Микита Костянтинівич – студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +380 (93) 536 42 00.

Authors of the article

Tkachenko Olha Mykolaivna – candidate of science (technic), associate professor of telecommunication systems and networks department, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +380 (50) 647 57 77. E-mail : okar@ukr.net.

Dyshchuk Anatolii Stanislavovych – director of center of the documentary informative providing and control, State University of Telecommunications. Tel.: +380 (67) 273 46 82. E-mail: adishuk@mail.ru.

Bilyi Oleksii Andriiovych – student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +380 (93) 264 16 31.

Nahnybida Mykyta Kostiantynovych – student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +380 (93) 536 42 00.

Дата надходження

в редакцію: 3.11.2017 р.

Рецензент:

доктор технічних наук, професор О.М. Власов
Державний університет телекомунікацій, Київ