

УДК 004.71 : 621.39

Г.А. Кучук<sup>1</sup>, О.А. Куфлієвський<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup>Національний технічний університет «ХПИ», Харків

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОГО ВУЗЛА КОНЦЕНТРАТОРА ПОСЛУГ NGN-МЕРЕЖІ

*У статті запропоновані математична та програмна моделі розподіленого вузла концентратора послуг гетерогенної NGN-мережі. Визначено необхідні вхідні дані, сформульована оптимізаційна задача, розроблений програмний комплекс, який дозволяє вибрати характеристики вузла концентратора послуг, що задовольняють вимогам, сформульованим при розробці проекту NGN-мережі.*

**Ключові слова:** NGN-мережа, концентратор послуг, комутатор, пакетна мережа, інтелектуальна периферія, транспортний ресурс мережі, трафік, PHP.

### Вступ

Збільшення типів інформації, технологій доступу, зростання кількості послуг і жорсткість конку-

ренції – все це визначає необхідність переходу до нової архітектури мережі сигналізації, переходу традиційних мереж з комутацією каналів до пакетних мереж, перехід до концепції NGN [1, 2].

Хоча ця архітектура ще повністю не визначена, але вже сьогодні ясно, що її базова частина буде комбінацію технологій IP і SS7 [3]. Вона забезпечить взаємодію різних мереж і швидке розгортання нових додатків. На етапі конвергенції ведеться пошук найбільш оптимальних, економічно вигідних рішень взаємодії [2 – 4]. На сьогодні визначають такі вимоги до розвитку NGN-мереж [1, 2],

– в основі вибору технології й концепції перспективного розвитку, модернізації або розвитку мережі підприємства повинні бути присутні економічні мотиви; у мультисервісних мережах ці мотиви виражаються в наданні нових послуг і зниженні витрат на їхнє формування завдяки унікальній можливості побудови технологічної інфраструктури з розподіленою комутацією й гнучкою уніфікованою структурою керування;

– вважаючи на те, що концепція мультисервісної мережі досить складна й немає ніяких стандартів на її використання, проектування подібних систем повинно розглядатися як високе «технологічне мистецтво» системного інтегратора;

– технологія NGN може бути реалізована тільки за допомогою механізмів пакетної передачі й технологій програмної комутації, які є основними елементами мультисервісної мережі;

– використання встаткування «SoftSwitch» надає реальні можливості автоматизації процесу імпорту даних про представлені послуги в існуючі на підприємствах автоматизовані системи комплексних розрахунків;

– NGN потребує обліку стану балансу між її вартістю, надійністю і якістю надаваних послуг.

Серед багатьох проблем, які постають при втіленні NGN-мереж – проектування та вибір обладнання програмної комутації, яке повинне грати роль універсального конвертора сигналізації, універсального програмно-апаратного комплексу, керуючого обробкою викликів у різних мережах, платформи, яка об'єднує та інтегрує послуги різних мереж в єдині комплексні пакети послуг [5, 6]. Для вирішення цієї задачі необхідно мати модель, яка б дозволила вибрати найбільш оптимальний варіант такого обладнання. Питання розробки загальних моделей комунікаційного обладнання розглянуті у багатьох роботах, наприклад, [7, 8], але у ряді випадків є потреба у моделях, орієнтованих на конкретну специфіку мережі. Тому метою даної статті є розробка математичної та програмної моделей розподіленого вузла концентратора послуг гетерогенної мультисервісної мережі.

### 1. Загальна математична постановка задачі

Основним критерієм при розробці математичної моделі розподіленого вузла концентратора

послуг (SSP) гетерогенної мультисервісної мережі був вибраний показник витрат на проходження трафіка у проектуємій мережі ( $Z$ ), який залежить від багатьох параметрів, пов'язаних як з архітектурою мережі, так і з її плануємим завантаженням. В якості змінних параметрів у моделі були вибрані такі:  $J$  – плануєма кількість шлюзів взаємодії з мережею;  $S$  – плануєма кількість комутаторів пакетної мережі. Інші параметри моделі, які потрібно задати при проектуванні SSP, розраховувалися згідно вхідних даних моделі. Задача оптимізації розподіленого вузла концентратора послуг гетерогенної мультисервісної мережі в узагальненому вигляді була сформульована таким чином:

$$Z(V^{(u)}, V^{(s)}, V^{(com)}, P^{(sw)}, J, S) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $V^{(u)}$  – загальний мережевий ресурс, необхідний для обслуговування трафіка користувачів;  $V^{(s)}$  – загальний мережевий ресурс, необхідний для трафіка сигналізації;  $V^{(com)}$  – загальний мережевий ресурс, необхідний для підключення обладнання гнучкого комутатора до пакетної мережі;  $P^{(sw)}$  – загальна продуктивність комутаторів пакетної мережі.

При цьому необхідно передбачити наступне.

1. Транспортний ресурс, передбачений для обслуговування трафіка користувачів на кожному  $j$ -му проектуємому шлюзі ( $V_j^{(u)}$ ) не повинен бути меншим, ніж необхідний ( $V_j^{(u, \min)}$ ), тобто

$$V_j^{(u)} \geq V_j^{(u, \min)} \quad \forall j \in \overline{1, J}. \quad (2)$$

2. Транспортний ресурс, необхідний для трафіка сигналізації на кожному  $j$ -му проектуємому шлюзі ( $V_j^{(s)}$ ) не повинен бути меншим, ніж необхідний ( $V_j^{(s, \min)}$ ), тобто

$$V_j^{(s)} \geq V_j^{(s, \min)} \quad \forall j \in \overline{1, J}. \quad (3)$$

3. Транспортний ресурс, який є необхідним для функціонування гнучкого комутатора SSP ( $V^{(com)}$ ) не повинен бути меншим, ніж необхідний ( $V^{(com, \min)}$ ), тобто

$$V^{(com)} \geq V^{(com, \min)}. \quad (4)$$

4. Продуктивність кожного із комутаторів пакетної мережі ( $P_s^{(sw)}$ ) повинна задовольняти вимогам, які визначаються, виходячи із плануємого завантаження мережі ( $P_\Sigma^{(sw, \min)}$ ), тобто

$$\sum_{s=1}^S p_s^{(sw)} \geq p_{\Sigma}^{(sw, \min)}. \quad (5)$$

5. Крім того, слід зазначити, що при виборі необхідного варіанту треба не вийти за межі фінансування, тобто

$$\sum_{j=1}^J c_j^{(j)} + \sum_{s=1}^S c_s^{(s)} \leq c_{\max}, \quad (6)$$

де  $c_j^{(j)}$ ,  $c_s^{(s)}$  – орієнтовні вартості  $j$ -го шлюзу та  $s$ -го комутатора відповідно, а  $c_{\max}$  – максимально допустима вартість обладнання.

Якщо у якості цільової функції розглянути вираз (1), а у якості обмежень – вирази (2) – (6), то отримаємо оптимізаційну задачу, яку при знаходженні аналітичних виразів для розрахунку числових значень змінних в обмеженнях можна привести до задачі цілочисельного програмування із двома невідомими змінними.

Передусім для цього необхідно визначити вхідні дані моделі.

## 2. Вхідні дані для проектування розподіленого SSP

Для знаходження мінімально потрібних значень транспортного ресурсу та продуктивності необхідно визначити список послуг інтелектуальної мережі зв'язку, доступ до яких планується здійснювати з використанням SSP; перелік SCP (Services Control Point, вузол керування послугами), до яких планується здійснювати доступ через проєктований SSP; питома навантаження в напрямку кожної послуги інтелектуальної мережі зв'язку (ІМЗ), поза залежністю від SCP, що використовується; кількість користувачів послуг ІМЗ, що обслуговуються спроектованим SSP. Згідно з методикою розрахунку, запропонованою в [2], визначимо такі вхідні дані математичної моделі:

- 1)  $I$  – кількість послуг, яка планується для надання мережею;
- 2)  $e_i$  – питома навантаження в напрямку ІМЗ при наданні послуги  $i$ ;
- 3)  $N_j$  – кількість користувачів послуг ІМЗ в фрагменті, який підключається до шлюзу  $j$ ;
- 4)  $e_c$  – середнє навантаження на один канал шлюзу;
- 5)  $k_j^{(int)}$  – плануємий відсоток навантаження до InP (інтелектуальної периферії) на шлюзі  $j$ ;
- 6)  $k^{(u)}$ ,  $k^{(s)}$  – коефіцієнти використання транспортного ресурсу трафіка користувачів і сигнального трафіка відповідно;
- 7)  $V_j^{(cod)}$  – швидкість передавання кодека,

який використовується на шлюзі для обслуговування вихідних викликів;

- 8)  $V_{net}^{(cod)}$  – швидкість передавання кодека, який використовується на шлюзі при обслуговуванні вхідних викликів.
- 9)  $\Lambda_{in}$  – інтенсивність викликів в напрямі до послуг ІМЗ;
- 10)  $\ell^{(s)}$  – середня довжина службового повідомлення, яке проходить по сигнальним каналам;
- 11)  $n^{(s)}$  – їх середня кількість;
- 12)  $\ell^{(p)}$  – середня довжина повідомлення протоколу, який управляє комутацією на шлюзі;
- 13)  $n^{(p)}$  – середня кількість повідомлень протоколу управління комутацією;
- 14)  $k_{pp}$  – коефіцієнт перерозрахунку продуктивності при обслуговуванні викликів з використанням ЗКС7 в продуктивність при обслуговуванні «ідеальних» викликів;
- 15)  $N^{(int)}$  – кількість користувачів послуг ІМЗ (реальна кількість абонентів мережі ТмЗК) в мережевому фрагменті, доступ до послуг ІМЗ з якого здійснюється з використанням даного гнучкого комутатора;
- 16)  $\Lambda_i^{(int)}$  – інтенсивність викликів в напрямі послуги  $i$  інтелектуальної мережі.
- 17)  $M_j^{(inp)}$  – відсоток навантаження, яке є направленим до InP в фрагменті  $j$  і InP, що підключено на рівні шлюзу  $j$ , яке надходить від користувачів, що підключені на фрагменті  $j$ ,
- 18)  $\ell_{IP}$  – середня довжина IP-паketу всередині пакетної мережі.

## 3. Розрахунок навантаження шлюзів

Визначимо загальне навантаження в напрямку до послуг ІМЗ, які надходять до шлюзу  $j$ , згідно з методикою, запропонованою в [2]. Нехай  $E_{ij}$  – навантаження в напрямку послуги ІМЗ, що надходить від користувачей фрагменту мережі, які підключені до шлюзу  $j$ . Тоді

$$E_{ij} = e_i \cdot N_j, \quad (7)$$

а загальне навантаження в напрямку до послуг ІМЗ, які надходять на шлюз  $j$ , дорівнює:

$$E_j = N_j \cdot \sum_{i=1}^I e_i. \quad (8)$$

Тоді кількість каналів між мережею загального користування і шлюзом пакетної мережі, що призначені для обслуговування трафіку ІМЗ можна визначити за формулою:

$$n_j^{(out)} = \frac{E_j}{e_c} . \quad (9)$$

При наявності у шлюзі інтелектуальної периферії (InP) необхідно враховувати і вхідне навантаження на шлюз з інших сегментів мережі, тобто  $E_j^{(int)}$  – вхідне навантаження до інтелектуальної периферії, встановленої в мережевому фрагменті  $j$  розраховується як:

$$E_j^{(int)} = \sum_{\xi=1}^J \left( k_{\xi}^{(int)} / 100 \right) \cdot E_{\xi} . \quad (10)$$

Тоді у випадку, якщо в мережевому фрагменті  $j$  встановлюється обладнання InP, для зв'язку з ним необхідно передбачити додатково  $n_j^{(in)}$  каналів:

$$n_j^{(in)} = \frac{E_j^{(int)}}{e_c} . \quad (11)$$

Загальна кількість каналів між мережею ТмЗК і шлюзом  $j$  дорівнює:

$$n_j = n_j^{(in)} + n_j^{(out)} . \quad (12)$$

Значимо, що транспортний ресурс для підключення до пакетної мережі може містити в своєму складі транспортний ресурс в напрямку комутаторів пакетної мережі і транспортний ресурс в напрямку обладнання InP, що приєднується на рівні шлюзу. Транспортний ресурс в напрямку до комутаторів пакетної мережі розраховується, виходячи з трафіка користувача при наданні послуг ІМЗ; трафіка сигналізації обслуговування викликів і керування шлюзом. Трафік користувача при наданні послуг ІМЗ складається з вихідного трафіка в напрямку послуг, який створюється користувачем фрагменту  $j$  та вхідного трафіку в напрямку до InP, який приєднується на рівні фрагмента  $j$  або на рівні шлюза.

Тоді розрахунок транспортного ресурсу для обслуговування трафіка користувачів можна провести, використовуючи такий вираз:

$$V_j^{(u)} = k^{(u)} \times \left( \left( 1 - k^{(int)} / 100 \right) \cdot V_j^{(cod)} \cdot E_j + V_{net}^{(cod)} \cdot E_j^{(int)} \right) . \quad (13)$$

Транспортний ресурс для трафіка сигналізації при обслуговуванні викликів визначається за таким виразом [2]:

$$V_j^{(s)} = k^{(s)} \cdot \left( \ell^{(p)} \cdot n^{(p)} \cdot P_{IN} \cdot N_j - \ell^{(s)} \cdot n^{(s)} \times \right. \\ \left. \times \Lambda_{in} \cdot N_j + \left( \ell^{(p)} \cdot n^{(p)} - \ell^{(s)} \cdot n^{(s)} \right) k_j^{(int)} \times \right. \\ \left. \times \Lambda_{in} \cdot \sum_{\xi=1}^J \left( \left( k_{\xi}^{(int)} / 100 \right) \cdot E_{\xi} \right) \right) / 450 . \quad (14)$$

У випадку, якщо підключення сигнальних каналів на шлюзі не проводиться, то в формулі можна прийняти

$$\ell^{(s)} = n^{(s)} = 0 .$$

Загальний транспортний ресурс, необхідний для підключення до комутаторів пакетної мережі, може бути визначений як

$$V_j = V_j^{(u)} + V_j^{(s)} . \quad (15)$$

#### 4. Параметри обладнання гнучкого комутатора та пакетної транспортної мережі

Продуктивність обладнання гнучкого комутатора при реалізації розподіленого SSP може бути визначена за формулою:

$$P^{(com)} = k_{pp} \cdot N^{(int)} \cdot \sum_{i=1}^I \Lambda_i^{(int)} . \quad (16)$$

Транспортний ресурс підключення обладнання гнучкого комутатора до пакетної мережі визначається виходячи із даних про сигнальний обмін.

$$V^{(com)} = k_{pp} \cdot N^{(int)} \times \\ \times \sum_{i=1}^I \Lambda_i^{(int)} \cdot \left( \ell^{(p)} \cdot n^{(p)} + \ell^{(s)} \cdot n^{(s)} \right) / 450 . \quad (17)$$

При визначенні кількості комутаторів пакетної мережі і її топології необхідно виходити з існуючої топології первинної мережі; показників продуктивності обладнання, що пропонується до використання; вимог до забезпечення надійності і життєздатності пакетної мережі.

Конкретне чисельне значення кількості комутаторів пакетної мережі визначається після розв'язання оптимізаційної задачі (1) – (6), в якості вхідних даних у моделі будемо задавати нижню та верхню границі:  $S_{min}$  та  $S_{max}$ .

Визначимо сумарну продуктивність обладнання магістрального рівня пакетної мережі. При визначенні необхідної продуктивності комутаторів пакетної мережі врахуємо, що в пакетну мережу надходить частка інформації користувачів від шлюзів і інформація сигналізації в напрямі гнучкого комутатора. Тоді мінімальна сумарна продуктивність обладнання комутаторів пакетної мережі при реалізації розподіленого SSP дорівнює

$$P_{\Sigma}^{(sw)} = \frac{\sum_{j=1}^J \left( 1 - M_j^{(inp)} / 100 \right) \cdot V_j + V^{(com)}}{\ell_{IP}} , \quad (18)$$

а в припущенні однорідності комутаторів продуктивність одного комутатора повинна складати не менш, ніж  $P_{\Sigma}^{(sw)} / S$ .

## 5. Результати моделювання

Враховуючи отримані вирази (7) – (18) та перелік необхідних вхідних даних, наведених у п. 2 статті, оптимізаційна задача (1) – (6) була приведена до вигляду стандартної задачі цілочисельного програмування, для розв'язання якої був використаний метод гілок і меж. Програмна реалізація даної математичної моделі була розроблена на мові програмування сценаріїв загального призначення з відкритим початковим кодом PHP у вигляді програмного комплексу МРВКП (моделювання розподіленого вузла концентратора послуг NGN-мережі) (рис. 1).

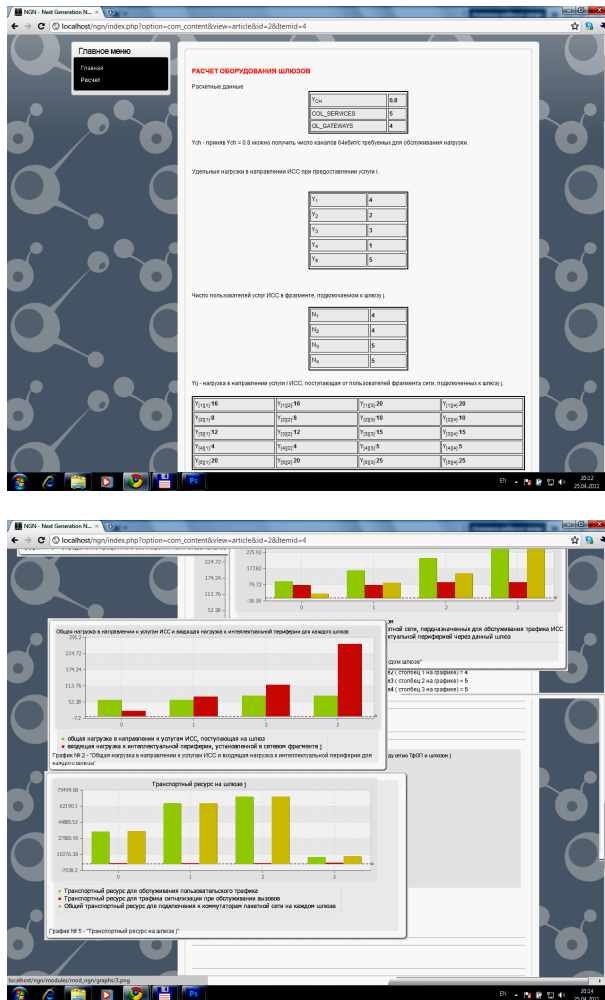


Рис. 1. Екранні форми ПК МРВКП

Комплекс дозволяє отримати оптимальний варіант побудови розподіленого вузла концентратора

послуг гетерогенної NGN-мережі та провести аналіз його функціонування.

## Висновки

Розроблені математична та програмна моделі розподіленого вузла концентратора послуг гетерогенної NGN-мережі. Визначено вхідні дані, які є необхідними при моделюванні SSP, сформульована оптимізаційна задача, яка дозволяє вибрати оптимальний варіант обладнання, виходячи з критерію зменшення витрат на проходження трафіка у проєктуємій мережі з одночасним збереженням якості обслуговування. Розроблений програмний комплекс, який дозволяє вибрати характеристики вузла концентратора послуг, що задовольняють вимогам, сформульованим при розробці проєкту NGN-мережі.

**Напрямок подальших досліджень** – зняття деяких обмежень, висунутих при розробці математичної моделі, що були пов'язані з її спрощенням.

## Список літератури

1. Бакланов И.Г. NGN. Принципы построения и организации / И.Г. Бакланов. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 396 с.
2. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения / Ю.В. Семенов. – М.: ОАО "ГИПРОС-ВЯЗЬ", 2005. – 240 с.
3. Крылов В.В. Теория телетрафика и ее приложения / В.В.Крылов, С.С. Самохвалова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
4. Гольдштейн Б.С. Сети связи: учебник для ВУЗов / Б.С. Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновский. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2010. – 400 с.
5. Антонян А. Построение сетей NGN / А. Антонян, Е. Скуратовская // CONNECT!. Мир связи. – 2006. – №7. – С. 25-31.
6. Соколов Н.А. Качество обслуживания трафика речи в сети NGN / Н.А. Соколов // Connect! Мир связи. – 2006. – № 7. – С. 13 – 15.
7. Гольдштейн Б.С. Сети NGN. Оборудование IMS: учебное пособие / Б.С. Гольдштейн, В.Ю. Гойхман, Ю.В. Столповская. – СПб.: ТЕЛЕДОМ» ГОУВПО СПбГУТ, 2010. – 220 с.
8. Гольдштейн А.Б. SOFTSWITCH / А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2006. – 368 с.

Надійшла до редколегії 28.04.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Харківський національний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО УЗЛА КОНЦЕНТРАТОРА УСЛУГ NGN-СЕТИ

Г.А. Кучук, А.А. Куфлиевский

В статье предложены математическая и программная модели распределенного узла концентратора услуг гетерогенной NGN-сети. Определены необходимые входные данные, сформулирована оптимизационная задача, разработан программный комплекс, который позволяет выбрать характеристики узла концентратора услуг, удовлетворяющие требованиям, сформулированным при разработке проекта NGN-сети.

**Ключевые слова:** NGN-сеть, концентратор услуг, коммутатор, пакетная сеть, интеллектуальная периферия, транспортный ресурс сети, трафик, PHP.

**DISTRIBUTED NODE MODELLING OF REFLECTOR-SERVICES CENTER OF NGN**

G.A. Kuchuk, A.A. Kufliyevskiy

*The mathematical and programmatic models of the distributed node services center of heterogeneous NGN are offered in the articles. Certain data are needed, an optimization task is formulated, a programmatic complex, which allows to choose descriptions of distributed node, suitings, to formulated at development of NGN project is developed.*

**Keywords:** NGN, services center, switchboard, package network, intellectual periphery, transport resource of network, traffic, PHP.