

УДК 004.71 : 621.39

Г.А. Кучук¹, О.А. Куфлієвський²

¹Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків

²Національний 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) Λ_{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) ℓ_{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).

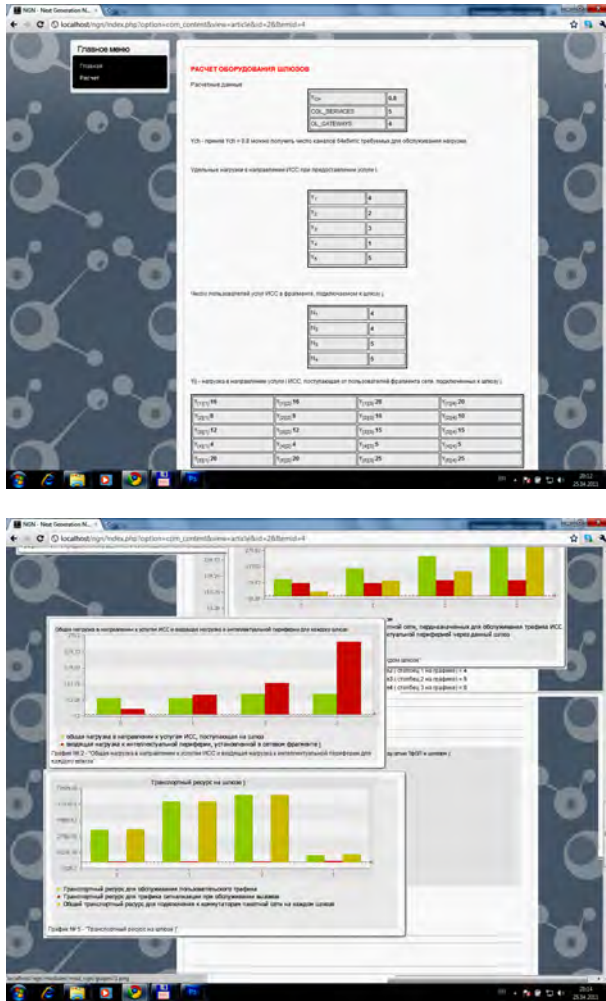


Рис. 1. Екранні форми ПК МРВКП

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 зберіганням 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.