

УДК 621.391.001.12/.18

Льїн О.О., к.т.н. (Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

ДЕЯКІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ FN ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ ВЕКТОРНОГО СИНТЕЗУ

Льїн О.О. Деякі аспекти розробки методики розрахунку параметрів мережі FN із застосуванням теорії векторного синтезу. В статті розглядаються деякі аспекти щодо вирішення задачі по розробці методики розрахунку параметрів мережі FN. На базі удосконаленої методики багатокритеріальної оптимізації для синтезу мережі та методики експертних оцінок, розроблено алгоритм та програму для синтезу мережі FN.

Ключові слова: ІНФОКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, NGN, FN, ОПТИМІЗАЦІЯ, ТРАФІК

Льин О.А. Некоторые аспекты разработки методики расчета параметров сети FN с применением теории векторного синтеза. В статье рассматриваются некоторые аспекты касательно решения задачи по разработке методики расчета параметров сети FN. На основе усовершенствованной методики многокритериальной оптимизации для синтеза сети и методики экспертных оценок разработан алгоритм и *программу для синтеза сети FN*.

Ключевые слова: ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ, NGN, FN, ОПТИМИЗАЦИЯ, ТРАФФИК

П'їн О.О. Some development aspects of calculation methodology of FN network parameters the using vector synthesis theory. This article discusses some aspects regarding the task of developing the calculating methodology the parameters of the FN network. Based on improved methods for the synthesis of multi-objective optimization techniques and a network of expert assessments developed an algorithm and a program for the synthesis of the network FN.

Keywords: INFOCOMMUNICATION NETWORK, NGN, FN, OPTIMIZATION, TRAFFIC

Вступ. Розвиток телекомунікацій та інформаційних технологій (ІТ) в Україні сприяє активному розширенню обчислювальних та комунікаційних послуг, що надаються споживачам постачальниками послуг. Представлення послуг технічно реалізується засобами обчислювальної техніки (комп'ютерами) та засобами телекомунікації та зв'язку – комп'ютерними мережами, мережами стільникового та мобільного зв'язку, супутниковим зв'язком тощо. Сукупність подібних послуг отримала нову, сучасну назву – інфокомунікаційні послуги, а засоби надання інфокомунікаційних послуг – інфокомунікаційні мережі, або мережі інфокомунікацій.

Сучасні послуги інфокомунікацій орієнтовані на використання сучасних *технічних* засобів обчислювальної техніки та комунікаційних технологій. До цих послуг обов'язково входить *інформаційна* складова, тобто саме те, за що сплачує кінцевий споживач – інформація. Інформацію можна представляти в різних формах – голосова (телефонний зв'язок), відео (відео зв'язок, цифрове телебачення), текстуальна (електронні тексти, книги, послуга WWW в мережі Інтернет) і багато похідних різновидів. Деякий час потому для передачі кожного з типу інформації використовувались окремі технології передачі. Тому дуже природнім виявився еволюційний процес конвергенції, тобто процес об'єднання мереж та представлення послуг засобами єдиної, мультисервісної мережі. Така мультисервісна мережа отримала назву NGN – Next Generation Network, мережа наступного покоління [1].

Для мережі NGN існують міжнародні стандарти та рекомендації щодо побудови, тому вона частково або повністю впроваджена в багатьох країнах. Кількість послуг та типи інформації, що передаються мережею, не обмежені.

Як один із актуальних напрямків розвитку мереж у post-NGN ері пропонується новий тип мереж, мережі майбутніх поколінь Future Networks (FN) [2]. Такий тип мереж розглядається у багатомірному аспекті, що означає використання багатомірності (багатоплановості) віртуального простору і масштабованості віртуального часу. Означений підхід дозволяє враховувати при створенні конвергентних мереж не тільки технічні особливості мережі, склад обладнання тощо, а й інформаційні – тип інформації що буде передаватись мережею, якість обслуговування тощо.

Одним із актуальних аспектів досліджень в цій області є знаходження умов та вимог, а також і відповідних параметрів мережі FN як цілісної великої системи, що дозволять керувати синтезом таких мереж.

1. Методика експертних оцінок. Застосування методики експертних є доцільним для ситуацій, коли достатньо складно математично обґрунтувати той або інший параметр (критерій) задачі. Методами експертних оцінок вважають такі, в яких організована робота з фахівцями-експертами і проводиться обробка висновків експертів з метою підготовки інформації для прийняття рішень [3].

При синтезі мереж FN висновок експерта є корисним при розв'язанні питань, пов'язаних із визначення складу сукупності початкових даних показників якості, обґрунтуванням кількісного формулювання деяких обмежень, вибір виду критерію переваги, вибір кращої системи із скінченного числа строго допустимих систем в умовах, коли кожна система характеризується вектором (сукупністю) показників якості. За результатами, одержаними на підставі методу експертних оцінок для мережі FN, вибираються необхідні показники якості, визначаються вагові коефіцієнти відповідно до їхньої важливості і синтезується оптимальна мережа відповідно цим показникам.

Кількість показників, які характеризують якість реальної мережі FN, може бути дуже великою. Це означає, що чим більша кількість показників якості враховується при синтезі системи, тим більш досконалою буде синтезована система. В той час, коли більше врахованих показників якості, тоді складніше провести синтез без введення порівняно грубих припущень. Тому на практиці існує оптимальна кількість показників якості, яку необхідно враховувати. Введення додаткових показників якості призводить не до покращення, а до погіршення результатів синтезу. Як критерії оптимізації обрано шість показників якості: затримка керуючої інформації; кратність модуляції; достовірність переданої інформації; вартість мережі з урахуванням усіх перерахованих властивостей; надійність мережі при заданих обмеженнях; кількість каналів.

Виходячи з відносної важливості вищевказаних показників, визначаються значення вагових коефіцієнтів c_1, \dots, c_6 для результуючої цільової функції F :

$$F = c_1 k_1 + c_2 k_2 + c_3 k_3 + c_4 k_4 + c_5 k_5 + c_6 k_6. \quad (1)$$

Вагові коефіцієнти c_i мають задовольняти умовам: $\sum_{i=1}^m c_i = 1$ і $c_i > 0$ (m – кількість показників, що характеризують систему) і визначаються як [3]:

$$c_i = \frac{c'_i}{\sum_{i=1}^m c'_i}, \quad (2)$$

де c'_i – вагові коефіцієнти в абсолютному виді, а c_i – відносні (нормовані) вагові коефіцієнти.

Призначення абсолютних ваг проводиться двома групами експертів. Першу групу складають експерти – системні фахівці в сфері телекомунікацій і управління, а також розробники телекомунікаційного обладнання, другу групу – експерти, що мають великий досвід в експлуатації інфокомунікаційних мереж, телекомунікаційного обладнання, розробники прикладного забезпечення.

Надійність оцінок визначається по статистичних характеристиках, які описують розкид оцінок окремих експертів і груп експертів, тобто статистичних характеристиках, що визначають ступінь погодженості оцінок. Розкид оцінок, що даються N експертами рішенню P_i (системі S_i , ваговому коефіцієнту c_i) визначається величиною варіації [3]:

$$v = \frac{\sqrt{\sigma_i^2}}{\bar{c}_i}, \quad \text{де } \sigma_i^2 \text{ – дисперсія оцінки, } \bar{c}_i \text{ – середнє значення оцінки.} \quad (3)$$

Дисперсія оцінки визначається за формулою [3]:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta c_i^2}{N-1}, \quad \text{де } \Delta c_i = c_i - \bar{c}_i, \text{ а } N \text{ – загальне число експертів в усіх групах.} \quad (4)$$

Отримані результати дозволяють зробити первісні висновки про надійність експертної оцінки. Ступінь погодженості оцінок за сукупністю всіх оцінюваних рішень визначається коефіцієнтом конкордації W . Ступінь погодженості рішень усіх груп експертів характеризується коефіцієнтом рангової кореляції ρ .

Коефіцієнт конкордації визначається за формулою [3]:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^m \Delta S_i^2}{N^2 (m^3 - m) - N \sum_{j=1}^N T_j}, \quad (5)$$

$$\text{де} \quad \Delta S_i = S_i - \bar{S}_i; \quad (6) \quad S_i = \sum_{j=1}^N R_{ij}; \quad (7)$$

$$\bar{S}_i = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_m}{m}; \quad (8) \quad T_j = \sum_{l=1}^{L_j} (t_{jl}^3 - t_{jl}). \quad (9)$$

У формулах (5)... (9) R_{ji} – ранг, привласнений i -му рішенню j -м експертом; S_i – сума рангів, привласнених i -му рішенню всіма експертами; \bar{S}_i – середнє значення суми рангів всіх m рішень; L_j – число груп рішень з рангами, що збіглися, для j -го експерта; l – номер групи з рангами, що збіглися; t_j – кількість рішень, що збіглися, j -го експерта в групі l .

Визначено рівень значимості α , тобто імовірність того, що розрахований коефіцієнт конкордації не є випадковою величиною. Величина рівня значимості визначається по таблицях розподілу випадкової величини χ^2 [3]:

$$\chi^2 = \frac{12 \sum_{i=1}^m \left(\Delta S_i m (m-1) \sum_{j=1}^N T_j \right)}{(Nm(m+1)-1)}. \quad (10)$$

Коефіцієнт рангової кореляції ρ , що характеризує ступінь погодженості оцінок усіх груп експертів, визначається за формулою [3]:

$$\rho = 1 - \frac{m \sum_{i=1}^m (R_{i1} - R_{i2})}{m(m^2 - 1)}, \quad (11)$$

де R_{i1}, R_{i2} – ранги, що присвоюються i -му рішенню I і II групою експертів.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про погодженість і невідповідність отриманих результатів.

2. Багатокритеріальна оптимізація мережі FN. Знаходженням оптимальної мережі FN називається процес синтезу мережі. Задача синтезу полягає в знаходженні такої мережі, яка компромісно оптимізує показники якості при обмеженні вхідних даних та спектра визначених умов. Синтез мереж типу NGN, FN, повинний бути векторним, тобто виконуватися з урахуванням значень сукупності (векторів) показників якості, включаючи й економічні, які заздалегідь враховані (прогнозуються) в критерії переваги (критерії оптимальності системи).

Розв'язання задачі оптимального синтезу – це процес вибору управляючих змінних x , що належать допустимій області D і забезпечують оптимальне значення характеристики інфокомунікаційної мережі $k(x)$. Характеристика, яка показує відносну перевагу одного варіанту порівняно з іншими, називається критерієм оптимальності (цільовою функцією, критерієм ефективності, функцією корисності, тощо).

Екстремальне значення критерію оптимальності $k_p(x)$ (кількісне значення) отримано у залежності від конкретного завдання максимуму або мінімуму цієї функції. Таким чином, для кожного критерію $k_1(x), k_2(x), \dots, k_s(x)$ знайдено вектор $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, що забезпечує мінімальне (максимальне) значення критерію оптимальності [5]

$$k_i = k_i(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad i = \overline{1, m} \quad (12)$$

при розв'язанні системи нерівностей:

$$\begin{cases} k_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, i = \overline{1, m} \\ x_j^- \leq x_j \leq x_j^+, j = \overline{1, n} \end{cases} \quad (13)$$

Отже, розв'язання задачі оптимізації мережі зведено до вирішення умови оптимізації, тобто до визначення оптимального значення x^* та знаходження мінімального (максимального) значення критерію оптимальності.

Для мережі FN визначено такі часткові критерії:

$k_1(x)$ – функція, яка характеризує затримка керуючої інформації;

$k_2(x)$ – функція, що характеризує кратність модуляції;

$k_3(x)$ – функція, котра характеризує достовірність переданої інформації;

$k_4(x)$ – функція, що характеризує вартість мережі з урахуванням усіх перерахованих властивостей;

$k_5(x)$ – функція, яка характеризує надійність мережі при заданих обмеженнях;

$k_6(x)$ – функція, яка характеризує кількість каналів.

Оптимальна інфокомунікаційна мережа за визначеними показниками якості забезпечує виконання умов:

$$k_p = f_p(k_1, \dots, k_6) = \min, \quad k_i \leq k_{im}, \quad i = \overline{1..6}, \quad (14)$$

де k_p – результуючий критерій оптимальності, k_{im} – максимально допустиме значення показника якості k_i , з точки зору вимог замовника до мережі FN.

Таким чином, в розглянутому випадку якість мережі FN характеризується вектором $K = \langle k_1, k_2, \dots, k_m \rangle$, де $m = 6$.

Результуючий критерій оптимальності може бути визначений як:

$$k_p = \sum_{i=1}^m c_i f_i(k_i) \quad (15)$$

де c_i ($i = \overline{1, \dots, m}$) – вагові коефіцієнти, що були визначені вище, і задовольняють аналітичним умовам

$$\sum_{i=1}^m c_i = 1, \quad c_i > 0 \quad (i = \overline{1, \dots, m}); \quad (16)$$

$f_i(k_i)$ – деяка безрозмірна, у загальному випадку, нелінійна функція значень показників якості k_i , що вибирається, виходячи з вимог до мережі FN, і яка має зміст втрати, пов'язаної зі зростанням (погіршенням) даного показника якості.

Прийmemo функцію $f_i(k_i)$ рівною:
$$f_i(k_i) = \left[\frac{k_i - k_{i0}}{k_{im}} \right]^2. \quad (17)$$

Вибір функції $f_i(k_i)$, як функції квадратичного характеру, пов'язаний з тим, що еквівалентна вага показника k_i тим більша, чим ближче величина $(k_i - k_{i0})$ до гранично допустимого значення k_{im} .

В формулі (17) k_{i0} є мінімально можливе значення показника якості k_i в межах

множини допустимих систем M_D при заданій сукупності вихідних даних $\{Y, O_S\}$ та ігноруванні значень всіх інших $(m-1)$ показників якості.

З урахуванням (15) і (17) отримуємо узагальнений критерій оптимальності:

$$f_p = \min \left[\sum_{i=1}^m \frac{c_i}{k_{im}^2} (k_i - k_{i0})^2 \right] = \min \left[\frac{c_1}{k_{1m}^2} (k_1 - k_{10})^2 + \frac{c_2}{k_{2m}^2} (k_2 - k_{20})^2 + \frac{c_3}{k_{3m}^2} (k_3 - k_{30})^2 + \frac{c_4}{k_{4m}^2} (k_4 - k_{40})^2 + \frac{c_5}{k_{5m}^2} (k_5 - k_{50})^2 + \frac{c_6}{k_{6m}^2} (k_6 - k_{60})^2 \right].$$

За представленими алгоритмами розраховано вагові коефіцієнти. З урахуванням наведеного це дозволяє здійснити глобальний синтез інфокомунікаційної мережі FN з урахуванням часткових критеріїв, необхідних для забезпечення заданої точності параметрів мережі.

Для пошуку оптимальної інфокомунікаційної мережі FN розроблено програму на мові Borland Delphi 7.0. В якості вхідних параметрів для роботи програми необхідно задати діапазони змін обраних показників якості, кількість яких не перевищує шести. Передбачено введення аналітичних виразів, що характеризують взаємну залежність між показниками якості. Також можливий імпорт вхідних даних із сторонніх файлів текстового формату. Вхідні дані автоматично відображаються на графіках. Передбачено, при необхідності, нормування значень вхідних даних. Автоматично проводиться перевірка значень вагових коефіцієнтів, як вказано для умови до виразу (1). В програмі реалізовані режими автоматичного та інтерактивного (напівавтоматичного) пошуку оптимальної мережі. Використання програми дозволяє швидко здійснювати ефективний синтез мереж FN. Програмне забезпечення дозволяє отримати оптимальне рішення для векторного критерію, що компромісно оптимізує обмеження вхідних даних та спектр визначених умов.

Висновки. Для синтезу мереж FN необхідно враховувати чисельну кількість параметрів, що характеризують безпосередньо роботу мережі, так і інформаційну складову трафіку. Для розв'язання цієї задачі запропонований підхід із використанням теорії векторного синтезу. Такий підхід дозволяє звести розв'язання задачі до пошуку оптимального значення узагальненого результуючого критерію оптимальності. До складу аналітичного виразу критерію входять параметри, значення яких знаходяться в певних межах. Для прийняття рішення про включення параметру до складу виразу запропоновано застосувати метод експертних оцінок. Залучення експертів дозволяє визначити межі змін кожного із параметрів. Розроблений алгоритм дозволив створити програмне забезпечення для швидкого пошуку оптимального значення узагальненого критерію.

Література

1. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации / И.Г. Бакланов. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
2. Коновалов Г.В. Многомерные сети – будущее инфокоммуникационных сетей / Г.В. Коновалов // Электросвязь. – 2008. – №4.
3. Батищев Д.И. Поисквые методы оптимального проектирования / Д.И. Батищев. – М.: Сов. радио, 1975. – 216 с.
4. Методи підвищення показників якості систем управління телекомунікаційними мережами / [В.В. Хиленко, Л.Н. Беркман, Г.Ф. Колченко, О.Г. Варфоломеева]. – К.: Норіта-плюс, 2007. – 236 с.
5. Стеклов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Є.В. Кільчицький. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.