УДК 621.391

В.В. Жебка

Державний університет телекомунікацій, Київ

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ТРЬОМА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ

Встановлено показники якості, які на сьогодні потребують розгляду. Розглянуто синтез оптимальної телекомунікаційної мережі за безумовним критерієм переваги та виділено основні його етапи. Введено умовний критерії переваги. Розроблено алгоритм визначення оптимальної телекомунікаційної мережі за трьома показниками.

Ключові слова: *телекомунікаційна мережа, показники якості, синтез, безумовний критерій переваги, умовний критерій переваги.*

Вступ

Будь-яку телекомунікаційну мережу доцільно представляти у вигляді системи параметрів.

Деякі параметри безпосередньо впливають на якість мережі, а деякі практично не впливають. Параметри, при збільшенні (зменшенні) яких якість системи покращується, ми назвемо показниками якості або критеріями оптимальності. Параметри, у яких такої залежності не відбувається, також характеризують мережу, наприклад, з точки зору об'єму, топології і т.п., але вони не є показниками якості. До показників якості можна віднести такі параметри: затримка передачі інформації, швидкість передачі інформації, ймовірність помилки, достовірність, надійність, вартість [4].

При синтезі оптимальної телекомунікаційної мережі необхідно визначити ту систему, яка буде давати найкраще значення показників якості мережі. У разі дискретного вибору такої системи, необхідно дослідити множину строго допустимих точок $M_{сд}$, яка складається із скінченної кількості точок $A_1, A_2,.., A_l$, де l – кількість порівнюваних систем $S_1,..., S_l$, а координатами точок $A_1, A_2,.., A_l$ є показники якості мережі $(k_1, k_2,..., k_з)$ [3].

Основна частина

Розвиток телекомунікаційної мережі характеризується переходом від мереж з комутацією каналів до мереж з комутацією пакетів. Тобто, для передачі інформації від одного користувача до іншого уже не має необхідно виділяти окремий канал. Вся інформація ділиться на порції та передається невеликими пакетами по мережі, причому під час передачі вказані пакети не займають всю лінію. В цьому випадку зростає можливість виникнення затримки передачі інформації, оскільки при збільшенні кількості пакетів, тобто при зростанні кількості користувачів, може виникнути черга пакетів, які чекають на обслуговування. Вказану проблему можна вирішити збільшивши швидкість передачі даних. Тобто необхідно розглядати затримку та швидкість передачі даних в сукупності та шукати їх оптимальне співвідношення.

Проте при збільшенні швидкості передачі інформації збільшується ймовірність помилки. Тобто доречним є розгляд ще одного показника – ймовірність помилки.

Отже, синтез оптимальної телекомунікаційної мережі доречно здійснювати за трьома показниками:

k_1 - ймовірність помилки;

k_2 - затримка передачі інформації (мс);

k_3 - швидкість передачі інформації (кбіт/с).

На сьогодні найбільш суттєвим показником, який найгостріше відчувається користувачами є затримка передачі інформації, яку доречно мінімізувати в процесі синтезу. Всі три показники якості ми розглядаємо в сукупності та визначаємо їх оптимальні значення.

Множину $M_{сд}$ можна розбити на множини гірших і не гірших систем шляхом застосування безумовного критерію переваги (БКП). Для цього точки $A_1, A_2,.., A_l$ необхідно розглянути у тривимірній декартовій системі координат. Найкращою буде та точка в якій ми отримаємо мінімальне значення ймовірності помилки та затримки передачі інформації, а швидкість при вказаних решти показниках прийматиме свого

максимально можливого значення. Таку точку ми знаходимо шляхом порівняння всіх визначених систем.

Розглянемо випадок, коли множина $M_{сд}$ містить значну кількість точок. В цьому випадку відшукання множини всіх не гірших точок $M_{нг}$ шляхом безпосереднього порівняння всіх точок є занадто проміздким процесом. Тому бажано мати певний оптималний метод відшукання множини не гірших точок.

Не гірші точки можна знайти аналітичним методом, що складається з декількох етапів.

Нульовий етап. Записуємо всі точки множині $M_{сд}$ і їхні координати ($k_1;k_2;k_3$) у вигляді таблиці.

1-й етап. Знаходимо точки (точку) з мінімальним значенням показника k_2 - затримки передачі інформації (оскільки ціль нашого управління мінімізація затримки, отже саме показник k_2 цікавить нас в більшій мірі). Досліджуємо знайдені точки та вибираємо з них ті, які мають мінімальне значення показника k_1. З отриманих точок вибираємо ту, яка має максимальне значення показника k_3, тобто максимальну швидкість передачі інформації, та відзначимо її в табличці знаком «+».

2-й етап. Знаходимо точки (точку) з мінімальним значенням показника k_1. З них вибираємо точки з мінімальним значенням показника k_2. Із отриманих точок визначаємо ту, яка має найбільшу швидкість та відмічаємо її в табличці.

3-й етап. Знаходимо точки (точку) з максимальним значенням показника k_3. Аналогічно виконуємо дії: вибираємо з отриманих точок ті, які мають мінімальне значення k_2 та k_1.

4-й етап. Порівнюємо отримані значення.

За методами знаходження множини $M_{нг}$ не гірших систем можна визначити не одну, а кілька систем (в невиродженому випадку). Тому для доведення синтезу до остаточного результату необхідно ввести певний умовним критерій переваги (УКП).

Якщо можливо ввести досить обґрунтовано результуючий показник якості k_p, що є відомою функцією $f_p(k_1,k_2,k_3)$ показників k_1, k_2 та k_3, то можна провести порівняння не гірших систем за критерієм:

$$k_p = f_p(k_1,k_2,k_3) \to \min_{S\in M_{сд}} . \quad (1)$$

Якщо застосувати умовний критерій не до множини не гірших систем $M_{нг}$, а до всієї множини $M_{сд}$, то отримаємо той же результат. Отже, процедура відшукання множини $M_{нг}$ не є необхідною, проте вона значно спрощує застосування умовного критерію переваги, значно зменшивши кількість точок, до яких буде застосовуватися вказаний критерій.

Якщо функцію $f_p(k_1,k_2,k_3)$ не можна досить чітко визначити, то в такому разі необхідно задати якийсь умовний критерій переваги [2]. Такий критерій переваги можна ввести міркуючи наступним чином. Розглянемо дві довільні негірші точки (системи) $A'(k_1',k_2',k_3')$ і $A''(k_1'',k_2'',k_3'')$, причому одним штрихом будемо відзначати ту точку (і її координати), що має менше значення показника k_2. При переході від точки A'' до точки A' показник якості k_2 зменшується від k_2'' до k_2', тобто поліпшується. Але це поліпшення неминуче супроводжується збільшенням (погіршенням) показника k_1 та k_3 на величину

$$\begin{cases}\Delta k_1 = k_1' - k_1'';\\ \Delta k_3 = k_3' - k_3''.\end{cases} \quad (2)$$

Очевидно, величина Δk_1 та Δk_3 є «платою» за поліпшення (зменшення) показника якості k_2 від k_2'' до k_2'. Припустимо, що перехід від точки (системи) $A''(k_1'',k_2'',k_3'')$ до точки (системі) $A'(k_1',k_2',k_3')$ є доцільним, тобто точка A' краща, чим A'', якщо

$$\begin{cases}\Delta k_1 < \Delta k_{1\,доп};\\ \Delta k_3 < \Delta k_{3\,доп};\end{cases} \quad (3)$$

де $\Delta k_{1\,доп}$ та $\Delta k_{3\,доп}$ - допустиме значення «плати» Δk_1 та Δk_3 за покращення показника k_2.

Якщо виявляється, що

$$\begin{cases}\Delta k_1 > \Delta k_{1\,доп};\\ \Delta k_3 > \Delta k_{3\,доп};\end{cases} \quad (4)$$

то вважатимемо, що точка A' гірше точки A''.

Але це ще не всі випадки. Ми можемо отримати системи наступного вигляду

$$\begin{cases}\Delta k_1 < \Delta k_{1\,доп};\\ \Delta k_3 > \Delta k_{3\,доп};\end{cases} \quad (5)$$

або

$$\begin{cases} \Delta k_1 > \Delta k_{1\,доп}; \\ \Delta k_3 < \Delta k_{3\,доп}; \end{cases} \tag{6}$$

У таких випадках ми порівнюємо відсоткове покращення показників, тобто наприклад для системи (5) відсоток покращення показника k_1 повинен бути строго більший за відсоток погіршення показника k_3. Якщо відсоткові відношення рівні, тобто врівноважують один одного, то системи вважаються ідентичними.

Очевидно, що у загальному випадку величини $\Delta k_{1\,доп}$ та $\Delta k_{3\,доп}$ повинні вибиратися залежними як від абсолютного виграшу $\Delta k_2 = k_2' - k_2''$ щодо показника k_2, так і від вихідних значень показників k_1'', k_2'' і k_3''. Тому в загальному випадку необхідно вибрати вид системи функцій

$$\begin{cases} \Delta k_{1\,доп} = f_{1д}(\Delta k_2, k_1'', k_2'', k_3''), \\ \Delta k_{3\,доп} = f_{3д}(\Delta k_2, k_1'', k_2'', k_3''), \end{cases} \tag{7}$$

яку будемо називати допустимими функціями втрат. Необхідний вигляд цієї системи повинний вибиратися в залежності від конкретної технічної задачі, розв'язуваної при синтезі системи. Однак очевидно, що в будь-якому випадку припустима функція втрат повинна бути монотонно-зростаючою функцією виграшу Δk_2. В окремих випадках система (7) може вибиратися не залежною в явному виді від аргументів k_1'', k_2'' і k_3'' або від одного з цих аргументів.

Кожного разу розв'язувати систему нерівностей є нескладним але громіздким процесом, особливо якщо цю задачі ми покладаємо на обладнання. Тому доречним є введення загального умовного критерію переваги у вигляді умови, яка буде включати всі три показники якості. Необхідно також врахувати, що затримка та ймовірність помилки передачі інформації ми мінімізуємо, а от швидкість передачі інформації навпаки буде тим краща, чим вище буде її значення. Отже, можна зробити висновок, що швидкість передачі інформації буде оберненою функцією до решти показників якості.

Нагадаємо, що ми розглядаємо дві точки $A'(k_1', k_2', k_3')$ і $A''(k_1'', k_2'', k_3'')$ причому відбувається перехід від точки A'' до точки A'.

Підсумовуючи все вище сказане, можна ввести наступний умовний критерій переваги:

$$\frac{\Delta k_2}{k_2''} < c_1 \frac{\Delta k_1}{k_1''} + c_2 \frac{k_3''}{\Delta k_3} \tag{8}$$

де c_1, c_2 - вагові коефіцієнти, $c_1 + c_2 = 1$.

Якщо вказаний критерій виконується, то точка A' краща за точку A''.

Якщо ми продовжуємо далі порівнювати точки з множини $M_{нг}$, то точку A'' ми відкидаємо як гіршу точку системи і порівнюємо наступну точку множини $M_{нг}$ з точкою A'. Вказаний процес продовжуємо до тих пір, поки не переберемо всі точки множини та не визначимо найкращу (оптимальну) точку, що відповідає оптимальній сукупності показників якості.

Наголосимо, що при проведенні обрахунків обов'язково враховуються знаки отриманих числових значень. Так, знак «-» може отриматися при знаходженні Δk_i. У цьому випадку ми можемо говорити про зменшення значення певного показника якості, проте, для затримки та ймовірності помилки передачі інформації зменшення їх значення означає покращення системи, а от для швидкості – це означає погіршення.

Підсумовуючи все вище сказане, будуємо алгоритм визначення оптимальної телекомунікаційної мережі за трьома показниками якості (рис. 1).

Телекомунікаційна мережа є складним об'єктом, а тому при її дослідженні та вибору найкращої системи доцільно розбити її на окремі мережні елементи та досліджувати кожен з них окремо.

Розглянемо тепер наступне питання – оскільки, у кінцевому рахунку, ми вибираємо кращу систему за умовним критерієм переваги, чи не простіше застосовувати цей критерій замість безумовного і на проміжному етапі синтезу – при доборі кращого варіанта побудови системи управління кожного мережного елемента.

Але в цьому випадку, застосування умовного критерій переваги до частин мережі може призвести до втрати розв'язку оптимального для всієї мережі вцілому. Звідси випливає, що в той час як безумовний критерії переваги припустимо застосовувати не тільки до системи в цілому, але і до будь-якої її частини, застосування умовного критерію переваги до частини системи може (хоча і не обов'язково) привести до втрати оптимальних (навіть для того ж критерію) рішень для системи в цілому. Тому умовний критерій переваги бажано застосовувати лише на самому останньому етапі синтезу. Однак і для цього останнього етапу не завжди вдається обґрунтувати умовний критерій переваги, тобто вибрати вид припустимої функції втрат і значень її параметрів.

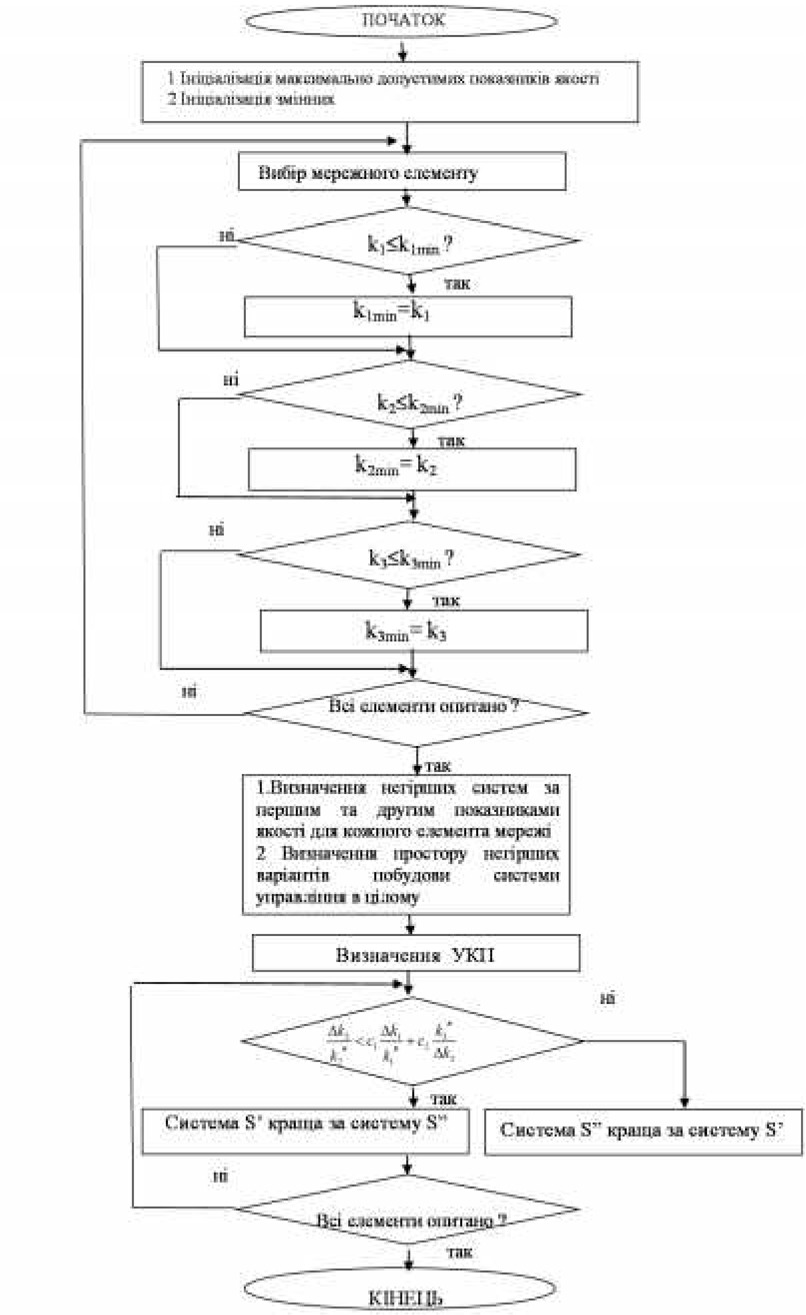

Рис. 1. Алгоритм визначення оптимальної телекомунікаційної мережі за трьома показниками якості

Якщо вільність, пов’язана з застосуванням якого-небудь з УКП, виявляється недопустимою, то доцільно прагнути до вибору з множині не гірших систем обов’язково якоїсь однієї системи, а прийняти рішення про випуск (або розробці) декількох систем різних класів.

Висновки

Як було показано, застосування умовного критерію переваги значно спрощує процес синтезу оптимальної телекомунікаційної мережі, проте його застосування буде доречним лише в сукупності з безумовним критерієм переваги.

Умовні критерії переваги є значною мірою довільними, тому їх варто застосовувати лише в тих випадках, коли множина не гірших систем виявляється невиродженою, а досить обґрунтоване введення результуючого показника якості k_p (або показника ефективності k_e) неможливо.

Список літератури

1. *Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. – М.: Сов. Радио, 1975. – 368 с.*
2. *Колченко Г.Ф. Метод синтеза системы управления телекоммуникационными сетями с применением условного критерия предпочтения // Зв’язок. – 2005. – №7(59). – С.42-45.*
3. *Методи підвищення показників якості системи управління телекомуніаційними мережами: Монографія / В.В. Хиленко, Л.Н. Беркман, Г.Ф. Колченко, О.Г. Варфоломеєва. – К.: Норіта-плюс, 2007. – 236 с.*
4. *Теорія електричного зв’язку / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман; За ред. В.К. Стеклова. – К.: Техніка, 2006. – 552 с.*

Надійшла до редколегії 11.11.2014

Рецензент: д.т.н., проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ЗА ТРЕМЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА

В.В. Жебка

Установлены показатели качества, которые на сегодня нуждаются в рассмотрении. Рассмотрен синтез оптимальной телекоммуникационной сети по безусловному критерию преимущества и выделено основные его этапы. Введено условный критерии преимущества. Разработан алгоритм определения оптимальной телекоммуникационной сети за тремя показателями.

Ключевые слова: *телекоммуникационная сеть, показатели качества, синтез, безусловный критерий преимущества, условный критерий преимущества.*

SYNTHESIS OF THE OPTIMUM TELECOMMUNICATION NETWORK BEHIND THREE INDICATORS OF QUALITY

V.V. Zhebka

Quality indicators which need consideration for today are established. Synthesis of an optimum telecommunication network by unconditional criterion of advantage is considered and is allocated its main stages. It is entered conditional criteria of advantage. The algorithm of definition of an optimum telecommunication network behind three indicators is developed.

Keywords: *telecommunication network, quality indicators, synthesis, unconditional criterion of advantage, conditional criterion of advantage.*