

УДК 004.725.5

**А.А. Бондаренко, О.А. Родік**

Інститут холоду, криотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, вул. Дворянская, 1/3, м. Одеса, 65082

**АВТОМАТИЗОВАНА ПРОЦЕДУРА СИНТЕЗУ ТОПОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ**

*У роботі наведено головні проблеми, які виникають при проектуванні мереж доступу. Виконано постановку задачі розробки автоматизованої процедури синтезу топологічної структури мережі доступу, розроблена схема роботи процедури та детально описані всі етапи її роботи.*

**Ключові слова:** мережа доступу, вузол доступу, проектування мереж, синтез мереж, телекомунікаційна мережа.

*Main problems of access networks' design are given in the paper. Statement of the task of automated procedure for access network's topological structure's synthesis development is accomplished. Scheme of the procedure's proceeding is developed. All iterations of the procedure are described.*

**Keywords:** access network, the access node, network design, networks synthesis, telecommunication networks.

**I. ВСТУП**

В наш час проектуванню мереж доступу (МД) приділяється все більше і більше уваги. Тема проектування не тільки МД, а й усіх інфокомунікаційних мереж є важливою, оскільки проектування дозволяє заздалегідь визначити ефективність мережі, зробити її економічний аналіз, а також запобігти серйозних архітектурних помилок на етапі побудови мережі.

Концепція МД розроблена порівняно недавно, актуальність та важливість створення МД підтверджена Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ).

На сьогоднішній день існуючі способи проектування МД не достатньо ефективні. Частково це пояснюється тим, що для проектування МД використовуються методи розрахунку існуючих абонентських мереж, що не є припустимим, оскільки МД мають зовсім іншу структуру та виконують принципово відмінні функції. У роботі авторами запропонована автоматизована процедура синтезу топологічної структури мережі доступу, при розробці якої були враховані недоліки вже існуючих способів проектування. Головною перевагою запропонованого алгоритму є врахування навантаження, створеного користувачами мережі.

Тема проектування МД є досить молодою. Тому кількість робіт, присвячених даній темі, на даний час не є великою. Основні принципи створення МД приведені у роботах [1,2] проф. Соколова Н.А. та Бакланова І.Г. [3]. Деяким важливим аспектам проектування МД присвячені дисертаційні роботи Павлова С.В., Котової О.І та Сахарової С.В., написані під керівництвом д.т.н, проф. Гайворонської Г.С.

В роботі [4] запропонована схема процесу проектування МД, згідно з якою він поділяється на

чотири етапи, кожен з яких відповідно складається з ряду задач.

1. Підготовчий етап: аналіз вхідних параметрів, створення переліку інформаційно-комунікаційних послуг (ІКП), а також групування користувачів з однаковим переліком ІКП.
2. Етап визначення класу ІКП та вимог до мережі.
3. Етап, до якого входять задачі: розподіл території МД на фрагменти, які обслуговуються одним вузлом доступу (ТВД), вибір рівня ієрархії підключення вузлів доступу (ВД) до вузлів надання послуг (ВНП), вибір місць розташування ВД, оцінка доцільності організації поперечних зв'язків між ВД, створення схеми прокладення ліній доступу (ЛД).
4. Етап, до якого відносяться: вибір транспортних технологій для МД та типу обладнання, на базі якого реалізуються ВД.

Представлена робота присвячена вирішенню однієї з задач третього етапу, а саме – визначенню кількості ТВД та їх границь на території МД.

Метою роботи є підвищення ефективності проектування МД завдяки скороченню економічних та часових витрат на проектування МД шляхом автоматизації процедури розрахунку топологічної структури МД.

**II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ**

Нехай існує деяка територія, на якій у випадковому порядку розташовані потенціальні користувачі МД, яким треба надати визначений набір ІКП. На території повністю відсутня інфокомунікаційна інфраструктура. На основі приведених вхідних даних треба розділити територію на оптимальну кількість ТВД, кожна з яких обслуговується своїм ВД.

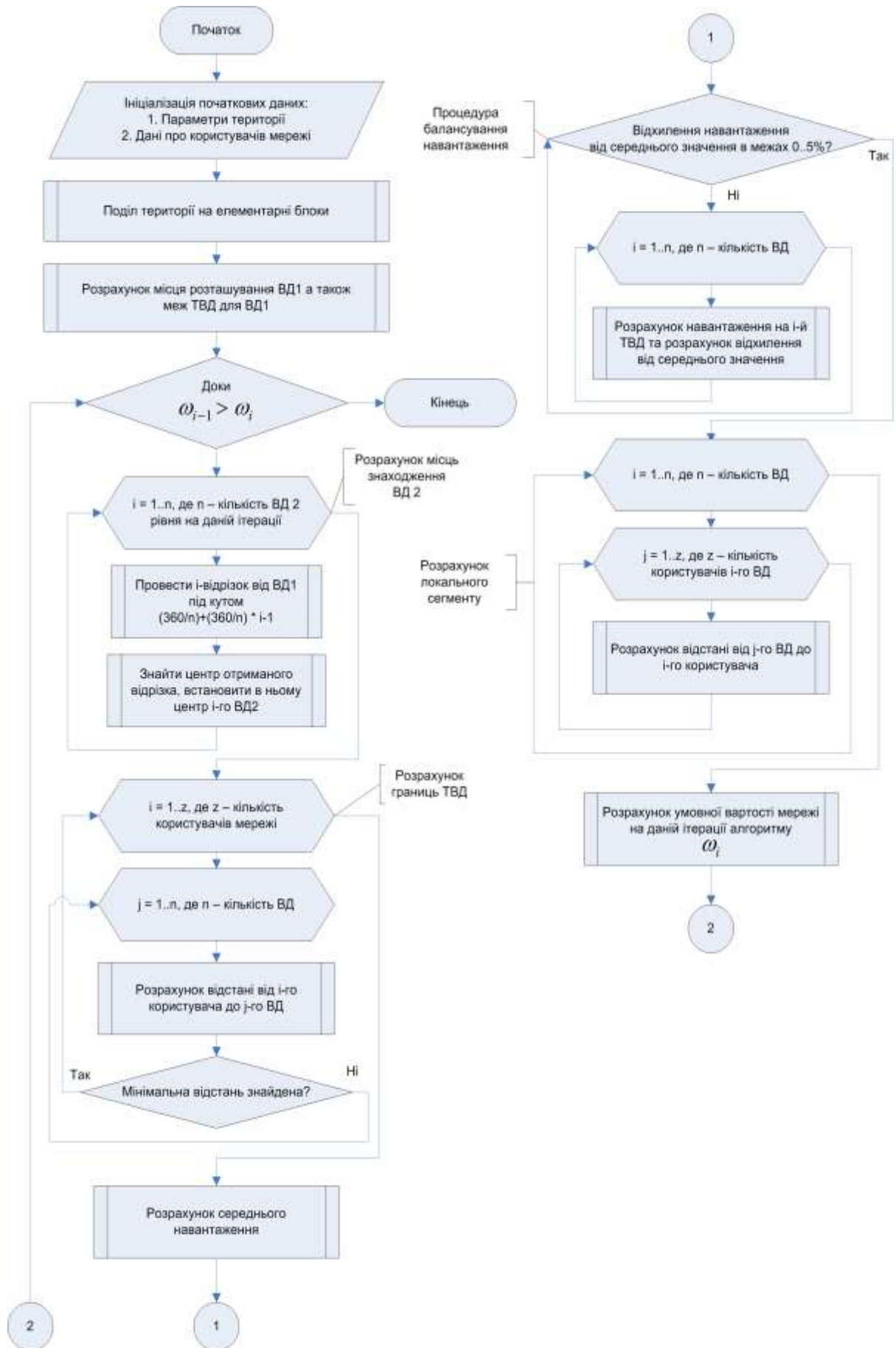


Рисунок 1 – Схема алгоритму синтезу топологічної структури мережі доступу

Всі користувачі МД, яка проектується, характеризуються наступними параметрами.

1. Координатами на місцевості  $K_{xy}$ .

2. Необхідною пропускною спроможністю  $P_c$ , яка розраховується, виходячи з переліку ІКП, замовлених користувачем.

3. Питомим виникаючим навантаженням  $Y$ .

Виходячи з цього, кожного користувача мережі можна описати виразом

$$N_i = (P_c; K_{xy}; Y).$$

Для сформульованої вище задачі прийняті наступні умови, обмеження та припущення.

#### Умови.

1. Прийнята дворівнева структура підключення ВД.

2. Територія, на якій передбачається створення МД, має прямокутну форму (якщо форма території не є прямокутною, вона доповнюється до відповідної шляхом заповнення вільного простору порожніми значеннями).

3. Одиначним приростом фрагменту території є геометричний квадрат.

#### Обмеження.

1. Мережа доступу повинна забезпечувати всі вимоги по реалізації нормованих показників якості ІКП, які надаються.

2. На мережі розглядаємо можливість використання тільки проводових технологій доступу.

3. Мережа повинна забезпечувати гарантовану пропускну спроможність залежно від обраного користувачем переліку ІКП.

4. Використовується ортогональна структура прокладки ЛД.

#### Припущення.

1. Вузли надання послуг різних базових мереж знаходяться за межами території, що обслуговується МД.

2. Користувачі з однаковим набором ІКП розосереджені по території, що обслуговується проектованою мережею.

### III. ОПИС АЛГОРИТМУ

Авторська автоматизована процедура синтезу топологічної структури МД складається з задач, які виконуються у наступному порядку.

1. Початкова ініціалізація.

2. Розрахунок місць знаходження ВД першого та другого рівнів.

3. Початкове розподілення території МД на ТВД.

4. Балансування навантаження.

5. Розрахунок розташування та довжини ЛД.

6. Розрахунок умовної вартості отриманої мережі.

7. Процедура порівняння та прийняття рішення.

Кількість ітерацій алгоритму заздалегідь не визначена і рішення про початок наступної ітерації приймає процедура порівняння та прийняття рішення. На кожній ітерації кількість ТВД на місцевості збільшується на 1. В результаті роботи алгоритму будуть отримані найбільш доцільні межі ТВД на заданій місцевості при заданих умовах.

При цьому під час роботи алгоритму до уваги приймається не тільки довжина ЛД та кількість користувачів на місцевості, а й питоме навантаження та відносна ціна кожного ВД та ЛД. Опишемо кожен з задач детально.

**Початкова ініціалізація.** На початку роботи алгоритму потрібно провести початкову ініціалізацію всіх значень, а саме: розташувати користувачів на місцевості, сформувати множину ІКП, які потребуються користувачам, розділити всю територію на елементарні блоки квадратної форми. Розділення на елементарні блоки потрібно для більш ефективної роботи алгоритму, так як немає сенсу розглядати територію по кожному квадратному метру її площі. Розмір елементарних блоків розраховується, виходячи з поверхневої щільності розташування користувачів на місцевості. Поверхнева щільність користувачів розраховується по формулі

$$\rho_k = \frac{S}{N_k},$$

де  $S$  – площа території;

$N_k$  – кількість користувачів.

За допомогою простої операції розділення території на елементарні блоки можна домогтися приросту продуктивності роботи алгоритму в декілька раз без істотних втрат в точності обчислень.

**Розрахунок місць знаходження ВД першого та другого рівнів.** Щоб розділити територію на найбільш доцільну кількість ТВД, треба спочатку визначити центри цих ТВД, тобто ВД першого та другого рівнів. Це пов'язано з тим, що за умовами задачі прийнята дворівнева структура підключення ВД. ВД першого рівня з'єднується з вузлами надання послуг різних базових мереж, а ВД другого рівня, в свою чергу, з'єднуються з ВД першого рівня для більш ефективного розподілу мережних ресурсів.

Для визначення місць розположення ВД використовується метод центра тяжіння як центра максимального навантаження, яке створюється користувачами МД. В якості альтернативи можна використати інші методи розрахунку центра тяжіння [5], але вони враховують тільки один ключовий параметр: довжину лінії або кількість користувачів. Взнявши за увагу велике значення обох параметрів найбільш доцільним є використання методу центра тяжіння як центра максимального навантаження. Цей метод докладно описаний в роботі [6].

**Початкове розподілення території на ТВД.** Після визначення місць розташування ВД першого та другого рівнів треба віднести кожен елементарну частину території до одного з ТВД. Для цього треба для кожного блоку розрахувати відстань до всіх ТВД, та вибрати той ТВД, відстань до якого мінімальна. Даний етап відіграє підготовчу роль для етапу балансування навантаження, так як виконуються лише початкова ініціалізація ТВД, при якій не враховується питоме навантаження.

**Балансування навантаження.** Після проведення початкової ініціалізації ТВД навантаження

користувачів на ВД не збалансовано, тому виникає потреба виконати балансування навантаження, тобто перерозподілити граничні блоки між ТВД по показнику питомого виникаючого навантаження. Опишемо процедуру балансування навантаження більш докладно. Спочатку розраховується показник середнього навантаження для всіх ТВД за формулою:

$$Y_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - Y_{ВД_1}}{n_j},$$

де  $n_j$  – кількість ТВД на даному етапі роботи алгоритму,

$Y_{ВД_1}$  – сумарне навантаження ВД<sub>1</sub>;

$\sum_{i=1}^n Y_i$  – сумарне навантаження всіх користувачів ТВД.

Після розрахунку середнього навантаження треба розрахувати навантаження на кожному ТВД та порівняти його з показником середнього навантаження, у тому разі, якщо відхилення від середнього значення буде більше, ніж 5%, треба провести балансування навантаження в даній ТВД, передавши (якщо навантаження більше) один блок сусідньому ТВД, або забрати (якщо навантаження менше) блок у сусідньої ТВД. Після цього треба повторити розрахунок. Навантаження на ТВД вважається збалансованим, коли відхилення від середнього значення в кожній з ТВД знаходиться межах, які не перевищують 5%.

**Розрахунок розташування та довжини ЛД.** На цьому етапі проводяться ЛД від користувачів до ВД та розраховуються вартісні показники в залежності від довжин ЛД. При цьому не враховуються територіальні перешкоди та не виконується прив'язка до існуючих вулиць або доріг.

**Розрахунок умовної вартості отриманої мережі.** Для повної оцінки умовної вартості мережі окрім ЛД треба також враховувати і вартість ВД, яку можна розрахувати по формулі

$$\omega = K \cdot \sum_{i=1}^n l_i + C \cdot N_{ВД},$$

де  $K$  – коефіцієнт для врахування вартості прокладки та монтажу кабелю;

$\sum_{i=1}^n l_i$  – загальна довжина ліній доступу;

$C$  – коефіцієнт, за допомогою якого умовну вартість ВД можна виразити через вартість  $N$  канало-кілометрів кабелю.

$N_{ВД}$  – кількість ВД

Коефіцієнти  $K$  і  $C$  повинні розраховуватись проектувальником мережі, виходячи з поточних цін на обладнання.

**Процедура порівняння та прийняття рішення.** На основі отриманих даних процедура прийняття рішення порівнює відносну вартість мережі на  $i$  та  $i-1$  ітераціях алгоритму. Алгоритм буде виконуватися до тих пір, поки  $\omega_{i-1} > \omega_i$ . Коли дана умова перестане виконуватись, то буде знайдена найбільш доцільна кількість ТВД для даної місцевості при заданих умовах.

#### IV. ВИСНОВКИ

В результаті створення приведеної в роботі автоматизованої процедури синтезу топологічної структури МД з'явився спосіб проектування МД виходячи не тільки з довжин ліній локального сегменту та розташування користувачів на місцевості, а також з навантаження, яке створюють користувачі мережі. Але приведений алгоритм також має недоліки, а саме: спрощена система розрахунку вартості МД а також відсутність прив'язки до напрямів вулиць або доріг, а також до природних особливостей території. Не дивлячись на ці недоліки, реалізація програмного продукту, заснованого на авторській процедурі, дозволить автоматизувати та прискорити значну частину роботи при проектуванні МД та зменшить ймовірність помилок проектування.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Соколов Н.А. Сети абонентского доступа. Принципы построения. Уралсвязьинформ, 1999.
2. Соколов Н.А. Телекоммуникационные сети. Монография в 4-х главах. Часть 3. –М.: Альварес Паблшинг, 2004, - 192с.
3. Бакланов И.Г. NGN. Принципы построения и организации. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400с.
4. Гайворонская Г.С. Разработка методики проектирования сетей доступа / Г.С. Гайворонская, А.А. Бондаренко // Сучасний захист інформації. ДУІКТ. – 2013. – № 1. – С. 81-86
5. Сахарова С.В. Корекція місця розташування вузлів доступу при наявності перешкод. С.В. Сахарова, А.А. Бондаренко // Шоста Міжнародна НТК «Проблемі телекомунікацій». – м. Київ: НТУУ «КПІ», 2012, с. 109-111
6. Гайворонская Г.С. Программная реализация проектируемой ортогональной сети доступа / Г.С. Гайворонская, С.В. Сахарова, А.А. Бондаренко // Комп'ютерні системи та мережі, № 11. – 2012.

Получена в редакции 19.03.2013, принята к печати 23.03.2013