

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ЛІНІЙ ДОСТУПУ ДЛЯ РІЗНОМАНІТНИХ КОНФІГУРАЦІЙ ТЕРИТОРІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ

© Гайворонська Г.С., Котова О.І., Сахарова С.В., 2010

Запропоновано метод визначення довжини ліній доступу для прямокутної та радіальної конфігурацій території обслуговування мережею доступу.

Ключові слова – мережа доступу, характеристики ліній доступу.

This paper is devoted to the method for determining the length of the access lines for radial and rectangular configuration area network access service

Keywords - access network, characteristics of the access lines

Вступ. Істотні якісні зміни, що відбувалися останнім часом на телекомунікаційних мережах (ТМ), такі, як перехід до цифрових методів передачі, комутації й обробки інформації або заміна в кабелях зв'язку металевих жил на оптичні волокна, не зачепили одного із найбільш консервативних елементів мережі – абонентських ліній (АЛ) і принципів побудови абонентських мереж (АМ). Зараз настає найскладніший етап – модернізація індивідуальних ліній доступу (ЛД) до базових мереж. Створення цифрових АЛ дасть змогу модернізувати АС і побудувати на її основі мережу доступу (МД). Модернізована МД, своєю чергою, дасть можливість інтегрувати служби, що забезпечують надання користувачам усього спектра інфокомунікаційних послуг (ІКП). При побудові МД на базі існуючої телефонної АМ виникає велика кількість завдань, вирішити які необхідно для розроблення сценарію поетапної модернізації існуючих АЛ при створенні такої МД, що відповідає концепції, ухваленій міжнародними організаціями зі стандартизації. Основною рекомендацією міжнародного телекомунікаційного союзу, присвяченій структурі мережі доступу, є Рекомендація G.902, яка визначає архітектуру МД, функції, що вона виконує, види доступу, технічне обслуговування і призначення вузла надання послуг (ВНП). При цьому в МД виділяється п'ять основних елементів: обладнання користувача, сегменти локального та транспортного доступу, вузли доступу (ВД) та вузли надання послуг. Детально структуру перспективної МД розглянуто в [1].

Постановка завдання. Враховуючи, що метою створення перспективної мережі доступу є максимально можливе наближення мережних елементів до користувача (міграція точки доступу до послуг), необхідно оптимізувати топологію мережі, що синтезується, та максимально скоротити довжину ліній доступу. Тому розглянемо задачі, пов'язані з визначенням структурних характеристик ліній доступу. До структурних характеристик ЛД у роботі віднесено пропускну спроможність лінії та розташування ВД, які визначають структуру МД.

При проектуванні телефонних мереж раніше використовували підхід, за яким місцерозташування вузла комутації (ВК) визначали, враховуючи мінімальну довжину АЛ, що входили до нього. Оскільки ми говоримо про створення МД на основі модернізації існуючої АМ, припустимо, що місцем ВНП на мережі доступу є геометричний центр території, що обслуговується мережею, та його розташування у процесі модернізації не змінюється. При організації МД необхідно враховувати, що створювана МД повинна слугувати для передавання інформації декількома базовими мережами. При цьому для ЛД, які призначені для передавання різнотипної інформації, необхідно враховувати істотні обмеження, що накладаються структурою існуючої АМ. Велика кількість джерел та приймачів різнорідної інформації, які є та очікуються в майбутньому, потребує такої великої кількості ЛД (які часто дублюють одна одну), що канали локального

доступу повинні систематично об'єднуватись у вузлах доступу. При об'єднанні ліній локального доступу неминуче виникають різні варіанти розмірів території, яка обслуговується одним ВД.

Загальні оцінки для транспортного сегменту ЛД можна зробити на основі моделі МД. Ця модель повинна відповідати характерним властивостям мережі та будуватися у такому вигляді, щоб за нею можна було скласти визначальні рівняння. При цьому визначальним є параметр щільності ліній, що визначається кількістю необхідних ЛД відносно площі території, яка обслуговується. Територія, що обслуговується МД, містить територію, яка обслуговується безпосередньо ВК (ТВК) і території, які обслуговуються ВД (ТВД). Крім цього, можливе підключення користувачів, що знаходяться за межами цих зон, які також підключаються до ВК. Для дослідження використаємо модель МД, що припускає наявність тільки одного ВПП, при цьому для спрощення вважаємо, що ВПП розташований в геометричному центрі території, яка обслуговується МД. Для цього випадку місцезнаходження ВПП збігається з ВК телефонної мережі загального користування (ТфЗК), тому для спрощення в цій моделі залишимо позначення ВК.

Метод розрахунку структурних характеристик ліній доступу. Мережу доступу можна створювати в умовах, які відрізняються структурним складом користувачів, що мешкають на території обслуговування, поверхневою щільністю розміщення цих користувачів, географічним положенням території, її типом, рельєфом, площею території, планом забудови будівель і т.д. А також наявністю перешкод, які ускладнюють створення МД, таких як залізниця, водна перешкода і т.д. У цьому випадку приділимо основну увагу містобудівним принципам, які можуть бути описані двома моделями, що відрізняються передумовами та припущеннями.

1. Модель прямокутної території, рис. 1, що характеризується: ортогональним розташуванням вулиць; прямокутними територіями, що обслуговуються одним вузлом, і однорідною щільністю ліній.

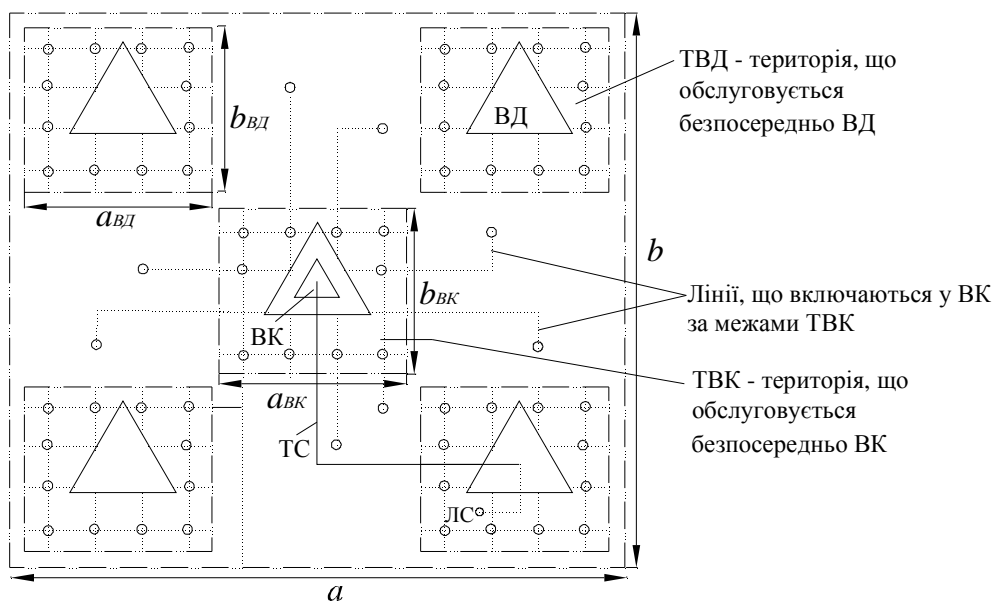


Рис. 1. Модель прямокутної території обслуговування

Для моделі з прямокутною територією обслуговування введемо наступні позначення:

a, b – розміри сторін умовно прямокутної території МД;

$a_{ТВК}, b_{ТВК}$ – розміри сторін території, на якій ЛД включені безпосередньо у ВК;

$a_{ВД}, b_{ВД}$ – розміри сторін території, що обслуговуються одним ВД;

2. Модель секторної території обслуговування (рис. 2) характеризується: радіальною прокладкою трас кабелю, трапецеїдальними формами територій, що обслуговуються одним ВД; будь-якою, зокрема різномірною, щільністю ліній доступу. Ця модель виникла у результаті аналізу АМ в малих містах, до яких належать районні центри сільської місцевості і дає змогу враховувати переважаючу в них неоднорідність щільності ліній.

Метод розрахунку характеристик МД розроблено на основі принципів розрахунку телефонних мереж, що запропоновані німецькими вченими [2,3]. Методи, які запропоновані в цих роботах, підверглися переробили та коригували у зв'язку з істотними відмінностями структур абонентських телефонних мереж, для яких вони призначені та МД, метод розрахунку яких пропонується авторами даної роботи. Запропоновані формули адаптовано до структури МД, що відрізняється наявністю ВД, появою двох сегментів ЛД: транспортного і локального, та зміною функцій ЛД порівняно з функціями АЛ телефонних мереж. Ці відмінності детально проаналізовано у [1].

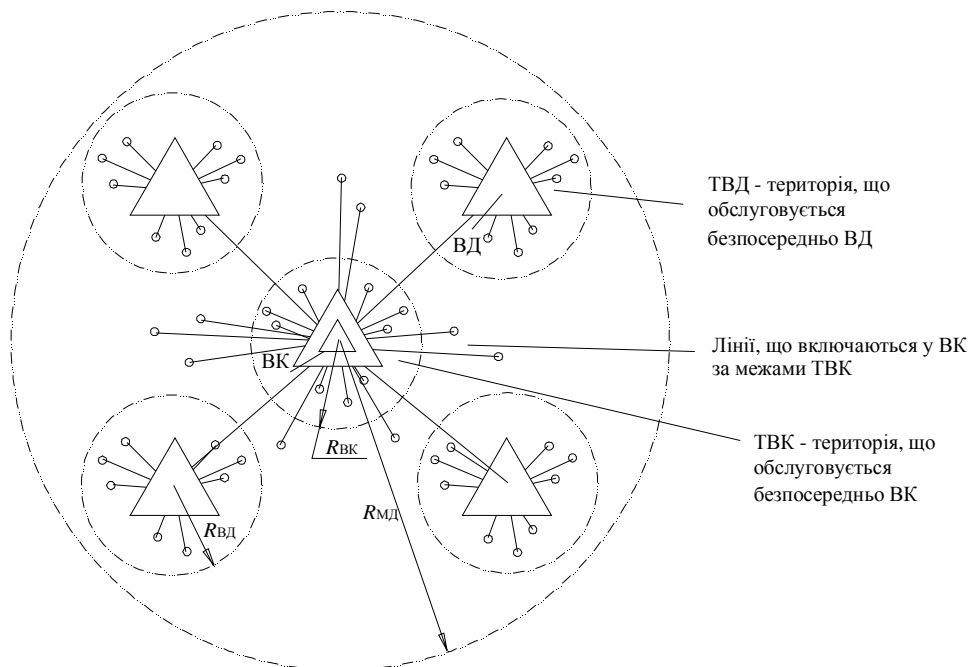


Рис. 2. Модель секторної території обслуговування

Для моделі секторної території обслуговування введемо такі позначення:

$R_{ВК}$ – радіус території, на якій ЛД включені безпосередньо у ВК; $R_{МД}$ – радіус умовного кола території, що обслуговується МД; $R_{ВД}$ – радіус умовного кола території, що обслуговується ВД;

Для визначення середньої довжини ЛД також необхідно прийняти:

η – поверхнева щільність розподілу користувачів мережі; $k_{ВД}$ – кількість ВД, які включені у вузлі комутації МД, що аналізується; $v_{ВК-ВД}$ – кількість каналів транспортного доступу між ВК і ВД;

Коефіцієнти кривизни прокладки ліній, величина яких залежить від форми території, траси прокладки кабелю та інших факторів:

$\alpha_{к_ТВК}$ – коефіцієнти кривизни прокладки ЛД, які безпосередньо включаються у ВК; $\alpha_{к_ВД-ВК}$ – коефіцієнти кривизни прокладки ліній транспортного доступу між ВД и ВК; $\alpha_{к_ВД}$ – коефіцієнти кривизни прокладки ЛД, що включаються у ВД. $\xi_{ТВК}$ – коефіцієнти ущільнення ЛД, що включаються у ВК; $\xi_{ВД-ВК}$ – коефіцієнти ущільнення каналів між ВД і ВК; $\xi_{ВД}$ – коефіцієнти ущільнення ліній доступу, що включаються у ВД.

Коефіцієнт ущільнення $\xi = \frac{v_{кН}}{v_{ПС}}$, де $v_{кН}$ – кількість каналів, отриманих у результаті

застосування систем передачі, $v_{ПС}$ – пропускна спроможність прямої системи, яка необхідна для утворення $v_{кН}$ каналів зв'язку.

F_1, F_2 – коефіцієнти, які враховують співвідношення між кількістю ЛД, які включені у ВД, і кількістю ЛД, які включені у ВК, визначаються за допомогою формул:

$$F_1 = \frac{m_{ТВК}}{(m_{ТВК} + m_{ЛДвВД})}; F_2 = \frac{m_{ЛДвВД}}{(m_{ТВК} + m_{ЛДвВД})},$$

де $\mu_{\text{ЛД-ВД}}$ – пропускна спроможність ЛД, які включені у ВД; $\mu_{\text{ВК}}$ – пропускна спроможність ЛД, які включені безпосередньо у ВК; $\mu_{\text{ВД}}$ – пропускна спроможність ВД.

Припускаючи, що кінцеві пристрої, які належать до обладнання користувача і є в даному випадку точками доступу до мережі, розподілені на території рівномірно за умови, що усі ЛД включені безпосередньо у ВК, середню довжину ЛД можна визначити із виразів:

– для територій з радіальним розташуванням вулиць

$$l_{\text{рад_ТВК}} = \frac{\int_0^{R_{\text{ТВК}}} \frac{2p}{x_{\text{ТВК}}} hr^2 a_{k_ТВК} dr}{phR_{\text{ВК}}^2} = \frac{2R_{\text{ВК}} a_{k_ТВК}}{3x_{\text{ТВК}}}, \quad (1)$$

– для територій з прямокутним розташуванням вулиць

$$l_{\text{пр_ТВК}} = \frac{h}{x_{\text{ТВК}}} \left(\int_{-b/2}^{b/2} aydy + \int_{-a/2}^{a/2} bxdx \right) = \frac{a+b}{4x_{\text{ТВК}}}. \quad (2)$$

При цьому залежно від конкретних умов ВК може обслуговувати користувачів будь-якої базової мережі: ТфЗК, мережі передачі даних, мережі кабельного телебачення, Інтернет і т.д. Якщо організується мережа доступу до *NGN*, основна базова мережа не виділяється, оскільки вузлом доступу в цьому випадку є *Softswitch* або інше обладнання, яке забезпечує виконання функцій рівня управління і комутації для надання всієї сукупності послуг, затребуваних користувачами на території обслуговування.

Якщо частина ліній доступу у межах створюваної МД включена у ВК, а інша частина – у ВД (можна застосовувати як віддалені абонентські концентратори, так і абонентські мультиплексори або базові станції безпроводового доступу до фіксованих мереж, відповідні концепції *WLL*), то середню довжину ЛД визначають за виразами:

– для територій з радіальним розташуванням вулиць:

$$l_{\text{рад_ТВК+ВД}} = \frac{2}{3} \left\{ R_{\text{ТВК}} \frac{a_{k_ТВК}}{x_{\text{ТВК}}} F_1 + \left[\frac{v(R_{\text{ВК}}^3 - R_{\text{ТВК}}^3) a_{k_ВД-ВК}}{N_k (R_{\text{ВК}}^2 - R_{\text{ТВК}}^2) x_{\text{ВД-ВК}}} + R_{\text{ВД}} \frac{a_{k_ВД}}{x_{\text{ВД}}} \right] F_2 \right\}; \quad (3)$$

– для територій з прямокутним розташуванням вулиць:

$$l_{\text{пр_ТВК+ВД}} = 0,25 \left[\frac{a_{\text{ТВК}} + b_{\text{ТВК}}}{x_{\text{ТВК}}} F_1 + \left(\frac{v}{m_{\text{ВД}}} \frac{ab^2 - a_{\text{ТВК}} b_{\text{ТВК}}^2 + a^2 b - a_{\text{ТВК}}^2 b_{\text{ТВК}}}{x_{\text{ВД-ВК}} (ab - a_{\text{ТВК}} b_{\text{ТВК}})} + \frac{a_{\text{ВД}} + b_{\text{ВД}}}{x_{\text{ВД}}} \right) F_2 \right] \quad (4)$$

При побудові мереж доступу можливий випадок, коли частину терміналів $N_{\text{ТВК}}$ включено безпосередньо у ВК, частина терміналів $N_{\text{ВК}}$, розташованих на території, що обслуговується вузлом доступу, також включено безпосередньо до ВК, а інші термінали $N_{\text{ВД}}$ включено у ВД. Тоді середня довжина ЛД визначається так.

Для територій з радіальним розташуванням вулиць

$$l_{\text{рад_ТВК+ВК+ВД}} = \frac{2}{3} \left[\left(R_{\text{ТВК}} \frac{N_{\text{ТВК}}}{N_{\text{ТВК}} + N_{\text{ВК}} + N_{\text{ВД}}} + \frac{R_{\text{ВК}}^3 - R_{\text{ТВК}}^3}{R_{\text{ВК}}^2 - R_{\text{ТВК}}^2} \frac{N_{\text{ВК}}}{N_{\text{ВК}} + N_{\text{ТВК}} + N_{\text{ВД}}} \right) \frac{a_{k_ТВК}}{x_{\text{ТВК}}} + \left(\frac{v(R_{\text{ВК}}^3 - R_{\text{ТВК}}^3) a_{k_ВД-ВК}}{v_{\text{ВД}} (R_{\text{ВК}}^2 - R_{\text{ТВК}}^2) x_{\text{ВД-ВК}}} + \frac{R_{\text{ВД}} a_{k_ВД}}{x_{\text{ВД}}} \right) \frac{N_{\text{ВК}}}{N_{\text{ВК}} + N_{\text{ТВК}} + N_{\text{ВД}}} \right], \quad (5)$$

Для територій з прямокутним розташуванням вулиць:

$$l_{\text{пр_ТВК-БК+ВД}} = 0,25 \left\{ \frac{a_{\text{ТВК}} + b_{\text{ТВК}}}{x_{\text{ТВК}}} \cdot \frac{N_{\text{ТВК}}}{N_{\text{ТВК}} + N_{\text{БК}} + N_{\text{ВД}}} + \frac{ab^2 - a_{\text{ТВК}}b_{\text{ТВК}}^2 + a^2b - a_{\text{ТВК}}^2b_{\text{ТВК}}}{x_{\text{ВД-БК}}(ab - a_{\text{ТВК}}b_{\text{ТВК}})} \times \right. \\ \times \frac{N_{\text{БК}}}{N_{\text{БК}} + N_{\text{ТВК}} + N_{\text{ВД}}} + \left. \left[\frac{v(ab^2 - a_{\text{ТВК}}b_{\text{ТВК}}^2 + a^2b - a_{\text{ТВК}}^2b_{\text{ТВК}})}{v_{\text{ВД}}(ab - a_{\text{ТВК}}b_{\text{ТВК}})x_{\text{ВД-БК}}} + \frac{a_{\text{ВД}} + b_{\text{ВД}}}{x_{\text{ВД}}} \right] \times \right. \\ \left. \times \frac{N_{\text{ВД}}}{N_{\text{ВД}} + N_{\text{ТВК}} + N_{\text{БК}}} \right\} \quad (6)$$

При перспективному проектуванні значення довжин ліній визначаються за припущення рівномірного розподілу кінцевих пристроїв на розглянутій території і розміщення ВК у геометричному центрі. При конкретному проектуванні необхідно враховувати реальні умови. Якщо користувачі концентруються навколо вузла, то середня довжина ЛД зменшується приблизно на 25%, а при концентрації користувачів на периферії середня довжина ЛД збільшується приблизно на 12% [4].

Збільшення середньої довжини ліній із зміщенням ВВП від центру телефонного навантаження за осями x та y залежно від довжини сторони квадрата території

Збільшення середньої довжини лінії, %		1	3	5	10	20
Зміщення, % за щільності	нерівномірної	5,2	9,4	12,3	17,5	25,2
	рівномірної	7,5	12,5	16,0	22,5	31,7

Висновки. Запропоновано метод визначення довжини ліній доступу, який враховує конфігурацію території обслуговування та містобудівні рішення на території, що обслуговується мережею доступу. Запропоновані методи планування мереж доступу мають певні критерії застосування: якщо територія, на якій розгортається МД, складається з вулиць переважно ортогональних, то економічнішим є поділ на прямокутні РО. Якщо вулиці розташовані променеподібно, що характерно для малих міст, тоді територію обслуговування доцільно розділяти на трапецеїдальні РО. Представлені методи дають змогу планувати як повністю нові райони підключення, так і окремі частини територій у випадку, якщо необхідно модернізувати тільки частину існуючої мережі.

Гайворонская Г.С. Концепция пользовательского доступа: Учеб. пособие. – Одесса: ОГАХ, 2008. – 408 с. 2. Cornads, D.: Telekommunikation. Studium Technik / Wiesbaden, 2001, S 4094. 3. Bäßler R., Deutsch A. Nachrichtennetze / VEB Verlag Technik, Berlin, 1983, S 2664. 4. Гайворонская Г.С. Оптимизация выбора сценария эволюции местной телефонной сети// Зв'язок. – 2002. – № 1. – С. 56–58.