

МОДЕЛІ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

© Горбатий І., 2017

Розглянуто моделі якості послуг телекомунікаційних мереж. Досліджено особливості забезпечення якості послуг у телефонних та комп'ютерних мережах. На підставі цього дослідження встановлено, що міські телефонні мережі в загальному забезпечують вищу точність, надійність та безпеку порівняно з локальними комп'ютерними мережами. Суттєвою перевагою локальних комп'ютерних мереж над міськими телефонними мережами є забезпечення вищої швидкості передавання інформації користувачів, хоча недоліком є нестабільність цієї швидкості. Показано, що рівень безпеки в локальних комп'ютерних мережах можна підвищити завдяки використанню сучасних інформаційних технологій.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, якість послуг, швидкість передавання інформації, надійність, точність, безпека.

The quality of service models of telecommunication networks was considered. The features of providing of quality of service in the telephone and computer networks was explored. On the basis of this research it sets, that the metropolitan telephone networks are characterized by a higher accuracy, dependability and security by comparison to the computer local area networks. Substantial advantage of computer local area networks above the metropolitan telephone networks is providing a higher speed of the user information transfer, although defect there is an instability of this speed. It was shown, that security level in the computer local area networks can be promoting by using the modern information technologies.

Key words: telecommunication network, quality of service, speed of the user information transfer, accuracy, dependability, security.

Вступ

Низка показників характеризують телекомунікаційні мережі [1–3]. Особливо важливим показником є якість – сукупність властивостей телекомунікаційної мережі, що зумовлюють можливості задовольнити визначені потреби відповідно до її призначення. Також до важливих показників належить ефективність – властивість телекомунікаційної мережі виконувати поставлену задачу в заданих умовах використання з необхідною якістю.

Одним із різновидів якості є якість послуг мережі – сукупність специфічних параметрів, що залежать від якості роботи мережі й характеризують споживацькі властивості послуги в термінах, зрозумілих користувачам, і не залежать від припущень, що належать до внутрішньої структури мережі.

Дослідженню параметрів якості в телекомунікаційних мережах присвячено значну кількість публікацій [4–6]. Проте актуальною задачею залишається дослідження та порівняння якості послуг у найбільш розповсюджених міських телефонних мережах і локальних комп'ютерних мережах, що дасть змогу виявити резерви та шляхи підвищення їх якості.

Метою цієї роботи є дослідження та порівняння якості послуг у найбільш розповсюджених міських телефонних мережах і локальних комп'ютерних мережах для виявлення резервів та шляхів підвищення їх якості.

Моделі якості послуг телекомунікаційних мереж

Для користувача телекомунікаційних послуг важливим показником якості роботи оператора телекомунікацій є якість послуг (Quality of Service – QoS). Якість послуг – це показник, який:

- не залежить від припущень про структуру та побудову телекомунікаційної мережі;
- пов'язаний з явищами, які докучають користувачу, але не характеризує їх причини;
- описаний мережевими термінами, які є зрозумілими користувачу та оператору телекомунікацій;
- ураховує всі аспекти наданих послуг, які можуть бути об'єктивно виміряні в точці надання послуг.

Для оператора телекомунікацій важливим показником роботи є забезпечення високої ефективності мережі (Network Efficiency) та високої продуктивності мережі (Network Performance – NP), що залежать від параметрів, які надають необхідну інформацію для проектування, побудови, удосконалення та технічної експлуатації телекомунікаційної мережі.

Існує взаємозв'язок між якістю послуг та продуктивністю мережі. Необхідні для користувача параметри якості послуг визначають вимоги до параметрів продуктивності мережі при її проектуванні. Так само, параметри продуктивності мережі обумовлюють можливу якість наданих у мережі послуг.

За моделлю якості послуг телекомунікаційної мережі, описаної в Рекомендації ITU-T E.430 [7], вважають, що параметри продуктивності мережі забезпечують основний внесок при забезпеченні якості послуг.

До основних параметрів якості послуг відносять: швидкість, точність (достовірність) та надійність. Швидкість свідчить про кількість інформації, передану мережею за одиницю часу. Точність відображає ступінь коректності передавання інформації. Надійність свідчить про ступінь упевненості, з якою здійснено передавання.

До основних параметрів продуктивності мережі, що впливають на забезпечення якості послуг, належать: установлення з'єднання, передавання інформації користувача, розірвання з'єднання. Взаємозв'язок між згаданими параметрами продуктивності мережі та параметрами якості послуг представлений у вигляді матриці 3x3 (табл. 1) [7]. Характер взаємозв'язків окремих параметрів описано у відповідних Рекомендаціях ITU-T, що наведені в клітинках таблиці на перетині відповідних рядків та стовпців.

Таблиця 1

Взаємозв'язок між параметрами якості послуг та параметрами продуктивності мережі

NP \ QoS	Швидкість	Точність	Надійність
Установлення з'єднання	E.431, X.135, I.352, E.422, E.427, E.721	E.845 (Rev.1), X.136, I.352, E.422, E.424, E.425, E.426, E.427	E.845, E.846, X.136, I.352
Передавання інформації користувача	E.432, X.135, I.35B, I.35C, I.35P	G.821, G.82x, E.422, E.424, E.432, E.855 (Rev.1), X.136, I.35B, I.35P	E.850 (Rev.1), X.136, I.35C, I.35P, I.35B, E.428
Розірвання з'єднання	E.431, X.135, I.352, E.721	X.136, I.352	X.136, I.352

Крім наведених вище, до показників якості в [2, 3] також зараховують безпеку передавання інформації та інші.

Різні телекомунікаційні мережі мають свої специфічні показники якості, що ґрунтуються на міжнародних стандартах, зокрема наведених у табл. 1. Розглянемо їх на прикладі моделі якості послуг місцевої телефонної мережі [3, 8], у якій за основу взято такі одиничні показники якості: якість надання послуг місцевої телефонної мережі, якість роботи мережі, якість обслуговування користувачів.

Якість надання послуг місцевої телефонної мережі – сукупність параметрів, що враховують якість роботи всіх компонентів мережі та якість обслуговування користувачів.

Якість роботи мережі – сукупність параметрів, що характеризують якість надання послуг місцевої телефонної мережі на різних ділянках мережі й у мережі загалом (від користувача до користувача) відповідно до технічних вимог на обладнання й канали електрозв'язку, а також рівень технічної експлуатації цих засобів.

Якість обслуговування користувачів (абонентів) – сукупність економічних, соціальних та інших показників (параметрів), оцінюваних із погляду користувачів, які характеризують ступінь їх задоволеності якістю зв'язку.

Одиничний показник якості (роботи мережі, обслуговування користувачів) – показник, що характеризує роботу одного компонента мережі або роботу однієї служби місцевого телефонного зв'язку, отриманий розрахунком із використанням відповідних параметрів за даними постійних чи періодичних вимірювань або даними статистичної звітності.

Одиничні показники якості обслуговування користувачів, що належать до надання послуги, наведено нижче:

- частка заяв користувачів, обслужених у контрольні терміни;
 - частка порушень розмов через сторонні під'єднання.
- До одиничних показників якості роботи мережі належать:
- імовірність пошкоджень лінійно-кабельного обладнання із тривалою відсутністю доступу до мережі (із розрахунку на одну з'єднувальну лінію);
 - імовірність пошкоджень комутаційного обладнання телефонної станції з тривалою відсутністю доступу до мережі (із розрахунку на один абонентський номер);
 - імовірність пошкоджень абонентського обладнання з тривалою відсутністю доступу до мережі (із розрахунку на один абонентський номер);
 - імовірність пошкоджень абонентського, комутаційного або лінійно-кабельного обладнання зі зниженням якості передавання інформації користувача (із розрахунку на один абонентський номер);
 - імовірність тривалого простою таксофонів;
 - імовірність пошкоджень таксофонів зі зниженням якості передавання інформації користувача;
 - імовірність втрат за викликами (через пошкодження обладнання, зайнятість приладів комутаційного обладнання чи/або міжстанційних з'єднувальних ліній/каналів);
 - імовірність втрат за часом;
 - коефіцієнт викликів із відповіддю;
 - коефіцієнт ефективності викликів;
 - коефіцієнт неефективності викликів;
 - імовірність втрат за навантаженням;
 - коефіцієнти перевантаження пучків з'єднувальних ліній і комутаційного обладнання телефонної станції;
 - частка викликів, які надійшли на компонент мережі й не задовольняють нормативи за величиною часу встановлення з'єднання компонентом мережі;
 - частка викликів, що не задовольняють нормативи за величиною часу роз'єднання встановленого з'єднання.

З одиничних показників якості (параметрів) одного підвиду (послуг, роботи мережі, обслуговування користувачів), що належать до однієї із груп (підгруп), формують узагальнений показник якості (послуг, роботи мережі, обслуговування користувачів), що характеризує послугу, роботу мережі або її служб загалом у мережі. Узагальнені показники якості K_{mj} визначають для кожної групи як середнє значення одиничних показників якості для кожної групи, наприклад, j -й узагальнений показник якості роботи мережі дорівнює:

$$K_{M_j} = \left(\sum_{n=1}^{N_{M1}} K_{M_{O1_n}} \right) / N_{M1}, \quad (1)$$

де $K_{M_{O1_n}}$ – n -й одиничний показник якості роботи мережі, що належить до першої групи; N_{M1} – кількість одиничних показників якості в першій групі.

Деякі узагальнені показники обчислюють не за допомогою співвідношення (1), а з використанням параметрів, отриманих внаслідок оцінювання роботи всієї місцевої телефонної мережі.

Для оцінювання діяльності оператора телекомунікацій із надання користувачам послуг місцевої телефонної мережі щодо якості телекомунікаційних послуг та якості їх надання формують інтегральний показник якості. Його розраховують з узагальнених показників якості послуг, роботи мережі й обслуговування користувачів. Для розрахунку використовують усі або найважливіші показники з кожної групи згідно з рекомендаціями експертів. Група незалежних експертів визначає значущість кожного з вибраних показників та за допомогою методу експертних оцінок кожному узагальненому показнику, який вибирають для оцінювання інтегрального показника якості діяльності оператора телекомунікацій, присвоює свій ваговий коефіцієнт. Оцінку значущості здійснюють у відносних величинах (сума всіх вагових коефіцієнтів повинна дорівнювати одиниці). Інтегральний показник якості $K_{\text{я}}$ обчислюють за формулою:

$$K_{\text{я}} = \sum_{i=1}^{I_n} K_{n_i} M_{n_i} + \sum_{j=1}^{J_M} K_{M_j} M_{M_j} + \sum_{l=1}^{L_o} K_{O_l} M_{O_l}, \quad (2)$$

де I_n – кількість показників якості послуги, обраних експертами для розрахунку інтегрального показника; K_{n_i} – значення i -го узагальненого показника якості послуги; M_{n_i} – значення i -го вагового коефіцієнта із I_n для узагальнених показників якості послуги; J_M – кількість показників якості роботи мережі, обраних експертами для розрахунку інтегрального показника; K_{M_j} – значення j -го узагальненого показника якості роботи мережі; M_{M_j} – значення j -го вагового коефіцієнта із J_M для узагальнених показників якості роботи мережі; L_o – кількість показників якості обслуговування користувачів, обраних експертами для розрахунку інтегрального показника; K_{O_l} – значення l -го узагальненого показника якості роботи мережі; M_{O_l} – значення l -го вагового коефіцієнта з L_o для узагальнених показників якості роботи мережі.

При виборі вагових коефіцієнтів необхідне виконання умови

$$\sum_{i=1}^{I_n} M_{n_i} + \sum_{j=1}^{J_M} M_{M_j} + \sum_{l=1}^{L_o} M_{O_l} = 1. \quad (3)$$

Для опису та визначення якості послуг інших відомих телекомунікаційних мереж, зокрема комп'ютерних мереж, використовують подібні до описаної вище моделі, які враховують особливості таких мереж. Дослідимо особливості забезпечення якості послуг на прикладі міської телефонної мережі та локальної комп'ютерної мережі.

Дослідження особливостей забезпечення якості послуг у телефонних та комп'ютерних мережах

За видами комутації телекомунікаційні мережі поділяють на некомутовані й комутовані (з комутацією каналів, повідомлень, пакетів).[3]. При здійсненні комутації каналів (електричних кіл) установлюють окремий комутований канал зв'язку між приймальним та передавальним абонентськими пристроями. При комутації повідомлень між приймальним та передавальним абонентськими пристроями окремий канал зв'язку не встановлюють, а повідомлення передають

через мережу, до якої під'єднано ці пристрої, відповідно до заданої системи пріоритетності за певним маршрутом. При комутації пакетів повідомлення користувача розбивають на дрібніші частини – пакети, причому кожний пакет містить службове поле й поле даних.

У міських телефонних мережах традиційно застосовують комутацію каналів, а в локальних комп'ютерних мережах – комутацію пакетів.

Типову структуру міської телефонної мережі зображено на рис. 1, а локальної комп'ютерної мережі – на рис. 2. На рис. 1 позначено: ТА – телефонний апарат; ВК – вузол комутації; ПС – підстанція (концентратор); АЛ – абонентська лінія; ЗЛ – з'єднана лінія.

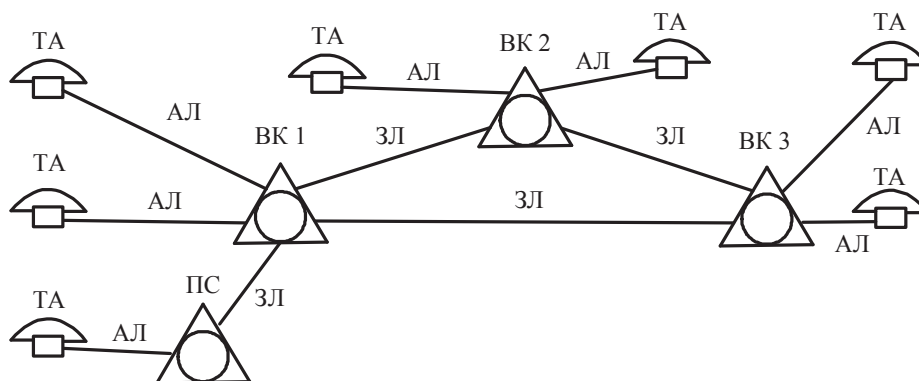


Рис. 1. Типова структура міської телефонної мережі

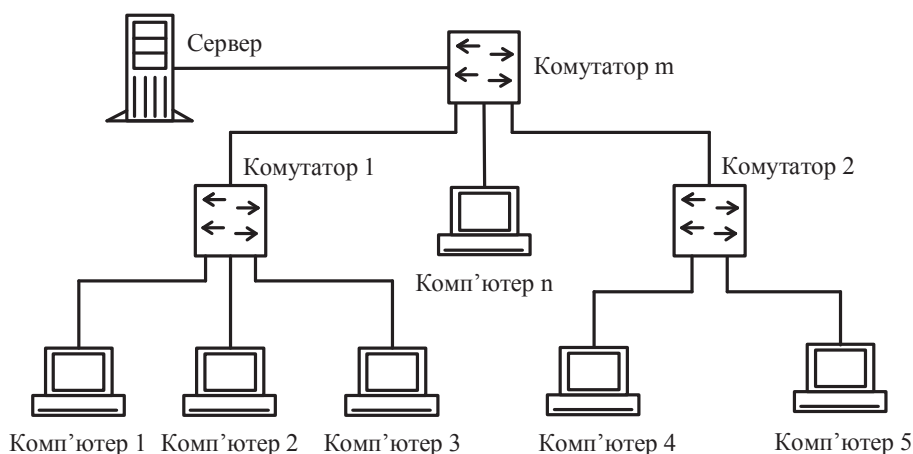


Рис. 2. Типова структура локальної комп'ютерної мережі

Розглянемо детальніше вплив параметрів продуктивності мережі на параметри якості послуг.

Важливим показником якості послуг цифрової мережі є швидкість передавання бінарної інформації (даних) v_0 (біт/с), що дорівнює:

$$v_0 = I_c / T_c, \quad (4)$$

де I_c – середня кількість інформації (біт), яку передають за час T_c (с).

На етапі встановлення з'єднання говорити про швидкість некоректно, а доцільно оцінювати тривалість установлення з'єднання T_3 . За результатами досліджень установлено, що в міських телефонних мережах вона є незначною й не перевищує 1 хв при наданні послуги передавання мовних сигналів і 1–2 хв – передавання даних (за умови, що не відмовлено у встановленні з'єднання). У локальних комп'ютерних мережах тривалість установлення з'єднання може бути в межах від 0 хв (якщо з'єднання комп'ютера з мережею здійснюють при старті операційної системи комп'ютера) до 1–2 хв (якщо необхідно отримати додаткові послуги зв'язку, наприклад, установити з'єднання з віддаленим сервером).

На етапі передавання інформації користувача в міській телефонній мережі некоректно говорити про швидкість передавання аналогових мовних сигналів через аналогові абонентські лінії, але швидкість передавання оцифрованих мовних сигналів між цифровими вузлами комутації є постійною величиною й становить 64 кбіт/с (швидкість основного цифрового каналу). При передаванні даних через комутовані телефонні канали зв'язку швидкість також не перевищує 64 кбіт/с, а при застосуванні виділених телефонних каналів зв'язку та найбільш швидкісної технології VDSL – 52000 кбіт/с. У локальних комп'ютерних мережах швидкість передавання цифрової інформації є змінною величиною, що залежить від завантаженості мережі (кількості користувачів та інтенсивності обміну інформацією між кінцевим обладнанням користувачів та/або серверами в певний час на момент дослідження, а також топології мережі та максимальних швидкостей передавання інформації через порти мережевого обладнання, що бере участь у передаванні інформації конкретних користувачів), і не перевищує максимальної швидкості згідно з обраною мережевою технологією (наприклад, для локальних комп'ютерних мереж на основі технології Ethernet максимальна швидкість дорівнює 10, 100 або 1000 Мбіт/с). При цьому пропускна здатність локальної комп'ютерної мережі розподіляється між усіма користувачами, і чим їх більше та більше вони намагаються передати пакетів у мережі, тим менша швидкість передавання інформації окремого користувача. Суттєвим обмежуючим фактором при передаванні інформації є топологія локальної комп'ютерної мережі та максимальні швидкості передавання інформації через порти мережевого обладнання. Типовими є комутатори на основі технології Ethernet для робочих груп, що мають 24 порти для під'єднання обладнання користувачів зі швидкістю 100 Мбіт/с та 2 порти для під'єднання до комутаторів верхнього рівня за ієрархією зі швидкістю 1000 Мбіт/с. У такому випадку при спробі всіх 24 користувачів одночасно передавати дані кожному з них буде забезпечено швидкість, що не перевищує 82 Мбіт/с (якщо здійснено агрегацію двох портів зі швидкостями по 1000 Мбіт/с для під'єднання до комутаторів верхнього рівня) і 41 Мбіт/с (якщо для під'єднання до комутаторів верхнього рівня використано один порт зі швидкістю 1000 Мбіт/с). Отже, у цьому випадку співвідношення між кількістю абонентських ліній та з'єднувальних ліній рівне 2,4:2 або 2,4:1. Якщо комутатор верхнього рівня на 24 порти (один порт використано для під'єднання цього комутатора до інших мережевих комутаторів верхнього рівня) об'єднує 23 таких комутатори робочих груп (що під'єднані до нього зі швидкостями 1000 Мбіт/с), то співвідношення між кількістю абонентських ліній та з'єднувальних ліній у такій локальній комп'ютерній мережі становить 55,2:1, що негативно впливає на якість послуг. Слід зазначити, що в локальних комп'ютерних мережах також передають службову інформацію, що зменшує фактичну швидкість передавання інформації користувачів на 10–15 %. Також швидкість передавання інформації є меншою вдвічі в локальних комп'ютерних мережах, у яких використано напівдуплексний режим передавання.

Можливими методами підвищення стабільності швидкості передавання інформації в локальних комп'ютерних мережах є зниження швидкості передавання інформації на портах мережевих комутаторів, що підключені до кінцевого обладнання користувачів, шляхом використання комутаційного обладнання, що передбачає таку можливість. Також доцільним є використання алгоритмів пріоритизації трафіку.

Тривалість розірвання з'єднання T_{pz} в телефонних мережах не перевищує 2 с, а в комп'ютерних – 5 с.

За результатами проведених досліджень точність (достовірність) на етапі встановлення з'єднання в сучасних телефонних та комп'ютерних мережах є достатньо високою. Окремі випадки неможливості коректного встановлення з'єднання в міських телефонних мережах переважно пов'язані з помилками користувача при наборі номера та несправністю кінцевого обладнання користувача, а несправність обладнання оператора телекомунікацій є малоймовірною. У локальних комп'ютерних мережах крім помилок користувача при встановленні з'єднання та несправності кінцевого обладнання користувача суттєво ускладнити або унеможливити процес установа з'єднання може значна перевантаженість мереж.

Точність (достовірність) при передаванні інформації в аналоговій формі оцінюють за допомогою середньоквадратичного відхилення прийнятого сигналу відносно переданого [9], а в цифровій формі – ймовірності бітової помилки P_b (безрозмірна величина) або символної помилки $P_{сим}$ (безрозмірна величина) при заданій швидкості передавання даних v_b [3], які дорівнюють відношенню кількості прийнятих із помилкою бітів (символів) до загальної кількості переданих бітів (символів) відповідно.

Середньоквадратичне відхилення при передаванні інформації в аналоговій формі нормується відповідними вимогами до телекомунікаційного обладнання, тому його значення детально розглядати не будемо. При передаванні інформації в цифровій формі через абонентські лінії міських телефонних мереж імовірність бітової помилки, як правило, коливається в межах $10^{-5} \leq P_b \leq 10^{-3}$, а через цифрові з'єднувальні лінії $10^{-9} \leq P_b \leq 10^{-5}$. Якщо в цифровій з'єднувальній лінії $10^{-3} \leq P_b$, таку лінію виводять з експлуатації як аварійну. У локальних комп'ютерних мережах імовірність бітової помилки переважно знаходиться в межах $10^{-6} \leq P_b \leq 10^{-3}$, але при перевантаженні мереж виникають втрати пакетів. Частка втрачених пакетів може досягати 10–15 %. У такому випадку ускладнюється процес передавання даних, оскільки доводиться повторно передавати втрачені пакети. При передаванні мультимедійної інформації мережами із втратами пакетів точність різко знижується, оскільки мають місце втрати окремих відео- або звукових фрагментів, а також порушується синхронізація відео- чи звукових потоків. При втратах пакетів, більших за 20–30 %, у сучасних комп'ютерних мережах передавання мультимедійної інформації практично неможливе.

Точність (достовірність) при розірванні з'єднання як у міських телефонних мережах, так і в локальних комп'ютерних мережах є високою, за винятком випадків “зависання” програмного забезпечення на комп'ютерах користувачів чи значного перевантаження комп'ютерних мереж.

Надійність при встановленні з'єднання в міських телефонних мережах та локальних комп'ютерних мережах насамперед залежить від надійності фізичного з'єднання між кінцевим обладнанням користувача та комутаційним обладнанням оператора телекомунікацій. У загальному випадку надійність міських телефонних мереж у всіх режимах роботи є вищою порівняно з локальними комп'ютерними мережами. Це пояснюється тим, що телефонний зв'язок між користувачем та вузлом комутації забезпечують лінією зв'язку довжиною до 4 км, а в комп'ютерних мережах на основі технології Ethernet – до 100 м. Для забезпечення зв'язку комп'ютерів користувачів у радіусі декількох кілометрів будують територіально-розподілені мережі з топологією типу “дерево” (див. рис. 2), тому інформаційні пакети користувачів проходять послідовно через декілька ліній зв'язку та мережевих комутаторів, що знижує надійність комп'ютерної мережі (наприклад, при тимчасовій відсутності електроживлення на одному з мережевих комутаторів).

Відмова в з'єднанні в міських телефонних мережах можлива за умови відсутності необхідної кількості ліній чи каналів зв'язку між кінцевим обладнанням двох користувачів у певний момент часу. Вважають, що телефонна мережа забезпечує високу якість при встановленні з'єднання, якщо на вузлах комутації співвідношення між кількістю абонентських ліній та з'єднувальних ліній дорівнює 3:1, а задовільну якість – якщо це співвідношення становить 5:1. У локальних комп'ютерних мережах відмови в з'єднанні є рідкісним явищем.

Надійність на етапі передавання інформації користувача в міських телефонних мережах є високою. Якщо парі користувачів був виділений комутований телефонний канал зв'язку (канал тональної частоти), то він буде зарезервованим за ними доти, поки один із них не розірве з'єднання. Розірвання з'єднання з інших причин є малоімовірним. На відміну від телефонних мереж, у локальних комп'ютерних мережах надійність при передаванні даних є низькою. Це пов'язано з тим, що встановлення з'єднання з мережею дозволене одночасно всім користувачам, обладнання яких під'єднане до мережі, але чим більше користувачів намагатимуться передавати свою інформацію, тим менша буде швидкість передавання. При подальшому зростанні кількості користувачів та

кількості інформаційних пакетів користувачів у мережі може виникнути перевантаження, що в окремі періоди часу унеможливить процес передавання інформації взагалі.

Надійність на етапі розірвання з'єднання в міських телефонних мережах та локальних комп'ютерних мережах висока за винятком випадку перевантаження комп'ютерних мереж, коли неможливо ні встановити з'єднання, ні передавати інформацію, ні розірвати з'єднання.

Безпека міських телефонних мереж є достатньо високою, оскільки двом користувачам виділяють окремий комутований телефонний канал зв'язку. Витік інформації з такого каналу можливий лише за сприяння оператора телекомунікацій або шляхом несанкціонованого підключення до абонентських ліній, доступ до яких є обмеженим. Вищий рівень безпеки може бути досягнутий використанням спеціальних програмно-апаратних засобів шифрування інформації, установлених між кінцевим обладнанням користувачів та їх абонентськими лініями. На відміну від телефонних мереж, у локальних комп'ютерних мережах за допомогою спеціального програмного забезпечення, установленого на комп'ютері одного з користувачів, можливо аналізувати інформаційні пакети інших користувачів у межах одного сегменту мережі. Крім цього, витік інформації в такому випадку можливий також за сприяння оператора телекомунікацій або при несанкціонованому підключенні обладнання зловмисника до локальної мережі замість обладнання зареєстрованого користувача чи їх одночасне підключення через додатково встановлений мережевий комутатор. Підвищення рівня безпеки може бути досягнуте використанням спеціальних програмно-апаратних засобів шифрування інформації, установлених між кінцевим обладнанням користувачів та їх абонентськими лініями, застосуванням програмних засобів шифрування інформації, установлених на комп'ютерах користувачів, використанням у мережі технології віртуальних локальних мереж (Virtual Local Area Network – VLAN), фільтрування за допомогою керованих комутаторів MAC-адрес пристроїв, що є невідомими для адміністратора мережі, упровадженням технології віртуальних приватних мереж (Virtual Private Network – VPN), спеціальними заходами безпеки з боку адміністраторів мережі та правилами роботи в мережі тощо. Тому в загальному на етапах установлення з'єднання, передавання інформації користувача та розірвання з'єднання рівень безпеки в міських телефонних мережах є високим, а в локальних комп'ютерних мережах – низьким, хоча в обох випадках може бути підвищений застосуванням спеціальних засобів чи технологій.

Основні результати проведених досліджень особливостей забезпечення якості послуг у міських телефонних мережах (МТМ) та локальних комп'ютерних мережах (ЛКМ) наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Значення параметрів якості послуг у залежності від параметрів продуктивності для міських телефонних мереж та локальних комп'ютерних мереж

QOS NP	Швидкість (тривалість)		Точність (похибка)		Надійність		Безпека	
	МТМ	ЛКМ	МТМ	ЛКМ	МТМ	ЛКМ	МТМ	ЛКМ
Установлення з'єднання	$T_z \leq 1 \text{ хв.}$	$T_z \leq 2 \text{ хв.}$	Висока	Висока	Середня	Середня	Висока	Низька
Передавання інформації користувача	$v_{\bar{o}} \leq 52000 \text{ кбіт / с}$	$v_{\bar{o}} \leq 1000 \text{ Мбіт/с}$	$10^{-9} \leq P_{\bar{o}} \leq 10^{-3}$	$10^{-6} \leq P_{\bar{o}} \leq 10^{-3}$	Висока	Низька	Висока	Низька
Розірвання з'єднання	$T_{pz} \leq 2 \text{ с}$	$T_{pz} \leq 5 \text{ с}$	Висока	Висока	Висока	Середня	Висока	Низька

Як видно з результатів досліджень, за швидкістю передавання інформації локальні комп'ютерні мережі значно переважають міські телефонні мережі за приблизно однакового часу встановлення з'єднання та розірвання з'єднання. Точність при передаванні інформації в загальному вища в міських телефонних мережах, а в режимах установлення з'єднання та розірвання з'єднання приблизно така сама, як і в локальних комп'ютерних мережах. Надійність та безпека локальних комп'ютерних мереж у загальному є нижчою порівняно з телефонними мережами, проте можливість установлення з'єднання при великій завантаженості мереж є меншою порівняно з локальними комп'ютерними мережами.

Висновки

Розглянуто відомі моделі якості послуг телекомунікаційних мереж. Досліджено особливості забезпечення якості послуг у телефонних та комп'ютерних мережах. На підставі цього дослідження встановлено, що міські телефонні мережі, що здійснюють комутацію каналів при передаванні інформації користувачів, у загальному забезпечують вищу точність, надійність та безпеку порівняно з локальними комп'ютерними мережами, що здійснюють комутацію інформаційних пакетів. Суттєвою перевагою локальних комп'ютерних мереж над міськими телефонними мережами є забезпечення вищої швидкості передавання інформації користувачів, хоча недоліком є нестабільність цієї швидкості. Розглянуто методи підвищення стабільності швидкості передавання інформації користувачів. Показано, що рівень безпеки в локальних комп'ютерних мережах може бути підвищений завдяки використанню технології VLAN, фільтрування за допомогою керованих комутаторів MAC-адрес пристроїв, що є невідомими для адміністратора мережі, упровадженням технології VPN, спеціальними заходами безпеки з боку адміністраторів мережі та правилами роботи в мережі тощо.

1. Горбатий І. В. *Технічна експлуатація сучасних комплексів зв'язку: навч. посіб.* / І. В. Горбатий, О. В. Тимченко. – Львів: Сполом, 2006. – 244 с.
2. Бройдо В. Л. *Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для вузов* / В. Л. Бройдо. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 703 с.: ил.
3. Горбатий І. В. *Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи: навч. посібник* / І. В. Горбатий, А. П. Бондарев. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 336 с.
4. Прядко Л. О. *Оптимізація показників якості показників телекомунікаційної мережі* / Л. О. Прядко, В. В. Турупалов // 36. наук. пр. (Ин-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України). – Київ, 2007. – Вип. 44. – С. 55–58.
5. Олексін М. І. *Моделювання оптичної транспортної системи і дослідження показників якості* / М. І. Олексін // Моделювання та інформаційні технології. – Київ, 2008. – Вип. 49. – С. 165–171.
6. *Моделювання та оцінка параметрів якості зв'язку в телекомунікаційних мережах* / Р. Н. Кветний, В. Г. Лисогор, В. П. Посвятенко, Ю. А. Скидан; за заг. ред. Р. Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 132 с.
7. ITU-T Recommendation E.430. *Quality of service framework*. – Geneva: ITU, 1992. – 5 р.
8. РД 45.004-2000. *Система показателей качества местной телефонной сети. Основные положения*. – М.: Мин. РФ по связи и информатизации, 2000. – 40 с.
9. *Теория передачи сигналов: учебник для вузов* / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, М. В. Назаров, Л. М. Финк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с..