

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ТА СЕРВІСНИХ ПОСЛУГ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МЕРЕЖ ПРИ ЗАВАДАХ

В статті розглянуто питання забезпечення достовірності передачі інформації та сервісних послуг для високошвидкісних мереж. У сучасних системах передачі інформації забезпечення заданих значень показників достовірності здійснюється за рахунок використання інформаційних технологій перетворення та кодування. Під час передачі даних такими каналами виникають значні труднощі, які пов'язані із впливом промислових та навмисних завад. Невизначеність щодо самої природи таких завад приводить до появи проблеми забезпечення достовірності інформації. Відомі методи адаптивного управління, які застосовуються для забезпечення необхідної достовірності передачі інформації на основі завадостійких систем, носять розрізнений характер. Аналіз властивостей високошвидкісних телекомунікаційних мереж які забезпечують необхідний рівень вимог до якості та достовірності каналів передачі даних показує, що дослідження принципів побудови систем передачі інформації по каналах із шумами та завадами, дослідження факторів, які призводять до невизначеностей під час забезпечення достовірності передачі інформації на сьогодні є актуальною та важливою проблемою. Тому дослідження технології та архітектури LTE, яка ґрунтується на розподілі функцій комутації та функцій надання послуг дозволить виконати впровадження сучасної інформаційної інфраструктури. Це надасть можливість користувачам отримувати всі види сервісних послуг із необхідною якістю, достовірністю та відповідною вартістю.

Ключові слова: достовірність передачі даних, завади передачі, сервісні послуги, архітектура LTE, технології передачі, інформаційні ресурси.

Вступ. Сьогодні розвиток мобільних систем передачі даних, таких як систем зв'язку 2G, 3G, 4G та інших перспективних систем вимагає застосування нових інформаційних технологій, які дозволяють у режимі реального часу гарантувати якісну передачу даних користувачів. У таких системах забезпечення заданих значень показників достовірності передачі інформації здійснюється за рахунок використання інформаційних технологій перетворення та кодування. Огляд проведених досліджень та втілень мають значне практичне та теоретичне значення, по скільки в них розглядаються потенційні можливості систем передачі інформації та пропонуються різні підходи і методи до забезпечення їх достовірності передачі [1]. Під час передачі даних такими каналами виникають значні труднощі, які пов'язані із впливом промислових та навмисних завад. Невизначеність щодо

самої природи таких завад приводить до появи проблеми забезпечення достовірності інформації. Відомі методи адаптивного управління, які застосовуються для забезпечення необхідної достовірності передачі інформації на основі завадостійких систем, носять розрізнений характер. Для кодування інформації, що засновано на ймовірнісних алгоритмах декодування, виникає потреба у додатковому врахуванні інформації щодо розкриття невизначеності декодування. Під час реалізації процедури декодування прийнятої інформаційної послідовності стають необхідні апріорні відомості, які зводяться до знання функцій правдоподібності прийнятих даних. За результатами відомого у літературі аналізу декодованої інформації сформована оцінка невизначеності інформації, мінімізовані вибір правил рішення за допомогою методів структурної та параметричної адаптації і забезпечено необхідну достовірність інформації. Проте існує деяка суперечність між обмеженими можливостями традиційних підходів щодо моніторингу, контролю, класифікації та кодування передачі інформації, проблем використання методів та моделей забезпечення достовірності інформації. Тому проблема забезпечення достовірності передачі інформації в умовах невизначеності та завад є актуальною.

Постановка задачі. Розвиток телекомунікації в Україні передбачає створення сучасних широкосмугових транспортних мереж на основі єдиних протоколів, розвиток абонентського доступу із використанням перспективних технологічних рішень - волоконно-оптичних ліній, технологій пасивної оптичної мережі, радіо технологій доступу, запровадження мобільного зв'язку та використання систем абонентського радіо доступу, забезпечення мереж мобільного телефонного зв'язку за допомогою поступового переходу до мереж наступних поколінь із конвергенцією інформаційних, мультимедійних, телекомунікаційних та комп'ютерних технологій та послуг. Розвиток телекомунікації повинен здійснюватися із урахуванням телекомунікаційних потреб національної безпеки та оборони. Тому на рівні держави передбачено створення системи управління телекомунікаційними мережами з метою забезпечення телекомунікаційних потреб в умовах надзвичайних ситуацій, створення та розвиток Національної системи конфіденційного зв'язку із урахуванням можливості її подвійного використання та заходів, які забезпечать постійне функціонування розвитку спеціальних телекомунікаційних мереж у звичайних умовах та їх постійну готовність до роботи в умовах завад.

Проаналізувавши властивості телекомунікаційних мереж, які є найбільш важливими із погляду користувача і з погляду забезпечення заданого рівня вимог до якості зв'язку як процесу доставки повідомлень прийшли до висновку, що основною задачею матеріалу статті є аналіз напрямів розвитку та основних властивостей мереж передачі даних, аналіз сучасного стану та перспектив розвитку систем передачі даних, розглянути принципи побудови систем передачі інформації по каналам із шумами та завадами, дослідити фактори, які призводять до невизначеностей під час забезпечення достовірності передачі інформації, проаналізувати методи забезпечення достовірності передачі інформації та визначити основні завдання досліджень і порядок їх вирішення. Розвиток сучасних високошвидкісних мереж окреслив низку особливостей надання сервісних послуг [2]:

- сформувався значний попит на нові послуги у значної кількості споживачів, що приносять операторам основні доходи;
- нові технології передачі, комутації та обробки інформації дозволяють ефективно та швидко модернізувати такі мережі;
- істотно підвищилось кількість та конкурентоспроможність мобільних операторів.

Це було досягнуто за рахунок переходу до мереж наступного покоління – LTE (Long-Term-Evolution), які підтримують широкий спектр інформаційних сервісних та комунікаційних послуг. Оцінка сучасного стану мобільних мереж України приводить до наступного відомого висновку: перспективи розвитку визначаються тим, наскільки продумано будуть використані потенційні можливості уже наявних традиційних мереж зв'язку. Сама технологія та архітектура LTE ґрунтується на фундаментальній ідеї розподілу функцій комутації та функцій надання послуг, що дозволяє виконати впровадження

глобальної інформаційної інфраструктури. Це надасть можливість користувачам отримати всі види послуг із необхідною якістю та відповідною вартістю. Для забезпечення таких вимоги необхідна більш гнучка архітектура телекомунікаційної мережі і підтримувала введення у дію нових послуг та їх супроводження із визначеною достовірністю на всю мережу [3].

Основна частина. Високошвидкісні мережі передачі даних є складною системою, що мають множину властивостей. Проаналізуємо властивості таких мереж, які є найбільш істотними із погляду користувача - це системи управління і забезпечення заданого рівня вимог до якості зв'язку як процесу доставки інформаційних повідомлень. Розвиток телекомунікаційних мереж здійснюється із врахуванням їх роботи як у звичайних умовах, так і постійну готовність до роботи в умовах детермінованих та випадкових завад. У процесі функціонування на телекомунікаційні мережі та її елементи впливають різні фактори, що порушують її нормальну роботу. Вони призводять до порушення роботи ліній зв'язку, фізичного виходу із ладу елементів мереж, інших негативних наслідків, у результаті чого вони переходить до такого стану, за якого вона не може забезпечувати процес доставки необхідних повідомлень. Тому мережа повинна мати здатність протистояти впливам, які порушують її роботу. Важливо відзначити, що, лише маючи необхідну стійкість до перешкод, мережа може забезпечити задану якість та своєчасність зв'язку, стійкість і безперервність управління [4]. Під час функціонування, доставки інформаційних повідомлень може порушуватися не тільки факторами, що безпосередньо впливають на роботу системи передачі даних в цілому. В цих умовах телекомунікаційна мережа повинна мати здатність адаптації до всіх змін - зовнішніх та внутрішніх факторів, особливо структурних змін, що визначають за якими показниками мережа має властивість мобільності. Тому можливо зробити висновок, що у разі забезпечення розглянутих вище властивостей, телекомунікаційна мережа може виконувати своє функціональне призначення - забезпечувати доставку інформаційних повідомлень у необхідному обсязі та із заданою якістю [5]. Для цього мережа повинна мати необхідну пропускну здатність. Від пропускну здатності мережі залежить виконання вимог до каналу передачі мережі, а також вимог до управління зі стійкості, безперервності, оперативності та якості. Властивістю забезпечення захисту від перешкод та безпеки характеризуються телекомунікаційні мережі загального користування стосовно ідентифікації та забезпечення захисту інформації, що передається по системі. Також телекомунікаційні мережі загального призначення характеризуються стійкістю до завад. Під завадостійкістю в даному випадку розуміється здатність системи забезпечувати задані показники достовірності передачі інформації за умов впливу ненавмисних завад. Під достовірністю інформації загалом розуміється деяка функція ймовірності помилки, тобто подія, яка полягає в тому, що реальні дані в системі не збігаються із первісним значенням. Ще одна властивість яка впливає на коректну роботу мережі є електромагнітна сумісність засобів передачі даних, тобто здатність електронних засобів одночасно функціонувати у реальних умовах експлуатації із заданою достовірністю при впливі на них ненавмисних завад та не створювати неприйнятних завад іншим електронним засобам. Таким чином, основними властивостями телекомунікаційних мереж є стійкість, мобільність, пропускну здатність, безпека, завадостійкість, достовірність та електромагнітна сумісність. Ці властивості досить повно характеризують основне функціональне призначення мережі за будь-яких умов функціонування.

Як відомо, технологія LTE (Long-Term-Evolution), це стандарт довготермінової еволюції, розроблений та затверджений міжнародним об'єднанням 3GPP для побудови мереж зв'язку 4G [6]. Основуючись на IP-технологіях, LTE передбачає теоретичну пропускну здатність 326Мбіт/с у напрямі до абонента і 172Мбіт/с - у зворотному напрямі. Радіус дії кожної окремо взятої базової станції за оптимальних умов становить приблизно 5 км. У разі потреби цю відстань можливо збільшити до кількох десятків кілометрів за рахунок антен. Технологія LTE дозволяє за рахунок підвищення ефективності мережі під час скорочення експлуатаційних витрат вирішувати проблеми, які пов'язані із експоненціальним

зростанням потоку даних. LTE підтримує розвиток нових сервісних послуг, тому її можна розглядати як технологію реалізації високошвидкісних додатків [7]. У процес розробки системи 3G в основному використовувались технічні рішення, отримані для системи GSM, по скільки саме ця технологія лідувала в той час на ринку мобільного зв'язку. Планована система 3G повинна була задовольняти вимоги відкритості (відкриті стандарти прийняті міжнародними організаціями стандартизації та сумісності, забезпечуючи Q o S різних видів сервісних послуг. Зростали і технічні вимоги до пропускної здатності мереж 3G. Кінцевим користувачам мережі 3G важливо, щоб надані послуги не залежали від особливостей технологій доступу. Розвиток мобільних телекомунікаційних мереж направлений на підвищення пропускної спроможності цих систем за рахунок удосконалення фізичного рівня та використання IP-технологій із урахуванням оптимізації кількості обладнання таких систем. Принципи побудови таких мереж свідчить про те, що вони проектувались для достовірності передачі інформації 10-6...10-7. Тут не враховується вплив структурних завд від засобів промислового призначення та навмисних завд, які створюються електронними комплексами [8]. Зазначені завди можуть знижувати достовірність передачі інформації до 10-1...10-5.

Для оцінки достовірності та якості передачі розглянемо принципи побудови систем передачі інформації по каналам із шумами та завдами. На рис. 1 наведена загальновідома схема системи передачі інформації у телекомунікаційних мережах.

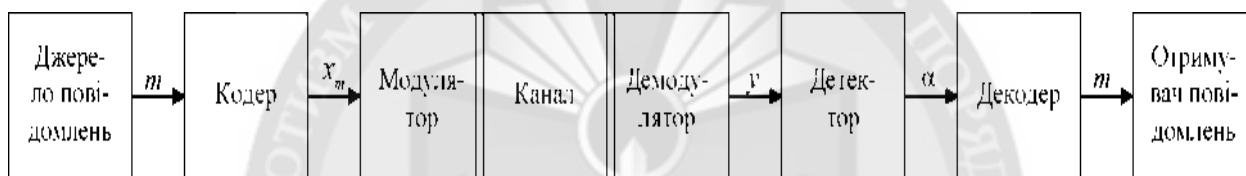


Рис. 1. Загальна система передачі інформації в телекомунікаційних мережах

Загальний принцип передачі наступний - прийнявши повідомлення m від джерела повідомлень, кодер генерує та видає на модулятор вхідну двійкову послідовність X_m з довжиною N (кодове слово). Далі модулятор перетворює кожен символ на один з двох сигналів, що подаються на вхід каналу. Демодулятор, підключений до виходу каналу, видає сигнал y . Детектор обробляє сигнал та видає елемент інформації, який у двійковому вигляді являє собою дійсний скаляр a . Декодер перетворює послідовність a у розв'язок m який вказує, яке із усієї сукупності кодових слів було передано. Під каналом у даному випадку мається на увазі середовище, за допомогою якого здійснюється передача сигналів від передавача до приймача. Співвідношення між вхідними та вихідними сигналами в загальному випадку має імовірнісний характер. Кодер є пристрій, який, приймаючи одне з N повідомлень від джерела повідомлень, створює відповідну послідовність сигналів, що подається на вхід каналу. Декодер це пристрій, який, приймаючи вихідну послідовність довжини N , обробляє її та видає результат оброблення споживачу повідомлень у зручному для нього вигляді. Зазвичай мета одержувача полягає в тому, щоб дізнатися, яке з кодових слів було передано. Якщо вихідне значення не збігається із вхідним кодовим словом, то має місце помилка. Імовірність помилки $P(t)$ залежить від коду, каналу та методу оброблення інформації у декодері. Якщо ж застосовується детермінований декодер, то метод оброблення інформації може бути описаний як відображення безлічі всіх прийнятих послідовностей в множину X_m кодових слів; відображення задається як список множини послідовностей Y_m , які перетворюються в декодоване слово X_m . Модулятор - це пристрій, який під час надходження однієї з команд від джерела повідомлень або кодера генерує відповідний сигнал та подає його у фізичний канал передачі. Демодулятор - пристрій, вихідний сигнал якого є найпершим сигналом, доступним для одержувача під час приймання, а детектор - пристрій, який перетворює цей сигнал на таку форму, щоб він міг бути поданий на декодер

чи виданий одержувачу повідомлень. Для боротьби із завадами передбачається створення кодів, здатних працювати у найгірших можливих умовах, але такий спосіб не дуже ефективний [9]. Для покращення використовується метод, що полягає в узгодженні швидкості передачі із поточним станом каналу за допомогою зворотного зв'язку від приймача до передавача чи зондування каналу передачі. Дослідження у сфері завадостійкого кодування спрямовані на пошук кодів, які корегують незалежні помилки досягли суттєвих позитивних результатів. Хоча у більшості реальних каналів передачі умови незалежності помилок не виконуються, і перешкоди з'являються у вигляді послідовності пакетів помилок досить великої довжини із високою щільністю помилок у межах пакета. У таких умовах коди, що корегують незалежні помилки, будуть малоефективні, поскільки на інтервалах між помилками є надлишковість, яка міститься в коді, а в межах пакета помилок для корекції потрібна досить висока надлишковість.

Розглянемо фактори, що призводять до невизначеностей під час забезпечення достовірності передачі інформації у телекомунікаційних мережах передачі даних [10]. Функціонування мережі на практиці відбувається в умовах випадкової дії різних чинників та завад. Специфіка функціонування сучасних телекомунікаційних мереж визначає необхідність управління їх функціонуванням в умовах невизначеності. Проте наявність у процесі адаптації невизначеності не дозволяє точно оцінити вплив управління на цільову функцію передачі. Складність сучасних систем передачі та невизначеність інформації про них збільшується, а вимоги до точності одержаного результату підвищуються, тому проблема представлення невизначеності є важливою проблемою. Внаслідок великої частки похибки початкових даних виникає похибка в розрахунку цільової функції, що призводить до значної зони невизначеності під час вибору оптимального режиму роботи системи. Звідси виникає необхідність розроблення методів, що враховують невизначеність початкових даних у процесі рішення задач багаторівневого управління адаптивними системами передачі даних.

Для забезпечення достовірності передачі інформації та надання якісних сервісних послуг розподілених телекомунікаційних мереж передачі даних застосовують методи багаторівневого управління, основою яких є декомпозиція [11]. У результаті декомпозиції значна система поділяється на дрібні підсистеми із такими взаємозв'язками, щоб складна задача оптимізації перетворюється на групу локальних задач оптимізації. Окремі задачі виконуються та ухвалюються за обмеженою інформацією, без використання всього об'єму даних. Перехід до ієрархічної структури управління значно звужує множину допустимих стратегій, проте знижує і рівень невизначеності, що робить можливим отримання якіснішого розв'язання задач.

Специфіка функціонування сучасних телекомунікаційних систем передачі даних визначає потребу управління їх функціонуванням в умовах невизначеності в умовах дії зовнішніх факторів. Це визначає актуальність проведення досліджень в області систем управління системами передачі даних, здатних під час виявлення завад різного типу змінювати способи застосування наявних систем протидії та захисту так, щоб запобігти зниженню якості передачі та забезпеченню заданої достовірності інформації. До основних факторів, які призводять до виникнення невизначеності у ході оброблення прийнятої інформації відносяться завади передачі. Загалом завадою називається будь-яка стороння дія на сигнал, яка заважає правильному його прийманню або сигналу або дії, що спотворюють корисний сигнал, який несе основну інформацію у пристроях вимірювання, телевимірювання, зв'язку тощо. Вплив завади може призвести до значних помилок систем передачі та вимірювання [12].

За способом створення розрізняють активні та пасивні завади. Активні завади формуються за допомогою пристроїв, що випромінюють електромагнітну енергію. Пасивні це завади, що створюються за рахунок ефекту зміни напрямку поширення чи пере-випромінювання електромагнітних хвиль у каналах передачі. Результат аналізу досліджень, описаних у вітчизняній і зарубіжній літературі показує, що адитивні завади за електричною та статистичною структурою діляться на три основних класи: флуктуаційні, імпульсні

(часові), вузько смугові (спектр). Флуктуаційна завада - це неперервний випадковий процес у вигляді суми великої кількості елементарних коливань, які збуджуються нерегулярною послідовністю короточасних імпульсів, інтервал слідування яких менше тривалості перехідних процесів у приймальному тракті. Приклад флуктуаційної завади - це внутрішні шуми приймача, а причиною шумів є нерівномірність емісії електронних приладів, інжекції носіїв у напівпровідникових приладах, флуктуації зарядів у провідниках тощо. Також завада може проникати в приймач ззовні та має руйнуючий вплив на корисний сигнал так як вона завжди є у каналі передачі, перебиває сигнал за часом та спектром, добре апроксимує суму завад від інших численних джерел. Імпульсна завада є випадковою (неперіодичною) послідовністю імпульсів, які збуджуються короточасними імпульсами. При цьому інтервал слідування збуджуючих імпульсів більший, ніж тривалість перехідних процесів у приймальному тракті. Основними джерелами імпульсних завад є атмосферні явища, промислові електроустановки, лінії електропередачі, автомобілі з двигунами внутрішнього згорання, порушення контактів в апаратурі передачі тощо. Вузько смуговими називають завади у вигляді коливань із параметрами, які змінюються повільно чи є постійними в інтервалі тривалості сигналу. Вплив навмисних та і ненавмисних завад від сучасних засобів електронного впливу на засоби систем передачі даних також може розглядатися як «білий» шум.

Розглянемо вплив потенційно небезпечних завад на збереження ефективності та достовірність передачі інформації у високошвидкісних телекомунікаційних мережах передачі даних. Періоду збереження ефективності роботи каналу передачі відповідає коефіцієнт збереження ефективності – значення показника ефективності використання об'єкта за призначенням за певну тривалість експлуатації до номінального значення цього показника, розрахованого за умови, що відмови каналу передачі протягом того ж періоду не виникають. З урахуванням того, що надійність роботи каналу передачі телекомунікаційної мережі оцінюється з допомогою співвідношення [2]:

$$P_s(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (1)$$

де $P_s(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи каналу передачі;

$P_i(t)$ ймовірність безвідмовної роботи складової частини каналу.

Функцію готовності $\Gamma(t)$ роботи каналу передачі телекомунікаційної мережі можливо представити як:

$$\Gamma(t) = P(t) + \int_0^t P(t - \tau) \cdot \omega_k(\tau) d\tau = P(t) + P_{ze}(t). \quad (2)$$

Границя функції готовності каналу передачі $\Gamma(t)$ для $t \rightarrow \infty$ матиме значення:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Gamma(t) = \frac{1}{\mu_{T0} - \mu_{TB}} \cdot \int_0^{\infty} P(t) dt = \frac{\mu_{T0}}{\mu_{T0} - \mu_{TB}} = k_{\Gamma}. \quad (3)$$

Тут μ_{T0} і μ_{TB} – постійні величини, які визначаються за процедурою усереднення функції $P(t)$;

k_{Γ} – граничне значення (для $t \rightarrow \infty$).

Значення $\Gamma(t)$ при $t \rightarrow \infty$ прямує до певного значення k_r , яке можна назвати коефіцієнтом готовності всієї мережі. Коефіцієнт k_r залежить від ймовірності того, що канал передачі буде в працездатному стані у процесі діагностування в довільний момент часу, окрім періодів, коли телекомунікаційна мережа не використовується. Коефіцієнт готовності k_r можна пов'язати із частиною загального часу, протягом якого канал передачі функціонує ефективно. Задача забезпечення достовірності та оптимального управління, яка дозволяє удосконалити функціональні властивості каналів передачі, ставиться як задача визначення умов допустимого управління із квадратичним критерієм якості, що мінімізує функцію втрат швидкості передачі при завадах $F(u)$:

$$F(u) = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_k} [x_{cr}(t) \cdot M \cdot x(t) + u_{cr}(t) \cdot N \cdot u(t)] dt, \quad (4)$$

для процесу, який описується такою системою рівнянь зміни швидкості передачі:

$$\begin{aligned} \frac{dx(t)}{dt} &= A \cdot x(t) + B \cdot u(t) \text{ при } x(t) = x_0, \\ y(t) &= C \cdot x(t) + D \cdot u(t), \end{aligned} \quad (5)$$

де $x(t)$, $u(t)$, $y(t)$ – вектори стану роботи, управління та швидкості для каналу передачі телекомунікаційної мережі (залежні від набору параметрів);

A, B, C, D – матриці постійних коефіцієнтів із визначеними розмірностями; M, N – симетричні вагові коефіцієнти, які можуть змінюватися в часі;

t_0, t_k – фіксовані моменти часу, які відповідають початку і кінцю інтервалу передачі;

x_0 – початкове значення вектора стану каналу; n – кількість компонентів вектора стану каналу передачі;

P – кількість керуючих змінних управління;

$x_{cr}(t)$, $u_{cr}(t)$ – критичні значення відповідних функцій стану каналу та управління, що характеризують втрати у каналах передачі при завадах (інформації, робочого часу, ресурсів тощо).

На стадії формування цільової функції, з використанням якої контролюється процес контролю каналів передачі телекомунікаційної мережі, закладається можливість отримання результатів у певній формі, зручній для подальшої практичної реалізації. Реально можливі два підходи до форми оптимальних розв'язків для визначення достовірності передачі інформації:

– у вигляді рекомендацій для подальшої реалізації в системі управління каналами передачі;

– доведення результатів розрахунку до узагальнень управління каналами передачі телекомунікаційною мережею.

Аналогічно до функції готовності визначають і функцію оперативної готовності каналів передачі $F(t, t + \zeta)$. Функція $F(t, t + \zeta)$ пов'язана з імовірністю того, що канал буде не тільки придатний до використання у момент часу t , але і протягом заданого інтервалу часу $(t, t + \zeta)$ за співвідношенням:

$$F(t, t + \zeta) = F(t + \zeta) + \int_0^t F(t + \zeta - \tau) \cdot \omega_k(\tau) d\tau, \quad (6)$$

де ζ – оперативний час.

Застосування функції $F(t, t + \zeta)$ як показника надійності роботи каналів передачі телекомунікаційної мережі характерно для функціонування на відповідних етапах. Таким етапам відповідають певні режими роботи в умовах критичних завдань, що можуть порушити стабільну роботу каналів передачі. Границею функції $F(t, t + \zeta)$ при $t \rightarrow \infty$ є коефіцієнт оперативної готовності каналу при завданнях k_{or} :

$$k_{or}(x) = \lim_{t \rightarrow \infty} F(t, t + \zeta) = k_p \cdot \int_x^{\infty} F(\tau) d\tau, \quad (7)$$

де k_p – постійний множник, який можна визначити за умовою $x(t) = x_0$.

Оптимізація роботи каналів передачі телекомунікаційної мережі з урахуванням завдань належить до класу задач прийняття рішень в умовах невизначеності.

Візьмемо міру якості та достовірності прийнятого рішення в умовах невизначеності. Для цього використаємо вектор $x(t)$ – сукупність інформативних величин, які характеризують вихідні дані (початкові умови); вектор $z(t)$ – сукупність величин, які характеризують прийняте рішення. Якість прийнятого рішення щодо удосконалення каналів передачі телекомунікаційної мережі описуємо за допомогою інтегральної функції втрат швидкості передачі за рахунок впливу завдань, до якої приводить розв'язок Z при заданих значеннях x . $F(z, x)$ як і $R(t)$ називають функцією ризику при завданнях передачі. Тут обмежуємось розглядом регресійного співвідношення, згідно з яким за даним значенням величини x проводиться оцінки величини Y (параметра моделі, який характеризує зміни функціоналу оцінювання якості передачі. При заданій функції втрат ризик завдань $F(z, x)$ визначається як умовне математичне сподівання функції втрат швидкості передачі при даних значеннях x, z :

$$F(z, x) = M(\zeta(Y, z), x) = \int \zeta(y, z) f(y, x) dx, \quad (8)$$

де $f(y, x)$ – функція розподілу вектора x (встановлюється експертним методом); $M(\cdot)$ – формальний запис математичного сподівання.

Для прогнозування функціонування каналів передачі телекомунікаційної мережі в умовах ризику виникнення завдань мінімізуємо середній квадрат відхилень набору параметрів стану для заданого вектору x . Якість процедури прогнозування характеризується квадратом модуля відхилень.

Із врахуванням вищевказаних виразів функцію ризику виникнення завдань $F(z, x)$ визначимо наступним чином:

$$R = \sum_{i=1}^9 R_i = \sum_{i=1}^9 p_i \cdot Z\sigma, \\ F(z, x) = M(|z - Y|^2, x) = \int |z - Y|^2 f(y, x) dx. \quad (9)$$

Функцію ризику $F(z, x)$ мінімізуємо. Ці співвідношення складають основу моделі, яка характеризує якість та достовірність роботи каналів передачі інформації у високошвидкісних телекомунікаційних мережах.

Висновки. Аналіз властивостей високошвидкісних телекомунікаційних мереж які забезпечують необхідний рівень вимог до якості та достовірності каналів передачі даних показує, що дослідження принципів побудови систем передачі інформації по каналах із шумами та завадами, дослідження факторів, які призводять до невизначеностей під час забезпечення достовірності передачі інформації на сьогодні є актуальною та важливою проблемою. Розвиток сучасних мереж окреслив низку особливостей надання сервісних послуг, що було досягнуто за рахунок переходу до мереж наступного покоління мереж LTE, які підтримують широкий спектр інформаційних сервісних та комунікаційних послуг. Сучасний стан розвитку мобільних мереж України приводить до висновку, що перспективи розвитку визначаються тим, наскільки продумано будуть використані потенційні можливості уже наявних традиційних мереж зв'язку. Як відомо, технологія та архітектура LTE ґрунтується на фундаментальній ідеї розподілу функцій комутації та функцій надання послуг, що дозволяє виконати впровадження глобальної інформаційної інфраструктури. Це надає можливість користувачам отримувати всі види сервісних послуг із необхідною якістю та достовірністю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ленков С.В. Побудова розподільної мережі GPON / Ленков С.В., Красильников С.Р., Колачов С.П., Заморока О.І. // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - 2016. - Вип. 53. - С. 105-110.
2. Хмельницький Ю.В. Сервісні послуги архітектури LTE для високошвидкісних мереж / Ю. В. Хмельницький, С.Ю. Гунченко, О.С. Ленков, Д.П. Яковлев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - 2017. - Вип. 56. - С. 177-185.
3. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. / В.Г. Олифер Н.А. Олифер // - 4-е изд. - СПб.: Издательский дом "Питер", 2010. - 994 с.
4. Кривуца В.Г. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / В.Г. Кривуца, В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Б.Я.Костік, В.Ф.Олійник, С.М.Скляренко // Підручник для ВНЗ. - К.: Техніка, 2007. - 384 с.
5. Бочкарьов О.Ю. Проблема організації адаптивних вимірювально-обчислювальних процесів в автономних розподілених системах / О. Ю. Бочкарьов // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні системи та мережі". - 2012. - № 745. - С. 20-26.
6. Ткаченко В.В. Методи прогнозування попиту на послуги мереж LTE / В.В. Ткаченко, Р. С. Одарченко, Ю. О. Петрова // Політ-2011. Сучасні проблеми науки : міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів, 7-9 квітня 2010 р.: тези доп. - К. : НАУ, 2011. - С. 30.
7. Джулій В.М., Методи та алгоритми кластеризації при комплексному аналізі даних / В.М. Джулій, О.М. Горбатюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Міжнародний науково-технічний журнал.-Хмельницький, 2014. -№4. - С. 135-137.
8. 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.
9. Селюков О.В. Застосування інтелектуальних технологій для підвищення якості роботи телекомунікаційних мереж при невизначеності / О. В. Селюков, Ю. В. Хмельницький, І. В. Обертюк, Л. В. Солодєєва // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - 2017. - Вип. 56. - С. 146-153
10. Стеклов В.І. Проектування телекомунікаційних мереж. Підручник для студ. вищ. навч. закл. за напрямком "Телекомунікації"/ В.І. Стеклов, Л.Н.Беркман. -К.: Техніка, 2002. -792 с.
11. Ситник В.Ф. Основи інформаційних систем: Навчальний посібник. / В.Ф. Ситник. - К.: КНЕУ, 2001. - 420 с.

12. Сальник С.В. Аналіз методів виявлення вторгнень у мобільні радіомережі класу MANET / С.В. Сальник, О.Я. Сова, Д.А. Міночкін // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки. – К.: НУОУ, 2015. – № 1(22). –С. 103-112.

REFERENCES:

1. Lenkov S.V. Construction of the distribution network GPON / Lenkov S.V., Krasilnikov S.R., Kolachov S.P., Zamoroka O.I. // Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. - 2016. – Vyp. 53. - P. 105-110.
2. Khmelnsky Yu.V. LTE Architecture Services for High-Speed Networks / Yu. V. Khmelnsky, S.Yu. Gunchenko, O.S. Lenkov, D.P. Yakovlev // Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. - 2017 - Vyp. 56. - P. 177-185.
3. Olifer V.G. Computer networks. Principles, technologies, protocols. / V.G. Olifer N.A. Olifer // - 4th ed. - SPb. : Publishing House "Peter", 2010. - 994 p.
4. Krivoets V.G. Telecommunication management with application of the latest technologies / V.G. Krivutza, V.K. Steklov, L.N. Berkman, B.Ya. Kostik, B.F. Oliynyk, S.M. Sklyarenko // The textbook for higher educational establishments. - K. : Technics, 2007. - 384 p.
5. Bochkarev O. Yu. Problem of the organization of adaptive measuring-computational processes in autonomous distributed systems / O. Yu. Bochkarev // Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine. Lviv Polytechnic University, «Computer Systems and Networks". - 2012. - N745. - P. 20-26.
6. Tkachenko V.V. Methods of forecasting demand for LTE / V.V. Tkachenko, R. S. Odarchenko, Yu. O. Petrova // Flight-2011. Modern Problems of Science: International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students, April 7-9, 2010; Abstracts of Supplement. - K.: NAU, 2011. - P. 30
7. Guliy V.M. Methods and algorithms for cauterization in complex data analysis / V.M. Julie, O.M. Gorbatyuk // Measuring and computing engineering in technological processes: International scientific and technical journal. -Khmelnitsky, 2014. -№4 - P. 135-137.
8. Gorbatiy I.V. Telecommunication systems and networks. Principles of operation, technology and protocols: teach manual / I.V. Humpbacked, A.P. Bondarev // - Lviv: Lvivskaya Publishing House Polytechnic, 2016. - 336 p.
9. Silyukov O.V. Application of Intelligent Technologies for Improving the Quality of Telecommunication Networks in Uncertainty / O. V. Selyukov, Yu. V. Khmelnsky, I. V. Obertyuk, L. V. Solodeyeva // Collection of scientific works of the Military Institute of Kyiv National Taras Shevchenko University. - 2017 - Voip. 56. - P. 146-153
10. Steklov V.I. Design of telecommunication networks. Tutorial for the studio. higher tutor shut up in the direction of "Telecommunications" / V.I. Stekov, LN Berkman // - K. : Technics, 2002. -792 p.
11. Sitnik V.F. Fundamentals of Information Systems: Textbook./V.F.Sitnik // -K. : KNEU, 2001. - 420 p.
12. Salnik S.V. Analysis of methods for detecting intrusions in the mobile radio networks of the MANET / SV class. The gasket, O.Ya. Sova, D.A. Minochkin // Modern information technologies in the field of security. - K. : NUOU, 2015. - N 1 (22). -P. 103-112

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С.В., головний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

д.т.н., с.н.с. Селюков А.В., к.т.н. Хмельницький Ю.В., Яковлев Д.П.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И СЕРВИСНЫХ УСЛУГ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПОМЕХАХ

В статье рассмотрены вопросы обеспечения достоверности передачи информации и сервисных услуг для высокоскоростных сетей. В современных системах передачи информации обеспечение заданных значений показателей достоверности осуществляется за счет использования информационных технологий преобразования и кодирования. Во время передачи данных по таким каналам возникают значительные трудности, связанные с влиянием промышленных и преднамеренных помех. Неопределенность относительно самой природы таких помех приводит к появлению проблемы обеспечения достоверности информации. Известные методы адаптивного управления, которые применяются для обеспечения требуемой достоверности передачи информации на основе помехоустойчивых систем, носят разрозненный характер. Анализ свойств высокоскоростных телекоммуникационных сетей, которые

обеспечивают необходимый уровень требований к качеству и достоверности каналов передачи данных показывает, что исследования принципов построения систем передачи информации по каналам с шумами и помехами, исследование факторов, которые приводят к неопределенностям во время обеспечение достоверности передачи информации на сегодня является актуальной и важной проблемой. Поэтому исследование технологии и архитектура LTE, основанной на разделении функций коммутации и функций предоставления услуг позволит выполнить внедрение современной информационной инфраструктуры. Это предоставит возможность пользователям получать все виды сервисных услуг с необходимым качеством, достоверностью и соответствующей стоимостью.

Ключевые слова: достоверность передачи данных, помехи передачи, сервисные услуги, архитектура LTE, технологии передачи, информационные ресурсы.

prof. Selyukov A.V., Ph.D. Khmelnsky Yu.V., Yakovlev D.P.

PROVIDING THE RELIABILITY OF INFORMATION TRANSMISSION AND SERVICE FOR HIGH-SPEED NETWORKS IN OBSTACLES

The article considers issues of reliability of information transfer and service for high-speed networks. In modern communication systems providing specified values of indicators of reliability is carried out through the use of information technology transformation and coding. During data transmission on such channels there are significant difficulties associated with the influence of industrial and intentional interference. Uncertainty about the nature of such interference leads to problems of ensuring accuracy of information. Known methods of adaptive management applied to ensure the required reliability of data transmission based on error-correcting systems are not unified. Analysis of the properties of high-speed telecommunications networks that provide the necessary level of quality requirements and reliability of data transfer channels shows that the study of the principles of construction of systems of information transmission on channels with noise and interference, the study of factors that lead to uncertainties while ensuring the reliability of information transmission today is an actual problem. Therefore, a study of the technology and architecture of LTE is based on the separation of switching functions and functions of service provision which allows for the introduction of modern information infrastructure. This will provide an opportunity for users to obtain all kinds of services with the required quality, reliability and the corresponding cost.

Keywords: reliability of data transfer, noise transmission, maintenance services, architecture LTE, technology transfer, information resources.