

Павленко М. А., Фльора А. С., Коломієць Д. Л., Семенюк М. О.

МЕТОД УПРАВЛІННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ НА КРИТИЧНІ ВУЗЛИ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ

Проаналізовано метод запобігання перевантажень бездротової мережі для зменшення часу передачі даних в умовах обмеженої пропускної здатності каналів зв'язку. Метод, реалізований в протоколі EIGRP, взятий за основу для побудови бездротових мереж з раціональним керуванням інформаційного простору. Для підвищення ефективності було зменшено завантаження буферної пам'яті маршрутизатора, що дозволило зменшити обсяг службової мережевої інформації, що знаходиться в пам'яті маршрутизатора та використано метод зменшення часу передачі даних в бездротових мережах передачі даних за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації. Бездротові мережі передачі даних (БМПД), у порівнянні з дротовими мережами, характеризуються відносно невисокою пропускною спроможністю, великою кількістю помилок і підвищеними затримками при передачі даних, а також рядом інших факторів, що призводять до зниження їх пропускної здатності. На практиці бездротові мережі входять в єдину систему з дротовими, що призводить до появи додаткових проблем при їх спільній роботі. Пропускна здатність бездротових мереж, в середньому, в 4-6 разів нижче пропускної здатності традиційних провідних мереж; при цьому на процес передачі даних в бездротових мережах істотно впливає підвищений рівень каналних помилок, що викликаються як переміщеннями вузла, так і фізичним станом середовища передачі. Рішенню вищезазначених проблем присвячено багато сучасних досліджень.

Ключові слова: бездротові мережі передачі даних, пропускна здатність, протокол, маршрутизація мережева інформація.

Постановка проблеми

Останнім часом спостерігається стрімке зростання обсягів використання бездротових мереж передачі даних, які дозволяють реалізовувати доступ до інформаційних ресурсів і локальних мереж.

Спостерігається зростання числа абонентів, ресурсів, кількості і якості послуг мереж, тенденція до мобільності абонентів, а також поява мобільних пристроїв, що викликають чималий інтерес до ефективного забезпечення різноманітного трафіку за допомогою бездротових мереж. Що породжує задачу щодо зменшення часу передачі даних і збільшення пропускної здатності таких мереж.

Загальновідомо, що у сучасних мережах значний обсяг трафіку на транспортному рівні передається за допомогою протоколу TCP. Однак протокол TCP має суттєві відмінності, що забезпечують функціонування роботи в дротових і бездротових мережах, такі як [10]:

1. Час перебування кадру у черзі перед моментом передачі.

2. Час очікування на момент початкового доступу до каналу з множинним доступом. Певну затримку перед передачею першого або чергового кадру вносять ряд протоколів (наприклад, механізм RTS/CTS у бездротових мережах стандарту IEEE 802.11).

3. Затримки повторної передачі в системах із випадковим множинним доступом. У бездротових мережах механізми MAC-рівня можуть значно збільшувати затримку повторної передачі кадрів, щоб стабілізувати роботу мережі. Багато MAC-протоколів збільшують затримку у разі зростання числа невдалих передач.

4. Час обробки окремого кадру, що включає завадостійке кодування, перемежування, диспетчеризацію потоків з різною якістю обслуговування (Quality of Service - QoS).

5. Виникнення каналних помилок, які можуть бути результатом погіршення системних параметрів мобільного зв'язку, наприклад енергетики радіолінії.

Таким чином, з огляду на вищенаведені факти, підвищення ефективності протоколу TCP вимагає внесення модифікацій в нього. Також може бути цікавим балансування стека протоколів TCP/IP шляхом внесення окремих змін на його рівнях з метою оптимізації загальної пропускної здатності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичною базою дослідження є роботи вітчизняних та закордонних авторів: М.І. Литвиненка, М.А. Павленка, О.І. Тимочка, Г.А. Кучука, Р.П. Гахова, А.А. Пашнєва, А.Г. Микитишина, У. Одома, П. Рошана, Ю. Кірсала, К. Ханга.

Метою дослідження є проведення аналіз методу зменшення часу передачі даних в бездротовій мережі, який дозволяє враховувати інтервали надмірного завантаження процесорів маршрутизаторів з метою збільшення інтенсивності обслуговування трафіку мережею.

Виклад основного матеріалу. Одним з основних завдань, що вирішуються при побудові бездротових мереж, є розмежування доступу множини користувачів до обмеженого ресурсу середовища передачі даних [13]. Існує кілька базових методів доступу, заснованих на просторовому, часовому, частотному, і кодовому поділі між вузлами.

Помилки при передачі даних обумовлюють зниження пропускної здатності і виникають при зниженні потужності і загасання сигналу, як правило, при віддаленні абонента від точки доступу.

Основні чинники, які впливають на якість бездротової передачі даних:

1. Кількість вузлів і їх розміщення. Тобто, кількість точок доступу і характер їх фізичного розташування в зоні обслуговування впливають на пропускну здатність мережі. Якщо точка доступу є загальним засобом зв'язку і використовується в якості бездротового концентратора, то пропускна здатність каналу, що виділяється кожному з користувачів, знижується із збільшенням кількості користувачів окремої точки доступу, при цьому таке зниження суттєво залежить від типу даних, що передаються в мережі.

2. Методи шифрування. Поряд з підвищенням цілісності інформації спостерігається зростання її надмірності, це призводить до збільшення часу, необхідного для обробки пакетів даних, що, в свою чергу, призводить до зниження пропускної здатності мережі.

3. Асиметрія радіоканалу. У бездротових мережах дані передаються в двох напрямках - від базової станції до мобільного вузла і назад. Ці два напрямки несиметричні, оскільки при передачі даних від базової станції кількість бітових помилок менше і, отже, пропускна здатність вище, ніж у зворотному напрямку.

4. Рівні функціонування мережі. На фізичному рівні істотний вплив на пропускну

здатність каналу надають загасання сигналу і перешкоди.

5. Мобільність вузла. При переміщенні вузла параметри сигналу можуть змінюватися в значних межах, що негативно позначається на пропускній здатності з'єднання.

6. Фрактальність трафіку. Даний чинник впливає на роботу мережевого рівня і рівня передачі даних, призводить до періодичної перевантаження комутаторів і маршрутизаторів.

Основні недоліки існуючих методів підвищення ефективності протоколу TCP в бездротових і мобільних мережах можна звести до наступних [2]:

1. Обмежена взаємодія з існуючою інфраструктурою мережі. В інфраструктурній мережі досить часто проміжні елементи мережі не належать одним і тим же організаціям, тобто не завжди є доступ до таких елементів для внесення змін. Всі методи, які поділяють маршрут з'єднання на частини, вимагають модифікацію проміжних вузлів

2. Проблеми шифрування трафіку. Так як безпека мережі вимагає особливої уваги, необхідно застосовувати методи шифрування даних.

3. Розбіжність маршрутів доставки даних і їх підтверджень. У певних ситуаціях, маршрути доставки даних і їх підтверджень можуть не збігатися.

4. Поява критичної ділянки на маршруті, що породжується перетином двох з вище перерахованих чинників.

З перерахованих чинників особливої уваги та детального дослідження потребує чинник 5 та недолік 3.

Існуючі рішення канального рівня орієнтовані на те, щоб приховати від протоколу TCP втрати, що виникли відбуваються на нижчих рівнях. Реалізація такого підходу приховує повторні передачі підтверджень, виявляються втрати даних в бездротовому сегменті з'єднання TCP, запобігаючи зайві спроби відновлення даних на транспортному рівні.

Отже, однією з основних причин зниження пропускної здатності бездротової мережі є помилки переадресації, що виникають під час переміщення мобільного вузла між зонами обслуговування мережі, значне число помилок канального рівня і недостатньо коректна відпрацювання цих помилок існуючими реалізаціями протоколів транспортного рівня.

Мобільність вузла в бездротовій мережі може бути причиною виникнення хендовера (handover) – процесу передачі обслуговування абонента під час сесії обміну даними від однієї базової станції до іншої. Оскільки місце розташування вузла безпосередньо пов'язано з його IP адресою, факт зміни IP адреси при зміні мобільним вузлом точки доступу до мережі вимагає оповіщення. Хендовер є подією, яка може виникнути при виході рухомого вузла із зони обслуговування точки доступу внаслідок його переміщення. Коректна обробка такої події дозволяє рухомому вузлу зберігати нерозривність з'єднання під час його пересувань і зміни точок доступу до мережі.

У загальному випадку існує два типи хендовера, кожен з яких визначається можливістю підключення вузла до тієї чи іншої точки доступу: м'який і жорсткий хендовер [4]. Можливі сценарії, що ілюструють ситуації виникнення таких подій показані на рис. 1.

У разі жорсткого хендовера, з'єднання рухомого вузла з попередньою точкою доступу розривається ще до моменту підключення до нової точки доступу, що призводить до втрати пакетів. У разі м'якого хендовера, з'єднання з попередньою точкою доступу розривається тільки після встановлення з'єднання з наступною доступною. Отже, під час м'якого хендовера, мобільний вузол може одночасно взаємодіяти з обома точками доступу.

Тип хендовера в значній мірі впливає як на швидкість, так на і якість передачі інформації. Це особливо важливо при поєднанні трафіку (див. чинник 1) з різними вимогами до якості обслуговування.

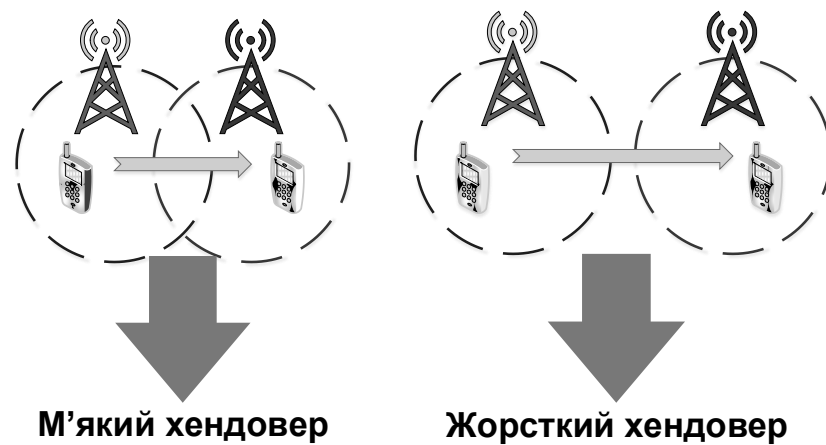


Рисунок 1 – Можливі сценарії для виникнення м'якого і жорсткого хендовера

Аналіз існуючих підходів показав, що зменшення часу передачі даних в БМПД може досягатися за рахунок:

- проведення спеціальних організаційних заходів і розробки регулятивних документів;
- суворої регламентацією процесу обробки інформації із застосуванням ЕОМ і дій персоналу;
- призначенням і підготовкою посадових осіб, відповідальних за організацію і здійснення практичних заходів щодо зменшення часу передачі даних в БМПД;
- застосуванням різних способів резервування апаратних ресурсів, еталонного копіювання програмних і страхових інформаційних ресурсів системи;
- ефективним контролем за дотриманням вимог посадовими особами, безперервним управлінням і адміністративною підтримкою коректного застосування засобів захисту;
- проведенням постійного аналізу ефективності вжитих заходів і застосовуваних методів і засобів, що дозволяють зменшити час передачі даних;
- розробкою і реалізацією пропозицій по створенню методів, спрямованих на зменшення часу передачі даних в БМПД [2–5].

Детальний аналіз зазначених напрямів надає можливість зробити висновок про те, що одним з найбільш важливих процесів, який впливає на час передачі даних в БМПД, є процес виникнення перевантажень мережевих маршрутизаторів.

Так як процес виникнення перевантажень як на окремих елементах, так і в БМПД в цілому, є дуже складним і часто не формалізується, то існує необхідність в більш детальному описі процесу циркуляції потоків в БМПД і пов'язаних з ним тимчасових затримок передачі пакетів.

Потоки, що циркулюють в сучасних мережах можна розбити на наступні категорії: потоки реального часу, потоки транзакцій і потоки даних.

До категорії потоків реального часу відносяться потоки з голосовою та відеоінформацією, які практично не допускають затримки при передачі. Зазвичай затримка не повинна перевищувати 0,1с, включаючи час на обробку на кінцевій станції [7].

До категорії потоків транзакцій відносяться потоки, які допускають, як правило, затримку до однієї секунди. Збільшення граничного значення змушує користувачів переривати роботу і чекати відповіді, тому, що тільки після отримання відповіді вони можуть продовжити відправляти свої дані. Тому великі затримки призводять до зниження продуктивності праці і дискомфорту в роботі [7].

Категорія потоків даних може працювати практично з будь-якими затримками, аж до декількох секунд. Такі потоки мають досить “вибуховий” характер, обумовлений великим значенням відношення його максимальної інтенсивності до середньої інтенсивності. До

такої категорії потоків також відносяться потоки службової інформації.

Використовуючи наведену класифікацію категорій потоків, дамо характеристику затримки для пакетів даних, що виникають в процесі їх передачі по БМПД.

Під затримкою пакета даних в БМПД будемо розуміти відрізок часу, необхідний для просування пакета даних від джерела до адресата через мережу передачі даних. Зазначена затримка є сумою затримок, що виникають в кожному мережевому елементі (маршрутизатор, комутатор, концентратор, тощо) і в кожному каналі на маршруті передачі пакета даних. Вона визначається наступним виразом:

$$T_{\rho} = T_{ex} + T_{obr} + T_{oc} + T_{per}$$

де T_{ex} – сумарний час очікування пакета у вхідній черзі (буферної пам'яті);

T_{obr} – сумарний час обробки пакета даних процесорами маршрутизаторів;

T_{oc} – сумарний час очікування пакета даних у вихідній черги;

T_{per} – сумарний час передачі пакета даних по каналах.

Найчастіше в якості параметра, від якого залежить значення коефіцієнта динамічного розподілу швидкодії процесорів маршрутизатора між пакетами даних різних категорії пріоритетності, є допустима затримка пакета заданої категорії пріоритетності в мережевому пристрої. Механізм визначення значення допустимої затримки досить простий. Кожен маршрутизатор записує в пакет сумарне проходження час цього пакета від джерела і, з огляду на категорію пріоритетності пакета і кількість мережевих пристроїв, які залишилося пройти пакету згідно маршруту до адресата, розраховує допустиму затримку пакета на поточному маршрутизаторі.

Коефіцієнт розподілу швидкодії процесора g-го маршрутизатора між пакетами даних i-ї категорії пріоритетності залежить від типу розподілу швидкодії між потоками різних категорій пріоритетності, що використовується в конкретному маршрутизаторі. Найбільш поширені фіксований розподіл і динамічний розподіл.

Під фіксованим розподілом швидкодії між потоками різних категорій пріоритетності слід розуміти такий розподіл, при якому значення коефіцієнта розподілу швидкодії процесорів маршрутизатора між пакетами даних різної категорії пріоритетності призначається перед запуском БМПД і залишається незмінним протягом усього часу передачі даних на всіх маршрутизаторах[3].

Під динамічним розподілом швидкодії між потоками різних категорій пріоритетності слід розуміти такий розподіл, при якому значення коефіцієнта розподілу швидкодії процесорів маршрутизатора між пакетами різних категорій пріоритетності визначається в залежності від змін певних параметрів вхідних потоків і/або характеристик складових елементів маршрутизаторів.

У кожному маршрутизаторі значення коефіцієнта розподілу швидкодії його процесорів між пакетами даних різних категорій пріоритетності незалежні і можуть відрізнятися від один від одного.

Інтервали максимального завантаження процесорів маршрутизатора безпосередньо пов'язані із заповненням буферної пам'яті маршрутизатора і виникненням перевантажень маршрутизатора під впливом періодичних сплесків потоків службової інформації.

Для вирішення завдання зменшення часу передачі даних в бездротовій мережі можливе використання двох підходів: динамічне управління інтенсивністю потоку інформації користувачів і управління потоком службової мережевої на основі інформації про періоди максимального завантаження.

Методи динамічного управління зачіпають транспортний рівень стека протоколів і

повинні ґрунтуватися на повідомленнях, що надсилаються мережевим рівнем, що досить складно реалізувати і вимагає великих витрат ресурсів, таким чином, знижуючи коло БМПД, в яких можливо їх застосування.

Таким чином, найбільш раціонально регулювати потік службової інформації, що генерується маршрутизатором, шляхом розробки методу зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації на базі методу маршрутизації, що застосовується в протоколі EIGRP.

EIGRP використовує механізм Diffusing Update ALgorithm (DUAL) для вибору найбільш короткого маршруту, який використовує 5 різних компонентів для розрахунку:

- Bandwidth (Пропускна спроможність). Мінімальна пропускна здатність для даного маршруту.

- Delay (Затримка). Сумарна затримка на всьому шляху маршруту.

Очевидно, що чим вище інтенсивність потоку інформації користувача, тим швидше настане момент переповнення буферної пам'яті маршрутизатора (в тому числі службової мережевої інформацією) і пакет, який надійшов у цей момент часу на вхід маршрутизатора, буде відкинутий.

Для виключення втрати пакетів на тимчасовому інтервалі активності необхідний розмір буферної пам'яті маршрутизатора, що дозволяє зберегти весь надлишковий потік.

Суть запропонованого методу зменшення завантаження буферної пам'яті маршрутизатора полягає в реалізації механізму розвантаження службової мережевої інформації з буферної пам'яті маршрутизатора в інтервали часу, які йдуть за інтервалами максимального завантаження, коли частково вивільняються ресурси маршрутизатора в результаті зменшення інтенсивності вхідного трафіку.

Для розробки методу зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації в якості базового був обраний метод, застосований в протоколі EIGRP.

Опис суті запропонованого методу:

- створюється статистична таблиця даних, в яку заносяться моменти виникнення відмов протягом доби. Збір даних здійснюється періодично;

- на підставі накопичених статистичних даних про виникнення відмов, обчислюється середній інтервал часу між виникненням відмов;

- проводиться перевірка умови: якщо обчислений середній інтервал часу між виникненням відмов перевищує період, встановлений протоколом EIGRP для поширення оновлюючого повідомлення про стан каналів зв'язку, рівний 30 хв, то в момент настання відмови поширюється не повідомлення про відмову, а оновлююче повідомлення про стан каналів зв'язку.

Виходячи з апіорних даних, передбачається, що в результаті застосування розробленого методу зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації, цільова функція збільшиться приблизно в 1,2 - 1,5 рази.

Згідно з методом, який застосовується в протоколі EIGRP, частота поширення пакетів повідомлення HELLO дорівнює 5 с. Необхідно відзначити, що після передачі чергового повідомлення HELLO і до передачі наступного повідомлення маршрутизатор не має можливості відслідковувати стан сусідніх маршрутизаторів і, відповідно, повідомляти про свій стан, тобто знаходиться в пасивному стані. Для протоколу EIGRP інтервал часу пасивного стану маршрутизатора становить 15 с [10].

Відзначимо, що частота поширення пакетів повідомлення HELLO отримана розробниками маршрутизаторів, орієнтованих на використання протоколу EIGRP, в результаті тривалого збору і обробки статистичних даних про виникнення відмов елементів мережі передачі даних. Однак значення частоти поширення пакетів повідомлення HELLO може бути змінено в залежності від вимог, що пред'являються до конкретної мережі.

При збільшенні числа маршрутів, що проходять через маршрутизатор в 5 разів при використанні методу маршрутизації, застосованого, наприклад, в протоколі RIP, інтенсивність службових потоків збільшується в 6 разів, в той час як при використанні методу маршрутизації, що застосовується в протоколі EIGRP, інтенсивність службових потоків збільшується усього в 1,2 рази.

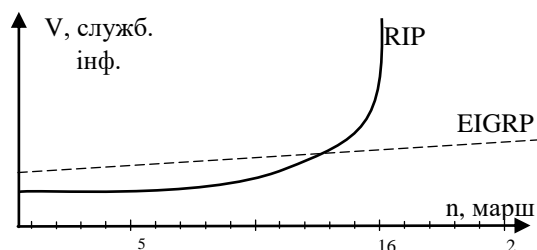


Рисунок 2 – Залежність інтенсивності службової інформації від кількості маршрутизаторів у мережі для протоколів RIP та EIGRP.

На підставі аналітичних досліджень основних використовуваних методів маршрутизації можна зробити наступні висновки:

1. Найбільш перспективний для використання в якості базового при розробці методу зменшення часу передачі даних в БМПД є метод, реалізований в протоколі EIGRP, так як для зменшення часу передачі даних в БМПД можливе використання методу маршрутизації, що забезпечує адаптацію до змін структури БМПД і мінімізацію впливу зміни стану мережевих пристроїв на інтенсивність службової інформації, шляхом обліку статистичних даних про виникнення відмов елементів БМПД, що дозволяє істотно знизити завантаженість маршрутизаторів службовою інформацією.

2. В якості цільової функції найбільш раціонально використовувати функцію мінімізації часу передачі даних в БМПД при стрибкоподібному зміні інтенсивності потоків інформації користувачів і великій кількості відмов елементів мережі.

3. Удосконалено метод зменшення завантаження буферної пам'яті маршрутизатора, що дозволяє зменшити обсяг службової мережевої інформації, що знаходиться в буферній пам'яті маршрутизатора за рахунок реалізації механізму розвантаження останньої в інтервали часу, які йдуть за інтервалами максимального завантаження, коли частково вивільнюються ресурси процесорів маршрутизатора.

4. Метод зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації дозволяє зменшити час передачі даних в БМПД в 1,1 - 1,5 рази при дотриманні введених обмежень в порівнянні з методом, використовуваним в протоколі EIGRP. Метод є адаптивним, оскільки дозволяє регулювати частоту поширення службової інформації маршрутизатором залежно від величини середнього інтервалу між виникненням відмов, розрахованого на основі статистичних даних.

Висновки

В результаті аналізу вимог до процесу передачі даних в безпроводних мережах, в умовах обмеженої пропускної здатності, було удосконалено метод здатний забезпечити достатній рівень ефективності. Безумовно, вирішення проблеми запобігання перевантажень бездротової мережі потребує додаткових досліджень для зменшення часу передачі даних в умовах обмеженої пропускної здатності каналів зв'язку бездротової мережі. Основна вимога до розроблених методів, полягає в забезпеченні зменшення часу передачі даних в бездротовій мережі при збільшенні як пропускної здатності каналів зв'язку, так і затримок поширення сигналу в них.

Метод, реалізований в протоколі EIGRP є перспективним для побудови бездротових

мереж для раціонального керування інформаційного простору. Для покращення ефективності керування необхідно взяти до уваги метод зменшення завантаження буферної пам'яті маршрутизатора, що дозволяє зменшити обсяг службової мережевої інформації, що знаходиться в буферній пам'яті маршрутизатора та метод зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи побудови інформаційно-телекомунікаційних систем Ч.1 : підручник / М.І. Литвиненко, М.А. Павленко, О.І. Тимочко, та ін. ; за ред. І.В.Рубана.- Х : ХНУПС, 2018. – 328 с.: іл.
2. Оліфер В.Г. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи / В. Г. Оліфер, Н. А. Оліфер. – К.: Ліпс, 2015. – 943 с.
3. Одом У. Офіційне керівництво Cisco по підготовці до сертифікованих екзаменів CCNA ICND2 200-101: маршрутизація та комутація / Уенделл Одом. – К.: Вільямс, 2015. – 734 с.
4. Кучук Г.А. Управління ресурсами інфокомунікацій / Г. А. Кучук, Р. П. Гахов, А. А. Пашнев. – Х.: Фізматліт, 2011. – 220 с.
5. Кучерявий Е.А. Управління трафіком і якість обслуговування в мережі Інтернет / Е. А. Кучерявий. – Х.: Наука та техніка, 2015 34.
6. Комп'ютерні мережі. Частина 1: підручник / О.В. Петров, І.О. Борозенець, М.Г. Мельничук та ін. , за заг. ред. І.В. Рубана. – Х: ХНУПС, 2020. – 283 с.
7. Комп'ютерні мережі : практикум для слухачів, курсантів та студентів вищих навчальних закладів / О.В. Шаповалов , О.В. Петров , І.В. Захарченко , та ін. за загальною редакцією О.І. Тимочка – Х.: ХНУПС, 2020 – 136с.: іл.
8. Дронюк І.М. Прогнозування трафіку комп'ютерних мереж для підвищення ефективності використання мережевого обладнання / Дронюк І.М., Федевич О.Ю. // Наук. вісн. НЛТУ України.-2015.-Вип.25.5.-С.301-307.
9. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, В.В. Пасічник. Комп'ютерні мережі. Книга 1. Принципи, технології, протоколи: Навч. посібник – Львів, 2019.–260 с.
10. Pejman Roshan, Jonathan Leary, 802.11 Wireless LAN Fundamentals, Cisco Press, 2013. 312pp. ISBN: 1-58705-077-3
11. Kyoung, S.L.; Ae-Soon, P.; (2014); Reduction of handover failure for small cells in heterogeneous networks, International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC):707-708.
12. Kirsal-Ever, Y.; Kirsal Y.; Ever, E.; Gemikonakli, O.; (2015); Analytical Modelling and Performability Evaluation of Multi-Channel WLANs with Global Failures, International Journal of Computers Communications and Control, 10:551-566.
13. Craig Hunt, TCP/IP Network Administration, Boston, 2015
14. CCENT/CCNA ICND1 100-105 Official Cert Guide : Cisco Press, 2016. 1024 pp. ISBN-13: 978-1587205804.

REFERENCES

1. Fundamentals of building information and telecommunication systems Part 1: textbook / M.I. Litvinenko, M.A. Pavlenko, O.I. Timochko, and others. ; ed. I.V. Rubana.- H: KhNAFU, 2018. - 328 p.
2. Olifer V.G. Computer networks. Principles, technologies, protocols / V.G. Olifer, N.A. Olifer. - K .:, 2015. - 943 c.
3. Odom U. Cisco Official Guide to Certified Exam Preparation CCNA ICND2 200-101: Routing and Switching / Wendell Odom. - K .: Williams, 2015. - 734 p.
4. Kuchuk G.A. Kuchuk, R.P. Gakhov, and A.A. Pashnev / Management of infocommunication resources. - H .: Fizmatlit, 2011. - 220 p.
5. Kucheryavy E.A. Traffic management and quality of service on the Internet / E.A. Kucheryavy. - H .: Science and Technology, 2015 34.
6. Computer networks. Part 1: textbook / O.V. Petrov, I.O. Borozenets, M.G. Melnychuk and others. ed. I.V. Rubana. - X: KhNAFU, 2020. - 283 c.
7. Computer networks: a workshop for students, cadets and students of higher educational institutions / O.V. Shapovalov, O.B. Petrov, I.V. Zakharchenko, and others. ed. O.I. Timochko - H .: KhNAFU, 2020 - 136p .
8. Dronyuk I.M. Traffic forecasting of computer networks to increase the efficiency of network equipment / Dronyuk I.M., Fedevich O.Y. // NLTU -2015. P.301-307.
9. A.G. Mikitishin, M.M. Mitnik, B.B. Beekeeper. Computer networks. Book 1. Principles, technologies, protocols: Textbook. manual - Lviv, 2019.-260 p.
10. Pejman Roshan, Jonathan Leary, 802.11 Wireless LAN Fundamentals, Cisco Press, 2013. 312pp. ISBN: 1-58705-077-3
11. Kyoung, S.L.; Ae-Soon, P.; (2014); Reduction of handover failure for small cells in heterogeneous networks, International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC):707-708.
12. Kirsal-Ever, Y.; Kirsal Y.; Ever, E.; Gemikonakli,O.; (2015); Analytical Modelling and Performability Evaluation of Multi-Channel WLANs with Global Failures, International Journal of Computers Communications and Control, 10:551-566.
13. Craig Hunt, TCP/IP Network Administration, Boston, 2015
14. CCENT/CCNA ICND1 100-105 Official Cert Guide : Cisco Press, 2016. 1024 pp. ISBN-13: 978-1587205804.

Maxim Pavlenko, Anton Flora, Denis Kolomiets, Mariia Semeniuk METHOD OF DATA TRANSMISSION OPTIMIZATION TIME IN WIRELESS DATA TRANSMISSION NETWORKS

A method of preventing wireless network congestion has been analyzed to reduce data transmission time in conditions of limited bandwidth of wireless communication channels. The method implemented in the EIGRP protocol is taken as a basis for the construction of wireless networks with rational control of the information space. To increase efficiency, the load of the router's buffer memory was reduced, which reduced the amount of service network information in the router's buffer memory, and used the method of reducing data transmission time in wireless data networks by rationally routing service information. Recently, there has been a rapid increase in the use of wireless data networks, which allow the implementation of wireless

access to information resources, wireless video telephony and IP-telephony and wireless local area networks.

There is an increase in the number of subscribers, resources, quantity and quality of network services. The trend towards subscriber mobility, as well as the emergence of mobile devices that are of considerable interest in ensuring efficient transmission of heterogeneous traffic via wireless networks. The problem of reducing data transmission time and increasing the bandwidth of such networks is becoming increasingly important.

Wireless data networks (Wireless Networks) are characterized by relatively low bandwidth, a large number of errors and increased delays in data transmission, as well as a number of other factors that lead to a decrease in their bandwidth. Quite often, wireless networks are combined with wired ones, which leads to additional problems when they work together.

The bandwidth of wireless networks is, on average, 4-6 times lower than the bandwidth of traditional wired networks; the process of data transmission in wireless networks is significantly affected by the increased level of channel errors caused by both the movement of the node and the physical state of the transmission medium. Also, a significant amount of current research is devoted to increasing the bandwidth of wireless and mobile networks.

In modern networks, a significant amount of traffic at the transport level is transmitted using the TCP protocol. However, the TCP protocol has different features when working in wired and wireless networks, because in the process of its creation tasks of adaptation to networks with different methods of data transmission were not set. A wireless network requires a different approach to handling network congestion errors and physical and channel layer errors. Thus, given the above facts, improving the efficiency of the TCP protocol requires modifications. It may also be interesting to balance the entire TCP / IP protocol stack by making individual changes at its levels to optimize overall bandwidth.

Keywords: *wireless data networks, bandwidth, protocol, routing network information*