

УДК 621.391.037

В.Я. Пєвнєв, М.В. Цуранов

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків

ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ЯК ЗАСІБ ПРОТИДІЇ КІБЕРАТАКАМ

Представлений аналіз сучасних підходів до визначення якості каналу передачі інформації. Показано, що найбільш ефективним способом є підвищення ефективної швидкості передачі. Найбільш значущим чинником, що впливає на ефективну швидкість, є помилки, які з'являються в каналі зв'язку. Розглянуто залежність ефективної швидкості передачі від розміру переданого пакета і коефіцієнта групування помилок.

Ключові слова: завадостійке кодування, пакетні мережі передачі даних, оптимальна довжина пакету, ефективна швидкість, коефіцієнт групування помилок.

Вступ

В останні роки все більше уваги спеціалісти в області захисту інформації приділяють питанню протидії кібератакам. Це зумовлено і глобальним застосуванням комп'ютерної техніки і ростом можливостей для несанкціонованого впливу на такі системи. Найбільш вразливими стають технології «розумного дому» та «Інтернет речей» (IoT). Одним із варіантів протидії є зменшення часу сеансу зв'язку. З розвитком технологій «розумного дому» та все більшим використанням технології «Інтернет речей» (IoT) постало питання не тільки ефективного розподілу адрес в мережі Інтернет, але й надійного зв'язку між всіма пристроями вказаних технологій.

Для вирішення цих задач найбільше підходять пакетні мережі передачі даних, а особливо бездротові. Саме тому найбільшого розвитку зазнають високошвидкісні мобільні мережі передачі даних LTE. Слід зазначити, що всі сучасні мережі базуються на стеку протоколів TCP/IP, а тому одним з найважливіших завдань будь-якої телекомунікаційної мережі із комутацією пакетів є ефективний розподіл ресурсів під час надання послуг - це визначення шляхом кореляції двох показників: ступень використання ресурсів та якість надання послуг.

З точки зору ефективності передачі інформації в пакетних мережах необхідно прагнути до найбільш повного використання задіяних ресурсів: комутаторів, маршрутизаторів і каналів зв'язку. Це необхідно для того щоб задовільнити потреби в передачі даних сучасних технологій (IoT) та для зниження собівартості використання мережі.

Слід зазначити, що в більшості сучасних пакетних мережах ступінь використання ресурсів не перевищує 0,4 (оскільки для забезпечення високого рівня якості обробки пакетів, при дії завад, необ-

хідно проводити резервування ресурсів мережі) [1].

Вибір величини коефіцієнта використання ресурсів мережі з урахуванням навантаженні на мережу і структурою даних в пакеті, що передається має велике значення для подальшого функціонування обладнання. Величина зазначеного коефіцієнту впливає на наступні параметри мережі: розмір черг пакетів до ресурсу, час затримки пакетів в чергах.

Зазначені показники суттєво впливають на якість надання телекомунікаційних послуг. Тому для вдосконалення роботи телекомунікаційних мереж необхідно знайти компроміс у досягненні двох протилежних цілей: зменшення втрати пакетів та зменшення часу обробки черги пакетів.

Мета пропонованої роботи: визначення ефективної швидкості передачі інформації у пакетних мережах з урахуванням дії завад.

Виклад основного матеріалу

Для сучасних мереж передачі даних основними параметрами що впливають на навантаження є: час затримки повідомлення, ймовірність втрати пакету даних. Слід зазначити, що визначені вище показники якості обслуговування визначаються пропускною здатністю чи швидкістю передачі інформації [1].

Слід враховувати такі значимі фактори, як завади, які призводять до підвищення ймовірності помилок (одиначних та групових) в результаті чого зменшується пропускна здатність та швидкість передачі інформації в мережі.

Тому для визначення ефективної швидкості передачі інформації в пакетних мережах, за умови коректної роботи обладнання слід використовувати наступний кортеж змінних [2]:

$$R_e = f(R_0, V_k, n_p, t_r, \varepsilon, P_e, z, K_p),$$

де R_0 - теоретично обґрунтована швидкість передачі інформаційних даних;

V_k - кодова швидкість;

n_p - довжина пакету даних;

t_r - час розповсюдження сигналів в каналі зв'язку, з урахування часу необхідного для аналізу та підтвердження отримання пакету;

ε - показник групування помилок внаслідок завад;

P_e - ймовірність збою одиничного елементу даних;

z - кількість перепитувань,

K_p - бінарний показник наявності завадостійкого кодування при передачі даних.

Розглянемо випадок коли пакет довжиною n_p містить k інформаційних елементів (тобто, $V_k = k / n_p$), а ймовірність появи помилки у пакеті дорівнює P . Тоді середній час на передачу пакета з урахуванням z можливих повторювань відобразиться у такому вигляді:

$$t_l = T_p \sum_{i=1}^z P_i, \quad (1)$$

де T_p - час, який витрачається на одноразове передавання пакету даних.

P^z - ймовірність відмови каналу внаслідок дії завад, з урахуванням часу на відновлення T_v .

Приймаючи до уваги зазначені зауваження ефективну швидкість передачі інформації можна представити у вигляді:

$$R_e = V_k n_p \left[T_p \sum_{i=1}^{z-1} P_i + P^z (T_p + T_v) \right]^{-1}. \quad (2)$$

Якщо у системі передачі даних застосовуються завадостійкі коди (показник $K_p = 1$), які можуть виявляти помилки, то є справедливим наступний вираз:

$$P \approx P(\geq 1, n_p) = P_e n_p^\varepsilon, \quad (3)$$

де $P(\geq 1, n_p)$ - ймовірність спотворення в пакеті довжиною n_p одного і більше елементів.

Якщо підставити вираз (3) у (2), то отримаємо такий вираз:

$$R_e = V_k R_0 \frac{n_p (1 - P_e n_p^\varepsilon)}{(R_0 t_A + n_p) + R_0 T_v (P_e n_p^\varepsilon)^z}. \quad (4)$$

де $1 - P_e n_p^\varepsilon$ - ступінь зниження R_e внаслідок впливу завад;

Вираз (4) демонструє вплив основних факторів, що впливають на зниження R_e .

Співмножник $1 - P_e n_p^\varepsilon$ відображає вплив завад на зниження R_e .

Доданок $R_0 t_A + n_p$ у знаменнику виражає величину втрат R_e , зумовлену часом аналізу повідомлення на приймачем та очікування підтвердження передатчиком t_A .

Другий доданок $R_0 T_v (P_e n_p^\varepsilon)^z$ обумовлює втрати R_e що викликані можливою дією завад та перевищенням припустимого значення кількості перепитувань z .

Аналіз виразу (4) показує, що ефективна швидкість в залежності від довжини пакету має максимум, значення якого залежить від R_0 , V_k , t_A , z , P_e , ε та T_v .

Величина R_e на основні характеристики системи обслуговування визначає реальну пропускну здатність мережного обладнання і час передачі пакету, та вплив завад на мережу.

Параметр R_e пов'язує параметр навантаження з показниками якості обслуговування.

Досягнення максимальної ефективної швидкості передачі $R_{e\max}$ можливо при деякому значенні оптимальної довжини пакету n_{popt} , і визначається із рівняння $dR_e / dn_p = 0$, яке навіть за умов високої надійності апаратури не має аналітичного вирішення відносно n_p .

На рис. 1 [2] наведена залежність швидкості передачі інформації від довжини пакету при різних ймовірностях появи групових помилок. Як слідує з рис.1 мається оптимальне значення довжини пакету, яке залежить від ймовірності появи групових помилок та потенційної швидкості передачі.

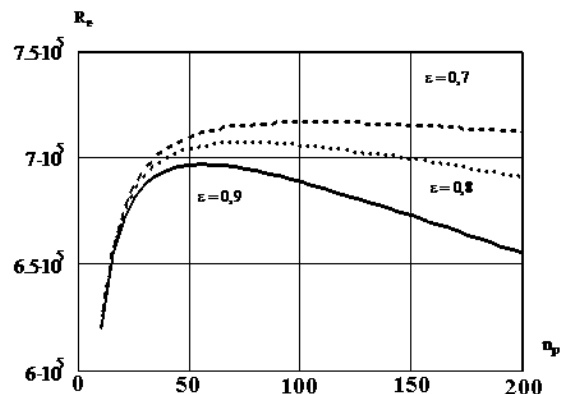
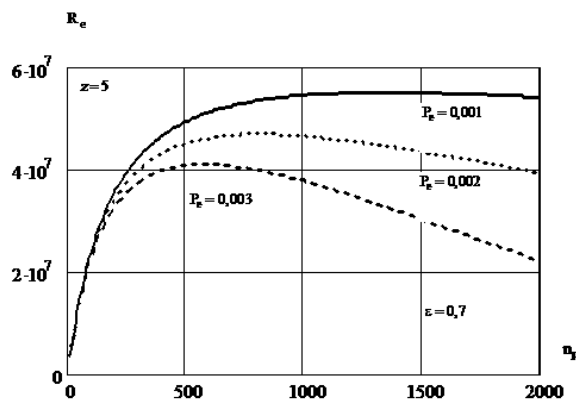


Рис. 1. Залежність R_e від n_p та ε

На рис. 2 [2] показано вплив ймовірності помилки на біт інформації на оптимальну довжину пакету інформації яка передається.

Рис. 2. Вплив P_e на довжину n_p

Наведені на рис. 1, 2 розрахунки отримані при швидкості кодування 3/4.

Групування помилок у каналі зв'язку можна характеризувати ступенем групування помилок ϵ чи коефіцієнтом групування [3]. Цей показник визначається статистично для кожного типу пакетних мереж передачі даних.

Коефіцієнт групування може змінюватися в діапазоні $0 \leq \epsilon \leq 1$.

Значення $\epsilon=0$ відповідає незалежному розподілу помилок, при збільшенні коефіцієнта групування ϵ помилки збираються у пакети, а при максимально можливому значенні $\epsilon=1$ помилку згруповані в одному пакеті.

За ступенем групування помилок виділяють канали з малим, середнім та великим групування, для яких відповідно $\epsilon \leq 0,3$; $0,3 < \epsilon \leq 0,5$; $\epsilon > 0,5$.

Більш детально вплив групових помилок на канал зв'язку було розглянуто у роботі [4].

Таким чином, наведені вище розрахунки дозволяють запропонувати алгоритм адаптивного управління каналним рівнем.

Цей алгоритм повинен передбачати аналіз характеристик бездротової середовища передачі даних, надавати бездротовому пристрою можливість динамічно змінювати різні параметри каналного рівня в залежності від середовища передачі даних. Як і алгоритм вибору найкращого вузла доступу, адаптивний алгоритм управління каналним рівнем намагається знайти оптимальні настройки для конкретного середовища.

Алгоритм повинен урахувати:

- швидкість передачі, котра визначається цільовим значенням частоти помилкових бітів при заданому відношенні сигнал-шум. При різних швидкостях передачі використовуються різні методи модуляції, тому для підтримки потрібного значення BER дуже важливо правильно вибрати швидкість передачі;

- поріг фрагментації, який визначає розмір MAC-кадрів (з яких складаються пакети), які пе-

редають по радіоканалу. Якщо поріг занадто малий, накладні витрати, пов'язані з заголовками каналного і фізичного рівнів, знижують загальну пропускну спроможність, доступну клієнтському пристрою. Якщо поріг занадто великий, MAC-кадри стають вразливими для завад;

- поріг RTS (готовність до передачі), який визначає, чи потребує чи ні обмін сигналами RTS-CTS перед передаванням MAC-кадра. Обмін кадрами RTS-CTS служить для «резервування» середовища передачі перед передаванням кадрів даних, щоб зменшити ймовірність колізії в середовищі передачі.

Наприклад, в типовому офісі в одному діапазоні частотного спектра звичайно працює декілька пристроїв. При цьому до кожного вузла доступу звичайно також підключено декілька бездротових пристроїв.

В такій ситуації бездротові пристрої знижують швидкість передачі через збільшення рівня завад в порівнянні з рівнем сигналу вузла доступу.

При використанні ж адаптивного алгоритму одночасно зі зниженням швидкості передачі даних знижується і поріг RTS. Це зменшує ймовірність колізій при одночасному передаванні декількох пакетів. Змінюється і поріг фрагментації, щоб встановити найкращий розмір для нових пакетів.

При використанні зазначеного алгоритму необхідно визначити оптимальну конфігурацію для множини взаємопов'язаних параметрів, що є основною проблемою його застосування, тому що, оптимізація одного параметра (наприклад, порога RTS) впливає на оптимальні значення інших параметрів, наприклад, швидкості передачі.

Адаптивний алгоритм управління каналним рівнем намагається знайти набір параметрів, який би забезпечив оптимальну загальну пропускну здібність бездротового пристрою.

Згідно [5] визначаються наступні показники BER:

нормальний – $BER < 10^{-6}$;

знижений – $10^{-6} \leq BER < 10^{-3}$ (перед аварійний стан);

недопустимий – $BER \geq 10^{-3}$ (аварійний стан).

Слід зазначити, що міжнародні стандарти окрім BER визначають і інші показники якості каналу зв'язку [5]:

Errored Second (ES) секунда з помилками;

Severely Errored Second (SES) секунда уражена помилками.

Також застосовуються коефіцієнт помилок за секундами з помилками (ESR) та коефіцієнт помилок за секундами ураженими помилками (SESR). ESR і SESR, визначаються як відношення числа секунд з помилками и секунд, вражених помилками, відповідно до загальної кількості секунд період

виміру протягом часу готовності (робото спроможності). В сучасних мережах такі значення: $ESR=0,02$, $SESR=0,001$ [5].

Запропонований адаптивний алгоритм може сильно впливати на вказані вище параметри якості каналу зв'язку.

В ситуації, коли кількість підключених до мережі споживачів та пристроїв збільшується, пристрої повинні мати реакцію на зовнішні фактори, роблячи вирішальний вплив на продуктивність. До таких факторів відносяться:

- кількість доступних вузлів доступу,
- загрузка каналів,
- інтенсивність сигналу;
- завади від других пристроїв.

Бездротові пристрої повинні адаптуватися до середовища, яке постійно змінюється, зберігаючи оптимальну продуктивність.

Висновки

В результаті проведеного математичного аналізу виразів (1)-(4) можна дійти висновку, що:

1. Ефективна швидкість передачі інформації R_e має (в залежності від n_p) максимальне значення $R_{e\max}$, яке із зростанням R_0 зміщується у бік менших значень n_{port} . Екстремум залежності $R_e = f(n_p)$ тим гостріший, чим більше значення R_0 . Це свідчить про меншу критичність вибору n_p із зменшенням R_0 ;

2. Значення припустимої кількості резервуваних, ϵ критерієм надійності відмов, які виникають внаслідок дії завад, доцільно обирати $z = 3 - 5$. Менші значення z суттєво знижують R_e ; при більших значеннях z зростає n_{port} , але при цьому R_e зростає несуттєво;

3. Зменшення ступеня групування помилок при одночасному збільшенні кількості одиничних помилок (тобто, із зростанням значень ϵ) значення n_{port} падає і, починаючи із області $\epsilon = 0,6 - 0,7$, мало залежить від ϵ ;

4. Системи з більш високими R_0 для забезпечення можливості реалізації високих значень R_e повинні мати більш ефективні системи моніторингу відмов (тобто, домагатися, щоб $T_V \rightarrow 0$).

Список літератури

1. Stallings, W. *High-speed networks and internets: performance and quality of service* [Text] / W. Stallings – Pearson Education., 2002. – 715 p.
2. Певнев В.Я. Методика оцінки енергоефективності завадостійких кодів [текст] / В.Я. Певнев, М.В. Цуранов, М.Ф. Логвиненко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи : наук. - техн. журн. / М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т". - 2016. - № 5. - С. 165-170.*
3. Морозов В.Г. Обобщение экспериментальных данных по вероятности и показателю группирования ошибок [текст] / В.Г. Морозов, Л.П. Пуртов, А.С. Замрий // *Техника средств связи, сер. ТПС, 1981, вып.4(2).* – С. 53-60.
4. Певнев В.Я. Экспериментальные исследования моделей групповых ошибок в каналах связи [текст] / В.Я. Певнев, М.В. Цуранов // *Вісник НТУ „ХПІ”. Збірник наукових праць. Харків:НТУ“ХПІ”. – №49. – 2011. – С.115-121.*
5. Рекомендация МСЭ-Т М.2100 (04/03). Допустимые пределы качественных показателей при вводе в эксплуатацию и техническом обслуживании международных трактов и соединений PDH многих операторов.

Надійшла до редколегії 15.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Серков, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ КАК СПОСОБ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КИБЕРАТАКАМ

В.Я. Певнев, М.В. Цуранов

Представлен анализ современных подходов к определению качества канала передачи информации. Показано, что наиболее эффективным способом есть повышение эффективной скорости передачи. Наиболее значимым фактором, влияющим на эффективную скорость, являются ошибки, которые появляются в канале связи. Рассмотрено зависимость эффективной скорости передачи от размера передаваемого пакета и коэффициента группирования ошибок.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, пакетные сети передачи данных, оптимальная длина пакета, эффективная скорость, коэффициент группирования ошибок.

THE INCREASE IN RATE AS A WAY COUNTERACT CYBER ATTACKS

V. Ya. Pevnev, M.V. Tsuranov

The analysis of modern approaches to the determination of the quality of information transmission channel. It is shown that the most effective way there is an increased effective rate. The most significant factor affecting the effective rate is errors that occur in the communication channel. The dependence of the effective transmission rate and the size of the packet to be transmitted and coefficient error grouping.

Keywords: noiseless coding, packet data network, the optimal length of the package, the effective rate of errors grouping factor.