

М.В. Яворський<sup>1</sup>, Д.Ю. Голубничий<sup>1</sup>, С.В. Овчінніков<sup>2</sup>, С.М. Колесник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup> В/ч А4583, Чернігів

## МЕТОД ОЦІНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

*У статті проаналізовані критерії пропускної здатності телекомунікаційної мережі. На основі критеріїв обрано оптимальний метод оцінки пропускної здатності каналу, який передбачає використання хостами опції “часові мітки” для більш точного вимірювання значення round-trip time. Отримані результати доцільно використовувати при оцінюванні ефективності передачі даних в інформаційно-телекомунікаційній мережі Повітряних Сил Збройних Сил України. Обґрунтований критерій вибору мережевого протоколу інформаційно-телекомунікаційних мереж, що залежить від сумарного часу обробки інформаційних повідомлень на фіксованому часовому інтервалі при обмеженнях на час доставки та на доступну пропускну спроможність мережі*

**Ключові слова:** інформаційно-телекомунікаційні мережі, пропускна спроможність, протокол, round-trip time, моніторинг, пакет, Transmission Control Protocol.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Прискорений розвиток інформаційної інфраструктури України та її інтеграція зі світовою інфраструктурою є одним із пріоритетних завдань інфокомунікаційної галузі. Основою інформаційної інфраструктури є сучасні мультисервісні телекомунікаційні мережі (ТКМ). Ефективність функціонування таких мереж визначається наявністю та обсягом ресурсів, необхідних для передавання по них трафіку з різними вимогами. Однак ресурси телекомунікаційних каналів, а саме, канална пропускна здатність та розмір буферів маршрутизаторів на шляху слідування пакетів, є обмеженими. Тому одним із найважливіших напрямів забезпечення якісного та економічно обґрунтованого передавання інформаційних потоків в таких мережах є вирішення завдання забезпечення ефективного розподілу ресурсів телекомунікаційних каналів.

Реформування Збройних Сил (ЗС) України передбачає всебічне використання новітніх електронних та інформаційних технологій в організації злагодженої взаємодії всіх родів і видів військ, що призвело до різкого збільшення об'ємів інформації, яка циркулює в комп'ютерних системах і каналах передачі даних.

При цьому виникає важлива практична задача щодо передачі і розподілу великих об'ємів мережевого трафіку в реальному масштабі часу між множиною взаємодіючих абонентів інформаційно-телекомунікаційних мереж (ІТМ), розташованих на значних відстанях один від одного з великою кількі-

стю транзитних вузлів. Для розподілу мережевого трафіку необхідний точний та надійний метод оцінки пропускної здатності інформаційно-телекомунікаційної мережі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання організації, функціонування та побудови інформаційно-телекомунікаційних мереж Повітряних Сил докладно висвітлені в джерелах [1–5]. Основні особливості процесу передачі даних в телекомунікаційних мережах різного призначення надано в [6–10]. Критерії та показники пропускної здатності каналу для вибору оптимального методу визначення пропускної здатності інформаційно-телекомунікаційної мережі Повітряних Сил досліджені в [11–12]. Однак питання розподілу великих об'ємів мережевого трафіку, обґрунтування оптимального методу оцінювання пропускної здатності ІТМ в реальному масштабі часу між множиною взаємодіючих абонентів розглянуті не достатньо.

**Мета статті.** Вибір оптимального методу оцінювання пропускної здатності інформаційно-телекомунікаційної мережі Повітряних Сил при організації обміну даними з врахуванням сучасних умов ведення збройної боротьби.

### Виклад основного матеріалу

Швидкий розвиток мережевих технологій призвів до того, що зараз складно собі уявити ізольований комп'ютер, який не використовував би підключення до Інтернету або локальної мережі.

Всі користувачі мережі обмінюються інформацією, створюючи потоки даних, які необхідно конт-

ролювати. Тому облік мережевого трафіку – одна з найбільш актуальних завдань, з якою стикається кожен адміністратор мережі і, безпосередньо, користувач.

Також облік трафіку часто потрібен для діагностики мережі для виявлення її перевантажених вузлів. Відстежуючи реальну швидкість передачі даних між хостами, це легко визначити. За рахунок розподілу мережевого трафіку можливою контролювати витрати або регулювання швидкості доступу до інформації.

Основне призначення ІТМ – швидка передача даних між комп'ютерами, множина яких створює мережевий трафік. Мережевий трафік – об'єм інформації, що передається через комп'ютерну мережу за визначений період часу. Максимально можливий трафік буде визначатися характеристиками мережі, а саме її пропускну здатністю. Кількість трафіку вимірюється як в пакетах, бітах або байтах та їх похідних, тому критерії, пов'язані з пропускну здатністю мережі, відображають якість виконання мережею її основної функції.

Існує велика кількість варіантів, підходів щодо обґрунтування критеріїв ефективності передачі даних, які можуть відрізнятися обраною одиницею виміру кількості інформації, що передається, характером даних, кількістю точок вимірювання переданого трафіку, способом усереднення результатів.

Критерії, що відрізняються одиницею виміру переданої інформації, зазвичай використовують для формалізації пакети або біти. Відповідно, пропускну здатність вимірюється в пакетах за секунду або бітах за секунду.

Критерії, що відрізняються врахуванням службової інформації, відрізняються структурою. У будь-якому протоколі є заголовок, який переносить службову інформацію, і поле даних, в якому переноситься інформація, що вважається для цього протоколу користувальницькою. При вимірюванні пропускну здатності в пакетах в секунду відокремити призначену для користувача інформацію від службової неможливо.

Критерії, що відрізняються кількістю і розташуванням точок вимірювання, залежить від розташування двох вузлів або точок мережі, наприклад, між клієнтським комп'ютером і сервером. При цьому значення пропускну здатності будуть змінюватися при одних і тих же умовах роботи мережі в залежності від того, між якими двома точками проводяться вимірювання.

Повну характеристику пропускну здатності мережі дає набір пропускну здатностей, виміряних для різних сполучень взаємодіючих комп'ютерів, що відображається в матриці трафіку вузлів мережі. Існують спеціальні засоби вимірювання, які фіксують матрицю трафіку для кожного вузла мережі. У розга-

лужених мережах дані на шляху до вузла призначення зазвичай проходять через кілька транзитних проміжних етапів обробки, тоді в якості критерію ефективності доцільно розглядати пропускну здатність окремого проміжного елемента мережі (окремий канал, сегмент або комунікаційний пристрій).

Знання загальної пропускну здатності між двома вузлами не може дати повну інформацію про можливі шляхи її підвищення, тому що не відомо який з проміжних етапів обробки пакетів найбільшою мірою гальмує роботу мережі. Тому дані про пропускну здатність окремих елементів мережі доцільно використовувати для аналізу та прийняття рішення щодо її оптимізації.

Таким чином, на основі вищесказаного загальної пропускну здатність мережі доцільно визначити як середню кількість інформації, переданої між усіма вузлами мережі в одиницю часу. У випадку розподілу мережі на сегменти або підмережі загальна пропускну здатність мережі дорівнює сумі пропускну здатностей підмереж, пропускну здатності міжсегментних або міжмережевих зв'язків.

Залежно від ступеня корисності інформації, що передається розрізняють технічну та інформаційну швидкість передачі даних. Швидкість технічна ( $R_t$ ) – кількість фізичних бітів, які можуть бути передані за одиницю часу. Швидкість інформаційна ( $R_i$ ) – кількість корисної інформації, передане за одиницю часу (без службової інформації).

Розрізняють середню і миттєву швидкості передачі даних в залежності від тривалості інтервалу усереднення. Середня швидкість обчислюється шляхом ділення загального обсягу переданих даних на час їх передачі, причому вибирається досить тривалий інтервал усереднення – годину, день або тиждень. Миттєва швидкість відрізняється від середньої тим, що для інтервалу усереднення вибирається дуже маленький проміжок часу – наприклад, 1 мс, 10 мс або 1 с.

Виходячи з того, що пропускну здатність є максимально можливою швидкістю передачі даних, тому кожному виду швидкості (технічної та інформаційної) відповідає певний вид пропускну здатності. Розрізняють номінальну пропускну здатність ( $C_n$ ), під якою зазвичай розуміється максимальна миттєва технічна бітова швидкість передачі даних, що оцінюється на інтервалі передачі одного пакета, та корисну пропускну здатність ( $C_i$ ) – це максимальна миттєва інформаційна швидкість передачі корисної інформації, що поміщається в поле даних кожного пакету, який формується на каналному або мережевому рівні. У загальному випадку корисна пропускну здатність буде нижчою за номінальну через наявність в пакеті службової інформації, а також із-за пауз між окремими пакетами при їх передачі (рис. 1).

Реальна корисна пропускна здатність мережі ( $C_r$ ) – середня кількість корисної інформації, переданої між різними парами вузлів мережі за необхідний для передачі інформаційного масиву часовий інтервал  $t$ . Інформаційна швидкість передачі даних залежить від довжини інформаційного поля, так, наприклад, для найгірших умов довжина поля даних для MAC – кадру дорівнює 49 Б, для найкращих умов – 1500 Б. Довжина інформаційного поля пакета

мережного рівня зменшується на довжину IP-заголовка і знаходиться в межах від 26 Б до 1 477 Б.

$$L_k = L_s + L_i, \quad (1)$$

де  $L_s$  – довжина службових полів;

$L_i$  – довжина інформаційного поля.

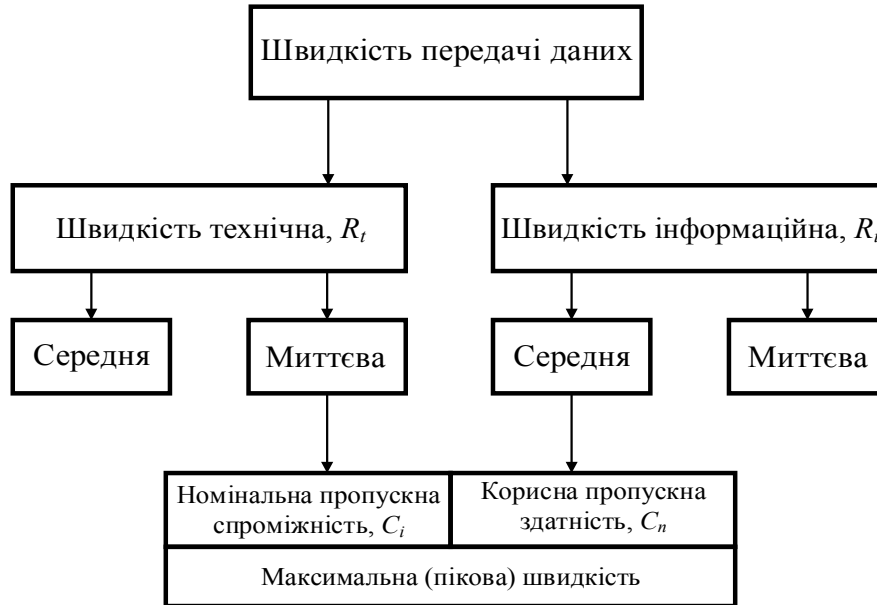


Рис. 1. Класифікація видів швидкостей передачі даних

Час передачі кадру можна розрахувати за формулою:

$$T_k = \tau \times L_k \times 8, \quad (2)$$

де  $\tau$  – тривалість передачі одного біта.

При проектуванні, налаштуванні і оптимізації мережі пропускна здатність дозволяє оцінити можливості мережі справлятися з піковими навантаженнями, характерними для особливих періодів роботи мережі, наприклад коли велика кількість особового складу майже одночасно реєструються в мережі і звертаються до файлів і баз даних.

Важливо відзначити, що через послідовний характер передачі пакетів різними елементами мережі загальна пропускна здатність мережі будь-якого складеного шляху в мережі буде дорівнює мінімальній з пропускних спроможностей складових елементів маршруту. Для підвищення пропускної здатності складеного шляху необхідно в першу чергу звернути увагу на самі повільні елементи - в більшості випадків таким елементом, швидше за все, буде маршрутизатор. Слід підкреслити, що якщо переданий по складеному шляху трафік буде мати середню інтенсивність, яка перевищує середню

пропускну здатність самого повільного елемента шляху, то черга пакетів до цього елемента буде рости теоретично до нескінченності, а практично - до тих пір, поки не заповниться його буферна пам'ять, а потім пакети просто почнуть відкидатися і втрачатися.

Іноді корисно оперувати із загальною пропускною спроможністю мережі, яка визначається як середня кількість інформації, переданої між всіма вузлами мережі в одиницю часу. Цей показник характеризує якість мережі в цілому, не диференціюючи його по окремих сегментах або пристроях.

Зазвичай при визначенні пропускної здатності сегмента або пристрою в даних не виділяються пакети якогось певного користувача, додатка або комп'ютера – підраховується загальний обсяг переданої інформації. Проте для більш точної оцінки якості обслуговування така деталізація бажана, і останнім часом системи управління мережами все частіше дозволяють її виконувати.

Таким чином, на основі проведеного аналізу впливає необхідність визначення показників пропускної здатності. Одним з основних показників є швидкість передачі даних.

Існує ряд факторів, що впливають на швидкість передачі даних: способи з'єднання, зовнішні завади, стан мережевого обладнання але найбільш поширеними з них є виникнення істотних затримок і, як наслідок, втрат пакетів в мережах з великими чергами, а також неповне використання пропускної здатності каналу.

Для того, щоб визначити потенційну швидкість передачі даних, транспортний протокол, що забезпечує надійну доставку збільшує генерацію пакетів до тих пір, поки не відбудеться втрата пакета. Зазвичай втрата пакета відбувається в маршрутизаторі або комутаторі.

Утворюється черга з великою кількістю пакетів, і, як наслідок, відбувається переповнення буфера маршрутизатора або комутатора. Втрата даних виявляється джерелом при настанні події "втрата пакета", тобто після закінчення інтервалу очікування або при отриманні трьох дублюючих квитанцій. Втрата пакету є ознакою перевантажень в мережі.

Для боротьби з цими перевантаженнями можна маніпулювати вікном одержувача Receive Window (RWIN), тобто змінювати його розмір під конкретні характеристики з'єднання  $B$  і час прийому-передачі round-trip time ( $RTT$ ). Як відомо, розмір вікна одержувача:

$$RWIN \geq RTT \times B, \quad (3)$$

де  $B$  – пропускна здатність каналу (біт/с),

$RTT$  – час відправки пакета від відправника до одержувача і назад.

З формули (1) випливає, що для визначення розміру вікна одержувача необхідно оцінити величини  $B$  і  $RTT$ .

Вимірювання  $RTT$  на приймальній стороні є більш складним завданням, ніж на передавальній. В першу чергу, це пов'язано з тим, що при передачі одного пакета у одержувача відсутня можливість по оцінці часу між відправленнями двох пакетів з підтвердженнями.

Оцінка пропускної здатності каналу передачі даних між відправником і одержувачем полягає в вимірі середньої пропускної здатності, розрахованої на кількох інтервалах  $RTT$ .

Наступний спосіб оцінки  $RTT$  доцільно використовувати тільки для випадку, коли і відправник і одержувач одночасно обмінюються даними. У цьому випадку пакет з підтвердженням буде містити дані для відправника, тому одержувач завжди отримає на даний пакет підтвердження і зможе оцінити величину  $RTT$ . Даний спосіб оцінки  $RTT$  підійде тільки для випадку, коли і відправник і одержувач одночасно обмінюються даними (рис. 2).

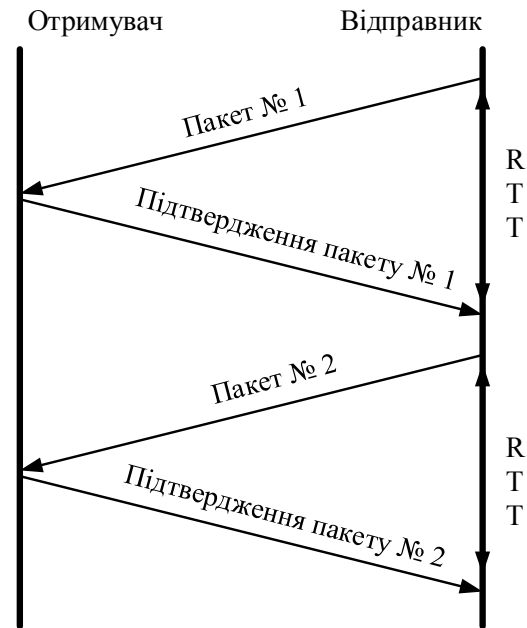


Рис. 2. Діаграма передачі пакетів з даними і підтвердженнями (АСК) між відправником і одержувачем

Основним способом оцінки є відправка двох пакетів один за одним з мінімально можливим часовим інтервалом. На основі даної оцінки проводиться екстраполяція величини пропускної здатності каналу  $B$ :

$$N_s \times MSS, \quad (4)$$

де  $N_s$  – число пакетів, переданих за 1 секунду,

$MSS$  – розмір пакета (сегмента з даними).

Передбачається передача серії пакетів. Однак більший інтервал часу для оцінки пропускної здатності погіршує оперативність реагування на динамічно мінливі характеристики з'єднання. Занадто маленький інтервал вимірювання знижує точність отримання оцінки величини  $B$ . Більш точну оцінку можна отримати на основі серії з  $N$  пакетів, що входять до ковзаючого вікна. В цьому випадку пропускна здатність:

$$B = \frac{N \times MSS}{RTT_{\min}}. \quad (5)$$

Варто відзначити, що при зменшенні вікна відправника також зменшиться ковзаюче вікно. Внаслідок цього зменшиться оцінка пропускної здатності каналу, що істотно знизить швидкість передачі даних. Тому оцінку пропускної здатності треба постійно коригувати на основі вимірювання часових інтервалів між парами розташованих один за одним пакетів (наприклад 1 і 2, 2 і 3 і т.д.), що входять до ковзаючого вікна і надходять одержувачу. При зменшенні даних інтервалів величину  $B$  слід змінити у

бік збільшення із застосуванням коригуючого коефіцієнту:

$$B = k \frac{N \times MSS}{RTT_{\min}}, \quad (6)$$

де  $k$  – корегуючий коефіцієнт.

Інший спосіб оцінки  $RTT$  передбачає використання хостами опції “часові мітки” для більш точного вимірювання значення  $RTT$  (рис. 3).

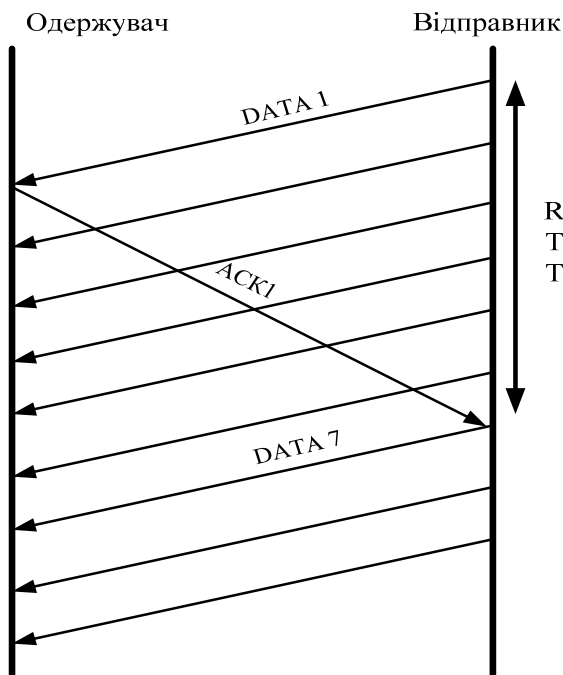


Рис. 3. Вимірювання  $RTT$  за допомогою часових міток

Таким чином, часові мітки завжди встановлюються для вихідних сегментів  $i$ , оскільки хост завжди повинен повторити найостаннішу позначку згідно з RFC, ми отримуємо досить точне вимірювання  $RTT$  на приймаючій стороні. Відправник посилає пакет з даними DATA1, які одержувач підтверджує пакетом ACK1. Цей пакет містить часову мітку відправника. У пакеті DATA7 одержувач в свою чергу прийме свою тимчасову мітку, відправлену в пакеті ACK1.

На додаток до розглянутих методів слід проаналізувати варіанти отримання усередненої оцінки  $RTT$  за результатами серії вимірювань. Для цих цілей можна скористатися формулою, використовуваною в стандарті протоколу TCP:

$$RTT = \alpha \times RTT_{n-1} + (1 - \alpha) \times RTT_n, \quad (7)$$

де  $RTT_n$  – значення  $RTT$  на поточному кроці.

Перевагою останнього варіанту в порівнянні з методом усередненої оцінки  $RTT$  є більший обсяг вибірки  $i$ , отже, краща точність представлення оцінки  $RTT$  для визначення вікна одержувача. Характеристики з'єднання можуть істотно змінюватися на невеликому інтервалі часу. З цього випливає необхідність постійного вимірювання величини  $RTT$ .

## Висновки

Таким чином, в результаті дослідження здійснено вибір методу оцінки пропускну здатності в інформаційно-телекомунікаційній мережі на основі використання опції “часові мітки”, що дозволить оцінювати величину  $RTT$  з високою точністю при організації передачі даних.

Для оцінки пропускну здатності обрано показники ефективності функціонування мережевого протоколу - час затримки; час комутації; розмір; пропускну спроможність ліній зв'язку для передачі інформаційних повідомлень. Визначено критерій вибору мережевого протоколу ІТМ Повітряних Сил ЗС України в якості якого виступає вимога щодо мінімізації узагальненого показника ефективності – сумарного часу обробки інформаційних повідомлень на фіксованому часовому інтервалі при обмеженнях на час доставки та на доступну пропускну спроможність мережі, накладених згідно з характеристиками телекомунікаційної мережі. При порівняльному аналізі способів оцінки  $RTT$  визначено, що тільки використання опції “часові мітки” дає можливість одержувачеві оцінити величину  $RTT$  з високою точністю.

На основі використання опції “часові мітки” для більш точної оцінки поточного значення  $RTT$  слід вибрати варіант підрахунку мінімального значення  $RTT$  на інтервалі часу, рівному з даною величиною.

## Список літератури

1. Алімпієв А.М. Застосування досвіду АТО для підготовки фахівців зв'язку, РТЗ, А та ІС / А.М. Алімпієв, О.І. Кушнір, К.С. Васюта. – Х.: ХНУПС, 2016. – 328 с.
2. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пашенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХУПС, 2012. – 368 с.
3. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 4-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2012. – 943 с.

4. Антонов В.М. Комп'ютерні мережі військового призначення / В.М. Антонов, О.О. Пермяков. – К.: МК-Прес, 2011. – 320 с.
5. Гагарина Л.Г. Основы компьютерных сетей / Л.Г. Гагарина. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 272 с.
6. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, И.А. Левин, В.А. Корнийчук. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.
7. Кучук Г.А. Управление ресурсами инфотелекоммуникаций / Г.А. Кучук, Р.П. Гахов, А.А. Пашнев. – М.: Физматлит, 2006. – 220 с.
8. Заика А. Компьютерные сети / А. Заика. – М.: ИД “Олма-Пресс”, 2006. – 448 с.
9. Одом У. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2 200-101: маршрутизация и коммутация / У. Одом. – М.: Вильямс, 2015. – 734 с.
10. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети интернет / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 336 с.
11. Кучук Г.А. Метод визначення моментів зміни характеристик трафікового процесу / Г.А. Кучук // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – № 4(16). – С. 151-155.
12. Куроуз Д. Компьютерные сети: Нисходящий подход / Д. Куроуз, К. Росс. – М.: Эксмо, 2016. – 912 с.

## References

1. Alimpiiev, A.M., Kushnir, O.I. and Vasiuta, K.S. (2016), "Zastosuvannia dosvidu ATO dlia pidhotovky fakhivtsiv zviazku, RTZ, A ta IS" [Applying the experience of antiterrorist operation for the training of communications specialist], KhNUPS, Kharkiv, 328 p.
2. Toropchyn, A.Ya., Romanenko, I.O., Danyk, Yu.H. and Pashchenko, R.E. (2012), "Dovidnyk z protypovitrianoi obron" [Air Defense Directory], KhNUPS, Kharkiv, 368 p.
3. Olifer, V.G. and Olifer, N.A. (2012), "Kompyuternyye seti. Printsipy. tekhnologii. protokoly. 4-e izd" [Computer networks. Principles, technologies, protocols], SPb, St. Petersburg, 943 p.
4. Antonov, V.M. and Permiakov, O.O. (2011), "Kompiuterni merezhi viiskovoho pryznachennia" [Military Computer Networks], МК-Прес, Kyiv, 320 p.
5. Gagarina, L.G. (2009), "Osnovy kompyuternykh setey" [Basics of computer networks], INFRA-M, Moscow, 272 p.
6. Tarasov, V.A., Gerasimov, B.M., Levin, I.A. and Korniychuk, V.A. (2008), "Intellektualnyye sistemy podderzhki prinyatiya resheniy" [Intelligent Decision Support Systems], MAKNS, Kyiv, 336 p.
7. Kuchuk, G.A., Gakhov, R.P. and Pashnev, A.A. (2006), "Upravleniye resursami infotelekkommunikatsiy" [Information Telecommunications Resource Management], Fizmatlit, Moscow, 220 p.
8. Zaika, A. (2010), "Kompyuternyye seti" [Computer networks], Olma-Press, Moscow, 448 p.
9. Odom, U. (2015), "Ofitsialnoye rukovodstvo Cisco po podgotovke k sertifikatsionnym ekzamenam CCNA ICND2 200-101: marshrutizatsiya i kommutatsiya / Uendell Odom" [Official Cisco CCNA ICND2 200-101 Certification Exam Preparation Guide: Routing and Switching], Wiliams, Moscow, 734 p.
10. Kucheryaviy, E.A. (2012), "Upravleniye trafikom i kachestvo obsluzhivaniya v seti internet" [Traffic management and quality of service on the Internet], Nauka i Tekhnika, SPb, 336 p.
11. Kuchuk, H.A. (2008), "Metod vyznachennia momentiv zminy kharakterystyk trafikovoho protsesu" [Method of determining the moments of changing the characteristics of the traffic process], Systems of Arms and Military Equipment, No 4(16), pp. 151-155.
12. Kurouz, D. and Ross, K. (2016), "Kompyuternyye seti: Niskhodyashchiy podkhod" [Computer Networks: Downward Approach], Eksmo, Moscow, 912 p.

Надійшла до редколегії 21.11.2018

Схвалена до друку 12.12.2018

### Відомості про авторів:

#### Яворський Микола В'ячеславович

курсант Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-3225-7850>

#### Голубничий Дмитро Юрійович

кандидат технічних наук доцент  
доцент кафедри Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1719-7586>

### Information about the authors:

#### Mykola Yavorsky

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-3225-7850>

#### Dmytro Holubnychyi

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Senior Lecturer of the Department of Ivan Kozhedub  
Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1719-7586>

**Овчинников Станіслав Вікторович**  
старший офіцер відділу штабу в/ч А4583,  
Чернігів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-5038-9224>

**Stanislav Ovchynnikov**  
Senior Officer of the Department A4583,  
Chernigov, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-5038-9224>

**Колесник Сергій Миколайович**  
начальник служби  
штабу в/ч А4583,  
Чернігів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-9533-8554>

**Serhii Kolesnyk**  
Chief of the Service  
of Administration Headquarters A4583,  
Chernigov, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-9533-8554>

**Патлах Олександр Олександрович**  
заступник командира в/ч А2995,  
Чернігів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2659-0438>

**Oleksandr Patlakh**  
Deputy Commander of the A2995,  
Chernigov, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2659-0438>

## МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ ВОЗДУШНЫХ СИЛ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Н.В. Яворский, Д.Ю. Голубничий, С.В. Овчинников, С.Н. Колесник, А.А. Патлах

*В статье проанализированы методы оценки пропускной способности телекоммуникационной сети. На основе критериев выбран оптимальный метод оценки пропускной способности канала, который предусматривает использование хостами опции “временные метки” для более точного измерения значения round-trip time. Таким образом, временные метки всегда устанавливаются для выходных сегментов и, поскольку хост всегда должен повторить такую же отметку согласно RFC, мы получаем довольно точное измерение round-trip time на принимающей стороне. Для более точной оценки текущего значения round-trip time следует выбрать вариант подсчета минимального значения round-trip time на интервале времени, равном с данной величиной. Преимуществом выбранного варианта по сравнению с методом усредненной оценки round-trip time является больший объем выборки и, следовательно, лучше точность представления оценки round-trip time для определения окна получателя. Для оценки пропускной способности были определены показатели эффективности функционирования сетевого протокола - время задержки; время коммутации; размер пропускной способности линий связи для передачи информационных сообщений. Определен критерий выбора сетевого протокола информационно-телекоммуникационной сети Воздушных Сил Вооружённых Сил Украины, основным требованием которого выступает минимизация обобщенного показателя эффективности - суммарного времени обработки информационных сообщений на фиксированном временном интервале при ограничениях на время доставки и на доступную пропускную способность сети, наложенных в соответствии с характеристиками телекоммуникационной сети. Полученные в статье выводы и результаты целесообразно использовать при оценке эффективности передачи данных (команд и распоряжений) в информационно-телекоммуникационной сети Воздушных Сил Вооружённых Сил Украины.*

**Ключевые слова:** информационно-телекоммуникационные сети, пропускная способность, протокол, round-trip time, мониторинг, пакет, Transmission Control Protocol.

## METHOD OF TRANSPARENCY ASSESSMENT IN THE INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORK OF AIR FORCES OF ARMED FORCES OF UKRAINE IN ORGANIZATION OF THE TRANSMISSION OF DATA

M. Yavorsky, D. Holubnychyi, S. Ovchynnikov, S. Kolesnyk, O. Patlakh

*The article analyzes the methods for estimating the throughput of a telecommunications network. Based on the criteria, the optimal method for estimating the bandwidth is selected, which involves the use of the “timestamp” option by the hosts to more accurately measure the round-trip time value. Thus, time stamps are always set for the output segments and, since the host must always repeat the same RFC tag, we get a fairly accurate round-trip time measurement on the receiving side. The sender sends a packet with data that the receiver confirms with a packet with a response. This package contains the time stamp of the sender. For a more accurate estimate of the current value of round-trip time, you should choose the option of counting the minimum value of the round-trip time over a time interval equal to this value. The advantage of the selected option compared to the round-trip time averaging method is a larger sample size and, therefore, better accuracy of the representation of the RTT estimate for determining the recipient window. To assess the throughput, we determined the performance indicators of the network protocol - the delay time; switching time; the size; bandwidth of communication lines for transmission of information messages. The criterion for selecting the network protocol of the information and telecommunication network of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is defined, the main requirement of which is minimization of the generalized efficiency indicator - the total time of processing information messages at a fixed time interval with restrictions on the delivery time and the available network bandwidth imposed in accordance with the characteristics telecommunication network. The conclusions and results obtained in the article should be used when evaluating the effectiveness of data transmission (commands and orders) in the information and telecommunications network of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.*

**Keywords:** information and telecommunication networks, bandwidth, protocol, round-trip time, monitoring, packet, Transmission Control Protocol.