

ПАУК С.М., канд. техн. наук, проф.
ПОТАПОВ В.Г., канд. техн. наук, доц.
ТАРАНЕНКО А.Г., канд. техн. наук, доц.
ТКАЛІЧ О.П., канд. техн. наук, доц.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖМЕРЕЖЕВИХ ЕКРАНІВ У ВІДОМЧИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

У статті розглянуто особливості застосування міжмережєвих екранів (МЕ) у відомчих телекомунікаційних системах і проаналізовано ефективність використання МЕ за критеріями зменшення пропускної здатності.

In the article the features of application of mizhmerezhevikh screens are considered in the department telecommunication systems and efficiency of the use is analysed after the criteria of diminishing of carrying capacity.

Вступ

Відомчі телекомунікаційні системи і мережі характеризуються як загальними, так і специфічними вимогами щодо якості обслуговування потоків повідомлень. Ці вимоги залежать від багатьох факторів. Серед основних з них можна виділити, наприклад: призначення; склад; регіон обслуговування; послуги, що надаються користувачам; засоби і технології транспорту інформації тощо.

До узагальнювальних рис, властивих більшості відомчих телекомунікаційних мереж (ТКМ), можна віднести такі [1—7]:

- широке використання орендованих каналів мереж загального користування (МЗК);
- великі обсяги конфіденційної, секретної і технологічної інформації; взаємодія з мережами МЗК і з іншими відомчими ТКМ;
- наявність пристроїв абонентського доступу до мереж транспорту повідомлень;
- використання сучасних цифрових технологій передачі повідомлень FR (*Frame Relay*), ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), TCP/IP (*Transport Control Protocol /Internet Protocol*), ISDN (*Integrated service data Network*) та ін.

Відома цифрова мережа центрального обслуговування цивільної авіації (ЦА) ATN (*Aeronautical Traffic Network*) має усі перелічені вище особливості. Нормативні вимоги до ATN визначаються матеріалами Міжнародної організації цивільної авіації ICAO (*International Civil Aviation Organization*). Дуже важливими серед цих вимог є ті, що стосуються інформаційної безпеки і технічного захисту інформації (ТЗІ), особливо при взаємодії різних підмереж ATM між собою та МЗК. При цьому дієвими заходами підвищення рівня ТЗІ можна вважати використання міжмережєвих екранів (МЕ) [2—5].

Міжмережєві екрани забезпечують виконання необхідної політики безпеки, яка зазвичай має дві складові: політику доступів до мережних серверів і політику реалізації МЕ. Функціональні вимоги до МЕ охоплюють вимоги щодо: фільтрації на міжмережному рівні і на прикладному рівні; правил фільтрації та адміністрування; засобів і технологій мережевої ідентифікації; впровадження журналів та обліку [5]. Таким чином, у загальному випадку МЕ для виконання своїх функцій потребує певних витрат часу на аналіз і відсіювання повідомлень. Це призводить до збільшення затримки доставки повідомлень адресату і зменшення пропускної здатності системи, що означає погіршення показників якості обслуговування QoS (*Quality of Service*).

Стаття присвячена дослідженню ефективності роботи МЕ на основі запропонованого критерію ефективності.

Аналіз сучасного стану питання та постановка завдання

Одним з основних показників якості роботи МЕ, як показано у працях [1—5], є ступінь зменшення пропускної здатності лінії передачі R_0 , що захищається. Визначається ступінь зменшення пропускної здатності коефіцієнтом уповільнення K_y , який порівнює пропускну здатність R_E лінії передачі з МЕ із випадком R_0 без МЕ.

Коефіцієнт K_y визначається по-різному залежно від конкретних умов. Серед цих умов насамперед, можна відзначити такі [5—9]: тип швидкості передачі (миттєва, середня, максимальна); одиниці її вимірювання (пакетів, кадрів, фреймів, чарунок, блоків, файлів, байтів, бітів тощо /за сек); тип технології транспорту даних (TP-TCP, ISDN (PDH, SDH), *Frame Relay*, ATM та ін.); кількість та призначення полів форматів, які контролюються МЕ; кількість рівнів EMBCC OSI, які охоплює для МЕ. У відповідних документах ІТУ (МККТТ) та ДСТУ для більшості типів технологій транспорту даних усі ці показники нормовані, причому з врахуванням усіх можливих комбінацій фізичних портів МЕ. Виходячи з вищевикладеного здається доцільним на першому етапі аналізу

продуктивності МЕ користуватись узагальненими показниками оцінки ефективності МЕ. З цією метою розглянемо модель оцінки пропускної здатності МЕ, побудовану за підходами класичної теорії телетрафіку [6, 9].

Узагальнена модель оцінки ефективності МЕ

Проаналізуємо мережу з комутацією пакетів, передача повідомлень у якій не орієнтована на з'єднання [4—9]. Вузол A з'єднаний з вузлом B дуплексним каналом. Пропускна здатність каналу $R_T = NR_L$, де R_L визначає максимальну швидкість доступу окремого абонента до вузла. Повна інтенсивність потоку навантаження на вхідний вузол (в моделі вузол A) становив втрати на встановлення з'єднання практично відсутні. Однак є витрати додаткового часу на отримання підтвердження щодо прийому пакетів адресатом. При цьому найпоширеніші два способи передачі підтверджень.

Перший спосіб передбачає передачу на вхід вузла B окремих службових пакетів з інформацією підтвердження або перезапиту.

Другий спосіб передбачає, що в інформаційні пакети зворотного напрямку вбудовуються спеціальні службові поля бітів (підтвердження або перезапиту). За першим способом кожний прийнятий пакет генерує службовий пакет фіксованої довжини L_c .

Таким чином, на кожному вузлі утворюються потоки пакетів змінної довжини. Ці пакети складаються з фіксованих полів L_c і полів випадкової довжини із середнім значенням L_g . Унаслідок чого лінія передачі може розглядатись як система типу MG1 з дисципліною FIFO. Середній час обслуговування пакету даних (без МЕ) становить [6, 9]:

$$T_T = t_3 + t_d = (L_c + L_g)/R_T, \quad (1)$$

де $t_3 = L_c / R_T$ — час на передачу заголовків; $t_d = L_g / R_T$ — час на передачу даних.

Середній час передачі службових пакетів також становить t_3 . Таким чином, середній час обслуговування пакетів в одному з напрямів можна вважати рівним

$$\tau_{03} = 1/2(t_3 + t_d) + 1/2 t_d = t_3 + t_d/2. \quad (2)$$

Коефіцієнт навантаження на систему дорівнює:

$$\rho = 2\lambda\tau_{03} = \lambda_d(2t_3 + t_d) = \rho_3(1 + 2t_3/t_d), \quad (3)$$

де через $\rho_d = \lambda t_d$ позначимо ефективний коефіцієнт використання каналу для передачі даних:

$$\left. \begin{aligned} \rho_d &= \lambda T_H / N; \\ T_L &= L_g / R_L; \\ t_d &= L_g / R_T; \\ R_T &= R_L N; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Середній час очікування в системі MG1 залежить від другого моменту розподілу часу обслуговування (формула Хінчина—Полячка);

$$\bar{\tau}_{03}^2 = 0,5 [t_d^2 + (t_3 + t_d)^2 + t_3^2]. \quad (5)$$

Середній час очікування пакета в системі

$$\bar{t}_0 = \frac{\{\lambda[t_3^2 + (t_3 + t_d) + t_d^2]\}}{2(1 - \rho)}$$

або

$$t_0 = \frac{(\rho_d(t_3 + t_d + t_3^2)/t_d)}{(1 - \rho)}. \quad (6)$$

Загальний час наскрізної передачі пакета в системі складається за умови відсутності МЕ з часу затримки у черзі вузлі A , часу затримки на вузлі B , часу передачі пакета та часу передачі підтвердження

$$T_d = t_d + t_3 + 2\bar{\tau}_{03}. \quad (7)$$

Множина формул (1)—(7) утворює аналітичну модель часових витрат в системі MG1 без МЕ. Підключення МЕ у загальному випадку приведе до зростання t_3 на Δt_3 і t_d на Δt_d . Тобто, замість t_3 і t_d в моделі (1)...(7) необхідно врахувати витрати часу МЕ на аналіз заголовків і даних (якщо останнє передбачено технологією). Виходячи цього замість (1)—(7) маємо (індекс «Е» означає врахування наявності МЕ)

$$\left. \begin{aligned}
 \overline{\tau_{\text{оєз}}} &= t (1 + \delta) + \frac{t_d}{2} (1 + \delta); \\
 \rho_E &= \rho_{\text{дЕ}} \left[1 + \frac{2t_3(1 + \delta_3)}{t_d(1 + \delta_d)} \right] = \rho \left[1 + \delta_d + 2 \frac{t_3}{t_d} (1 + \delta_3) \right]; \\
 \rho_{\text{дЕ}} &= \lambda t_d (1 + \delta_d) = \rho_d (1 + \delta_d); \\
 \overline{\tau_{\text{оєд}}} &= \frac{\rho(1 + \delta_d)}{1 - \rho_E} \left[t (1 + \delta) + t (1 + \delta) + \frac{t_3^2 (1 + \delta_3)^2}{t_d (1 + \delta_d)} \right]; \\
 T_{\text{дЕ}} &= t_d (1 + \delta_d) + 2t_3 (1 + \delta_3) + 2\overline{t_{0\text{Е}}}.
 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

де $\delta_3 = \Delta t_3 / t_3$; $\delta_d = \Delta t_d / t_d$ — відносні значення витрат часу в МЕ на аналіз заголовків і даних.

У практично важливому випадку, коли $\delta_3 = \delta_d = \delta$, вирази суттєво спрощуються не втрачаючи фізичної суті впливу МЕ на збільшення терміну проходження пакета по лінії передачі. Для випадку $\delta_3 = \delta_d = \delta$ замість (8) маємо

$$\left. \begin{aligned}
 \overline{\tau_{\text{оєз}}} &= (1 + \delta) \tau_0 = (1 + \delta) [t + t/2]; \\
 \rho_E &= \rho (1 + \delta) [1 + 2t_3/t_d]; \\
 \rho_{\text{дЕ}} &= \rho_d (1 + \delta); \\
 \overline{\tau_{\text{оєд}}} &= \overline{\tau_0} \frac{\rho(1 + \delta)^2}{1 - \rho_E}; \\
 T_{\text{дЕ}} &= (1 + \delta) \left[t_d + 2t_3 + 2\overline{t_0} \frac{\rho(1 + \delta)}{1 - \rho_E} \right]
 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Аналіз моделі (9) показує, що використання МЕ в $(1 + \delta)$ раз збільшує усі часові витрати часу і коефіцієнт завантаження ρ . Отже, можна вважати, що приблизна пропускна здатність лінії передачі пакетів зменшується в $(1 + \delta)$ раз, а коефіцієнт — збільшується залежної $G_g = T_{\text{дЕ}} / t_d = f(\rho)$, розрахували за формулами (9) для різних значень δ і $Z = t_3 / t_d$. Аналіз графіків дає змогу дійти таких висновків:

- ✓ нормований час доставки повідомлень G_g практично пропорційний множнику $(1 + \delta)$ при $\rho \ll 1$;
- ✓ величина $Z = t_3 / t_d$ суттєво впливає на значення ефективності $G_g(\rho)$, коли $Z \geq 0,05$;
- ✓ так, наприклад, при $\rho = 0,06$ і $Z = 0,1$ величина G_g зростає майже вдвічі порівняно з виміром, коли $Z = 0$;
- ✓ величина δ практично не впливає на змінення G_g за умови $\delta \leq 0,1$ і $\rho \leq 0,5$.

Висновки

Таким чином, у цій статті проаналізовано особливості використання міжмережевих екранів у відомчій мережі ЦА, розроблено узагальнену модель оцінки впливу застосування МЕ на пропускну здатність ліній передачі.

Отримані результати дають змогу обґрунтовано визначити допустимі затримки пакетів МЕ і можуть слугувати основою для розробки методики розрахунків ефективності МЕ та ТКМ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конахович Г. Ф., Паук С. М., Шевченко Р. А. та ін. Основы развития мобильных телекоммуникационных систем. — К. : КИИГА, 1997. — 112 с.
2. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия. — СПб. : Питер, 2000. — 704 с.
3. Руководство по техническим положениям для сети авиационной электросвязи (АТН) DOC. 9705 AN/956. — Монреаль : ИКАО, 1999. — 72 с.
4. Современные телекоммуникации / Под ред. С. А. Довгого. — М. : Экотрендз. — 2003. — 320 с.
5. Соколов А. В., Шаньгин В. Ф. Защита информации в распределенных корпоративных сетях и системах. — М. : ДМК Пресс, 2002. — 656 с.
6. Стеклов В. К., Беркман Л. М. Телекоммуникаційні мережі. — К. : Техніка, 2001. — 400 с.

7. Харченко В. П., Паук С. М., Нестерова Л. М., Бабак Є. А. Супутникові системи авіаційного зв'язку. — К. : НАУ, 2003. — 188 с.
8. Лагутенко О. И. Модемы. Справочник пользователя. СПб. : Лань, 1997. — 386 с.
9. Паук С. М. Сети авиационной связи. — М. : Транспорт, 1986. — 408 с.