

УДК 621.396.2; 621.394.6

Касьян С. П. (Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

ГІБРИДНА КОМУТАЦІЯ ІЗ МЕЖЕЮ, ЩО ПЕРЕМІЩАЄТЬСЯ МІЖ РЕСУРСАМИ

Касьян С. П. Гібридна комутація із межею, що переміщується між ресурсами. У статті розглядається метод гібридної комутації із межею, що переміщується між ресурсами, який може бути застосований для оптимізації роботи телекомунікаційних мереж, що працюють за принципом інтелектуальної мережі.

Ключові слова: МЕРЕЖА МАЙБУТНЬОГО, ГІБРИДНА КОМУТАЦІЯ, КОМУТАЦІЯ КАНАЛІВ, КОМУТАЦІЯ ПАКЕТІВ, ІНФОРМАЦІЙНИЙ КАНАЛ, ТРАФІК ДАНИХ

Касьян С. П. Гибридная коммутация с границей, перемещающейся между ресурсами. В статье рассматривается метод гибридной коммутации с границей, перемещающейся между ресурсами, который может быть применен для оптимизации работы телекоммуникационных сетей, работающих по принципу интеллектуальной сети.

Ключевые слова: СЕТЬ БУДУЩЕГО, ГИБРИДНАЯ КОММУТАЦИЯ, КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ, КОММУТАЦИЯ ПАКЕТОВ, ИНФОРМАЦИОННЫЙ КАНАЛ, ТРАФИК ДАННЫХ

Kasian S.P. Hybrid switching from abroad moving between the resources. In the article, a method of hybrid switching from abroad moving between the resources that can be used to optimize the telecommunications networks operating on the principle of intelligent network.

Keywords: FUTURE NETWORK, HYBRID SWITCHING, CIRCUIT SWITCHING, PACKET SWITCHING, INFORMATION CHANNEL, DATA TRAFFIC

Вступ. Найбільш перспективним рішенням проблеми задоволення зростаючих потреб користувачів у засобах доставки різної інформації (голосу, даних, відео і т. і.) є концепція цифрових мереж майбутнього.

Для досягнення глобальної доступності, реалізації вимог ринку інформаційних послуг, потрібна така архітектура мережі, яка компромісно оптимізувала б діюче обладнання з новими технологіями. Ці вимоги визначили створення глобальної інформаційної інфраструктури концепцією якої є мережі майбутнього [1].

Найпростіша концепція передачі трафіку в мережі майбутнього є комутація каналів і комутація пакетів, яка полягає у наданні фіксованої кількості каналів режимам комутації каналів і комутації пакетів відповідно. Більш перспективною для мереж майбутнього є концепція “гнучкої технології доставки”, що зводиться до використання методу меж, що переміщується між ресурсами двох режимів комутації. Аналітично можливості такого методу стосовно до завантаження при передачі даних по каналам зв'язку досліджені в [2]. Розглянемо цю модель, щоб мати можливість проводити аналіз більш складних режимів гібридної комутації із ущільненням голосових каналів в мережі майбутнього.

Метод гібридної комутації із межею, що переміщується між ресурсами. Позначимо через T_p – середній час підтримки голосового виклику. Тоді імовірність надходження виклику за дуже короткий інтервал dt буде визначатись, як $P_{п.в}(dt) = \rho_p dt$, де $\rho_p = \lambda_p / \mu_l$ голосовий трафік в ерлангах [3].

Часи підтримки голосового виклику та логічного з'єднання для даних передбачаються однаково розподіленими із середніми значеннями T_p і T_d , відповідно. Імовірність закінчення x викликів за один інтервал dt буде $P_{о.в}(dt) = xdt$. Аналогічно, імовірність закінчення z повідомлень даних буде:

$$P_{о.в}(dt) = zrdt, \text{ де } r = T_p / T_d.$$

Припустимо, що виклики, які не обслуговували, втрачаються і не з'являються протягом періоду, що розглядається. При відсутності трафіку даних заняття каналів є відносно простим марковским процесом (див. рис. 1а). При цьому імовірність втрати голосового виклику (В-формула Эрланга)

$$B(c, \lambda) = \frac{\rho_p^c}{c!} \left(\sum_{y=0}^c \frac{\rho_p^y}{y!} \right).$$

Принцип переміщення меж між ресурсами комутації каналами і комутацією пакетів зводиться до такого. Якщо загальна кількість стандартних каналів у певному

інформаційному каналі (ІК) дорівнює c за умови, що в цьому випадку логічний канал (ЛК) організується на одному стандартному каналі, то $(c-z-s)$ каналів виділяється під режим комутації каналів і z каналів – під режим комутації пакетів. При цьому s каналів залишається для забезпечення оперативної передачі службових пакетів. У вузлах комутації мережі черга трафіку даних може одержувати доступ до каналів для комутації каналів, коли їх зайнятість така, що один канал залишається вільним. При цьому вважаємо, що черга даних існує весь час, тобто якщо в який-небудь момент часу два канали виявляються вільними, то один з них негайно виділяється під режим комутації пакетів. Коли резервний канал стає зайнятим голосовим трафіком, передача пакетів у першому каналі, у якому закінчується передача пакету, припиняється і цей канал стає резервним.

Зайняття каналів можна зобразити як марковський процес, граф переходів якого показаний на рис. 1б, де через W позначено стани, у яких один канал вільний для прийняття голосових викликів, а через V – стану “всі канали зайняті”. Зайняття каналу пакетами представляється через z , а V_z є сталою імовірністю того, що z каналів виявляється зайнято пакетами, тобто є $(c-z-1)$ зайнятих каналів пакетами і один резервний канал. Величина W_z є сталою імовірністю z зайнятих каналів пакетами, тобто $(c-z)$ каналів зайнято голосом, і немає порожніх каналів. У сталому стані імовірність переходів з W_z за dt буде $A_p dt V_z$ після нового надходження, тобто перехід в W_z і $(c-z-1)dt V_z$ після закінчення одного із $(c-z-1)$ голосових каналів, що підтримується, тобто перехід у V_{z+1} , тому що два канали впізнані, як порожні, і один з них надається пакетам.

Ймовірність переходу в V_z буде $(c-z)dt W_z$ після закінчення одного з $(c-z)$ голосових викликів, що підтримуються у стані W_z (в інтервалі часу після прибуття виклику і до наступного закінчення, під час передачі пакета); $(z+1)zdt W_{z+1}$ після закінчення одного з $(z+1)$ пакетів, переданих у стані W_{z+1} ; $(c-z)dt V_{z-1}$ після закінчення одного з $(c-z)$ голосових викликів, що підтримуються у стані V_{z-1} . Прирівнюючи імовірності переходу з V_z до ймовірностей переходу в V_z , одержуємо таке рівняння:

$$(A_p + c - z - 1)V_z = (c - z)V_{z-1} + (z + 1)zW_{z+1} + (c - z)V_z \quad (1)$$

Імовірності переходу з V_z за dt дорівнюють: $(z-1)dt W_z$ після закінчення одного із $(c-z)$ голосових викликів, що підтримуються в V_z , і $zr dt W_z$ після закінчення одного з пакетів, переданих у V_{z-1} . Імовірність переходу в W_z буде $A_p dt V_z$ після отримання голосового виклику.

Коли новий голосовий виклик перебуває в стані W_z , він губиться (або відправляється по іншому маршруту), а перехід в інший стан не здійснюється.

Прирівнюючи імовірності переходів з W_z до ймовірностей переходів в W_z одержуємо наступне рівняння:

$$A_p V_z = (c - z + zr)W_z = [c - z(r - 1)]W_z. \quad (2)$$

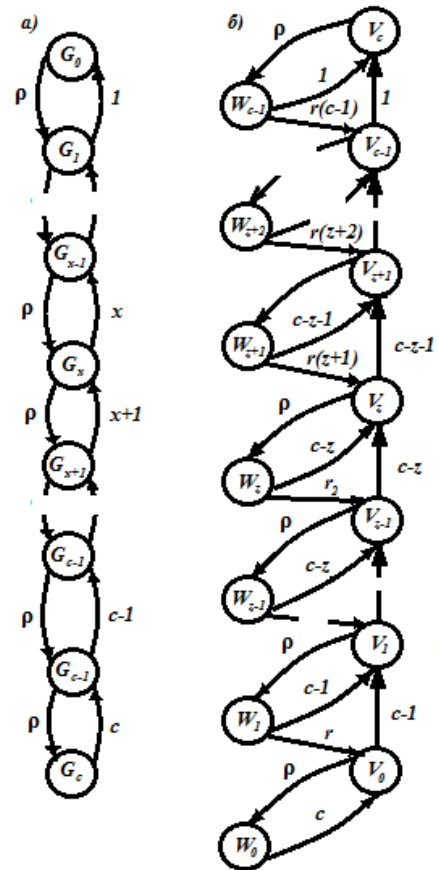


Рис. 1. Графи переходів

Віднімаючи (2) з (1), одержуємо:

$$(z + 1)rW_{z+1} = (c - z - 1)V_z - (c - z)V_{z-1} + zrW_z.$$

Ця рівність виконується, якщо $(z + 1)rW_{z+1} = (c - z - 1)V_z$, тобто $zrW_z = (c - z)V_{z-1}$. Після перетворень для W_z і V_z маємо:

$$W_z = \frac{[c + 0(r - 1)][c + 1(r - 1)][c + 2(r - 1)] \dots \dots [c + (r - 1)(r - 1)][(c - 1)(c - 2) \dots (c - z)]}{z! r^z A_p^z} W_0;$$

$$V_z = \frac{[c + 0(r - 1)][c + 1(r - 1)][c + 2(r - 1)] \dots \dots [c + z(r - 1)](c - 1)(c - 2) \dots (c - z)}{z! r^z A_p^{z+1}} W_0,$$

де W_0 визначається для даного навантаження A_p додаванням ймовірностей W_z і V_z , тобто:

$$\sum_{z=0}^{c-1} W_z + \sum_{z=0}^{c-1} V_z = \sum_{z=1}^{c-1} W_z + \sum_{z=1}^{c-1} V_z + W_0 + V_0 = 1.$$

Тоді

$$\frac{1}{W_0} = \sum_{z=1}^{c-1} \frac{[c+0(r-1)][c+1(r-1)][c+2(r-1)] \dots \dots [c+(z-1)(r-1)](c-1)(c-2) \dots (c-z)}{z! r^z A_p^z} +$$

$$+ \sum_{z=0}^{c-1} \frac{[c + 0(r - 1)][c + 1(r - 1)][c + 2(r - 1)] \dots \dots [c + z(r - 1)](c - 1)(c - 2) \dots (c - z)}{z! r^z A_p^{z+1}} + 1 + \frac{c}{A_p} =$$

$$= \sum_{z=0}^{c-1} \frac{[c + 0(r - 1)][c + 1(r - 1)][c + 2(r - 1)] \dots \dots [c + z(r - 1)](c - 1)(c - 2) \dots (c - z)}{z! r^z A_p^{z+1}} + 1 + \frac{c}{A_p} =$$

$$= \sum_{z=1}^{c-t} \frac{[A_p + c + z(r - 1)][c + 0(r - 1)][c = 1(r - 1)] \dots \dots [c + (z - 1)(r - 1)](c - 1) \dots (c - z)}{z! r^z A_p^{z+1}} + 1 + \frac{c}{A_p} 0.$$

Імовірність втрати виклики є імовірністю того, що всі канали зайняті, тобто

$$B(c, A_p, r) = \sum_{z=0}^{c-1} W_z =$$

$$= \frac{1 + \sum_{z=1}^{c-1} \frac{[c+0(r-1)][c+1(c-1)] \dots \dots [c+(z-1)(r-1)](c-1)(c-2) \dots (c-z)}{z! r^z A_p^z}}{[A_p + c + z(r - 1)][c + 0(r - 1)][c + 1(r - 1)] \dots \dots [c + (z - 1)(r - 1)](c - 1) \dots (c - z)} + 1 + \frac{c}{A_p} + \sum_{z=1}^{c-1} \frac{[c+(z-1)(r-1)](c-1) \dots (c-z)}{z! r^z A_p^{z+1}}$$

Сумарний трафік даних A_D (Ерланг) може бути оцінений таким чином:

$$A_D = \sum_{z=0}^{c-1} zV_z + \sum_{z=0}^{c-1} zW_z.$$

Навантаження A_D можна оцінити і більш простим способом, якщо обчислена імовірність $B(c, A_p, r)$. Навантаження в зайнятих каналах весь час дорівнює $(c-1)$ плюс один додатковий канал з імовірністю $B(c, A_p, r)$. Ерлангове навантаження поточного трафіка дорівнює A_D для $iA_D + A_p[1 - B(c, A_p, r)] = c - 1 + B(c, A_p, r)$, і тому

$$A_D = c - 1 - A_p[1 - B(c, A_p, r)] + B(c, A_p, r) = c - (A_p + 1)[1 - B(c, A_p, r)].$$

При $z \rightarrow \infty$ імовірності $W_z \rightarrow 0$ так само, як $1/r$ крім W_0 . У цьому граничному випадку імовірність втрати $B(c, A_p, r)$ наближається до $B(c, A_p)$, тобто вплив трафіку даних пропорційно величині $1/r$, тобто $\lim_{r \rightarrow \infty} [B(c, A_p, r) - B(c, A_p)] = 0 \left(\frac{1}{r}\right)$.

Імовірності $W_0, V_0, V_1, \dots, V_{c-1}$ відповідно прагнуть до $G_x = \left(\frac{A_p^x}{x!}\right) \left(\sum_{y=0}^c \frac{A_p^y}{y!}\right)^{-1}$, $x = \overline{0, c}$.

Аналогічними міркуваннями і перетвореннями можна розглянути даний принцип переміщення межі, використовуючи два резервних канали, вводячи новий тип стану Q . Відповідні імовірності розраховуються за формулами:

$$W_z = \prod_{k=0}^{z-1} \frac{c + k(r-1)}{A_p} \prod_{k=0}^{z-1} \frac{\left[c + k(r-1) - 1 + \frac{krA_p}{c+k(r-1)}\right]}{A_p \left[1 + \frac{c-k-r}{A_p+c-(k-1)(r-1)}\right]} \prod_{k=0}^{z-1} \frac{(c-k-2)A_p}{(k+1)r[c+(k+1)(r-1)]} W_0;$$

$$Q_z = \prod_{k=0}^{z-1} \frac{c + k(r-1)}{A_p} \prod_{k=0}^{z-1} \frac{\left[c + k(r-1) - 1 + \frac{krA_p}{c+k(r-1)}\right]}{A_p \left[1 + \frac{c-k-2}{A_p+c-(k-1)(r-1)}\right]} \prod_{k=0}^{z-1} \frac{(c-k-2)A_p}{(k+1)r[c+(k+1)(r-1)]} W_0;$$

$$V_z = \prod_{k=0}^{z-1} \frac{c + k(r-1)}{A_p} \prod_{k=0}^{z-1} \frac{\left[c + k(r-1) - 1 + \frac{krA_p}{c+k(r-1)}\right]}{A_p \left[1 + \frac{c-k-2}{A_p+c-(k-1)(r-1)}\right]} \prod_{k=0}^{z-1} \frac{(c-k-2)A_p}{(k+1)r[c+(k+1)(r-1)]} W_0.$$

Імовірність втрати дорівнює імовірність того, що усі канали зайняті, тобто

$$B(c, A_p, r) = \sum_{z=0}^{c-2} W_z.$$

Сумарний трафік даних буде дорівнювати $A_d = \sum_{z=0}^{c-2} zW_z + \sum_{z=0}^{c-2} zQ_z + \sum_{z=0}^{c-2} zV_z$.

При $r \rightarrow \infty$ імовірності $W_z \rightarrow 0$ так само, як і $1/r^2$, крім W_0 , та імовірність $Q_z \rightarrow 0$ як $1/r^2$ крім Q_0 . У цьому граничному випадку імовірність втрати прагне до $B(c, A_p)$, тобто вплив трафіку даних пропорційно величині $1/r^2$, тобто

$$\lim_{r \rightarrow \infty} [B(c, A_p, r) - B(c, A_p)] = 0 \left(\frac{1}{r^2}\right).$$

Імовірності $W_0, Q_0, V_0, V_1, \dots, V_{c-2}$ наближаються відповідно до $G_c, G_{c-1}, G_{c-2}, \dots, G_0$. Тоді навантаження $A_d = c - 2 - A_p [1 - B(c, A_p, r)] + 2G_c + G_{c-1}$.

При фіксованій межі між ресурсами комутації каналів і комутації пакетів немає втрат через необхідність вводити резервний канал. Отже, при її вдалому виборі вона виявляється більш ефективною, а крім того, більш простою у реалізації. Однак діапазон A_p і A_d для якого ефективна фіксована межа, малий, і при нестационарному змішаному трафіку в мережі майбутнього домогтися стабільної роботи неможливо.

Для ілюстрації можливостей межі, що переміщується проведені розрахунки за описаною моделлю для однієї і тієї ж припустимої імовірності втрати голосового виклику $B(c, A_p) = 0,05$ при співвідношеннях 10, 50, 100, 200, 500 для різної кількості каналів у групі (стандартних каналів в інформаційному каналі) і 5, 10, 15, 30, 60, які відповідають стандартним системам передачі імпульсно-кодової модуляції (ІКМ), що випускаються, з огляду на, те що голос може передаватися із швидкістю 64 (32) Кбіт/с.

На рис. 2а і 2б показаний вплив співвідношення r на ефективність використання межі, що переміщується. Очевидна перевага застосування коротких пакетів, тобто методів комутації пакетів або комутації датаграм для організації спільної передачі голосу і даних. З рис. 2в видно, що використання більше одного резервного каналу практично не впливає на зменшення імовірності втрат голосового трафіку, але зате приводить до зменшення завантаження каналів зв'язку.

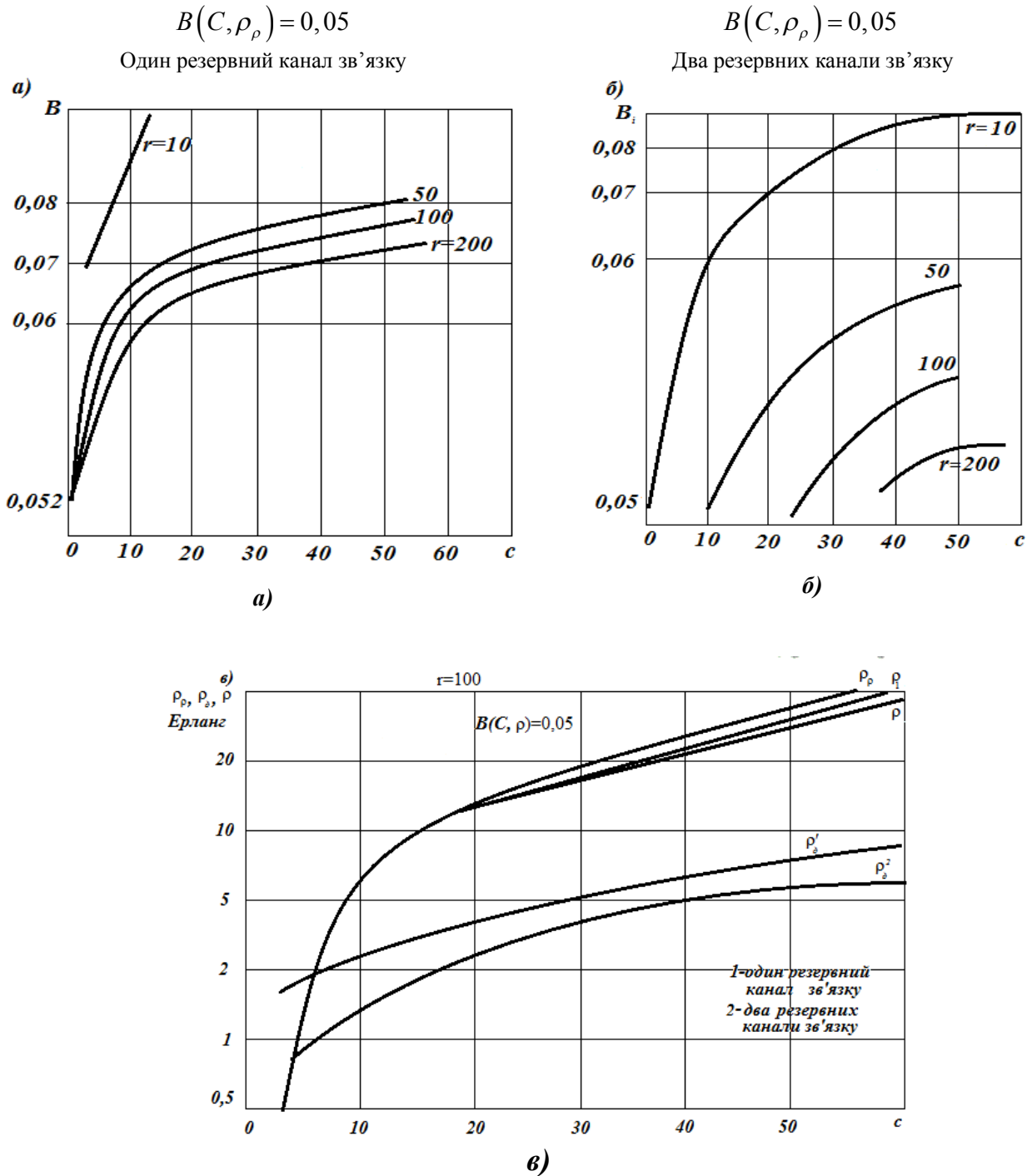


Рис. 2. Ефективність використання мережі

Висновки. Таким чином, на підставі отриманих результатів можна зробити висновок про перевагу методу гібридної комутації із межею, що переміщується між ресурсами, що зайняті режимами комутацією каналів і комутацією пакетів, у порівнянні з методом гібридної комутації із фіксованою межею. Метод із межею, що переміщується, забезпечує в середньому на 10% більш високий коефіцієнт використання каналів зв'язку мережі.

Література

1. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / [В.Г. Кривуца, Л.Н. Беркман, В.К. Стеклов та інші] – К.: Техніка, 2007. – 384 с.
2. Otterman J. Grade of service of direct traffic with store-and-forward traffic / BSTJ. – 1962. – V. 41, N. 4. – P. 1415-1437.
3. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: Наука, 1987. – 336 с.