

1.7. Управління ресурсами адаптивної комп'ютерної мережі і аналіз можливостей підвищення її ефективності

Анотація. В роботі розглядаються можливості підвищення ефективності комп'ютерної мережі шляхом управління параметрами інформаційного каналу. При цьому на основі розробленої моделі інформаційного каналу досліджується вплив виду протоколу, швидкості передачі даних і буферних ресурсів на ефективність обміну даними. Аналізуються можливості адаптивної комп'ютерної мережі при управлінні параметрами мультимаршрутного тракту. Розглядаються шляхи вдосконалення алгоритмічного забезпечення процесу управління мережевими ресурсами.

Ключові слова: цифрова мережа, мережеві ресурси, маршрутна інформація, інформаційний канал, інформаційний пакет, адаптивний алгоритм, протокол передачі даних, буферні ресурси, топологія мережі, розподілена стратегія.

Abstract. The paper considers the possibilities of increasing the efficiency of the computer network by managing the parameters of the information channel. At the same time, the influence of the type of protocol, data transfer rate and buffer resources on the efficiency of data exchange is investigated on the basis of the developed model of the information channel. The possibilities of the adaptive computer network under the control of the parameters of the multitrack tract are analyzed. The ways of improving the algorithmic provision of the process of management of network resources are considered.

Keywords: digital network, network resources, route information, information channel, information package, adaptive algorithm, data transfer protocol, buffer resources, network topology, distributed strategy.

Вступ і постановка задачі. Одним з важливих етапів при управлінні мережею є оцінка наслідків прийнятого рішення. Оцінка наслідків зводиться до визначення ступеня підвищення ефективності мережі.

Ефективність системи управління визначається відношенням ефективності комп'ютерної мережі (КМ) при наявності управління і без нього. Відповідно до [1] при управлінні необхідно забезпечувати мінімізацію середнього часу доставки i -го пакету $T_{срi}$, ймовірності втрати повідомлення $P_{втр}$, максимізацію ваги i -го потоку даних j -го джерела ΔW_{ij} і мінімальних значеннях часу рішення задачі управління і ймовірності помилки при виконанні обмежень:

$$P_{ном} \leq P_{номдоп}; T_{дост} \leq T_{достдоп}; \lambda_{вх} = \lambda_{вих},$$

де. $P_{ном}$ – ймовірність помилки; $P_{номдоп}$ – гранично допустима ймовірність помилки; $T_{дост}$ – час доставки пакету; $T_{достдоп}$ – гранично допустимий час доставки пакету; $\lambda_{вх}$, $\lambda_{вих}$ – інтенсивність вхідного та вихідного потоку відповідно.

Управління може здійснюватися вибором стратегії розподілу ресурсів (централізована, ієрархічна, децентралізована), методом інформаційного забезпечення, методом управління каналними, буферними, інформаційними і тимчасовими ресурсами. При управлінні каналними ресурсами можна впливати як на параметри інформаційного каналу, так і на структуру і параметри мультимаршрутного тракту. Управління має здійснюватися за найбільш короткий інтервал часу і з максимальною вірогідністю правильного прийняття рішення, які мають істотний вплив на ефективність комп'ютерної мережі в цілому. Приймаючи рішення по управлінню тим чи іншим параметром, необхідно вміти оцінювати наслідки цього управління. Тому проведемо аналіз ефективності зазначених методів управління і виробимо деякі практичні рекомендації.

Основна частина. Управління потоком інформації в комп'ютерної мережі (КМ) є досить складним процесом, що враховує особливості передачі як по одному каналу, так і з урахуванням сумісного функціонування декількох каналів. Для визначення параметрів інформаційного каналу, що впливають на ефективність системи управління, розробимо модель управління інформаційним каналом.

Оскільки для підвищення якості обслуговування трафіку в більшості застосовуваних протоколів використовується зворотний зв'язок, розглянемо процес передачі і прийому повідомлення в системах зі зворотним зв'язком. Відправник видає в КМ пакет даних. Час передачі пакета даних (фрагмента) виражається через його довжину (n), ширину вікна (W_0) і швидкість модуляції (B) $T_{II} = (W_0 \cdot n) / B$. Перевірку прийнятих пакетів на наявність помилок здійснює одержувач. При цьому перевіряється контрольна сума, за результатами обчислення якої пакети даних в переданому вікні можуть не містити помилок (з ймовірністю P_{IIp}), мати виявлені помилки – P_{en} або невиявлені помилки P_{nt} .

Пакети можуть бути при передачі втрачені з ймовірністю втрати - $P_{втр}$. Причинами втрат можуть бути перевантаження мережі через переповнення буферних запам'ятовуючих пристроїв (ймовірність $P_{втр1}$) та невиконання вимог щодо якості обслуговування (ймовірність $P_{втр2}$). Якщо фрагмент не прийнятий через перевантаження мережі, то він через тайм-аут буде повторений і відновлений. Невиконання вимог щодо якості обслуговування може бути виявлено тільки на рівні управління, розташованих вище каналного. Тому на каналному рівні повідомлення (фрагмент) не буде поновлено. Якщо пакети прийняті без помилок або з непоміченою помилкою на нього видається квитанція. Квитанція може бути видана на один пакет, кілька пакетів або на все вікно.

Імовірність правильної доставки квитанції - $P_{кв}$, а час доставки квитанції позначимо $T_{кв}$. У разі безпомилкової доставки квитанції процес передачі пакетів завершується, дані прийняті правильно і через час $T_{оч}$ (очікування квитанції) буде видано новий пакет. При неотриманні квитанції після закінчення часу тайм-ауту $T_{ТА}$ відправник здійснює повторну передачу пакетів даних. Тривалість тайм-ауту вибирається пропорційній часу передачі пакету: $T_{ТА} = \eta \cdot T_f$, де η - коефіцієнт; $\eta > 1$. При виявленні помилки в пакеті, квитанція на нього не видається та через час тайм-ауту $T_{ТА}$ відправник повторно передає непідтверджений пакет. У разі прийняття пакету з невиявленими помилками і безпомилкової доставкою квитанції процес передачі пакета завершується, дані прийняті з помилкою.

Побудуємо ймовірностно-часової граф (ЙЧГ), що описує процес передачі повідомлення. Кожна дуга ЙЧГ характеризується ймовірністю її вибору P і часом переходу t .

Похідна функції $F(Z)$, відповідна ЙЧГ, є сумою функцій всіх шляхів, що з'єднують початкову і кінцеві вершини графа. Для її отримання вихідний ВВГ піддають послідовним еквівалентним перетворенням, що проводяться за певними правилами. З отриманої похідної функції будемо знаходити середній час виконання досліджуваного процесу за формулою [2]:

$$T_{\text{ср}} = \left(\frac{dF(z)}{dz} \Big|_{z=1} \right) \cdot \frac{1}{T_f} \quad (1)$$

Ймовірностно-часової граф, що описує вище процес передачі повідомлення (пакета) в системах зі зворотним зв'язком має вигляд, представлений на рис. 1.

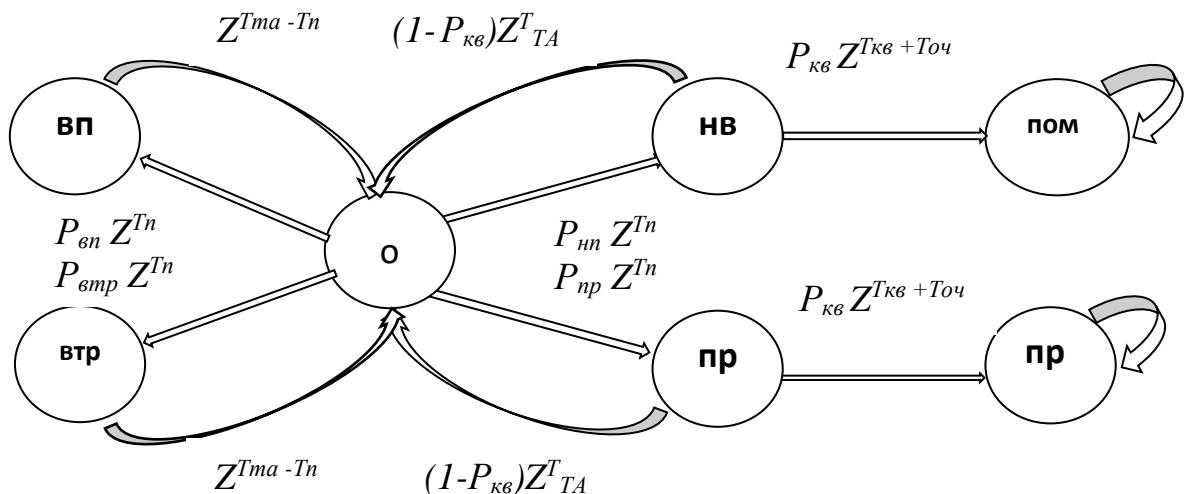


Рис. 1. ЙЧГ процесу передачі пакету

Еквівалентні перетворення і кінцевий ЙЧГ представлені на рис. 2. Дуги для кінцевого ЙЧГ будуть виражатися наступним виразами:

$$f_1 = P_{пр} \cdot P_{кв} \cdot z^{W_0 \cdot T_n + T_{кв} + T_{оч}};$$

$$f_2 = P_{nn} \cdot P_{кв} \cdot Z^{W_0 \cdot T_{II} + T_{кв} + T_{оч}};$$

$$f_3 = P_{впр} Z^{T_{ТА}} + P_{np} (1 - P_{кв}) Z^{T_{ТА}} + P_{nn} (1 - P_{кв}) Z^{T_{ТА}} + P_{вн} Z^{T_{ТА}} =$$

$$= Z^{T_{ТА}} (P_{впр} + P_{np} - P_{np} \cdot P_{кв} + P_{nn} - P_{nn} \cdot P_{кв} + P_{вн}).$$

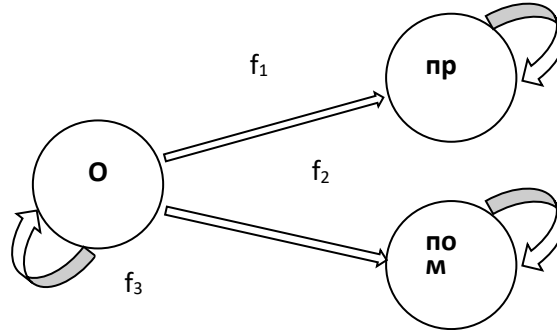


Рис. 2. Еквівалентне перетворення ЙЧГ

Оскільки ймовірності $P_{впр}$, P_{np} , P_{nn} і $P_{вн}$ описують повну групу подій, то

$$f_3 = Z^{T_{ТА}} [1 - P_{кв} (P_{np} + P_{nn})].$$

Похідна функція, що представляє математичну модель процесу управління інформаційним каналом, буде мати наступний вигляд:

$$F(Z) = \frac{f_1 + f_2}{1 - f_3} = \frac{P_{кв} Z^{W_0 T_{II} + T_{ТА} + T_{оч}} \cdot (P_{np} + P_{nn})}{1 - Z^{T_{ТА}} [1 - P_{кв} (P_{np} + P_{nn})]}.$$

Оскільки квитанція передається одним або декількома розрядами, можна вважати, що $P_{кв} \approx 1$. Тоді середній час процесу передачі кодограми відповідно до (1) дорівнюватиме:

$$T_{cp} = W_0 \cdot T_{II} + T_{оч} + \frac{(T_{ТА})(P_{впр} + P_{вн})}{1 - (P_{впр} + P_{вн})} \quad (2)$$

Ймовірність помилки кодової комбінації P_{KK} в системах зі зворотним зв'язком (ймовірність помилкового декодування) визначається при $Z=1$ з наступного співвідношення:

$$P_{KK} = \left. \frac{f_2(z)}{1 - f_3(z)} \right|_{Z=1} = \frac{P_{nn}}{P_{np} + P_{nn}} = \frac{P_{nn}}{1 - P_{вн}} \quad (3)$$

Параметри протоколу істотно впливають на час передачі даних. Відносний час передачі одного пакету відповідно до (2) визначається виразом:

$$\frac{T_{cp}}{T_{II} \cdot W_0} = 1 + \frac{T_{оч}}{W_0 \cdot T_{II}} + \frac{\left(\frac{T_{TA}}{W_0 \cdot T_{II}} \right) (P_{впр} + P_{вн})}{1 - (P_{вн} + P_{впр})}. \quad (4)$$

З цього виразу видно, що відносний середній час доставки одного пакета зростає зі збільшенням часу очікування ($T_{оч}$), тривалості тайм-ауту і зменшується зі збільшенням ширини вікна W_0 .

Тривалість тайм-ауту визначається з умови $T_{TA} \geq T_{очmax}$,

де $T_{очmax} = W_0 \cdot T_{II} + 2 \cdot t_{pmax}$,

t_{pmax} – максимально можливий час поширення сигналу в мережі;

$t_{pmax} = \frac{D_{max}}{C}$; D_{max} – максимальна дальність передачі даних.

Час очікування ($T_{оч}$) визначається з умови:

$$T_{оч} = W_0 \cdot T_{II} + 2 \cdot t_p = W_0 \cdot T_{II} + 2 \frac{D}{c}.$$

Мінімальний відносний час доставки пакету буде при тривалості тайм-ауту, що дорівнює $T_{оч}$:

$$\left(\frac{T_{cp}}{T_{II} \cdot W_0} \right)_{\min} = 1 + \frac{T_{оч}}{W_0 \cdot T_{II}}.$$

Різниця відносного часу доставки при оптимальній тривалості тайм-ауту і при виборі з урахуванням максимальної дальності зв'язку дорівнює:

$$\Delta T \cong \left(\frac{2D_{max}}{C \cdot T_{II}} \right) (P_{впр} + P_{вн})$$

При дальності зв'язку $D_{max} = 2000$ км та швидкості передачі 1000 кбіт / с і $P_{вн} \approx 10^{-1}$, ця величина може досягати близько 10% від тривалості переданої послілки, тоді відношення $T_{cp}/T_{cpу}$ буде дорівнювати 1.1. Тобто ефективність управління в цьому випадку зростає на 10%. При інших вихідних даних результати оцінки ефективності управління, які мають бути другими і будуть визначатися ставленням максимальної передбаченої дальністю передачі даних до дальності передачі в досліджуваному ланці.

Таким чином параметрами протоколу інформаційного каналу, що впливають на ефективність управління, є тривалість тайм-ауту, яка повинна визначатися дальністю зв'язку, і ширина вікна.

Можна показати, що інтенсивність обслуговування потоку $\mu_{обс}$ визначається виразом [2]:

$$\mu_{обс} = \frac{1-r_n}{n \cdot T_n} \left[\frac{W_0}{T_{оч}} (1 - (P_{ен} + P_{втр})) + \left(\frac{W_0}{T_{ТА}} \right) (P_{впр} + P_{ен}) \right], \quad (5)$$

де r_n – надмірність повідомлення. З цього виразу видно, що максимальна інтенсивність обслуговування і мінімальний час передачі буде при $T_{оч} = T_{ТА}$ і $r_{ізб} = 0$. Час простою каналу дорівнює:

$$\Delta T = T_{ТА} - T_{оч} = \frac{2D_{max}}{c} - \frac{2D}{c}$$

і при $T_{оч} = T_{ТА}$ цей час дорівнює 0. Отже, керуючи тайм-аутом так, щоб досягти $T_{оч} = T_{ТА}$ можна забезпечити мінімум часу простою каналу.

Як видно з (5), інтенсивність обслуговування зростає зі збільшенням ширини вікна W_0 . Однак є обмеження по значенню W_0 . Віконне управління регулює навантаження на мережу. Таке ефективне регулювання забезпечено лише при $W_0 < T_{ТА}$. Тому максимальне значення ширини вікна не повинна перевищувати час тайм-ауту.

Підвищення ефективності мережі при управлінні каналними ресурсами забезпечується використанням мультимаршрутного тракту. З виразу (5) також видно, що інтенсивність обслуговування пропорційна відношенню $1/(T_n n)$, де $1/T_n$ – швидкість передачі (модуляції), n – довжина переданого пакета. Інтенсивність обслуговування зменшується зі збільшенням надмірності (r_n).

Таким чином, параметрами, якими можна керувати протоколом інформаційного каналу є швидкість модуляції (швидкість передачі даних), довжина пакета і надмірність. Визначимо ефективність управління зазначеними параметрами.

Найбільш просто швидкість передачі може управлятися шляхом переходу на інший вид модуляції. У ряді протоколів така можливість передбачена. Так, при переході з відносної фазової модуляції (ВФМ) на двократну відносну фазову модуляцію (ДВФМ) або з ВФМ на амплітудну відносну фазову модуляцію (АВФМ) швидкість збільшується вдвічі. Однак зростає і ймовірність помилки. Визначимо ефективність даного методу управління. Відомо, що при ОФМ і ДОФМ ймовірність помилки визначається відповідно за формулами [1]:

$$\begin{aligned} P_{помофм} &= 0.5 \cdot \left[1 - \Phi^2(\sqrt{2}q) \right], \\ P_{помдофм} &= 0.5 \cdot \left[1 - \Phi^2(q) \right], \end{aligned} \quad (6)$$

де q - відношення ефективного напруги сигнал/шум. При переході на АОФМ ймовірність помилки буде визначатися виразом:

$$P_{\text{номофм}} = \frac{3}{4} \cdot \left[1 - \Phi^2 \left(\frac{\sqrt{2}q}{3} \right) \right] \quad (7)$$

Відповідно до (2) збільшення швидкості в два рази зменшує в два рази T_n , але збільшується і $P_{\text{ен}}$. На рис.3,4 зображені залежності відносного середнього часу доставки при ДВФМ і ВФМ ($T_{\text{сп1}}/T_{\text{сп2}}$), і при ВФМ і АВФМ ($T_{\text{сп1}}/T_{\text{сп3}}$) від співвідношення сигнал/шум (q). Залежності побудовані відповідно до (2) при $P_{\text{втр}}=0$, $T_{\text{оч}}=0$ і $P_{\text{ен}}=1$. Імовірність $P_{\text{ен}}$ визначається за формулою:

$$P_{\text{ен}} = 1 - (1 - p)^n,$$

де ймовірність p визначається за формулами (6) і (7).

З наведених графіків видно, що керуючи швидкістю передачі шляхом зміни виду модуляції, можна домогтися зменшення часу доставки тільки при певному співвідношенні сигнал/шум (q). Величина цього відношення (q_1 і q_2 рис.3–5) залежить від виду модуляції і тривалості переданого пакета. Аналізуючи наведені графіки, можна стверджувати, що вигреш в швидкості передачі можна забезпечити при переході від ВФМ до ДВФМ, якщо відношення сигнал/шум задовольняє нерівності $q_1 > 3.1$ (це відповідає ймовірності помилки в каналі $P_{\text{ном}} < 9.6 \cdot 10^{-4}$). При переході від ВФМ до АВФМ вигреш в швидкості передачі буде при $q_2 > 3.2$ (при ймовірності помилки в каналі $P_{\text{ном}} < 1.03 \cdot 10^{-3}$).

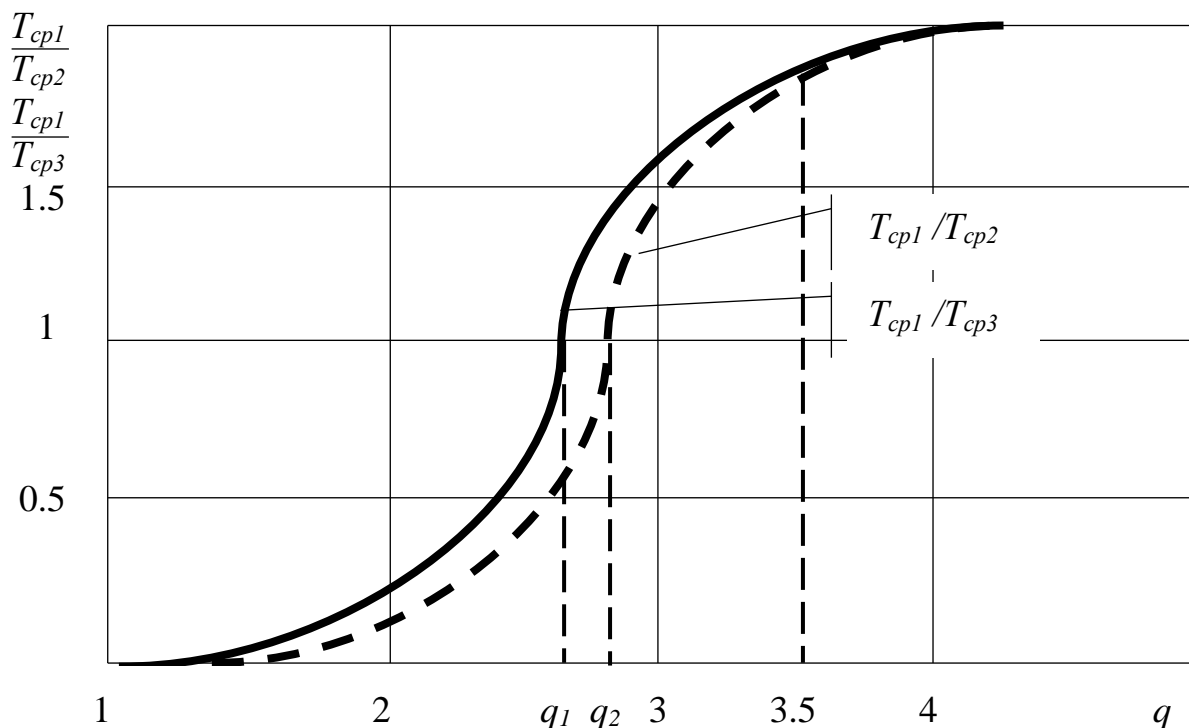


Рис. 3. Залежність $T_{cp1}/T_{cpi} = f(q)$ розмір пакету 64

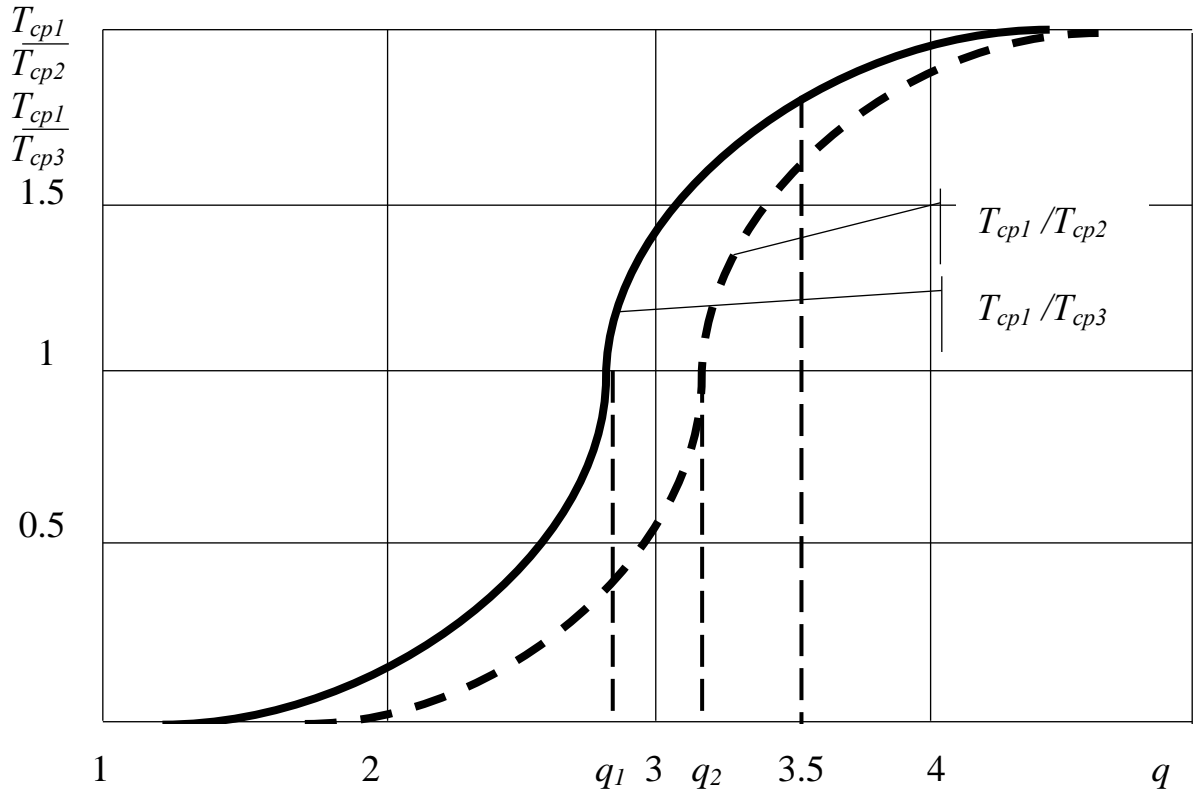


Рис. 4. Залежність $T_{cp1}/T_{cpi} = f(q)$ розмір пакету 128

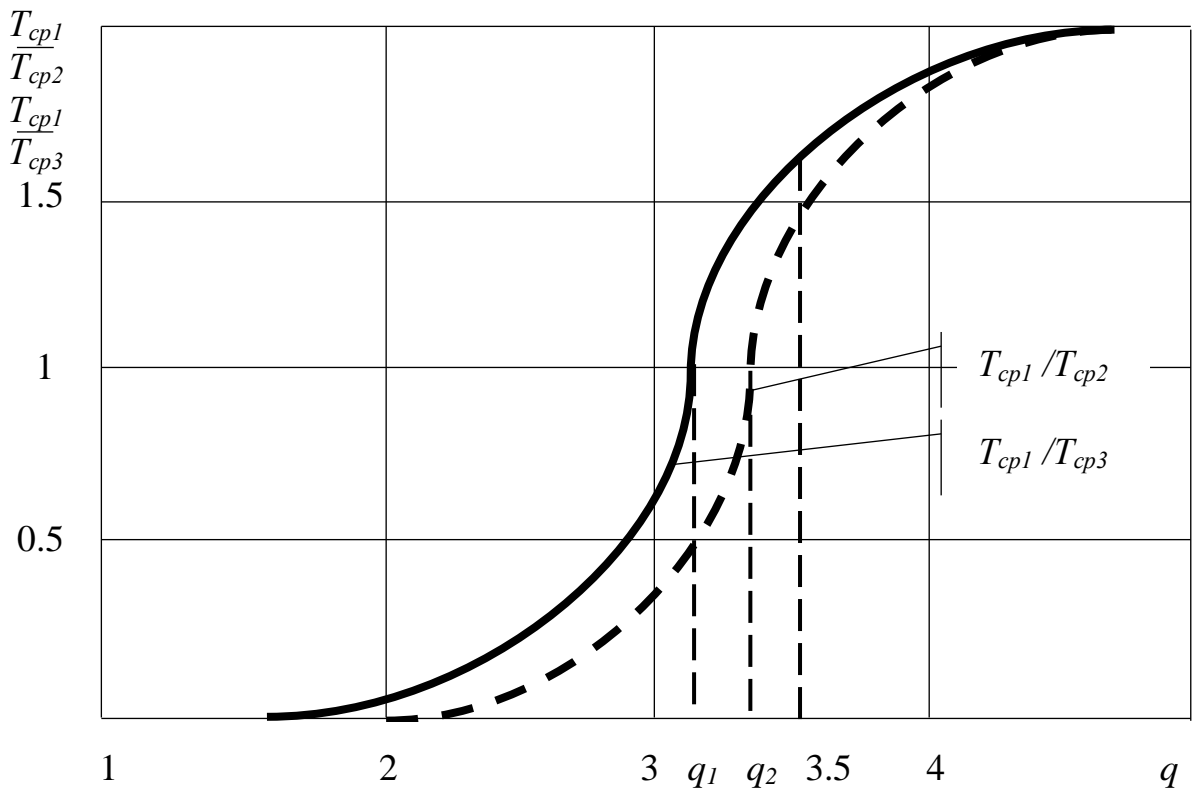


Рис. 5. Залежність $T_{cp1}/T_{cpi} = f(q)$ розмір пакету 256

Зі збільшенням тривалості пакета вимоги до відношення сигнал / шум зростають. При хорошому стані каналу ($P_{ном} < 10^{-4}$) та переході від ВФМ до ДВФМ або до АВФМ, як видно з наведених графіків, швидкість передачі збільшується в 2 рази. Можна стверджувати, що при зазначених умовах в разі переходу від ОФМ до М-кратному виду модуляції швидкість зростає в М раз.

Збільшення швидкості передачі призводить до зростання ймовірності правильного прийняття рішення при управлінні мережею. При цьому відповідно [3] максимальне значення цінності інформації визначається за виразом:

$$\Delta W_i = \left(\frac{\lambda_{ex.i}}{\lambda_{ex}} \right)^{\frac{1}{\log P_{0i}}}$$

а при малому $P_{номi}$ може досягти значної величини. В результаті істотно зростає ефективність управління.

Швидкість передачі даних впливає і на ймовірність втрати пакету за рахунок переповнення буферного запам'ятовуючого пристрою (БЗУ). Як показано в [4], ймовірність втрати повідомлення визначається виразом:

$$P_{втр} = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{w+1}} \cdot \rho^w, \quad (8)$$

де $\rho = \lambda / \mu$; $\mu = 1/T_{нпр}$.

На рис. 6 зображена залежність відносної ймовірності втрати пакету для зазначених вище умов від розміру БЗУ (W) при різних значеннях коефіцієнта завантаження при ВФМ ($\rho=0.1; 0.5; 0.7$). Тут введено позначення $P_{втр1}$ – ймовірність втрати при використанні ОФМ; $P_{втр2}$ - при використанні ДВФМ; $P_{втр3}$ - при використанні АВФМ.

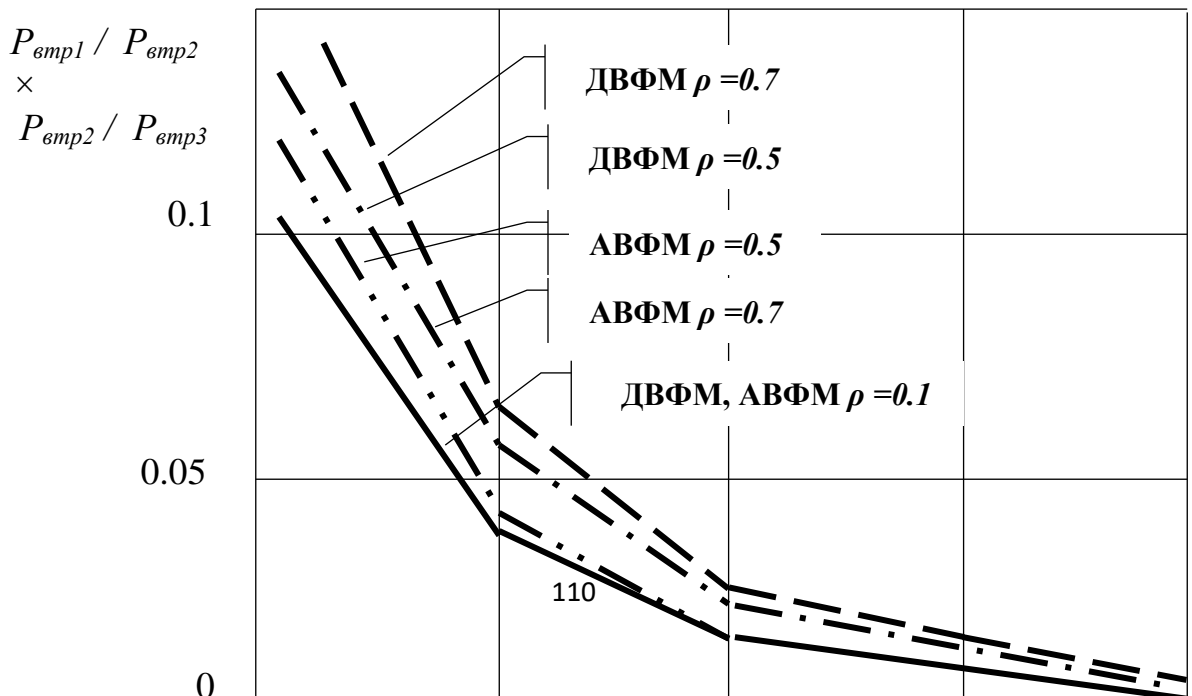


Рис. 6. Залежність $P_{втр1}/P_{втр2}$ та $P_{втр1}/P_{втр3}$ від розміру БЗУ (ω)

при $\rho = 0.1; \rho = 0.5; \rho = 0.7$

Зазначені величини коефіцієнта завантаження відповідають ОФМ. З наведених залежностей видно, що при переході від ВФМ до ДВФМ або АВФМ при невеликій ємності БЗУ спостерігається істотне зменшення ймовірності втрати пакету. Виграш в ймовірності втрати зменшується зі збільшенням розміру БЗУ. Слід зазначити, що вказаний виграш в ймовірності втрати пакету буде тільки в тому випадку, якщо сумарна швидкість передачі даних при ДВФМ або АВФМ буде дорівнювати швидкості передачі при ВФМ. Таким чином, керуючи швидкістю передачі пакету можна зменшувати час передачі, або зменшувати ймовірність втрати пакета.

Управління буферними ресурсами можна вплинути на такі важливі характеристики мережі, як ймовірність втрати повідомлення і час затримки пакета на вузлу комутації, а отже, на швидкість його доставки. При такому управлінні зазвичай відома інтенсивність вхідного потоку, число проміжних вузлів комутації між користувачами, і вимоги по ймовірності втрати при доставці пакетів.

Для оптимізації роботи мережі необхідно визначити ємність БЗУ, що виділяється на цих вузлах і час їх затримки. Ймовірність втрати пакета на вузлі за рахунок переповнення БЗУ визначається за формулою (8) тобто залежить від коефіцієнта завантаження вузла і ємності БЗУ. Змінюючи ці параметри можна вплинути на ймовірність втрати пакетів, а отже і на ефективність управління. При виборі маршруту з проміжними пунктами ймовірність втрати пакету зростає і визначається за формулою:

$$P_{втр,пр} = 1 - (1 - P_{втр1})^n, \quad (9)$$

де $P_{втр1}$ – ймовірність втрати на одному проміжному пункті.

Використовуючи наведені вирази можна виявити вплив того чи іншого параметра на ймовірність втрати і ефективність управління буферними ресурсами. Наприклад, задаючись значеннями n і $P_{втр,пр}$ можна пред'явити вимогу до ймовірності $P_{втр1}$, а по (8) при відомій величині ρ визначити необхідну ємність БЗУ.

На рис. 7 наведені залежності ймовірності втрат від ємності БЗУ при різних коефіцієнтах завантаження. З наведених графіків видно, що при зменшенні ємності БЗУ починаючи з 6 спостерігається збільшення ймовірності втрати повідомлень в широкому діапазоні зміни коефіцієнта завантаження. Збільшення ємності більше 6 практично не впливає на ймовірності втрати пакетів.

На рис.8 наведені залежності ймовірності втрат в тракті ($P_{втрmp}$) в залежності від числа проміжних пунктів (n) при різній ємності БЗУ і при різних коефіцієнтах завантаження. Використовуючи наведені графічні залежності, задаючись необхідної ймовірністю втрати повідомлення в тракті при відомому коефіцієнті завантаження можна пред'явити вимоги до допустимого числа проміжних пунктів і ємності БЗУ.

На практиці часто виникає завдання до ймовірності втрати повідомлення в тракті і відомому числі проміжних пунктів визначити інтенсивність обслуговування і ємність БЗУ. Для вирішення такого завдання можна скористатися сімейством графіків, зображених на рис.9 і 10.

На рис. 9 зображені залежності ймовірності втрати повідомлення в тракті від числа проміжних пунктів при різних значеннях ймовірності втрати на одному проміжному пункті, побудовані по формулі (8). На рис. 10 наведено залежності ймовірності втрати повідомлення на одному проміжному пункті від ємності БЗУ при різних коефіцієнтах завантаження, побудовані по формулі (7). Користуючись наведеними графічними залежностями в процесі аналізу відповідно до рис. 9 по заданому значенню $P_{втрmp}$ і n можна визначити ймовірність втрати на одній ділянці $P_{втр1}$. Потім за графіками рис. 10 задавши величини ρ можна пред'явити вимогу до ємності БЗУ.

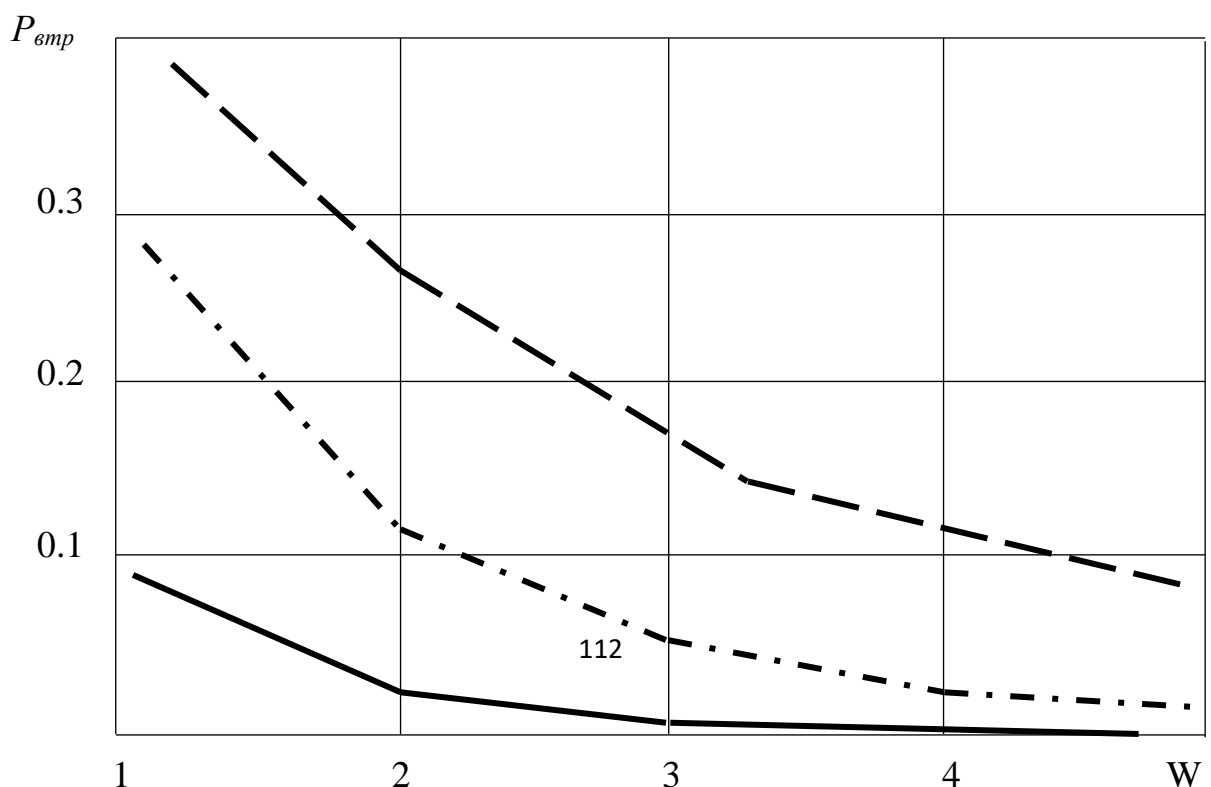


Рис. 7. Залежність $P_{втр} = f(W)$

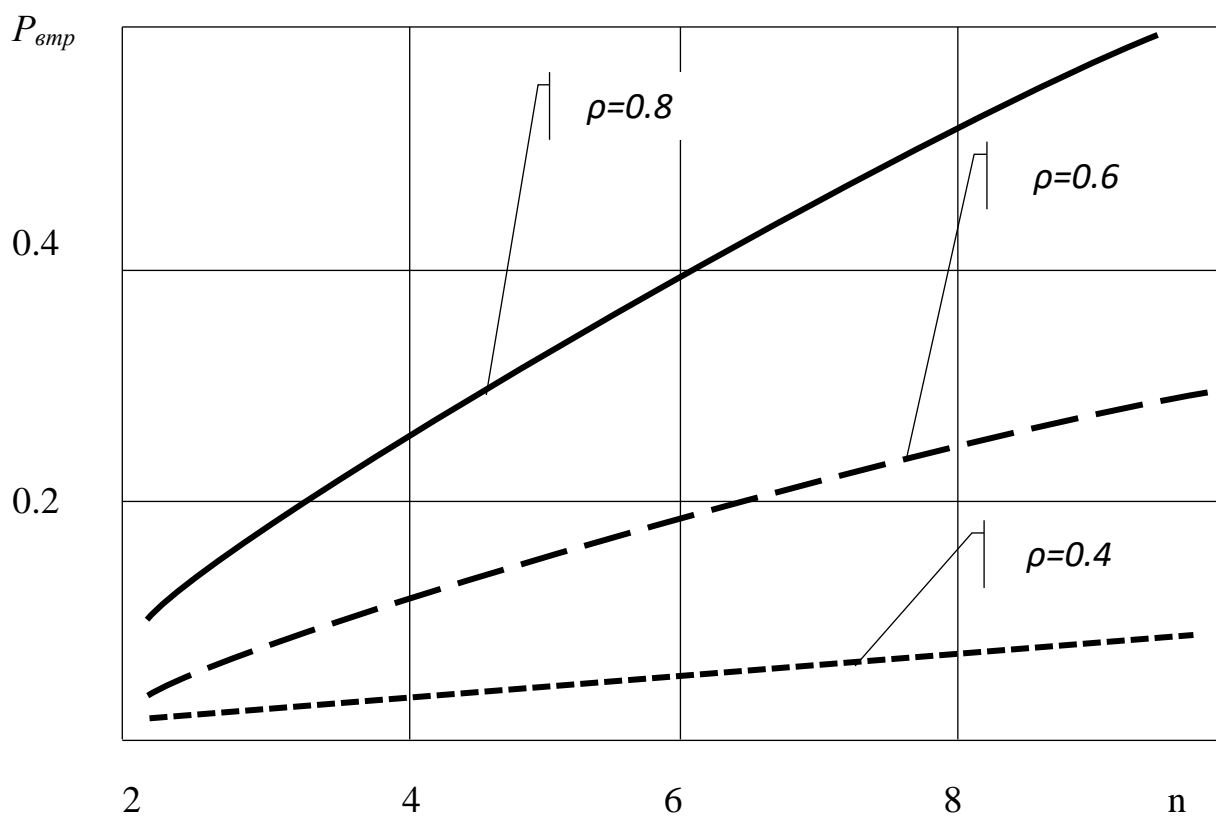


Рис. 8. Залежність $P_{втртр} = f(n)$

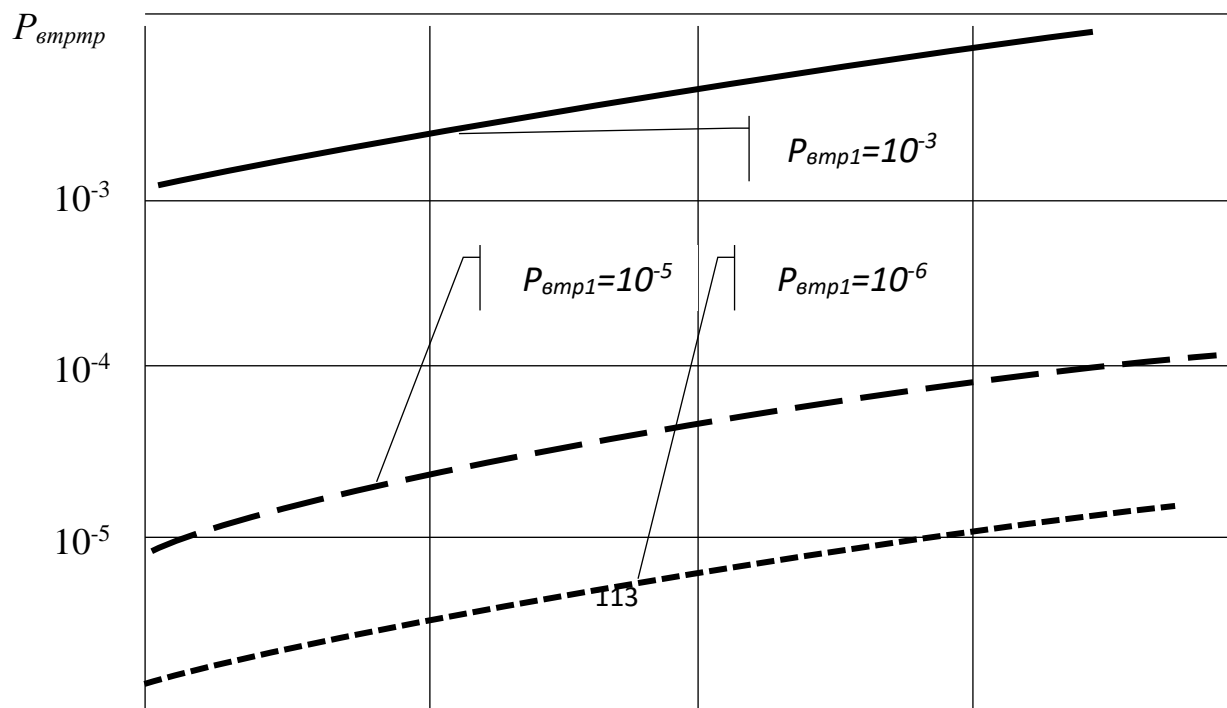


Рис. 9. Залежність $P_{втрпр} = f(n)$

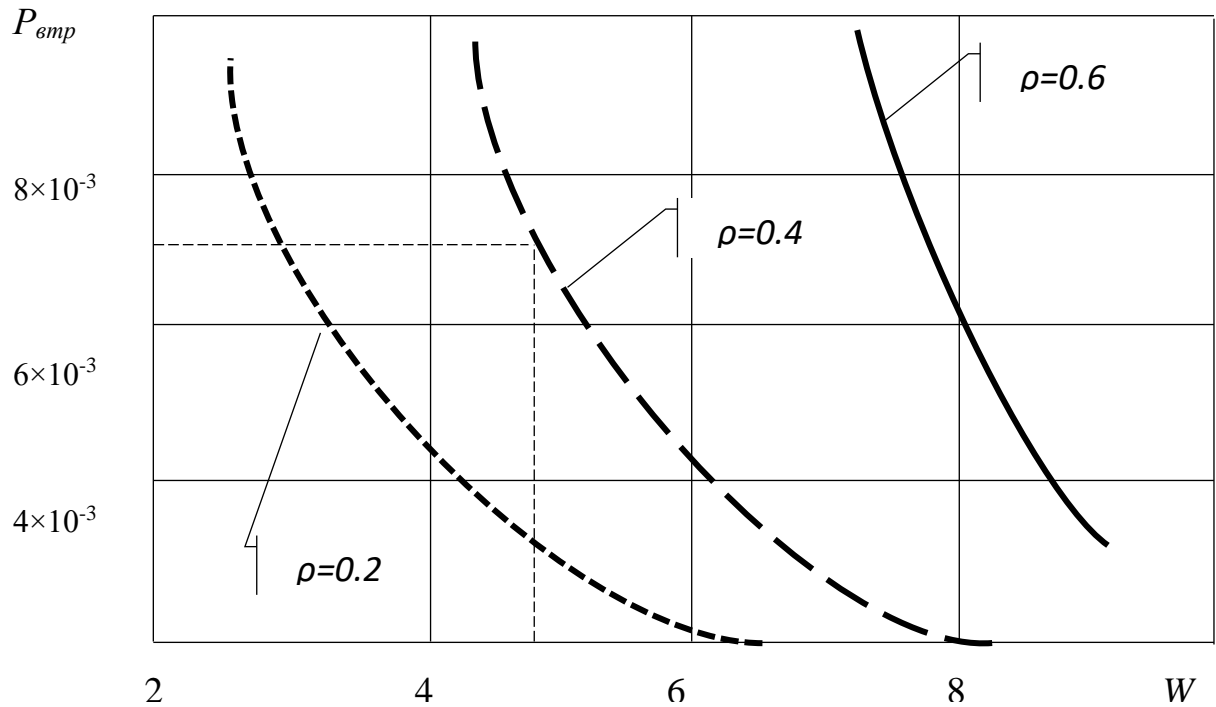


Рис.10. Залежність $P_{втр} = f(W)$ другий варіант

Час затримки пакета на вузлі визначається по формулі:

$$T_{зат} = \frac{N_{cp}}{\lambda} ,$$

де N_{cp} - середнє число пакетів в БЗУ. Його значення обчислюється за виразом

$$N_{cp} = \sum_{i=1}^W i \cdot P_i ,$$

де P_i - ймовірність знаходження пакетів на вузлі. Оскільки $P_i = (1 - \rho)\rho^i$, отримаємо:

$$N_{cp} = -(W + 1) \cdot \rho + \rho \cdot \frac{1 - \rho^W}{1 - \rho}$$

Усі вхідні в ці вирази параметри вже відомі і тому може бути визначено і час затримки пакета на вузлу.

При управлінні буферними ресурсами може бути пред'явлена вимога до часу затримки на вузлу. Тоді задача управління вирішується в зворотному порядку.

Параметри, що використовують для керування мультимаршрутного тракту є число каналів і їх якість, маршрут з мінімальним числом проміжних пунктів, з мінімальними часом передачі даних, а також ймовірності помилки в тракті.

Багатоколійна (багатомаршрутна) передача може застосовуватися для вирішення наступних завдань: підвищення швидкості передачі даних і зменшення часу доставки повідомлення, підвищення надійності та живучості системи передачі даних, зменшення ймовірності помилки.

Підвищення швидкості передачі інформації забезпечується за рахунок того, що інформаційне навантаження m_{Σ} розподіляється по M каналах. В результаті сумарна швидкість передачі буде обчислюватись за формулою:

$$C = \frac{m_{\Sigma}}{T_{ПМАХ}} = \frac{\sum_{i=1}^M m_i}{T_{ПМАХ}}, \quad (10)$$

де m_i - інформаційне навантаження i -го каналу (біт);

$T_{ПМАХ}$ - максимальний час передачі пакета по одному з каналів.

Живучість і надійність тракту забезпечуються тим, що відмова можлива лише при виході з ладу всіх каналів.

В результаті коефіцієнт готовності тракту буде дорівнювати:

$$k_{Г.ТР} = 1 - \prod_{i=0}^M (1 - k_{Г_i}),$$

де $k_{Г_i}$ - коефіцієнт готовності i -го каналу.

Поряд зі збільшенням надійності і живучості може бути зменшена ймовірність помилки шляхом порівняння символів (фрагментів), прийнятих по різних каналах.

Оцінимо можливість зменшення ймовірності помилки при використанні двоканального тракту з порозрядним порівнянням прийнятих кодових комбінацій.

Припустимо, що обидва канали однакові, виявлення помилки в кожному каналі здійснюється за допомогою завадостійкого коду. При одноразовій передачі повідомлень ймовірність помилки в розглянутому тракті дорівнює:

$$P_{ном1} = P_{нп} \cdot P_{вп} + P_{нп}^2 \cdot P_2,$$

де P_2 – ймовірність виникнення однакових невизначених помилок в обох каналах. Ймовірність перезапиту повідомлення визначається за виразом:

$$P_{пер} = P_{ен}^2 + P_{нн1}^2 \cdot (1 - P_2) + P_{нн1} \cdot P_{пр1}.$$

На основі виразу [4]:

$$P_{ном} = \frac{P_{ном1}}{1 - P_{пер}},$$

отримаємо вираз для обчислення ймовірності помилки:

$$P_{ном} = \frac{P_{нн} \cdot P_{ен} + P_{нн}^2 \cdot P_2}{1 - [P_{ен}^2 + P_{нн1}^2 \cdot (1 - P_2) + P_{нн1} \cdot P_{пр1}]}. \quad (11)$$

Для визначення ступеня зміни ймовірності помилки, в порівнянні з ймовірністю помилки в одноканальній системі, візьмемо їх відношення. З урахуванням $P_2 \ll 1$; $P_{нн} \ll P_{ен}$, отримаємо

$$\varepsilon = \frac{P_{ен1}}{1 + P_{ен1}}.$$

Оскільки в реальних умовах $P_{ен} \approx 10^{-2} - 10^{-3}$, зменшення ймовірності помилки за рахунок застосування двоканального тракту відповідно до отриманого співвідношенням досягає два або три порядки.

Подальше збільшення числа каналів істотного виграшу в ймовірності виявлення помилки не дає. Однак в цьому випадку можна забезпечити виправлення помилок. Так, при використанні трьохканального тракту і прийняття рішення при обробці даних за критерієм 2 з 3 ймовірність правильного прийому буде дорівнювати:

$$P_{пр} = 1 - \sum_{i=2}^3 C_M^i P_{помкк}^i (1 - P_{помкк})^{M-i},$$

де $P_{помкк}$ – ймовірність помилки в прийнятій кодової комбінації.

Відповідно до [3] швидкість передачі з використанням нового додаткового каналу зростає. Однак відсоток збільшення швидкості обмежується максимальним часом передачі пакета по новому каналу. Цей час може з введенням нового каналу збільшити час доставки повідомлення. Тому при управлінні числом каналів необхідно враховувати умову корисності введення нового додаткового каналу, який наведений в [2]:

$$\frac{m_2}{B_2} - \frac{m_{j\max}}{B_{j\min}} > 0,$$

де $B_{j\min}$ - мінімальна швидкість передачі даних в j -ом каналі;

$m_{j\max}$ - максимальне інформаційне навантаження j -го каналу;

B_2 - швидкість передачі по новому каналу;

m_2 - інформаційне навантаження нового каналу.

Тому при управлінні числом каналів необхідно враховувати, що тільки за цієї умови новий канал, що вводиться забезпечує збільшення швидкості передачі в мультимаршрутному тракті і не збільшує час доставки повідомлення.

Визначимо основні напрямки формування алгоритму управління мережевими ресурсами. Ефективність управління інформаційним потоком визначається стратегією управління і способом збору інформації. Тому спочатку з урахуванням особливостей мережі і висунутих до неї вимог необхідно визначити стратегію управління (децентралізована, централізована, ієрархічна) і метод інформаційного забезпечення (збору інформації). Для визначення можливостей доступу користувачів необхідно виявити здатність мережі за інтенсивністю обслуговування і задоволенні обслуговується потоку. Якщо вхідний потік може бути обслужений користувач в мережу допускається і проводиться перевірка умов задоволення вимог за якістю обслуговування. У разі неможливості обслуговування вхідного потоку виявляються керовані ресурси мережі, що забезпечують усунення даного недоліку. Такими ресурсами є параметри каналу, швидкість передачі даних, можливість збільшення числа використовуваних каналів. Після виявлення цих ресурсів проводиться перевірка виконання вимог щодо якості обслуговування каналів. При виконанні вимог знову виявляються керовані ресурси мережі. Така адаптація здійснюється до досягнення необхідної якості обслуговування.

Висновок. Управління ресурсами комп'ютерної мережі може здійснюватися вибором стратегії розподілу ресурсів (централізована, ієрархічна, децентралізована) методу інформаційного забезпечення, методу управління каналними, буферними, інформаційними і тимчасовими ресурсами. Приймаючи рішення по управлінню мережею необхідно вміти оцінювати наслідки цього управління. В роботі визначені рекомендації по такій оцінці.

Розроблено модель інформаційного каналу, що дозволяє виявити параметри для керування мережею. Такими параметрами є тривалість тайм-ауту та ширина вікна. Показано, що мінімальний час простою каналу буде, якщо тайм-аут буде вибиратися рівним часу очікування. Виграш у часі доставки, який очікується при цьому визначається дальністю зв'язку. Ширина вікна не повинна перевищувати тайм-аут.

Управління швидкістю передачі даних можливо шляхом переходу на інший вид модуляції. При цьому зменшення часу доставки повідомлень досягається тільки при певному співвідношенні сигнал/шум. При хорошому стані каналу зв'язку при переході від ВФМ до M -кратному виду модуляції швидкість передачі зростає в M разів. Таке управління швидкістю може забезпечити зменшення ймовірності втрати повідомлення на вузлах комутації.

Однак це буде тільки в тому випадку, якщо сумарна швидкість передачі даних при М-кратному вигляді модуляції буде така ж, як при використанні ВФМ.

Управління буферними ресурсами впливає на такі важливі характеристики мережі, як ймовірність втрати повідомлення і швидкість його доставки. Запропонована проста методика визначення потрібної ємності БЗУ при заданих вимогах за ймовірністю втрати пакету і часу затримки повідомлення. Показана необхідність компромісного обліку зазначених важливих показників при виборі ємності буферного пристрою, що запам'ятовує.

Проведено аналіз ефективності управління каналними ресурсами в мультимаршрутному тракті. Показана необхідність застосування мультимаршрутного тракту, його можливості підвищення живучості та вірності передачі даних. Так при використанні двоканального тракту ймовірність помилки може бути зменшена на два порядки. Визначено умову корисності підключення додаткового каналу в мультимаршрутному тракті.

Запропоновано алгоритм управління мережевими ресурсами. Алгоритмом передбачено вибір стратегії управління способу збору інформації, виявлення ресурсів, управління цими ресурсами і перевірка якості обслуговування користувачів. Алгоритмом передбачена можливість адаптації процесу управління до пропонованим вимогам. Така адаптація здійснюється до досягнення необхідної якості обслуговування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лосев Ю.І., Шматков С.І. Основи теорії інформації: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2009. – 128с.
2. Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас, Щербенюк В.С. Сравнительная оценка эффективности одномаршрутного и мультимаршрутного методов передачи сообщений / Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. Вип. 2(28) – Харків, 2011. – С.132-135.
3. Лосев Ю.И. и др. Автоматизированные системы управления в сетях с коммутацией пакетов. – Киев. : Техніка, 1999. – 312 с.
4. Лосев Ю.И. Методы и модели обмена информацией в распределенных адаптивных вычислительных сетях с временной параметризацией параллельных процессов / Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас: монографія.– Х.: ХНУ имени В.Н.Каразина, 2011. – 204 с.

