

**УДК 681.518**

**О. Ю. Замора; А. В. Немеришин; І. Р. Козбур; О. Р. Дмитрів, к.т.н., доц.**  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

**АНАЛІЗ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛІВ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ**

**O. Yu. Zamora; A. V. Nemeryshyn; I. R. Kozbur; O. R. Dmytriv, Ph.D., Assoc. Prof**  
**ANALYSIS OF NETWORK SYSTEMS OF AUTOMATED CONTROL WITH  
PROTOCOLS MULTIPLE ACCESS**

На теперішній час системи автоматизованого управління створюються на базі сучасної комп'ютерної техніки та процесорної елементної бази, що значно покращує їх якісні показники та можливості. Подібні системи автоматизації обумовлюють необхідність створення відповідних цифрових мереж передачі даних у розподілених системах автоматизації, котрі забезпечують обмін даними між окремими пунктами управління і контролю.

Активний розвиток цифрових мереж передачі даних у системах автоматизації спричиняє необхідність дослідження методів, котрі використовуються для обміну даними в цих мережах, а саме множинного, конкурентного доступу абонентів до загального каналу зв'язку. Множинний конкурентний доступ припускає поділ ресурсів каналу між абонентами. Такий поділ каналів може бути частотним, часовим або кодовим. Множинний доступ застосовують у кабельних та бездротових мережах.

Розрізняють безконфліктні й конфліктні методи доступу. Безконфліктні методи множинного доступу використовують у стільникових мережах стандартів AMPS, NAMPS, GSM, CDMA, UMTS (у режимі передачі мови) і інших. Серед конфліктних методів доступу широке поширення отримав стандарт для локальних провідних мереж IEEE 802.3 (Ethernet) і стандарт для локальних бездротових мереж - IEEE 802.11. У цей час іде активне впровадження стандартів для бездротових MAN та WRAN мереж – IEEE 802.16, IEEE 802.22. Дані стандарти, як і стандарти для провідних мереж IEEE 802.14, характеризується наявністю центральної станції. Особливістю стандартів IEEE 802.16 і IEEE 802.14 для мереж із центральною станцією (централізовані мережі) є використання конкурентного інтервалу в процесі передачі даних. У конкурентному інтервалі абоненти передають запити до центральної станції на надання каналних ресурсів. Абонент передає запит випадковим образом. Якщо передачі запитів від різних абонентів накладаються один на одного, то виникає конфлікт. У цьому випадку абоненти роблять повторну передачу відповідно до певних правил.

Зрозуміло, що правила керування передачею даних в конкурентному інтервалі можуть дуже сильно впливати на затримки передавання запитів, а це, у підсумку, вплине на час, який затратить абонент на передачу даних і відповідно вплине на швидкодію та ефективність мережі в цілому.

Відповідно потрібно провести порівняльний аналіз алгоритмів керування передачею запитів у конкурентному інтервалі, які використовують випадковий конкурентний множинний доступ та забезпечують оперативну доставку запитів на центральну станцію.

Модель випадкового множинного доступу (ВМД) централізованої мережі полягає в наступному. Розглядається тільки конкурентний інтервал, у слотах якого можлива ситуація «порожньо», передачі відсутні, ситуація «успіх», відбулася успішна передача, або ситуація «конфлікт», відбулася одночасна передача двох або більше запитів. Абонентські станції (АС) отримують інформацію про ситуації в слотах на початку наступного кадру. Кожна АС не може мати більше одного запиту в один

момент часу.

Як модель шумів використовується модель помилкових конфліктів, повністю обумовлена двома ймовірностями:  $q_0$  – ймовірність, з якою центральна станція (ЦС) через шум сприймає слот із ситуацією «порожньо» як слот «конфлікт» і  $q_1$  – ймовірність з якою ЦС через шум сприймає слот із ситуацією «успіх» як слот «конфлікт». Шуми у вихідному каналі відсутні за припущенням великої потужності передавача ЦС.

Застосовуються дві моделі надходження запитів у систему. У першій моделі число вхідних запитів розподілено за законом Пуассона з параметром  $\lambda$ , котрий визначає інтенсивність надходження запитів з розрахунку на кадр. Друга модель описується дискретним пакетним Марковським процесом (D-ВМАР).

Алгоритм ВМД вирішує два завдання, – керування передачею нових запитів (за дане завдання відповідає алгоритм доступу до каналу); керування повторною передачею запитів після виникнення конфліктів (це завдання вирішує алгоритм дозволу конфліктів (АДК)).

Розглянемо відомий алгоритм ВМД із чергою для централізованих мереж – FIFO by Sets ALOHA (FS-ALOHA). Алгоритм є базовим стосовно інших алгоритмів ВМД із чергою. В FS-ALOHA всі  $L$  слотів конкурентного інтервалу розбиті на дві підмножини без перетину. Перша підмножина містить  $S$  слотів доступу, друга –  $N=L-S$  слотів дозволу конфліктів.

Для обчислення швидкості функціонування алгоритму FS-ALOHA описуємо його в термінах теорії систем масового обслуговування, у вигляді черги FIFO GI/GI/1.

Умова стійкості даної системи, –  $\Lambda(\lambda, q_0, q_1) < \mu(\lambda, q_0, q_1)$ , де  $\Lambda(\lambda, q_0, q_1)$  – це середня кількість конфліктних підмножин (КП), що утворюються протягом одного кадру, відповідно  $\mu(\lambda, q_0, q_1)$  – інтенсивність обслуговування, визначена як середня кількість КП, котрі обслуговуються за один кадр, за умови, що в системі присутня хоча б одна КП. Умову стійкості представимо у наступному вигляді, –  $T(\lambda, q_0, q_1) < 1$ , де відповідно  $T(\lambda, q_0, q_1) \triangleq \sum_j T_j P_{arr}(j, \lambda, S, q_0, q_1)$ . Величина  $T_j$  – це математичне очікування числа кадрів, необхідних для обслуговування однієї КП, котра містить  $j$  запитів. Ймовірність  $P_{arr}(j, \lambda, S, q_0, q_1)$  – це ймовірність того, що в каналі з пуассонівським вхідним потоком з інтенсивністю  $\lambda$  запитів з розрахунку на кадр, ймовірностями помилкових конфліктів  $q_0, q_1$ , обумовлених ймовірностями на  $S$  слотах доступу, утвориться КП, що містить  $j$  запитів.

Визначено, що при збільшенні розміру конкурентного інтервалу ефективність алгоритму ВМД FS-ALOHA по відношенню до затримки передачі різко знижується. Запропоновано використати алгоритм ВМД, котрий вирішить проблему зниження ефективності, який спрощено можна описати як паралельну роботу декількох алгоритмів FS-ALOHA з одним слотом доступу й двома слотами дозволу конфліктів, що отримав назву Multi FS-ALOHA. У даному алгоритмі кількість слотів дозволу конфліктів  $N_t$  залежить від числа КП у черзі для кадру з номером  $t$ . Далі знаходимо оптимальні параметри  $S$  і  $N$ , які максимізують швидкість алгоритму Multi FS-ALOHA при фіксованому розмірі  $L$  конкурентного інтервалу.

## Література

1. Микитишин А.Г. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.