

Секція: Технічні науки

Єрохін Віктор Федорович

*доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна*

Полякова Анастасія Сергіївна

*аспірант
Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна*

Сбоєв Роман Юрійович

*курсант
Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна*

**ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЦЕДУР РОЗВ'ЯЗАННЯ
КОНФЛІКТІВ НА ФІЗИЧНОМУ РІВНІ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ
СИСТЕМАХ З ПРОТОКОЛОМ МДКН-ВК**

Один із найважливіших сучасних напрямків в галузі телекомунікацій, що одержав інтенсивний розвиток протягом останніх чотирьох десятиліть – мобільний зв'язок загального користування. Водночас зростаючі інформаційні мультимедіа-потреби людства,

революційне по суті виникнення інтернету речей, віртуального туризму, розповсюдження цифрового телебачення високої якості та ін. неминуче призвели до подальшого стрімкого завантаження радіоресурсу.

Проблема нестачі радіоресурсу, що при цьому виникає, може бути розв'язана шляхом застосування симплексних режимів роботи. Однак при цьому через децентралізоване управління радіозасобами виникають накладання сигналів не залежних за поведінкою користувачів. Згідно термінології семирівневої моделі взаємодії відкритих систем такі накладання (колізії, викривлення) класифікуються як конфлікти на фізичному рівні.

Природно, що за півсторіччя розвитку теорії ВМД [див., наприклад, 1-2] витрачені колосальні інтелектуальні ресурси, метою чого була розробка все більш досконалих протоколів доступу до середовища розповсюдження. На теперішній час теорія ВМД сформувалась в могутню самостійну дисципліну в межах загальної теорії зв'язку. Разом із зазначеним слід визнати ту очевидну закономірність, що алгоритмічні можливості подальшого суттєвого розвитку теорії ВМД асимптотично вичерпуються.

Паралельно, з деяким запізненням і до недавнього часу абсолютно незалежно від теорії ВМД, виникла і стрімко розвивається теорія багатокористувацького детектування (БКД) [3-4].

На теперішній час на фоні традиційної незалежності процесів розвитку теорії ВМД та БКД у деяких роботах (див., наприклад, [5]) досліджуються параметри протоколів ВМД за додаткового припущення про можливість одночасної передачі в одному каналному ресурсі більше, ніж одного сигналу (пакета). Таке припущення спочатку було викликане двома факторами – впровадженням широкосмугових сигналів, а також явищем придушення в демодуляторі (нелінійному для потужного сигналу) слабкого сигналу сильним.

Становлення теорії БКД, що принципово розв’язує проблему демодуляції сукупностей взаємно неортогональних цифрових сигналів (ЦС), до їх лінійної залежності включно [4], остаточно виправдало справедливість припущення про можливість повторного використання частотно-часового ресурсу. Опубліковані на теперішній час результати (наприклад, [5]) вже зараз дозволяють сподіватися на можливість реалізації алгоритмів розділення деякої кількості взаємно заважаючих ЦС на сучасній елементній базі.

Взаємопроникнення та навіть певне злиття теорій ВМД та БКД стає реальністю, тому що, очевидно, ефективність протоколів доступу не може не покращитись при впровадженні процедур розв’язання конфліктів на фізичному рівні (РКФР).

Протоколи випадкового множинного доступу з контролем несівної та виявлення конфліктів (МДКН – ВК) донедавна використовувались лише в кабельних (оптоволоконних) мережах через те, що в радіомережах поки що було неможливо виявляти будь-які сторонні випромінювання на фоні відносно потужних сигналів своїх передавальних пристроїв. Тепер досягнення теорії і практики БКД та можливості сучасної елементарної бази поступово усувають це обмеження. Результати досліджень свідчать, що можна не тільки суттєво підвищити пропускну спроможність (обслужене навантаження) протоколів ВМД за умови РКФР в демодуляторах радіоприймальних пристроїв, а також і комплексувати процедури ВМД з РКФР. При цьому відносний виграш в пропускній спроможності протоколів ВМД сягають десятків відсотків і виявляються (як не дивно) тим більшими, чим простішим є протокол доступу [5]. Можна тут також зазначити, що аналіз протоколів ВМД сімейства МДКН за додаткового припущення про можливість РКФР далекий до свого завершення.

Для аналізу протоколів ВМД свого часу А. Назаров запропонував асимптотичний метод [6], який відіграє важливу роль при дослідженні різних математичних моделей, в тому числі таких, якими описується функціонування різних типів систем масового обслуговування (СМО), притаманних опису систем зв'язку з ВМД.

При Пуасонівському вхідному потоці і експоненціально розподіленому часі обслуговування рівняння стаціонарності має вигляд [6]:

$$\xi z^2 + z(4\xi k + 2\xi^2 + 2\xi k^2 - 2k) + 4\xi^2 k + \xi^3 + 2\xi^2 k^2 = 0 \quad (1)$$

$$\text{Тут і далі } \xi = \frac{\lambda}{\mu_2}, z = \frac{x}{\mu_2}, k = \frac{\mu_1}{\mu_2};$$

λ – інтенсивність вхідного пуасонівського потоку; μ_1 – експоненціально розподілена інтенсивність виявлення заявок на обслуговування та нерозв'язуваних конфліктів (1-й етап обслуговування); μ_2 – інтенсивність безпосередньо корисного безконфліктного обслуговування на 2-му етапі, що також в розглянутій [6] задачі підкоряється експоненціальному розподілу; x – інтенсивність потоку заявок із джерела повторних викликів (ДПВ).

При асимптотичному аналізі протоколу МДКН – ВК за припущення про РКФР кратності 2 із застосуванням підходу [6] маємо рівняння стаціонарності для нижченаведених випадків:

Коли обслуговуються заявки експоненціально розподілених неспівпадаючих тривалостей:

– при успішному одночасному обслуговуванні двох заявок [5]

$$\xi z^2 + z(9\xi k + 2\xi^2 + 9\xi k^2 - 12k) + 9\xi^2 k + \xi^3 + 9\xi^2 k^2 = 0; \quad (2)$$

– із застосуванням методики [6] при успішному одночасному обслуговуванні трьох заявок одержуємо:

$$\xi z^2 + z(16\xi k + 2\xi^2 + 12\xi k^2 - 36k) + 16\xi^2 k + \xi^3 + 12\xi^2 k^2 = 0. \quad (3)$$

Також коли обслуговування заявок на другому етапі – випадкової, але співпадаючої тривалості:

– при успішному одночасному обслуговуванні двох заявок [5]

$$\xi z^2 + z(9\xi k + 2\xi^2 + 6\xi k^2 - 12k) + 9\xi^2 k + \xi^3 + 6\xi^2 k^2 = 0; \quad (4)$$

– також шляхом асимптотичного аналізу в теорії ВМД можна показати, що при успішному одночасному обслуговуванні трьох заявок маємо:

$$\xi z^2 + z(16\xi k + 2\xi^2 + 22\xi k^2 - 36k) + 16\xi^2 k + \xi^3 + 22\xi^2 k^2 = 0. \quad (5)$$

Для наочності результати аналізу пропускної спроможності протоколів сімейства МДКН-ВК за допомогою рівнянь (1-5) наведені на рис. 1.

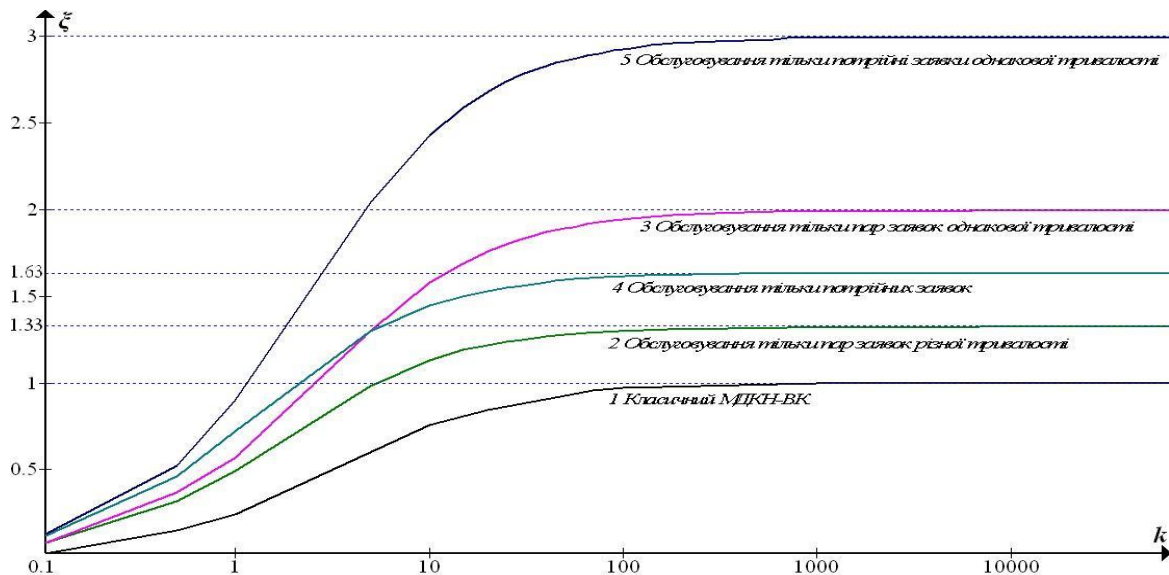


Рис. 1. Пропускна спроможність протоколів МДКН – ВК

Бачимо, що у всіх випадках пропускна спроможність суттєво зростає у порівнянні з класичним протоколом МДКН-ВК [6], коли РКФР передбачалось неможливим (рівняння стаціонарності (1)). Наприклад, якщо реалізоване РКФР кратності 2, при їх експоненціально розподілених неспівпадаючих тривалостях обслуговування заявок на другому етапі пропускна спроможність збільшується в 1.33 рази, а при теж випадкових, але спів-падаючих за тривалістю – вдвічі.

Аналогічно попередньому прикладу, проаналізовано черговий випадок, коли можна успішно одночасно обслуговувати три заявки. Це також дає подальше збільшення пропускної спроможності. При обслуговуванні на другому етапі заявок з неспівпадаючими випадковими тривалостями пропускна спроможність збільшується в 1.63 рази, а при експоненціальному законі обслуговування заявок однакової випадкової тривалості у порівнянні з [6] збільшується втричі.

Література

1. Queueing Systems, Volume I: Theory / Leonard Kleinrock – New York: Wiley, 1975, 417 pp..
2. Tanenbaum, A. S. Structured Computer Organization, 5th Edition / Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall – Pearson Higher Education. 2006, 960 pp.
3. Verdu S. Multiuser Detection. Cambridge: Cambridge university Press, 1998. 474 p.
4. Бураченко Д. Оптимальное разделение цифровых сигналов многих пользователей в линиях и сетях связи в условиях помех. Ленинград: ВАС, 1990. 302 с.
5. Єрохін В. Випадковий множинний доступ при розв'язанні конфліктів на фізичному рівні: Навч. посібник. Київ: ІСЗІ НТУУ «КПІ», 2014. 294 с.
6. Назаров А.А. Асимптотический анализ маркизируемых систем / А.А. Назаров. – Томск: ТГУ, 1991. – 158 с.