

УДК 621.391

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СУПУТНИКОВОЇ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З БОРТОВОЮ
РЕАЛІЗАЦІЄЮ DAMA**

Кашуба С. В., магістрант

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна,
kashubasv@gmail.com*

**EFFICIENCY ESTIMATION OF SATELLITE TELECOMMUNICATION SYSTEM
WITH ON-BOARD IMPLEMENTATION OF DAMA**

Kashuba S. V., Undergraduate Student

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

Вступ

У світі конвергентних мультимедійних мереж зв'язку супутникової системи займають особливе місце завдяки глобальному покриттю. Проте, обмежені ресурси зворотного каналу та велика кількість терміналів обумовлюють задачу розподілу цього ресурсу основною проблемою на шляху підвищення продуктивності мережі [1]. Одним зі шляхів вирішення цього завдання є використання методів множинного доступу у зворотному каналі, що ґрунтується на поточному завантаженні супутникових терміналів (СТ). Такі методи узагальнюються поняттям множинного доступу з наданням ресурсу на вимогу або DAMA (Demand Assignment Multiple Access). У [2] висвітлено основні положення щодо такого підходу та один з варіантів реалізації механізму DAMA для мультимедійної супутникової мережі, що також забезпечує підтримку пріоритетів трафіку різного типу.

Реалізація бортової обробки сигналів у супутникових системах передачі даних дозволяє отримати ряд переваг над системами з «прозорою» ретрансляцією [3]. До таких переваг можна віднести комутацію даних між різними транспондерами на супутнику, передачу даних між будь-якими станціями мережі за один супутниковий «скачок», підвищення завадостійкості передачі за рахунок регенерації сигналу та інші [4]. Крім того виникає можливість бортової реалізації деяких специфічних функцій вищих рівнів мережевої взаємодії. У роботі [5] проводиться дослідження характеристик супутникової мережі технології АТМ з частковою реалізацією функцій управління доступом до спільного ресурсу зворотного каналу на борту.

Мета даної роботи – за допомогою імітаційного моделювання провести оцінку впливу на характеристики супутникової телекомунікаційної системи повного переносу механізму DAMA з центру керування мережею

(ЦКМ) на борт супутникової платформи. Загальна схема запропонованого рішення зображена на рис. 1, б.

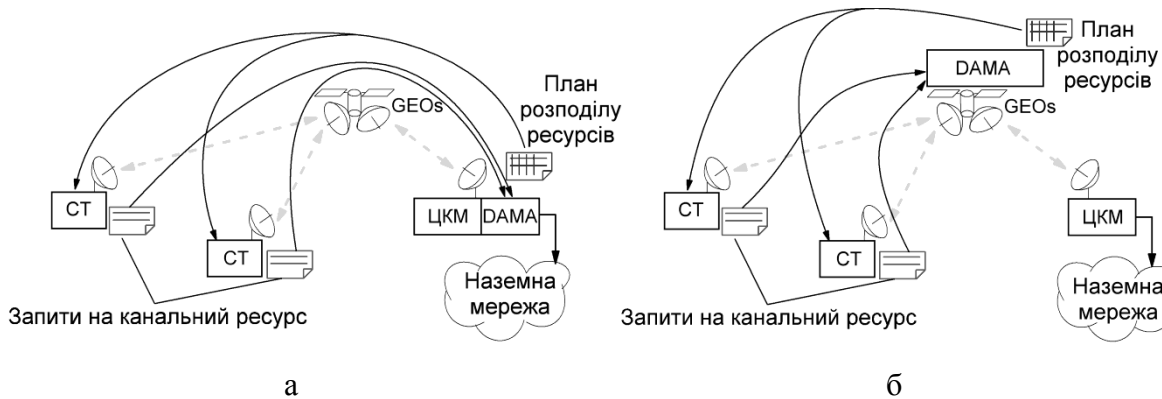


Рис. 1. Схема обміну службовими повідомленнями в супутникових системах з реалізацією DAMA в центрі керування мережею (а); з бортовою реалізацією (б).

Теоретична частина

У даному дослідженні використовувався спрощений варіант алгоритму DAMA, що приведено в [2], без поділу трафіку на класи обслуговування. У цій частині роботи розглядається алгоритм обчислень та взаємодіючі сторони при традиційній реалізація DAMA у мережі з «прозорим» супутником та обробкою запитів на ресурс у межах ЦКМ. Для бортової реалізації всі розрахунки є аналогічними.

Прийmemo, що зворотній канал супутникової системи (далі – канал) має сумарну пропускну здатність R_{Tot} , вона має динамічно розподілятися між групою СТ кількістю S . За кожним терміналом може бути закріплено певний статичний обсяг каналного ресурсу R_i^{st} , де i – номер СТ, $i \in (1, S)$. При цьому повинна виконуватись залежність:

$$R_{Tot} > \sum_{i=1}^S R_i^{st} \quad (1)$$

Пропускна здатність, що розподіляється динамічно, R_{Tot}^{dyn} , при дотриманні (1):

$$R_{Tot}^{dyn} \leq R_{Tot} - \sum_{i=1}^S R_i^{st} \quad (2)$$

Результатом обробки інформації про стан завантаження системи буде набір коефіцієнтів, кожен з яких описує частину «спільного» ресурсу, призначеного певному СТ у наступному циклі. Позначимо $\delta_i[t_1; t_2]$ як частину R_{Tot}^{dyn} , що визначає обсяг динамічно наданого ресурсу каналу $R_i^{dyn}[t_1; t_2]$ для i -того СТ в межах інтервалу часу $[t_1; t_2]$:

$$R_i^{dyn}[t_1; t_2] = R_{Tot}^{dyn} \cdot \delta_i[t_1; t_2], \quad \sum_{i=1}^S \delta_i[t_1; t_2] \leq 1 \quad (3)$$

При необхідності приведення обсягу динамічного ресурсу (3) до квантова них значень, слід зберігати обмеження (2) для уникнення конфлікту у зайнятті ресурсу каналу більш ніж одним СТ.

Позначимо через T_{Int} час дії одного плану зайняття, що містить інформацію про дозволений каналний ресурс для кожного СТ протягом визначеного проміжку часу. Відповідно з таким же періодом має відбуватися передача запитів від всіх СТ до ЦКМ. Сумарна тривалість затримки в циклі СТ-ЦКМ-СТ буде становити T_{Del} :

$$T_{Del} = 2 \cdot T_{Path} + T_{Comp},$$

де, T_{Path} — затримка поширення сигналу від СТ до ЦКМ; T_{Comp} — час обчислень в ЦКМ.

Введемо величину F , що є показником інтенсивності надходження запитів на ресурс:

$$F = T_{Del} / T_{Int}.$$

В межах алгоритму СТ на момент часу t передають до ЦКМ у якості запитів на каналний ресурс наступну інформацію:

- очікуване заповнення черги терміналу в момент часу $t + T_{Int}$ (кінець інтервалу дії поточного плану):

$$q_i^*(t + T_{Int}) = q(t) + (R_i^{in*}[t, t + T_{Int}] - R_{Tot}^{dyn} \delta_i(t)) \cdot T_{Int} \quad (4)$$

- очікуване значення середньої швидкості потоків інформації на проміжку часу $[t + T_{Int}; t + F \cdot T_{Int}]$:

$$R_i^{in*}[t + T_{Int}; t + F \cdot T_{Int}] = \sum_{k=1}^{F-1} \frac{R_i^{in*}[t + k \cdot T_{Int}; t + (k+1) \cdot T_{Int}]}{F-1} \quad (5)$$

У момент часу $t + T_{Path}$ на ЦКМ надходять параметри від S терміналів обчислені за виразами (4, 5) і відбувається розрахунок оціночних значень завантаження черг терміналів у момент часу $t + T_{Del} = t + F \cdot T_{Int}$:

$$q_i^*(t + F \cdot T_{Int}) = q_i^*(t + T_{Int}) + ((F-1) \cdot R_i^{in*}[t + T_{Int}, t + F \cdot T_{Int}] - R_{Tot}^{dyn} \sum_{k=1}^{F-1} \delta_i(t + k T_{Int})) T_{Int} \quad (6)$$

Отримані таким чином оцінки завантаження СТ будуть визначати пропорційність розподілу пропускну здатності у плані, що надсилається у напрямку СТ в момент $t + T_{Path} + T_{Comp}$. Слід врахувати, що фізично величина $q_i^*(t + F \cdot T_{Int})$ не може бути від'ємною, тому, при розрахунках, всі негативні результати слід зводити до нуля. Виходячи оцінок заповнення буферів СТ у виразі (6), доля каналного ресурсу на період часу $[t + F \cdot T_{Int}; t + (F+1) \cdot T_{Int}]$ для окремого терміналу:

$$R_i^{out} [t + F \cdot T_{Int}; t + (F + 1) \cdot T_{Int}] = R_i^{st} + R_{Tot}^{dyn} \frac{q_i^* (t + F \cdot T_{Int})}{\sum_{i=1}^S q_i^* (t + F \cdot T_{Int})} \quad (7)$$

Значення, розраховані відповідно до (7), представляють собою основу для формування плану зайняття фізичних ресурсів, який відправляється до СТ в наступний такт роботи DAMA.

Експериментальна частина

Для отримання характеристик мережі було синтезовано модель роботи механізму DAMA для зворотного каналу супутникової системи зв'язку, що обслуговує лише один тип трафіку (передача даних від персонального комп'ютера, що не використовує сервіси критичні до часових затримок). У такому разі, кожен окремий термінал можна представити як буфер нескінченної ємності без втрат, дані в якому знаходять як завгодно довго до моменту передачі через наданий канал передачі.

Реалізація моделі в середовищі MATLAB складалась з масивів, що відображали вхідні потоки навантаження з певною дискретністю, механізму моделювання передачі, та масивів параметрів стану терміналів. Параметрами стану терміналів були: завантаження черг, доступна пропускна здатність та поточна швидкість наповнення черги.

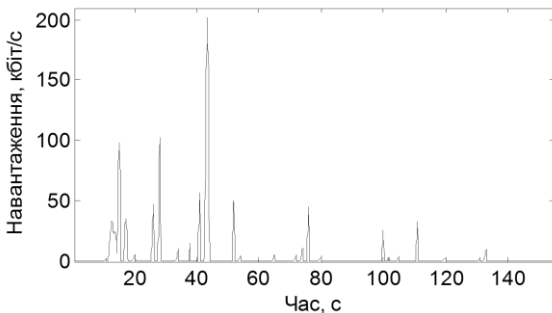


Рис. 2. Зразок навантаження СТ.

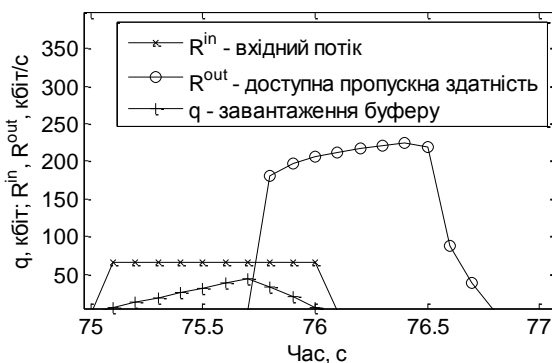


Рис. 3. Перевірка роботи механізму DAMA.

У якості моделі джерел навантаження використовувався щосекундний запис використання мережевого ресурсу реальним користувачем мережі Інтернет. Збір даних проводився за допомогою ПЗ «Bandwidth Monitor».

Зразок навантаження, що використовувалось у одному з каналів передачі, приведено на рис.2.

Переконатися у коректності роботи моделі механізму DAMA можна з рис. 3. На графіку приведено фрагмент зміни у часі доступної пропускної здатності терміналу, як реакції системи на появу даних на передачу. Чітко видно часову затримку, за яку відбувається передача запиту на виділення каналу, формування та отримання нового плану.

Оцінити вплив бортової реалізації DAMA на ефективність розподілу ресурсу каналу можна з рис. 4, де ви-

дно істотне скорочення об'єму даних, що знаходяться в буферах в очікуванні надання каналу передачі. Ця зміна пов'язана зі скороченням часової затримки між моментами формування запиту на ресурс та отримання терміналом оновленого плану розподілу.

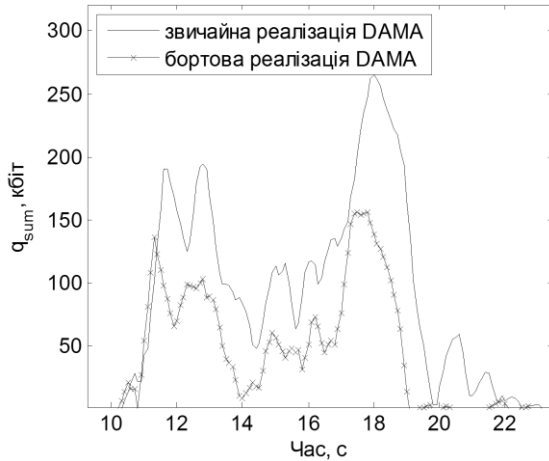


Рис. 4. Сумарне завантаження буферів в терміналах системи.

«термінал – супутник» – 0,13 с; затримка супутникового каналу «термінал – ЦКМ» – 0,26 с; період оновлення плану розподілу ресурсу – 0,1 с. Зі сформованої матриці, що описує джерела навантаження, отримано наступні характеристики для зворотного каналу: середнє сумарне навантаження в системі – 120,6 кбіт/с; пікове сумарне навантаження – 676,5 кбіт/с.

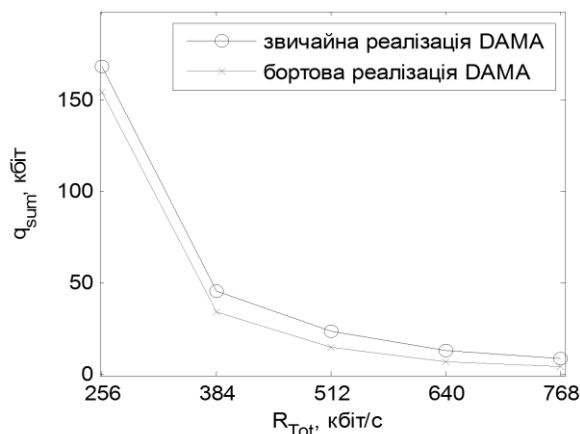


Рис. 5. Залежність усередненого за часом завантаження буферів від пропускної здатності каналу.

каналу в певний момент часу, що виділено доцільно (лише для СТ з наявними даними для передачі). Моменти хибного розподілу ресурсів виникають через інертність механізму, коли певний термінал мав різку, але короточасну появу даних.

Для порівняння роботи системи DAMA з різними параметрами необхідно визначити числові критерії. Одним з таких критеріїв обрано середнє значення завантаження буферів передачі в системі. Ця величина характеризує час затримки до моменту надання необхідного обсягу каналу та передачі даних.

Подальші результати отримано за наступних параметрів моделі: кількість терміналів – 8; затримка супутникового каналу

На рис. 5 приведено усереднене за часом сумарне завантаження буферів, при різних значеннях пропускної здатності каналу, для двох реалізацій DAMA. У випадку достатньо високої пропускної здатності, бортова реалізація має майже у два рази кращі показники завантаження буферів, а, відповідно, і значення часу очікування даних у буфері.

З іншого боку, охарактеризувати роботу протоколу множинного доступу можна через сумарний ресурс

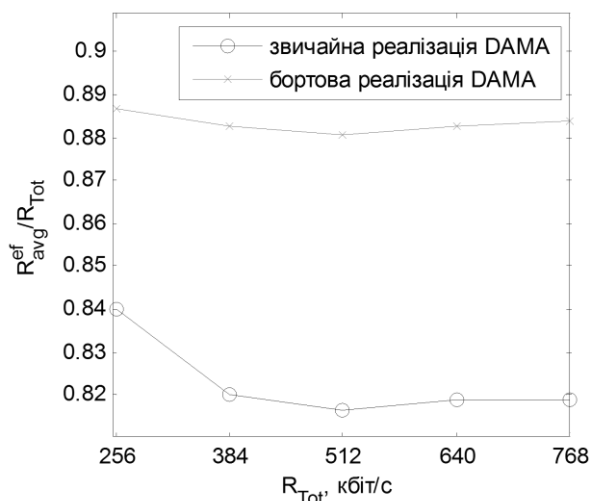


Рис. 6. Нормована продуктивність зворотного каналу.

Усереднена за часом сума наданого ресурсу для СТ з наявним даними для передачі, фактично, є продуктивністю системи на каналному рівні.

На рис. 6 приведено графіки залежності нормованої продуктивності від номіналу пропускної здатності каналу на фізичному рівні. З рисунку можна зробити висновок про зростання продуктивності у системі з бортовою реалізацією DAMA на 5-6%, порівняно з традиційною реалізацією механізму в ЦКМ.

Висновки

Отримано імітаційну модель роботи механізму множинного доступу за вимогою у зворотному каналі супутникової телекомунікаційної системи. За допомогою моделі, порівняно характеристики систем з бортовою реалізацією DAMA та традиційною (в центрі керування мережею). За результатами порівняння можна зробити висновок про підвищення продуктивності у зворотному каналі на 5-6% за рахунок більш своєчасного надання та вивільнення каналного ресурсу.

Проте, слід відмітити, що модель має декілька недоліків: неквантоване надання ресурсу, моделювання передачі даних відбувалося у форматі окремих бітів, а не пакетів. Усунення цих недоліків та вдосконалення механізму DAMA є метою подальшого дослідження у цьому напрямку.

Перелік посилань

1. Cuesta B. Innovative DAMA algorithm for multimedia DVB-RCS system / B. Cuesta, L. Albio, J. M. Aguiar, C. Baladrón, B. Carro, A. Sánchez-Esguevillas // [EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking](#). – 2013. – P. 1–14.
2. Priscoli F. D. A QoS-aware Bandwidth on Demand Assignment Mechanism in GEO Satellite System / F. D. Priscoli, D. Pompili, G. Santoro // [EU Information Society Technology Mobile and Wireless Communications Summit \(IST Summit\)](#). – 2004. – P. 1 – 5.
3. Le Roy Y. The Alcatel 9343 DVB-OBP Product: An On-Board Processor for Digital Television and Internet Data / Y. Le Roy, J. Prat, A. Jalón, J. Riba, J. Sala, I. Morrison // [Digital Signal Processing Techniques for Space Communications](#) ; Seventh International Workshop on, Sesimbra, Portugal. – 2001. – P. 1–8.
4. Chacón S. Multimedia applications of the integrated broadcast interaction system (IBIS) / S. Chacón, J. L. Casas, A. Cal, R. Rey, J. Prat, A. R. J. de la Plaza, C. M. Nieto, F. J. R. Piñar // [Digital Signal Processing Techniques for Space Communications](#) ; Seventh International Workshop, Sesimbra, Portugal. – 2001. – P. 1–8.
5. Priscoli F. D. Resource management for ATM-based geostationary satellite network

with on-board processing / F. D. Priscoli, A. Pietrabissa // [Computer Networks Journal](#). – 2002. – №39. – P. 43–60.

References

1. Cuesta B., Albio L., Aguiar J. M., Baladrón C., Carro B. and Sánchez-Esguevillas A. (2013) Innovative DAMA algorithm for multimedia DVB-RCS system. [EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking](#), pp. 1–14.
2. Priscoli F. D., Pompili D. and Santoro G. (2004) A QoS-aware Bandwidth on Demand Assignment Mechanism in GEO Satellite System, [Proc. of EU Information Society Technology Mobile and Wireless Communications Summit \(IST Summit\)](#), pp. 1–5.
3. Le Roy Y., Prat J., Jalón A., Riba J., Sala J. and Morrison I. (2001) The Alcatel 9343 DVB-OBP Product: An On-Board Processor for Digital Television and Internet Data. [Digital Signal Processing Techniques for Space Communications, Seventh International Workshop on](#), pp. 1–8.
4. Chacón S., Casas J. L., Cal A., Rey R., Prat J., de la Plaza A. R. J., Nieto C. M., Piñar F. J. R. (2001) Multimedia applications of the integrated broadcast interaction system (IBIS). [Digital Signal Processing Techniques for Space Communications, Seventh International Workshop on](#), pp. 1–8.
5. Priscoli F. D. and Pietrabissa A. (2002) Resource management for ATM-based geostationary satellite network with on-board processing. [Computer Networks Journal](#), Vol. 39, No. 1, pp. 43-60.

Кашуба С. В. Оцінка ефективності супутникової телекомунікаційної системи з бортовою реалізацією DAMA. У роботі представлено оцінку зміни характеристик супутникової телекомунікаційної системи, при переносі механізму динамічного розподілу каналного ресурсу з центральної станції мережі на борт супутника. Розглянуто варіант алгоритму роботи механізму DAMA. Приведено результати експериментів, які були проведені на імітаційній моделі, для двох варіантів реалізації DAMA, за якими можна свідчити про суттєве скорочення середнього завантаження черг та підвищення продуктивності зворотного каналу на 5-6% у випадку бортової реалізації керування множинним доступом з наданням ресурсу на вимогу.

Ключові слова: супутникова телекомунікаційна система, DAMA, бортова обробка, розподіл ресурсу.

Кашуба С. В. Оценка эффективности спутниковой телекоммуникационной системы с бортовой реализацией DAMA. В работе представлена оценка изменения характеристик спутниковой телекоммуникационной системы, при переносе механизма динамического распределения каналного ресурса с центральной станции сети на борт спутника. Рассмотрено вариант алгоритма работы механизма DAMA. Приведены результаты экспериментов, которые были проведены на имитационной модели, для двух вариантов реализации DAMA, по которым можно свидетельствовать о существенном сокращении средней загрузки очередей и повышении продуктивности обратного канала на 5-6% в случае бортовой реализации управления множественным доступом с выделением ресурса по требованию.

Ключевые слова: спутниковая телекоммуникационная система, DAMA, бортовая обработка, распределение ресурса.

Kashuba S. V. Efficiency estimation of satellite telecommunication system with on-board implementation of DAMA.

Introduction. Satellite is often used as an access network in convergent multimedia communications, where multimedia and real-time services are supported by return channels. Demand assigned multiple access (DAMA) applied for efficient assignation of limited resource of satellite return channel. On-board signal processing gives a lot of functional benefits for satellite systems and can be used as possibility to implement DAMA mechanism on satellite.

Theory part. Simplified algorithm of dynamic resource allocation presented which is equivalent for both inside Network Control Center (NCC) and on-board implementations of DAMA. Realization of algorithm is based on information about transmission buffers load of each terminal station.

Experimental part. Imitation model of return satellite channel with DAMA was developed and tested. Average buffers load and performance of channel level were chosen as characteristics to compare systems with NCC and on-board DAMA implementation. These characteristics were measured for different available return channel capacity.

Conclusions. Experiments showed significant average buffer load reduction and 5-6% performance gain for on-board implemented DAMA model comparing to traditional realization. However, model of DAMA mechanism has drawbacks (bit representation of data, physical layer constraints are not considered for resource allocation granularity) and it should be improved for more precise results.

Keywords: *Satellite communication system, DAMA, on-board processing, resource allocation.*