

УДК 004.7(075)

Модель процесу управління доступом у бездротовій комп'ютерній мережі

М.О. Слабишев, А.Г. Бердніков

**Слабишев
Михайло Олегович**

студент кафедри теоретичної та прикладної системотехніки; Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, Харків-22, Україна, 61022;

e-mail: misha220498@gmail.com;<https://orcid.org/0000-0003-2367-1731>**Бердніков
Анатолій Георгійович**

доцент, кандидат технічних наук кафедри теоретичної та прикладної системотехніки; Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, Харків-22, Україна, 61022;

e-mail: a.berdnikov@karazin.ua;<https://orcid.org/0000-0001-7923-0754>

В АСУ ТП до сьогодні існує проблема забезпечення мінімального часу доставки інформації при відсутності колізій, бо під час передачі часто виникають колізії або час затримки інформації є неоптимальним. Ця проблема вирішується використанням бездротових комп'ютерних мереж та методами передачі інформації з запобіганням колізії які впливають на час затримки передачі інформації. Розроблена модель процесу управління доступом в бездротових комп'ютерних мережах вирішує проблему ефективної передачі інформації з запобіганням колізії. Метою використання даної моделі є зменшення затримки передачі інформації.

Ключові слова : бездротова комп'ютерна мережа, колізія, кадр, слот, станція.

Model of control access process in wireless computer network

M. Slabyshev, A. Berdnikov

Slabyshev Mykhailo*student of the department of theoretical and applied systems engineering; V.N. Karazin Kharkiv National University, Maidan Svobody, 4, Kharkiv-22, Ukraine, 61022;***Berdnikov Anatoly***Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Department of Theoretical and Applied Systems Engineering; V.N. Karazin Kharkiv National University, Maidan Svobody, 4, Kharkiv-22, Ukraine, 61022;*

The problem of ensuring the minimum delivery time of information with prevention of collisions is a pressing problem in ACS TP, since collisions often occur during transmission or the delay time of information is not optimal. This problem is solved by the use of wireless computer networks and methods of information transmission with collision prevention, which affect the delay time of information transmission. The developed model of the access control process in wireless computer networks solves the problem of effective information transfer with collision prevention. The purpose of using this model is to reduce the delay in information transmission. ACS TP often needs modernization as technical innovations are becoming available. At the same time, the quality of production should not fluctuate. The most important element of modernization is the use of wireless technologies that save money and time, compared to the deployment of wired networks. The aim of the work is to develop the model of control access process in a wireless computer network with collision prevention. The process of forming delay slots for information transfer has been researched. The object of the study is a wireless computer network in the ACS TP. The subject of the study is a model of control access process in a wireless computer network with collision prevention. The research objectives are to create requirements for the model, to propose a structure, to create a model, to conduct tests and evaluate the obtained results. The model of access control process in a wireless computer network designed to transmit information with prevention of collisions in a wireless computer network has been developed.

Keywords: wireless computer network, collision, frame, slot, station, access control model, process, access mode.

Модель процесса управления доступом в беспроводной компьютерной сети

М.О. Слабышев, А.Г. Бердников

**Слабышев
Олегович****Михаил***студент кафедры теоретической и прикладной системотехники; Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, площадь*

Свободы, 4, Харьков-22, Украина, 61022;

**Бердников
Анатолий Георгиевич**

доцент, кандидат технических наук кафедры теоретической и прикладной системотехники; Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, площадь Свободы, 4, Харьков-22, Украина, 61022;

В АСУ ТП до сих существует проблема обеспечения минимального времени доставки информации при отсутствии коллизий, поскольку при передаче часто возникают коллизии или время задержки информации является неоптимальным. Эта проблема решается использованием беспроводных компьютерных сетей и методами передачи информации с предотвращением коллизии, которые влияют на время задержки передачи информации. Разработанная модель процесса управления доступом в беспроводных компьютерных сетях решает проблему эффективной передачи информации с предотвращением коллизии. Целью использования данной модели является уменьшение задержки передачи информации.

Ключевые слова: *беспроводная компьютерная сеть, коллизия, кадр, слот, станция.*

У статті розглянуті особливості процесу управління бездротових комп'ютерних мереж.

Метою даної роботи є розробка моделі процесу управління доступом у бездротовій комп'ютерній мережі з запобіганням колізій та методики вибору міжкадрових інтервалів. Обґрунтування вибору міжкадрових інтервалів в режимах доступу до середовища. Дослідження процесу формування слотів відстрочки для передачі інформації.

Об'єктом даної роботи є бездротова комп'ютерна мережа в АСУ ТП.

Предмет дослідження - модель процесу управління доступом у бездротовій комп'ютерній мережі з запобіганням колізій.

Розроблена модель процесу управління доступом у бездротовій комп'ютерній мережі, яка призначена для передачі інформації з запобіганням колізій в бездротовій комп'ютерній мережі.

Розроблена модель наочно показує роботу і особливості цього режиму. Необхідність розробки цієї моделі полягала в тому, що при вивченні режимів доступу в бездротовій мережі ця модель полегшила процес навчання і розуміння передачі кадрів в бездротових мережах.

Актуальність роботи: до сьогодні існує проблема передачі інформації в бездротових мережах, бо під час передачі часто виникають колізії. Тема є актуальною, бо розроблена модель протоколу управління доступом забезпечує запобігання колізії.

Аналіз проблем використання бездротових мереж

АСУ ТП (Автоматизована система управління технологічним процесом) найчастіше потребує модернізації, так як технічний прогрес не стоїть на місці. При цьому, якість виробництва не повинна змінюватися і має бути на однаково високому рівні. Найважливішим елементом модернізації є застосування бездротових технологій, що приносять економію коштів і часу, в порівнянні з розгортанням дротових мереж. [1]

У більшості застосувань бездротові мережі дозволяють досягти наступних переваг в порівнянні з провідними мережами:

- суттєво знизити вартість встановлення датчиків;
- зменшити затримку передачі інформації;
- зменшити трудовитрати часу на монтаж і обслуговування системи;
- прискорити налагодження системи і пошук несправностей;
- забезпечити зручну модернізацію системи.

Таким чином, застосування бездротових мереж є в деяких випадках більш зручним, ніж використання дротових технологій.

Характерною особливістю бездротових комп'ютерних мереж є те, що вони використовують не множинний доступ з виявленням колізій (CSMA / CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.), а множинний доступ з запобіганням колізій (CSMA / CA - Carrier sensing multiple access with collision avoidance.). [2]

Стандарт бездротових мереж 802.11 намагається уникати колізій за рахунок множинного доступу з запобіганням колізій CSMA/CA. Запобігання колізій використовується для того, щоб поліпшити продуктивність передачі, віддавши мережу єдиному передавальному пристрою. Збільшення ефективності досягається за рахунок зниження ймовірності колізій і повторних спроб передачі. Уникнення колізій корисно на практиці в тих ситуаціях, коли своєчасне виявлення колізії неможливо - наприклад, при використанні радіопередавачів. [3]

В даному методі розрізняють 2 режими доступу до середовища: розподілений (DCF - **Distributed Coordination Function**) і централізований (PCF - Point Coordination Function.).

Розподілений режим доступу DCF

В цьому режимі реалізується безпосередньо метод CSMA / CA. Кожен переданий кадр повинен бути підтверджений кадром позитивної квитанції, який надсилається станцією призначення. Якщо по закінченню тайм-ауту для цього кадру квитанція не надходить, станція-відправник вважає, що сталася колізія.

Режим доступу DCF потребує синхронізації станцій. У стандарті 802.11 ця проблема вирішується так - тимчасові інтервали починають відраховуватися від моменту закінчення передачі попереднього кадру.

Станція, яка хоче передати кадр, зобов'язана попередньо перевірити зайнятість середовища. Як тільки вона підтверджує закінчення передачі попереднього кадру, вона зобов'язана відрахувати інтервал часу, рівний міжкадровому інтервалу IFS (Inter Frame Space). [4]

Якщо після закінчення IFS середовище все ще вільне, то починається відлік слотів, визначених заздалегідь тривалості (як зазначено на рисунку 1). Кадр можна починати передавати тільки на початку слота за умови, що середовище передачі в цей самий момент вільне.

Розмір слота залежить від способу кодування сигналу: для методу DSSS, який використовується саме в бездротових мережах – 1 мкс. Розмір слота вибирається так, щоб він перевершував час поширення сигналу між будь-якими двома станціями мережі плюс час, що витрачається станцією на розпізнавання ситуації зайнятості середовища. Якщо це дотримується, то кожна станція мережі зможе правильно розпізнати початок передачі кадру при прослуховуванні середовища. Це, в свою чергу, означає, що колізія може статися тільки в тому випадку, коли кілька станцій вибирають один і той самий слот для передачі.

Станція вибирає для передачі слот на підставі усіченого експоненціального двійкового алгоритму відстрочки (алгоритм додавання перевірочних слотів перед передачею основного кадру). Номер слота вибирається як випадкове ціле число, яке рівномірно розподілене в інтервалі $[0, CW]$, де CW означає **Contention Window** (конкурентне вікно, що може змінюватися в розмірах – 2,4,8,16 або 32). [5]

Для наочності прикладу роботи режиму DCF розроблена модель, яка наочно показує роботу і особливості цього режиму. Необхідність розробки цієї моделі полягала в тому, що при вивченні режимів доступу в бездротовій мережі ця модель полегшує процес навчання і розуміння передачі кадрів в бездротових мережах. Дана модель може бути використана для мережі з великою кількістю станцій (до 32 станцій), в залежності від розміру конкурентного вікна.

Припустимо ситуацію, коли станція В хоче передати кадри станції А. Перед передачею кадрів і відрахування слотів відстрочки, станція, яка хоче захопити середовище, обов'язково повинна послати службовий кадр RTS (Request To Send- запит на передачу). На цей кадр станція, яка буде приймати кадри, повинна у відповідь послати службовий кадр CTS (Clear To Send - вільна для передачі). Тільки після цього починається алгоритм відліку слотів.

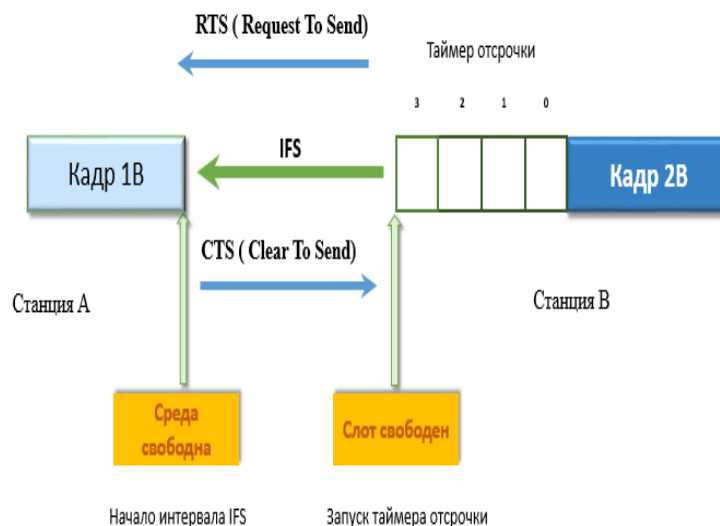


Рисунок 1 – Модель після першого кроку алгоритму

Перед передачею кадру станція В відлічить слоти відстрочки, починаючи зі слота 3. Після успішного захоплення середовища починається алгоритм зменшення слотів.

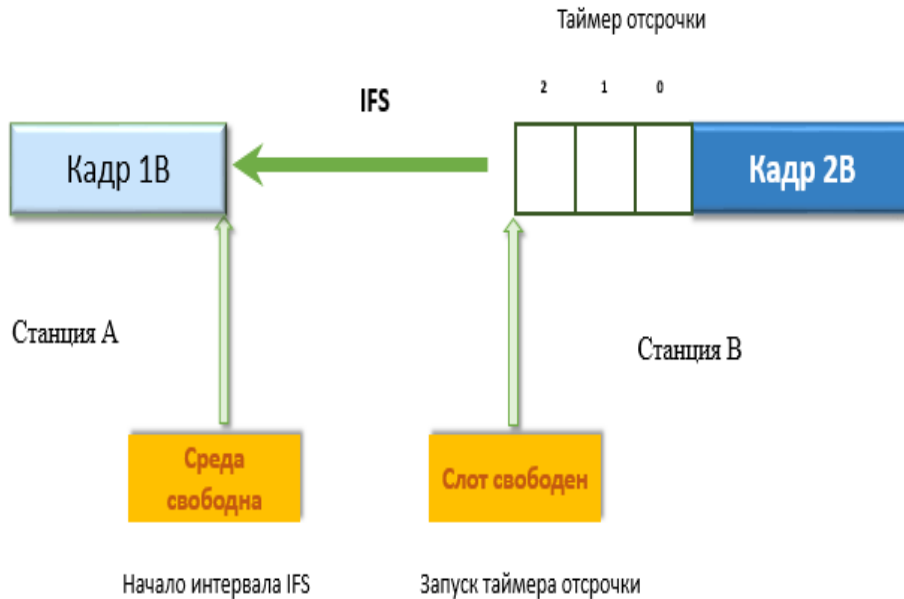


Рисунок 2 – Модель після другого кроку алгоритму

Так як середовище є вільним, слот є незайнятим, то кількість слотів успішно зменшується на 1.

Припустимо, в цей же час приєднується станція С, яка хоче передати кадри на станцію А. Станція С відрахувала для себе випадкове число слотів відстрочки i , припустимо, воно дорівнює 2 слотів (починаючи зі слота №1). Вона повинна послати службовий кадр RTS на станцію А і дочекатися відповідного службового кадру CTS.

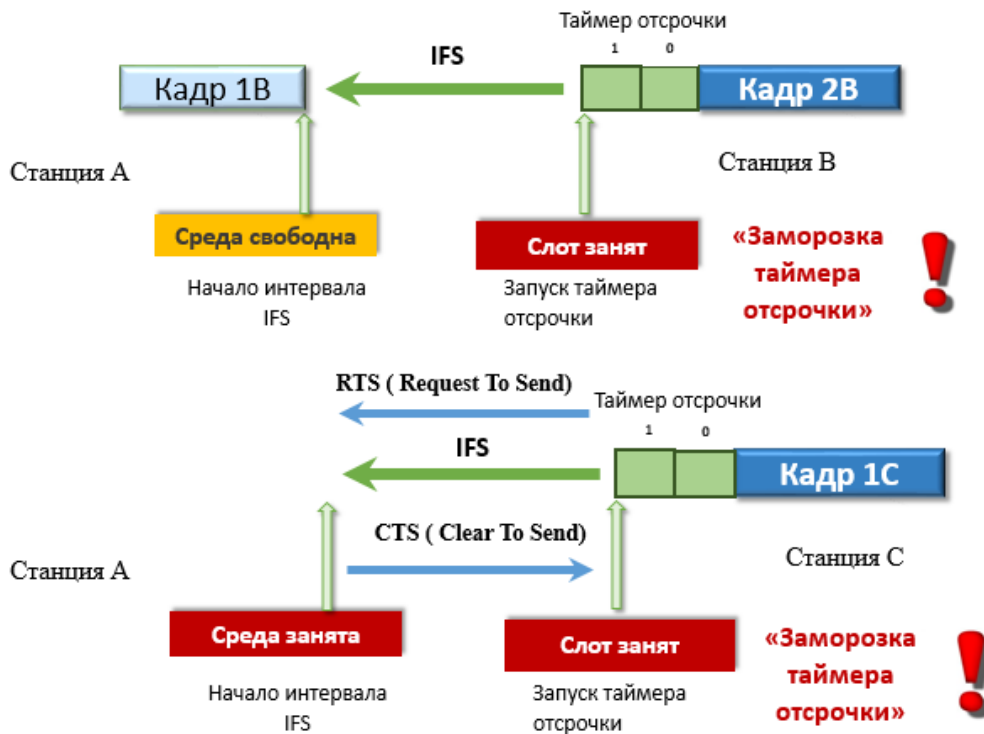


Рисунок 3 – Модель після третього кроку алгоритму

На малюнку зображена ситуація, коли станція В успішно відраховує слоти відстрочки для передачі кадру, перебуваючи на слоті № 1. Станція С робить запит на станцію А і отримує відповідь, що навколишнє середовище є зайнятим.

В даному випадку відбувається заморозка таймера відстрочки і для станції В, і для станції С, так як вони знаходяться на однаковому слоті відстрочки (слоті №1).

Так як для станції С середовище є зайнятим, їй необхідно відррахувати нову кількість слотів за формулою(1):

$$CW_{new} = \min \{2 (CW_{old} + 1) - 1, CW_{max}\}, \quad (1)$$

де CW_{max} - максимальний розмір конкурентного вікна;

CW_{old} - попередня кількість слотів;

CW_{new} - нова кількість слотів.

Лічильник для станції В просто заморожується, так як для неї середовище є вільною, а зайнятим є лише слот відстрочки.

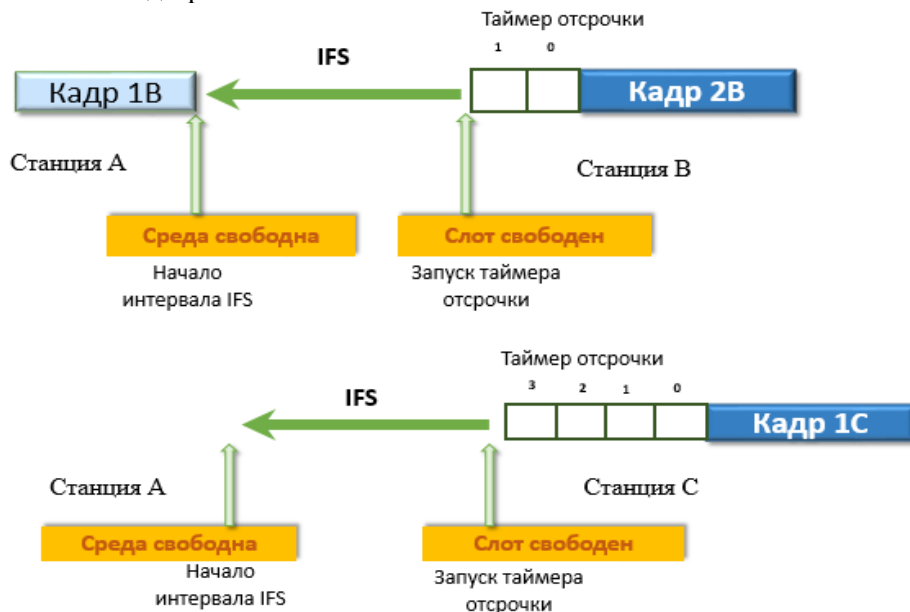


Рисунок 4 – Модель після четвертого кроку алгоритму

Для станції С порахували нову кількість слотів відстрочки, відмінне від кількості слотів на станції В. Для неї тепер є вільними і середовище передачі, і сам слот.

На станції В лічильник слотів відстрочки розморожується, так як її кількість слотів не збігається з кількістю слотів на іншій станції.

Станції готові для подальшої операції передачі кадру, попередньо відррахувавши свої слоти відстрочки.

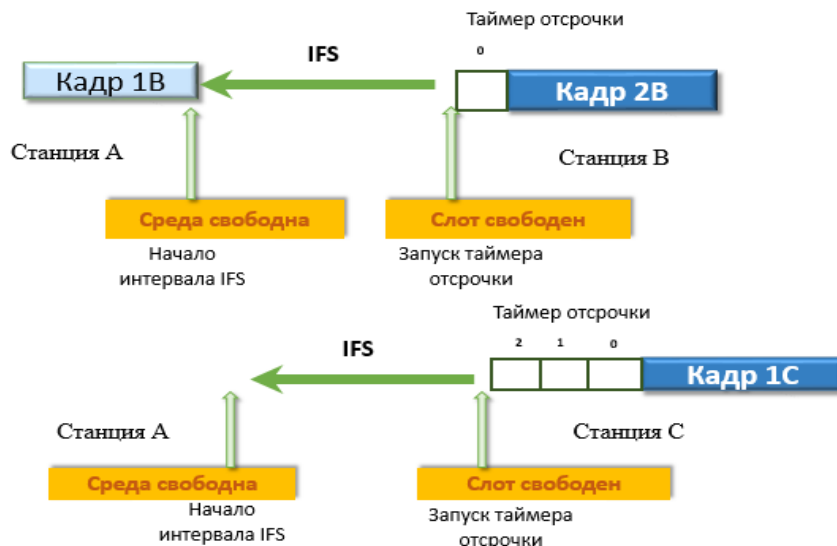


Рисунок 5 – Модель після п'ятого кроку алгоритму

Станція В відрахувала свій слот відстрочки для станції А, а станція С відрахувала свій.

Алгоритм буде виконуватися до тих пір, поки станція успішно не передасть свої кадри на приймальну станцію.

Дана імітаційна модель застосовує розподілений режим доступу до середовища при передачі інформації.

У даній моделі підраховується час очікування передачі кадрів. Він обчислюється за формулою (2):

$$t_{ож} = 2 * \frac{D}{V_c} + t_3 + t_{a1} + t_{a2} \quad , \quad (2)$$

де D - це відстань між приймаючої і відправна станціями;

V_c - швидкість поширення сигналу (є сталим виразом);

t_3 - тривалість сигналу запиту (дорівнює розміру одного слота - 1 мкс);

t_{a1} і t_{a2} - час обробки сигналу на приймаючій і передавальній станції.

Так як t_{a1} і t_{a2} вимірюються в наносекундах, при підрахунку цими значеннями можна нехтувати (при роботі в моделі ці обчислення не враховуються). Необхідно тільки знати відстань між станціями.

Отже, цей метод успішно працює і забезпечує запобігання колізій під час передачі кадрів між станціями. Під час роботи моделі можна розрахувати необхідну кількість слотів відстрочки для станції-передавача та час очікування передачі інформації. Модель запобігає колізії, що пришвидшує час передачі інформації від передавача до приймача.

Завдяки формулі (3) знаходиться мінімальна кількість кодових комбінацій, яку необхідно зберігати в пам'ятовуючому приладі(ЗП)(об'єм ЗП):

$$M = 1 + \left(\frac{t_{ож}}{(m+k)*T_c} \right), \quad (3)$$

де $m + k$ – число інформаційних та перевірочних розрядів в кодовій комбінації;

T_c - час обробки сигналу;

Час обробки сигналу з формули (3) не є сталою величиною та підраховується за формулою(4):

$$T_c = \frac{1}{B} - \text{час обробки сигналу}; \quad (4)$$

де B – швидкість модуляції (дорівнює 2400 біт/с).

Рахується також максимальна відстань, за якою є можливим передача даних між станціями:

$$D_{max} = (M - 1) * \frac{(m+k)*V_c}{2*B} - \frac{t_3 + t_{a1} + t_{a2}}{2} * V_c. \quad (5)$$

Якщо $D_{max} < D$, то можна вважати, що передача інформації неможлива, бо відстань для передачі є більшою, ніж відстань, на яку можлива ця передача. [6]

Так як t_{a1} і t_{a2} вимірюються в наносекундах, при підрахунку цими значеннями можна нехтувати (при роботі в моделі ці обчислення не враховуються). Необхідно тільки знати відстань між станціями.

3. Результати дослідження роботи моделі

Дослідження моделі полягло в тому, щоб розрахувати час очікування інформації при різних відстанях між станцією-передавачем і приймаючою станцією. Завдяки отриманому часу очікування знаходиться максимальна відстань між станціями. Цей результат дає зрозуміти доцільність використання саме бездротових технологій в АСУ ТП.



Рисунок 6 – Залежність часу очікування передачі від максимальної відстані передачі інформації

Аналіз дослідження моделі показав, що час очікування передачі інформації залежить від максимально можливої відстані передачі інформації. Чим більша буде максимально можлива відстань передачі, тим більший час буде затрачений на передачу інформації. Є доцільним використання саме бездротових технологій в АСУ ТП, бо саме такий метод передачі інформації дозволяє передавати інформацію на великі відстані, не застосовуючи дротових технологій, а час, витрачений на передачу інформації, є оптимальним.

Висновки

Отже, є доцільним використання в АСУ ТП саме бездротових технологій, так як вони є більш економічно вигідними, ніж дротові технології. Метод передачі інформації з запобіганням колізій забезпечують безпомилкову передачу даних на відносно далекі відстані за оптимальний час передачі.

Необхідність розробки такої моделі полягала у використанні методів передачі інформації з запобіганням колізій. Саме цей метод вважається найефективнішим, бо він потребує меншого часу, аніж в інших методах. А час, витрачений на передачу інформації, є критично важливою характеристикою при виборі технологій та методів передачі даних.

Дана модель дозволяє використовувати бездротову мережу для великої кількості станцій (до 32 станцій), яка залежить від розміру конкурентного вікна, розміри якого можуть змінюватись. Чим більший розмір конкурентного вікна, тим більше станцій зможуть обмінюватись інформацією в однаковий проміжок часу.

Таким чином, розроблена методика вибору міжкадрових інтервалів, що дозволяє запобігти виникненню колізій, що, в свою чергу, впливає на час затримки та передачі інформації та несе за собою вплив на цінність інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стаття про приклад використання бездротових технологій в промисловості: веб-сайт.
URL:<http://1234g.ru/wifi/standarty-wifi> (Дата звернення: 02.07.2020)
2. Ю. І. Лосев, Руккас К. М., Шматков С. І. Комп'ютерні мережі : навчальний посібник / ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 248 с.
<https://www.univer.kharkov.ua/images/redactor/news/2014-04-16/Losev.pdf>
3. Блок-схема алгоритму CSMA/CA при передаванні даних: веб-сайт.
URL:[https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Data link layer - MAC - Aloha, CSMA](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Data_link_layer_-_MAC_-_Aloha,_CSMA)
(Дата звернення: 02.06.2020)
4. Оліфер В., Оліфер Н. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи : Підручник для внз. 4-е видавництво – СПб.: Пітер, 2016. – 992 с.: мул. – (Серія «Підручник для внз»).
<http://naymov.com/edu/ukit/olifer.pdf>
5. Стаття про підрахунок слотів в конкурентному вікні: веб-сайт.
URL:<https://mipt.ru/drec/upload/d27/multihop-wireless.pdf> (Дата звернення: 28.05.2020)
6. Лосев Ю.І., Плотников Н. Д. Методи передачі інформації.: навчальний посібник / Вірта ім. Л.А.Говорова, 1978р. – 187 с.

REFERENCES

1. An article on an example of the use of wireless technologies in industry[Online].
Available: <http://1234g.ru/wifi/standarty-wifi>
Accessed on : 02.07.2020 [in Russian]
2. U.I. Losev, K.M. Rukkas, S.I. Shmatkov, *Computer networks: a textbook* / VN Karazin KhNU, 2013. - 248 p.
<https://www.univer.kharkov.ua/images/redactor/news/2014-04-16/Losev.pdf> [in Ukrainian]
3. Block diagram of the CSMA / CA algorithm for data transmission[Online].
Available: [https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?Title=Data link layer - MAC - Aloha CSMA](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?Title=Data_link_layer_-_MAC_-_Aloha_CSMA)
Accessed on: 02.06.2020 [in Russian]
4. V.Olifer, N.Olifer, *Computer networks. Principles, technologies, protocols: A textbook for universities*. 4th publishing house - St. Petersburg: Peter, 2016. - 992 p .: mul. - (Series "Textbook for universities")
<http://naymov.com/edu/ukit/olifer.pdf> [in Russian]
5. An article about counting slots in a competitive window[Online].
Available: <https://mipt.ru/drec/upload/d27/multihop-wireless.pdf>
Accessed on: 28.05.2020 [in Russian]
6. Y.I. Losev, N.D. Plotnikov. *Methods of information transfer .: textbook* / : Virta L.A. Govorov, 1978 - 187 p.[in Russian]