

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-46-09>

УДК 621.398.

¹Мороз Сергій Анатолійович, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-4677-5170>

²Шендерук Дмитро Володимирович, учень

¹Луцький національний технічний університет

²Волинський науковий ліцей

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО КЕРУВАННЯ ПРИСТРОЯМИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ NFC

Мороз С.А., Шендерук Д.В. Дослідження роботи системи безконтактного керування пристроями на основі технології NFC. В статті проведений аналіз технології безпроводного зв'язку Near Field Communication. Описаний принцип роботи технології та схеми модуляції. Виготовлено діючий макет системи для керування безконтактним способом. Проведені дослідження роботи системи безконтактного управління при різних зовнішніх впливах.

Ключові слова: технологія NFC, безпроводний зв'язок, NFC-мітка, індуктивний зв'язок, смарт-картка.

Мороз С.А., Шендерук Д.В. Исследование системы бесконтактного управления устройствами на основе технологии NFC. В статье проведен анализ технологии беспроводной связи Near Field Communication. Описан принцип работы технологии и схемы модуляции. Изготовлен действующий макет системы для управления бесконтактным способом. Проведены исследования работы системы бесконтактного управления при разных внешних воздействиях.

Ключевые слова: технология NFC, беспроводная связь, NFC-метка, индуктивная связь, смарт-карта.

Moroz S.A, Shenderuk D.V. Research of contactless device control system based on NFC technology. The article analyzes the wireless communication technology Near Field Communication. The principle of operation of the technology and modulation scheme is described. A working model of the contactless control system has been made. Research of work of system of contactless management at various external influences are carried out.

Keywords: NFC technology, wireless communication, NFC label, inductive communication, smart card.

Постановка наукової проблеми.

Розвиток У сучасному світі у зв'язку з розвитком безпроводних ширококутових каналів зв'язку, значним зменшенням розмірів пристроїв для доступу до цих каналів, а також масовим переходом до безконтактних способів керування як об'єктами так і інформацією, особам-користувачам необхідно мати велику кількість «електронних ключів», виконаних за різними технологіями, які в переважній більшості є смарт-картами. Технологія безконтактної передачі даних NFC надає можливість об'єднати всі необхідні користувачу смарт-карти в одному керуючому пристрої, а також забезпечити безпроблемний доступ до різних ресурсів за допомогою ідентифікаторів.

Технології безпроводної (безконтактної) передачі даних можна розділити за дальністю передачі на Proximity (щільного контакту), Short Range (короткого діапазону) та Long Range (дальнього діапазону) (рис. 1.1).

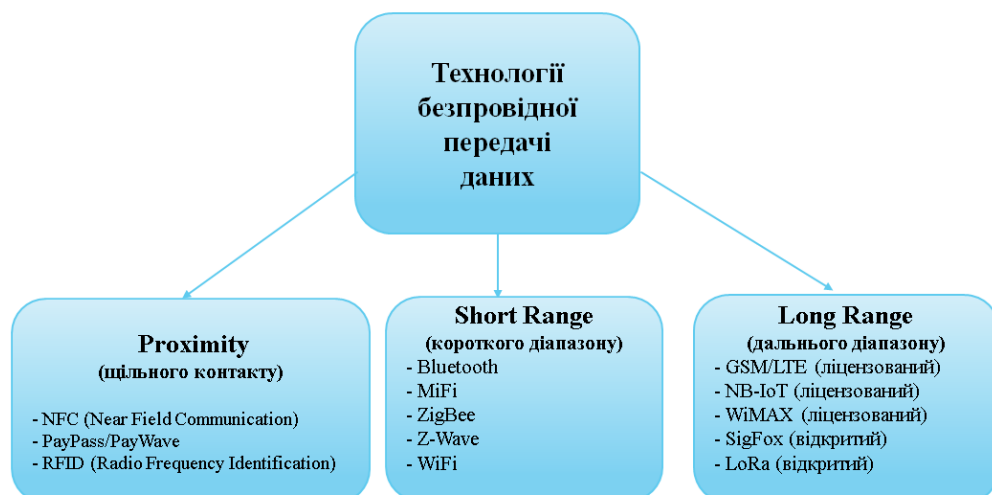


Рис. 1.1. Класифікація технологій безпроводної передачі даних

Серед багатьох видів технології передачі даних, які можна використовувати для керування електронними системами та пристроями варто виділити технологію безпроводного зв'язку малого

радіусу дії NFC. NFC (Near Field Communication) – це сучасна технологія безпроводного зв'язку малого радіусу дії, яка об'єднала у собі різні безконтактні способи ідентифікації, взаємозв'язку та керування. «Технологія NFC розроблена з метою обміну різними типами даних та інформації, такими як номери телефонів, фотозображення, музичні файли або даними цифрової авторизації між двома девайсами з підтримкою NFC, наприклад, смартфонами, або між NFC-телефонами і сумісними RFID чіпкартами або зчитувальними пристроями, які розташовані в безпосередній близькості один від одного. Технологія NFC може бути використана як ключа доступу до контенту та для таких сервісів, як оплата по безготівковому розрахунку, оплата квитків та контроль доступу» [1 - 4].

Аналіз останніх досліджень.

Технологія NFC використовує індуктивний зв'язок. Принцип роботи схожий до роботи трансформаторів, ближнє магнітне поле двох витків провідників використовується для взаємного зв'язку опитувального пристрою (ініціатора) та приймального пристрою (адресата) (рис. 1.2). Як відомо, «трансформатор - це елемент, який дозволяє змінювати величину струму, що протікає по ньому і поданого на його первинну обмотку напруги в співвідношенні кількості витків його первинної та вторинної обмотки $U_1 / U_2 = N_1 / N_2$. Проте імпеданс обмоток змінюється вже в іншій пропорції: $Z_1 / Z_2 = (N_1 / N_2)^2$. відповідно невелика зміна імпедансу в навантаженні буде явно виражена для опитувального пристрою. Відповідно отримуємо наступну систему: приймально-передавальний модуль, як антени у якого передбачена обмотка (первинна). Мітка - це чіп, з вторинною обмоткою відповідно. При піднесенні зчитувача до мітки, через обмотку мітки починає текти струм і від нього живиться чіп, який змінюючи імпеданс в навантаженні обмотки передає інформацію зчитувачу» [4, 5].

Робоча частота технології NFC становить 13,56 МГц, а швидкість передачі досягає 106 кбіт/с (іноді 212 кбіт/с та 424 кбіт/с).

При передачі даних пасивній системі, наприклад, смартфону з NFC в режимі емуляції карти, в якості джерела живлення пасивної системи використовується сигнал опитувального пристрою з частотою несучої 13,56 МГц.

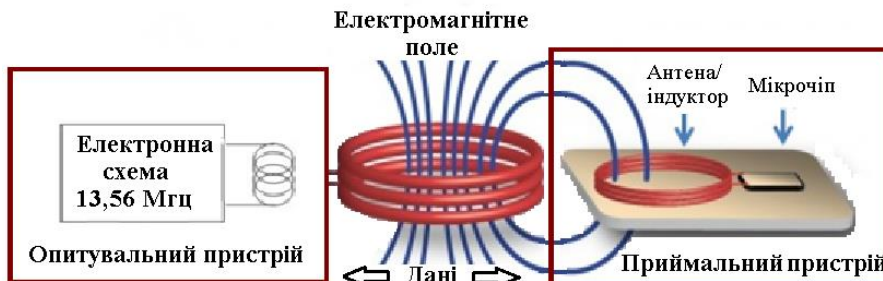


Рис. 1.2. Схема взаємодії опитувального та приймального пристроїв

Як схеми модуляції в опитуваних пристроях використовується амплітудна маніпуляція (ASK) (рис. 1.3).

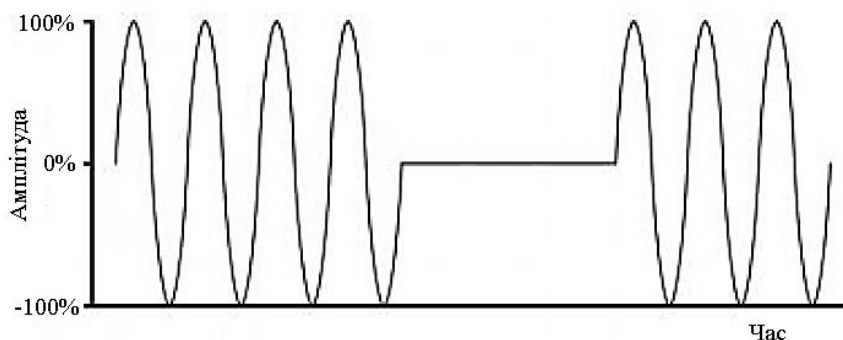


Рис. 1.3. Амплітудна маніпуляція

Для режиму тимчасової передачі даних обидва напрямки передачі модулюються і кодуються як опитувальний пристрій. Однак в даному режимі потрібно менше потужності, так як кожний з NFC-пристроїв використовує своє власне джерело живлення і після закінчення передачі сигнал несучої знімається.

Через індуктивний зв'язок витків опитувального і приймального пристроїв, пасивний приймальний пристрій впливає на активний опитуваний пристрій. Зміни імпедансу приймального пристрою викликають амплітудні або фазові зміни в напрузі антени опитувального пристрою. Даний метод модуляції носить назву навантажувальної модуляції (рис. 1.4). Він реалізований в режимі прийому з використанням допоміжної несучої на частоті 848 кГц, яка модулюється смуговим сигналом і призводить до зміни імпедансу приймального пристрою. [4, 6]

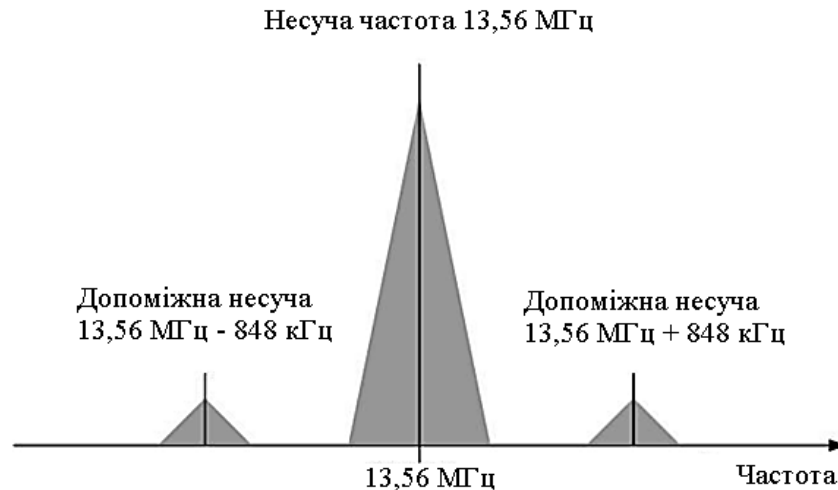


Рис. 1.4. Навантажувальна модуляція на несучій частоті 13,56 МГц

У технології NFC підтримуються три основні режими роботи(рис. 1.5):

–Режим емуляції картки (пасивний режим): NFC-пристрій працює як звичайна безконтактна карта відповідно до одного із сумісних стандартів

–Одноранговий режим: обмін інформацією між двома пристроями NFC.

Ініціатор (опитувальний пристрій) споживає менше енергії за порівняно з режимом читання/запису, тому що в даному випадку адресат (приймальний пристрій) використовує власне джерело живлення.

–Режим читання/запису (активний режим): NFC-пристрій є активним та здійснює читання або запис пасивну сумісну RFID-мітку.

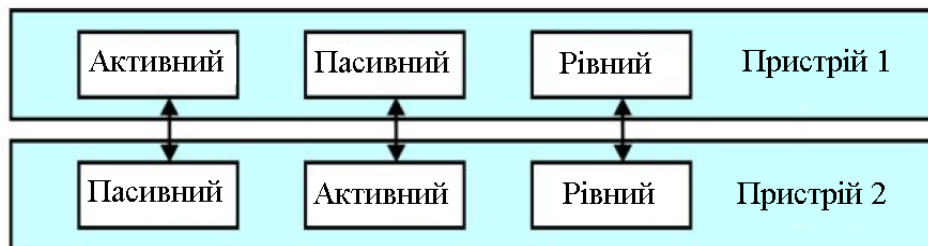


Рис. 1.5. Режими роботи NFC

Кожен режим роботи (емуляція карти, одноранговий, режим читання/запису) можна об'єднати з однією технологією передачі з таких як (табл. 1.1): NFC-A, NFC-B, NFC-F.

А щоб забезпечити підтримку різних технологій, NFC-пристрій у режимі опитування спочатку надсилає відповідний сигнал запиту і чекає відповідь від NFC-A, NFC-B та NFC-F міток. Після отримання відповіді сумісного пристрою NFC пристрій встановлює відповідний режим зв'язку. [3, 6]

Таблиця 1.1. Технічна характеристика стандартів радіоінтерфейсів NFC

| Стандарти асоціації NFC-Forum | Запит/Прийом | Швидкість передачі даних | Частота передачі |
|-------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------|
| NFC-A | Запит | 106 кбіт/с | 13,56 МГц |
| | Прийом | 106 кбіт/с | 13,56 МГц +/- 848кГц |

| | | | |
|-------|--------|----------------|----------------------|
| NFC-B | Запит | 106 кбіт/с | 13,56 МГц |
| | Прийом | 106 кбіт/с | 13,56 МГц +/- 848кГц |
| NFC-F | Запит | 212/424 кбіт/с | 13,56 МГц |
| | Прийом | 212/424 кбіт/с | 13,56 МГц |

Виклад основного матеріалу.

Для проведення дослідження системи керування було розроблено макет системи NFC для безконтактного керування пристроями. [5, 6] Складові елементи підключені до мікроконтролера, а соленоїдний замок підключений до реле (рис. 1.6.)

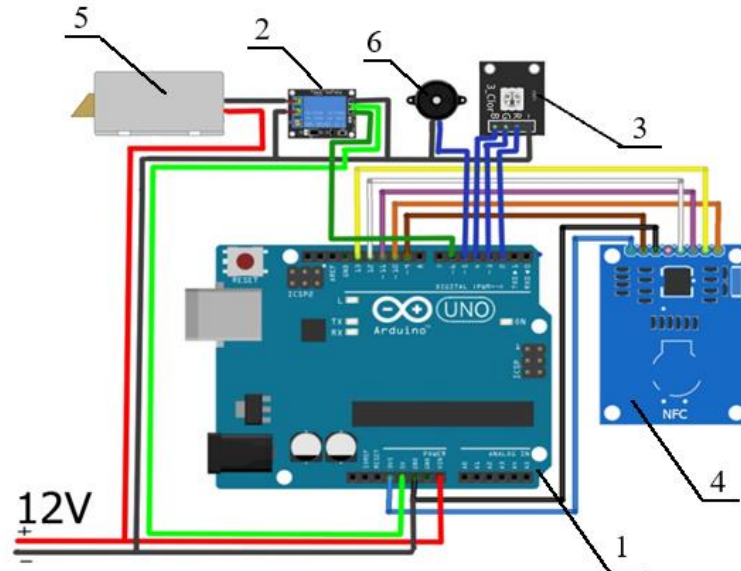


Рис. 1.6. Комутація елементів в макеті NFC: 1) мікроконтролер ARDUINO UNO; 2) реле; 3) RGB світлодіод; 4) NFC модуль; 5) соленоїдний замок; 6) пасивний зумер

Корпус макету виготовили з пресованої фанери товщиною 5 мм. Усі електронні елементи розміщені в ніші в середині корпусу (рис. 1.7). Оскільки складові частини мають електроспоживання не більше 12В то макет може працювати і автономно на акумуляторі.



Рис. 1.7. Зовнішній вигляд діючого макету системи

Принцип функціонування макету можна поділити на 3 цикла. Першим циклом буде зчитування інформації зчитувачем з мітки. Кожна мітка має свій номер, який є індивідуальним. Другим циклом стане надходження коду мітки до мікроконтролера Arduino UNO та звірення номеру закладеного в мікроконтролері та зчитаного коду. З цикл можна поділити на два різних випадки.

1) Номер зчитаного номера мітки співпав. Мікроконтролер подає струм на реле, воно активується та активує соленоїдний замок який відчиняє двері.

2) Номер зчитаного номера мітки не співпадає. Мікроконтролер подає сигнал на зумер та світлодіод який дає людині зрозуміти що мітка не відчинить двері

Щоб додати або вилучити NFC-мітку потрібно змінювати самий код (додаток А). Спочатку потрібно взяти номер мітки, а потім вже змінити номер в коді або додати ще такий самий фрагмент коду, але вже з новим номером.

Основним завданням, яке потрібно вирішити є проведення дослідження функціонування системи при різних зовнішніх впливах. Ми провели експерименти двох видів: вплив різних матеріалів, які знаходяться між міткою і приймально-передавальним модулем (табл. 1.2) та вплив стороннього електромагнітного випромінювання, яке знаходиться на близькій відстані від зони роботи технології NFC (табл. 1.3).

Під час першого експерименту ми поміщали в зону обміну даними такі матеріали як дерево, папір, пластик, шкіра, метал з різною товщиною та вимірювали відстань між міткою і NFC-модулем на якій відбудеться відкриття замка. Під час другого експерименту здійснювався вплив електромагнітного випромінювання мобільного телефону, мікрохвильової печі, іншої смарт-картки, котушки Тесли, Bluetooth гарнітури та спостерігали за змінами в роботі системи.

Таблиця 1.2. Вплив товщини матеріалів на відстань спрацювання

| Матеріал \ Товщина, h | Товщина, h | | | | |
|-------------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 мм | 2 мм | 3 мм | 4 мм | 5 мм |
| Дерево (ряд 1) | 2 см | 2 см | 1,7 см | 1,4 см | 1 см |
| Папір (ряд 2) | 2 см | 2 см | 2 см | 1,8 см | 1,5 см |
| Пластик (ряд 3) | 2 см | 2 см | 1,8 см | 1,5 см | 1,3 см |
| Шкіра (ряд 4) | 2 см | 1,5 см | 1,4 см | 1 см | 0,5 см |
| Метал (ряд 5) | - | - | - | - | - |

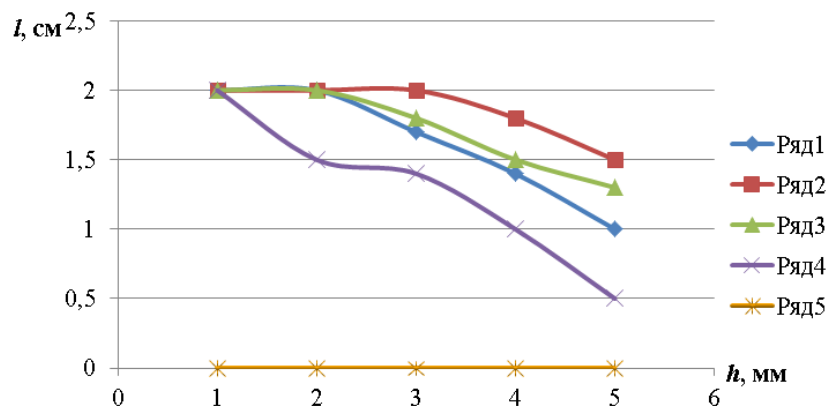


Рис. 1.8. Діаграми впливу матеріалів на відстань спрацювання системи

Таблиця 1.3. Вплив електромагнітного випромінювання на систему

| Предмет випромінювання радіохвиль | Зміни в роботі системи |
|-----------------------------------|------------------------|
| Телефон | - |
| Мікрохвильова піч | ± |
| Інша картка | - |
| Котушка тесли | + |
| Bluetooth гарнітура | - |

Провівши дослідження впливу різних матеріалів, які знаходяться між міткою і приймально-передавальним модулем виявилось, що чим більша товщина перешкоди тим менша відстань при якій спрацює система. Але металева перешкода взагалі не пропускає через себе електромагнітні сигнали.

В дослідженнях впливу стороннього електромагнітного випромінювання встановлено, що лише мікрохвильова піч, орієнтовна величина випромінювання якої 10 мкВт/см² (незначні перебої у функціонуванні системи) та котушка Тесли (значні перебої у функціонуванні системи) перешкоджали роботі системи. А всі інші пристрої ніяк не впливали на роботу макету.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

За результатами проведених досліджень зроблені наступні висновки:

1. На основі аналізу інформаційних джерел та порівнянь технологій безконтактної передачі даних перспективною для керування електронними пристроями є технологія NFC. Основною перевагою даної технології є простота та ефективність використання.

2. Технологія NFC для передачі даних використовує індуктивний зв'язок, тобто електромагнітне поле NFC зчитувача використовується в якості основного модулюючого джерела як живлення мітки так і прийому інформації.

3. На основі мікроконтролера Arduino UNO та інших компонентів було спроектовано та виготовлено діючий макет системи безконтактного керування пристроями на основі технології NFC. Експериментально було підтверджено ефективність та доцільність використання безконтактної передачі даних NFC.

4. Проведений ряд досліджень роботи системи безконтактного керування при різних зовнішніх впливах. Встановлено, що чим більша товщина перешкоди, яка знаходиться між міткою і приймально-передавальним модулем, тим менше відстань спрацювання пристрою. А металева перешкода взагалі не пропускає через себе електромагнітні сигнали. Виявлено, що стороннє електромагнітного випромінювання більше 10 мкВт/см² здійснює значний вплив на роботу технології безпроводного зв'язку NFC.

5. Одним з перспективних напрямів використання технології безпроводного зв'язку NFC є її впровадження в різні проекти типу «Розумний будинок», «Розумне місто» та інші де потрібне безпроводне керування, простота налаштування, надійність та ефективність роботи.

Список бібліографічного опису

1. Ткаленко О.М. Аналіз упровадження технології NFC у телекомунікаційних системах // Сучасна спеціальна техніка. 2018. № 1(52). С. 65-73.
2. О NFC технологии. URL: <http://nfcukraine.com/about-nfc/> (дата звернення: 25.12.2021).
3. Технология NFC и проведение испытаний беспроводной связи ближнего действия // Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. [Мюнхен, 2011]. URL: http://www.emftest.ru/media/2017/10/rto_new_appl3_n.pdf (дата звернення: 04.01.2022).
4. Технология NFC - связь на близком расстоянии // Издательский дом Электроника [Москва, 2007-2018]. URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2187/doc/57689/> (дата звернення: 04.01.2022).
5. Информационный портал «ARDUINOMASTER» // Подключение RFID к Arduino с помощью RC522 и RDM3600. URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/podklyuchenie-rfid-k-arduino/> (дата звернення: 10.11.2021).
6. Климаш М. М. Технологии беспроводного зв'язку / М. М. Климаш, В.О. Пелішок, П. М. Михайленч. – Львів, 2007. – 818с.
7. Погорілий Сергій Дем'янович, Калита Дмитро Миколайович. Комп'ютерні мережі. Апаратні засоби та протоколи передачі даних: підручник для студ. вищих закл. освіти / Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. - К.: ВПЦ "Київський ун-т", 2007. - 455с.
8. Столлинс Вильямс. Беспроводные линии связи и сети / А.В. Высоцкий (пер.с англ.). - М.; СПб.; К.: Издательский дом "Вильямс", 2003. - 638с.

References

1. Tkalenko OM Analysis of the introduction of NFC technology in telecommunication systems // Modern special equipment. 2018. № 1 (52). Pp. 65-73.
2. About NFC technology. URL: <http://nfcukraine.com/about-nfc/> (access date: 25.12.2021).
3. NFC technology and testing of short-range wireless light // Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. [Munich, 2011]. URL: http://www.emftest.ru/media/2017/10/rto_new_appl3_n.pdf (access date: 04.01.2022).
4. NFC technology - short-distance communication // Electronics Publishing House [Moscow, 2007-2018]. URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2187/doc/57689/> (access date: 04.01.2022).
5. ARDUINOMASTER information portal // RFID connection to Arduino using RC522 and RDM3600. URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/podklyuchenie-rfid-k-arduino/> (access date: 10.11.2021).
6. Klimash MM Technologies of wireless communication / MM Klimash, VO Pelishok, PM Mykhaulynych. - Lviv, 2007. - 818p.
7. Pohoriliy Serhiy Demyanovych, Kalita Dmytro Mykolayovych. Computer networks. Hardware and data transmission protocols: a textbook for students. higher education of Education / Kyiv National University named after Taras Shevchenko. - Kyiv: Ukrainian Orthodox Church "Kyiv University", 2007. - 455p.
8. Stollings Williams. Wireless communication lines and networks / A.V. Vysotsky (translated from English). - M.; СПб.; K.: Издательский дом "Вильямс", 2003. - 638с.