

УДК 621.391.8

Д.В. МИХАЛЕВСЬКИЙ

Вінницький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЧУТЛИВОСТІ ПРИЙМАЧІВ СТАНДАРТУ 802.11

В даній роботі проведено дослідження впливу чутливості приймачів сімейства стандартів 802.11x на ефективну швидкість передачі інформації, при використанні технології об'єднання прийнятих однакових по фазі сигналів на всі доступні антени, в один комбінований. Для цього було проаналізовано залежність чутливості приймача від рівня потужності сигналу на вході та шумових і інтерференційних завад у каналі.

На основі запропонованої методики експериментальних досліджень, було отримано усереднені значення потужності вхідного сигналу для всіх досліджуваних абонентських пристроїв, нижче якого значно зменшується ефективна швидкість передачі інформації. Крім того встановлено, що для стандартів які підтримують технологію MIMO, найбільший ефект від кращої чутливості приймача спостерігається для вузькосмугових каналів.

Ключові слова: безпроводний канал стандарту 802.11; потужність сигналу, чутливість приймача; ефективна швидкість передачі інформації, інтерференційні та шумові завади.

D. MYKHALEVSKIY

Vinnytsia national technical university

STUDY OF THE EFFECT OF THE RECOGNIZE OF THE RECEIVERS OF THE OF THE 802.11 STANDARD

Abstract. In this paper, a study of the effect of receivers sensitivity of the family of standards 802.11x on the effective rate of information transmission. It was twisted when using the technology of combining the received phase-identical signals into all available antennas, in one combination. To do this, the dependence of the sensitivity of the receiver on the level of signal strength at the input was analyzed. There were also noise and interference in the wireless channel.

The method of experimental research is proposed. On the basis of it, the averaged values of the input signal power for all studied subscriber devices were obtained. Below this value significantly reduces the effective rate of information transmission. The average limit value of input signal affects the number of simultaneously existing subscriber wireless channels in the network. Also, the sensitivity of receivers can have both positive effect in the absence of interference and noise interference and negative increasing their level when they are present, but when broadband channels such as 40 MHz are used, the most preferred is the use of high sensitivity of receivers. In addition, it has been found that for standards that support MIMO technology, the greatest effect from the best sensitivity of the receiver is observed for narrowband channels.

Key words: wireless channel 802.11 of standard; signal strength, receiver sensitivity; effective data rate of information transmission, interference and noise barriers.

Вступ

Мережі сімейства стандартів 802.11x характеризуються постійним розвитком в напрямку підвищення головного критерію якості – ефективної швидкості передачі інформації [1]. Цей критерій має прямо пропорційну залежність від рівня потужності сигналу на вході приймального пристрою [2]. На рівень потужності сигналу мають вплив наступні фактори [3]: енергетичні параметри і тип модуляції, затухання сигналу у безпроводному середовищі передачі, стан та властивості навколишнього середовища, обмеження потужності сигналу передавачів, зниження рівня ортогональності у сигналах OFDM із-за ефекту багатопроменевого поширення хвиль у приміщеннях, використання методів просторового кодування сигналів (MIMO), наявність ефекту Доплера для рухомих абонентів, інтерференційні та шумові завади; вихідна потужність передавача; коефіцієнти підсилення передавальної та приймальної антен; якість провідників та з'єднувачів; селективність приймача; чутливість приймача і інш.

В даній роботі спробуємо дати оцінку впливу чутливості приймача на ефективну швидкість передачі інформації з метою розробки ефективних методів діагностики та контролю безпроводних мереж та каналів сімейства стандартів 802.11x.

Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є оцінка чутливості приймальних пристроїв як фактору впливу на ефективну швидкість передачі інформації у безпроводних каналах сімейства стандартів 802.11x на основі експериментальних досліджень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз існуючих наукових робіт та визначити чутливість приймача як фактор впливу на ефективну швидкість передачі інформації;
- розробити структуру мережі та методику експериментальних досліджень;
- виконати експериментальні дослідження залежності ефективної швидкості передачі інформації від потужності сигналу на вході приймача при використанні трьох випромінюючих антен.

Теоретичні відомості

Одним із важливих факторів, що впливає на основний критерій ефективності мереж сімейства

стандартів 802.11x, є якість приймального пристрою – здатність правильно виділяти корисний сигнал із середовища передачі на фоні шумових та інтерференційних завад [4]. В свою чергу, на рівень шуму найбільший вплив мають фактори, які є випадковими величинами. Тому, поширення хвиль, у безпроводних каналах систем передачі сімейства стандартів 802.11x є досить неоднорідним у приміщенні. Це підтверджують результати досліджень безпроводних каналів у роботах [3], [4] та [5].

В роботі [6] було виявлено вплив чутливості приймачів стандарту 802.11 на ефективну швидкість передачі інформації. Крім того визначено головні закономірності, які необхідно враховувати при розробці нових методів діагностики та контролю безпроводних мереж сімейства стандартів 802.11x. Вони передбачають наявність для кожного приймально-передавального пристрою усереднене граничне значення потужності вхідного сигналу, нижче якого відбувається значне зменшення ефективної швидкості передачі. На такий параметр мають вплив кількість одночасно існуючих абонентських пристроїв у мережі. Крім того, чутливість приймачів може мати як позитивний ефект, при відсутності інтерференційних завад та шумів, так і негативний – збільшуючи їх рівень, коли вони присутні.

У зв'язку із високими потребами у високошвидкісних каналах передачі досить широкого поширення набули технології підвищенні пропускної здатності. Однією із найбільш поширених є технологія підвищення максимального значення коефіцієнта сигнал/шум, за рахунок збільшення конфігурації антен $n \times m$ або так званої МІМО, яка появилась у стандарті 802.11n [7]. Багато сучасних точок доступу використовують таку технологію та найбільш поширеною структурою є наявність трьох антен. При цьому технологія МІМО передбачає об'єднання прийнятих однакових по фазі сигналів на всі доступні антени, в один комбінований, який має вищий рівень ніж при наявності одного передавача. Це повинно забезпечувати вищий поріг усередненого граничного значення потужності вхідного сигналу. Тому, в даній роботі, продовжимо дослідження впливу чутливості приймального пристрою, що було проведено у роботі [6]. але із використанням технології МІМО і наявності трьох антен у точці доступу.

В загальному випадку, чутливість для будь-якого цифрового приймача, можна оцінити мінімально допустимим рівнем сигналу, при якому приймач може декодувати інформацію із заданою точністю або заданим рівнем сигнал/шум [3]. Для таких систем передачі сигнал/шум – відношення енергії сигналу E на 1 біт інформації до густини потужності шумів P_u . Враховуючи загальну побудову безпроводного каналу стандарту 802.11, відношення сигнал/шум можна записати наступним чином:

$$E/N = \frac{P_{np}}{(P_u + P_i)R}, \quad (1)$$

де P_{np} – рівень потужності прийнятого сигналу на вході приймача; R – швидкість передачі інформації; P_i – потужність інтерференційних завад; P_u – загальна потужність шумів, до яких можна віднести як внутрішні шуми приймача, так і зовнішнього середовища, враховуючи випромінювання передавачів інших стандартів.

Як видно із формули (1), чутливість приймача стандарту 802.11 залежить від рівня потужності сигналу на вході та шумових і інтерференційних завад. Оскільки мережі сімейства стандартів 802.11x, розглядаються як точка доступу та рухомі абоненти то потужність передавача точки доступу безпосередньо пов'язана із рівнем сигналу на вході приймача. Тоді враховуючи [8], оцінка такого параметру можна записати так:

$$P_{np} = \frac{P_{nd}}{nL} \sum_{i=1}^n F_i - \sum_{i=1}^n (P_{i,i} + P_{u,i}),$$

де P_{nd} – потужність випромінювання передавача; F – інтерференційний коефіцієнт відбиття хвиль від поверхонь приміщення; n – коефіцієнт усереднення для отримання необхідної достовірності оцінки; L – коефіцієнт затухання у безпроводному каналі.

Для визначення максимальної кількості джерел шумів та інтерференційних завад використовуються вирази, які можна записати так [3]:

$$P_u = kT \left(\frac{k_u}{k_\phi} + \frac{1}{P_0} \sum_{i=1}^n P_{u,i} - 2 \right);$$

$$P_i = \frac{G_2}{L_{RX}} \sum_{i=1}^m \frac{P_{c.c.i} G_{c.c.i}}{G_{j,i} L_{t,i} L_3}.$$

де k – стала Больцмана; T – температура роботи приймача; k_u – коефіцієнт шуму приймального тракту; k_ϕ – коефіцієнт передачі потужності фідера; $P_{u,i}$ – потужність шумових завад у середовищі передачі; n – кількість завад у середовищі передачі; P_0 – рівень теплового шуму Землі; L_i – послаблення в

інтерференційному каналі; L_3 – затухання в антено-фідерному пристрої інтерференційного передавача; G_j – послаблення при мінімальній кутовій відстані між антенами, $G_{c,c}$ – коефіцієнт підсилення антени суміжної інтерференційної станції, $P_{c,c}$ – потужність сигналу суміжної станції; m – кількість інтерференційних станцій у межах зони покриття базової станції.

Наявність флуктуацій у просторовому розподілі сигналу у приміщенні виявилась при дослідженнях у роботах [4], [6] і [8]. Тут можна стверджувати, що розкид параметрів розподілу потужності може становити більше 10 дБм, для одного приймача при його роботі у стандартах 802.11b, 802.11g та 802.11n. Крім того, при наявності в приміщенні архітектурних перешкод із високим коефіцієнтом відбиття, нерівномірність розподілу зростає при збільшенні кількості активних випромінюючих пристроїв.

Методика досліджень

Методика досліджень полягає в наступному. Як зазначалось вище, одним із головних параметрів для приймальних пристроїв є чутливість, яка визначається відношенням сигнал/шум. Виходячи із формули (1) основним критерієм оцінки є потужність сигналу P_{np} , яка в свою чергу для кожного приймального пристрою буде відрізнятися в залежності від впливу факторів зовнішнього середовища та кількості активних пристроїв у мережі. Інший параметр, який безпосередньо пов'язаний із потужністю – ефективна швидкість передачі інформації V , що є еквівалентом характеристики ефективності програмних та апаратних засобів приймача декодувати інформацію із заданою точністю. По аналогії до роботи [6] можна припустити, що різні типи приймальних пристроїв будуть по-різному виділяти корисний сигнал із середовища із-за відхилення значень параметра чутливості. Тому, для досліджень було обрано значну кількість абонентських пристроїв, які можуть працювати у стандартах 802.11b, 802.11g, 802.11n., а також побудовано мережу на основі точки доступу (ТД), схема якої наведена на рис.1.

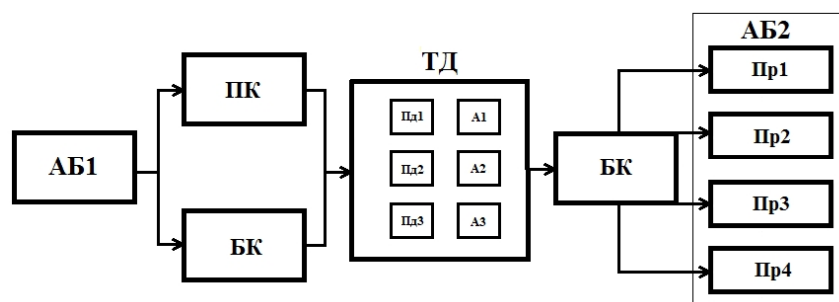


Рис. 1. Схема досліджуваної мережі

В цій мережі існують: абонентський пристрій (АБ1), для якого може встановлюватися до ТД: проводний канал (ПК) або безпроводний канал (БК); ТД, із трьома антенами та технологією МІМО із режимом об'єднання сигналів. Між ТД та другим абонентом (АБ2), який передбачає зміну приймальних пристроїв, існує тільки безпроводний канал (БК), максимальна довжина якого складає тринадцять метрів. Оскільки, при збільшенні ширини каналу зменшується рівень потужності випромінювання передавача, то для стандарту 802.11n дослідження проводились для каналів 20 МГц та 40 МГц. Умови роботи мережі, при яких виконувались дослідження є аналогічними до роботи [6].

Результати досліджень

На основі запропонованої безпроводної мережі було проведено експериментальні дослідження при однакових умовах роботи приймальних пристроїв. Так як, результати для певних пристроїв були схожими, то для аналізу результатів було обрано два типових пристрої Пр1 і Пр2, які позначаються кривою 1 та кривою 2; один пристрій із максимальною чутливістю (Пр3), який існує на ринку – крива 3; а також високочутливий пристрій із додатковою зовнішньою антеною (Пр4) – крива 4. Таким чином, результати досліджень для одного безпроводного каналу наведено на рис. 2, а для двох – на рис. 3.

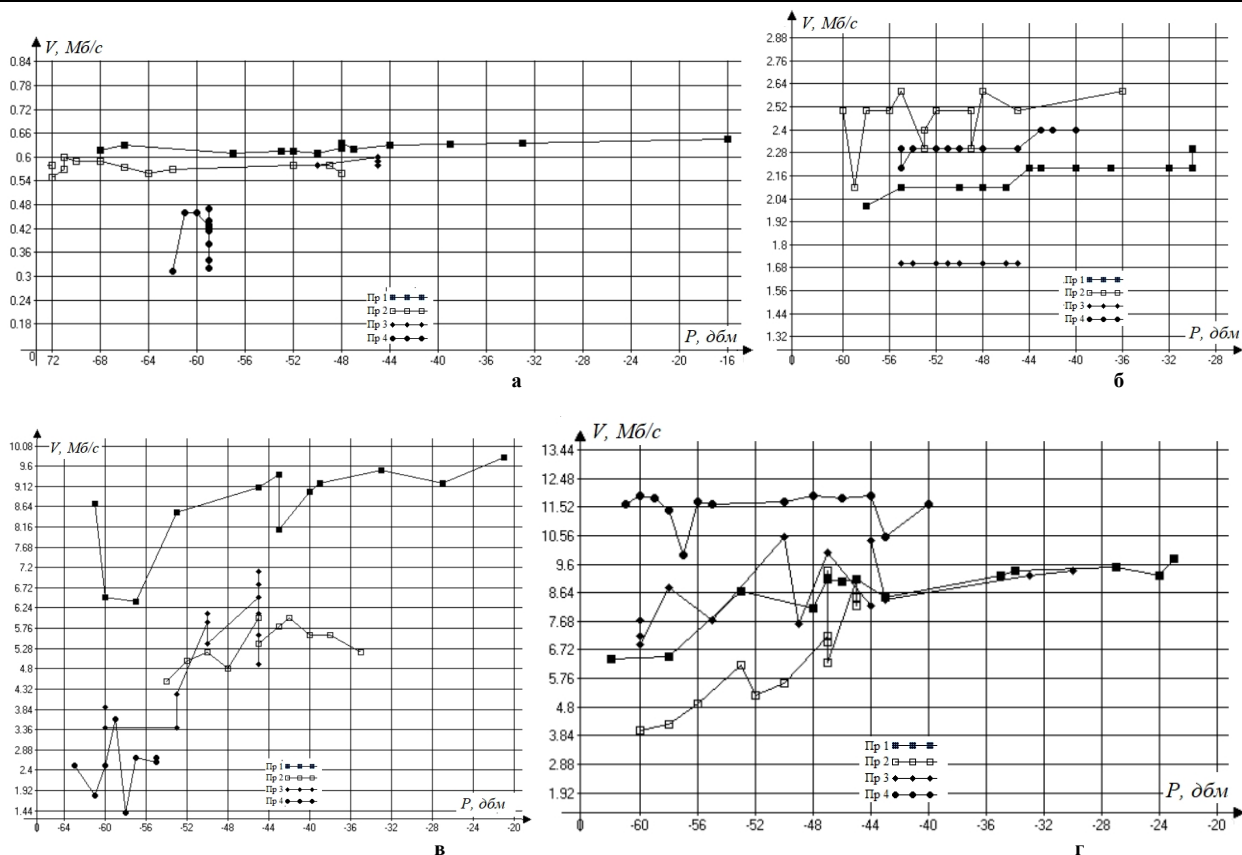


Рис. 2. Залежність ефективної швидкості передачі інформації від потужності сигналу на вході приймача при існуванні одного безпровідного каналу для: 802.11b стандарту (а); 802.11g стандарту (б); 802.11n стандарту 20 МГц (в); 802.11n стандарту 40 МГц (г).

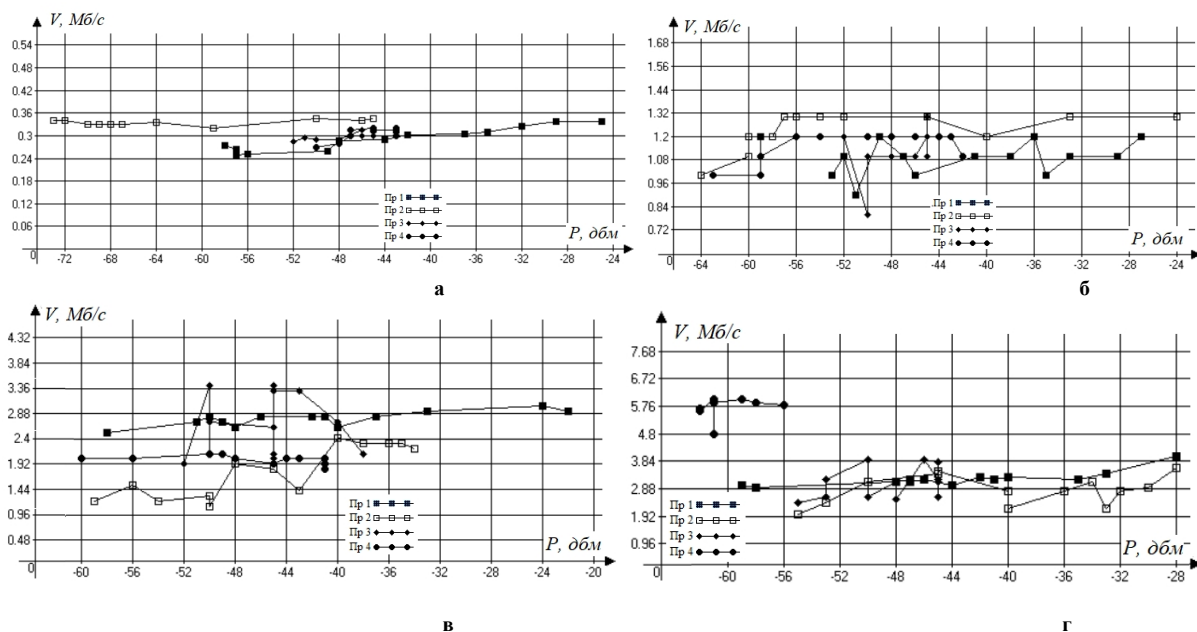


Рис. 3. Залежність ефективної швидкості передачі інформації від потужності сигналу на вході приймача при існуванні двох безпровідних каналів для: 802.11b стандарту (а); 802.11g стандарту (б); 802.11n стандарту 20 МГц (в); 802.11n стандарту 40 МГц (г).

Як видно із результатів досліджень, для попередніх стандартів 802.11b і 802.11g ресурсів частотних каналів, навіть при наявності значної кількості інтерференційних завад, є більш ніж достатньо, і чутливістю можна нехтувати в межах приміщень. Інша ситуація стосується стандарту 802.11n. Для вузькосмугових каналів більша чутливість приймача має негативний ефект, що приводить до збільшення рівня шумів та завад. Позитивний ефект проявляється на широкосмугових каналах, де вища чутливість приймача, а також застосування зовнішніх антен підвищує середнє значення ефективної швидкості передачі інформації.

Висновки

Таким чином, на основі експериментальних досліджень було ще раз підтверджено вплив чутливості приймачів сімейства стандартів 802.11x на ефективну швидкість передачі інформації. Як і у роботі [6]

отримані результати мають досить багато випадкових складових, але в даному випадку існують деякі відмінності:

- для попередніх стандартів 802.11b і 802.11g наявність технології МІМО, на параметри безпроводного каналу, майже ніяк не впливає;
- для стандартів які підтримують технологію МІМО, найбільший ефект спостерігається для вузькосмугових каналів;
- досить суттєво на усереднене граничне значення потужності вхідного сигналу має вплив кількість одночасно існуючих абонентських безпроводних каналів у мережі.

References

Mykhalevskiy D. V. Otsinka efektyvnoi shvydkosti peredachi informatsii dlia simeistva standartiv 802.11kh u diapazoni 2.4 HHts / D. V. Mykhalevskiy, O. S. Horodetska. – Sbornyk nauchnikh trudov Sword. – Vipusk 3(40). Tom 3. Yvanovo: Nauchniy myr, 2015. – S.43-47.

Mykhalevskiy D.V. Doslidzhennia vplyvu dozhyzny paketiv verkhnikh rivniv na efektyvnu shvydkist peredachi dlia standartu Wi-Fi / D. V Mykhalevskiy, M. D. Huz, R. O. Krasota // Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. – 2014. – №4. – S. 189 – 192.

Mykhalevskiy D. V. Otsinka parametriv bezprovidnoho kanalu peredachi informatsii standartu 802.11 Wi-Fi / D. V. Mykhalevskiy. – Skhidno -Ievropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohii. – 2014. – № 6/9 (72). – S. 22-25. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.31666.

Mykhalevskiy D. V. Otsinka rozpodilu potuzhnosti syhnalu peredavacha standartu 802.11 u prymishchenni / D. V. Mykhalevskiy, M. D. Huz. – Sbornyk nauchnikh trudov Sword. – 2015. – №1(38) Tom 3. – S. 48-52.

Mykhalevskiy D. V. Otsinka rozpodilu potuzhnosti syhnalu dlia simeistva standartiv 802.11kh u diapazoni 2.4 HHts / D. V. Mykhalevskiy, V.V. Nomyrovska, O.M. Posternak // Sbornyk nauchnikh trudov Sword. – 2015. – №2(39) Tom 4. – S. 32-35.

Mykhalevskiy, D. V. Investigation of sensitivity impact of receiver to effective data transmission rate. Proceeding of the 1th IEEE International Conference on Data Stream Mining & Processing, Lviv, Ukraine, 369-372.

Nauka y ynnovatsyy v sovremennom myre: tekhnika y tekhnolohyy. V 3 knyakh. K 2.: monohrafiya // Y. V. Makarova, H. N. Sementsov, Chervoniy Y.F., D. V. Mykhalevskiy y dr. – Odessa: KUPRYENKO SV, 2017. – 175 s. DOI: 10.21893/978-617-7414-01-7.2

Mykhalevskiy D. Development of a spartial method for the estimation of signal strength at the input of the 802.11 standard receiver / D. Mykhalevskiy. – Easten-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 4/9 (88). – С. 29-36. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.106925.

Література

Михалевський Д. В. Оцінка ефективної швидкості передачі інформації для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, О. С. Городецька. – Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 3(40). Том 3. Иваново: Научный мир, 2015. – С.43-47.

Михалевський Д.В. Дослідження впливу довжини пакетів верхніх рівнів на ефективну швидкість передачі для стандарту Wi-Fi / Д. В Михалевський, М. Д. Гузь, Р. О. Красота // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №4. – С. 189 – 192.

Михалевський Д. В. Оцінка параметрів безпроводного каналу передачі інформації стандарту 802.11 Wi-Fi / Д. В. Михалевський. – Східно -Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 6/9 (72). – С. 22-25. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.31666.

Михалевський Д. В. Оцінка розподілу потужності сигналу передавача стандарту 802.11 у приміщенні / Д. В. Михалевський, М. Д. Гузь. – Сборник научных трудов Sword. – 2015. – №1(38) Том 3. – С. 48-52.

Михалевський Д. В. Оцінка розподілу потужності сигналу для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, В.В. Номировська, О.М. Постернак // Сборник научных трудов Sword. – 2015. – №2(39) Том 4. – С. 32-35.

Mykhalevskiy, D. V. (2016). Investigation of sensitivity impact of receiver to effective data transmission rate. Proceeding of the 1th IEEE International Conference on Data Stream Mining & Processing, Lviv, Ukraine, 369-372.

Наука и инновации в современном мире: техника и технологии. В 3 книгах. К 2.: монография // И. В. Макарова, Г. Н. Семенов, Червоный И.Ф., Д. В. Михалевский и др. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2017. – 175 с. DOI: 10.21893/978-617-7414-01-7.2

Mykhalevskiy D. Development of a spartial method for the estimation of signal strength at the input of the 802.11 standard receiver / D. Mykhalevskiy. – Easten-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 4/9 (88). – С. 29-36. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.106925.

Отримана/Received : 24.9.2017 р. Надрукована/Printed :9.10.2017 р.
Стаття рецензована редакційною колегією