

УДК 621.391.8

В. Ю. МЕРЛЯК, Д. Д. УЗУН

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ WI-FI МАРШРУТИЗАТОРІВ В УМОВАХ ПЕРЕШКОД

Проведено дослідження, в ході яких до Wi-Fi мережі підключалися різні пристрої і вимірювалися основні показники: RSSI, ping, швидкість скачування і віддачі, jitter, частота роботи роутера, пропускна здатність. Експеримент був проведений в трьох випадках - без перешкод, з фізичними та частотними перешкодами. Для дослідження було взято чотири маршрутизатора відомих виробників, а також мікрокомп'ютер Orange Pi з бездротовим адаптером Wi-Fi, завдяки чому була створена п'ята точка доступу. В результаті експерименту було виявлено, який пристрій дав найкращі показники за основними параметрами під час навантаження, збільшення кількості підключених пристроїв і більш стійкої до перешкод фізичного та радіочастотного походження.

Ключові слова: *Wi-Fi, роутер, RSSI, ping, jitter, частота роботи роутера, швидкість, фізичні перешкоди, частотні перешкоди.*

Вступ

У даний час важко уявити своє життя без доступу до Інтернету, особливо без використання безпроводних мереж, які роблять доступ до будь-якого електронного ресурсу простим і зручним практично скрізь - удома, в метро, кафе, магазинах, тощо. Отже, для забезпечення людей безпроводною технологією Wi-Fi використовуються роутери, та на сьогоднішній день масовий ринок пропонує безліч варіантів, які підходять покупцеві, однак йому доведеться зробити непростий вибір - який купити пристрій, адже у одних роутерів якість передачі даних, пропускна здатність краще, у інших - вище потужність передачі сигналу. Потужності роботи деяких роутерів може навіть не вистачати на невеликі приміщення або може істотно губитися швидкість при використанні Wi-Fi мережі деякою кількістю користувачів.

Звичайно, існують Wi-Fi роутери, які одночасно мають і великий радіус дії, і працюють стабільно, та ще й мають рівень безпеки на високому рівні (такі як Cisco), проте для будинку або невеликого офісу цей варіант не підійде за цінними характеристиками.

Було проведено експеримент [1], у якому аналізували продуктивність роботи Bluetooth при наявності електромагнітної перешкоди у вигляді Wi-Fi мережі. Але Wi-Fi з кожним роком набирає популярність, тому у цій роботі було проведено дослідження функціонування Wi-Fi роутерів в умовах перешкод.

Аналіз публікацій

Якість зв'язку залежить від наявності перешкод, які заважають поширенню сигналів або розсіюють їх, через що рівень сигналів знижується, а дальність їх поширення зменшується. У статті [2] автор надав результати експериментальних досліджень впливу лісової рослинності, а також полум'я на особливості поширення, в даних середовищах, радіохвиль стандарту IEEE 802.11 в частотному діапазоні 2,4 ГГц. На відкритій місцевості на відстані 90 метрів сигнал зменшився на 15 dBm. У лісовому масиві сигнал істотно ослаблений, це пов'язано з проходженням сигналу через густий чагарник на перших десяти метрах експерименту і вже на 70 метрах сигнал стає значно низьким, підходячи до порогової чутливості. При впливі полум'я на що проходить сигнал спостерігалось зменшення потужності сигналу з - 46,7 dBm до - 47,6 dBm.

У статті [3] автор провів дослідження для встановлення особливостей поведінки безпроводного каналу стандарту 802.11 від зміни швидкості руху абонентів. На основі проведених експериментальних досліджень було встановлено, що будь-яке переміщення прийомо-передавального обладнання стандарту 802.11 у просторі вносить суттєвий вплив на ефективну швидкість передачі інформації у каналі. Так при швидкостях руху 1 м/с спостерігається значне зменшення критерію ефективності, а при двох і більше – падіння досягає у 1,5...2 рази.

У документі [4] від Intersil Corporation розглянуто вплив перешкод від СВЧ-печі на безпроводні

мережі стандарту IEEE802.11. Методи розширення спектра полегшують спільний доступ декількох користувачів в одному і тому ж спектрі в навколишньому середовищі і усунення перешкод. У статті розглядаються два метода - псевдовипадкова перебудова робочої частоти (FHSS) і розширення спектра методом прямої послідовності (DSSS). Досвід показав, що метод DSSS дозволяє надійно працювати бездротовим мережам стандарту IEEE802.11 навіть якщо пристрої розташовані дуже близько до мікрохвильової печі. Даний експеримент може забезпечити хорошу основу для вирішення питання про перешкоди типу мікрохвильової печі, а також для випробування спільного використання даних методів.

Якщо в приміщенні потрібно встановити декілька точок доступу, у статті [5] присутні рекомендації про вибір оптимальної кількості та розташування точок доступу. Також ознайомитися з методом розміщення безпроводних точок доступу, який реалізує вдосконалений підхід до організації безпроводної локальної комп'ютерної мережі на підставі критеріїв повноти покриття абонентів та енергоефективності. Результатом є підвищення якості обслуговування в бездротових мережах.

Постановка задачі

З огляду на вищезазначене, завданням дослідження даного експерименту є визначення зміни в роботі пристроїв в умовах з перешкодами. В ході роботи до мережі підключалися різні пристрої і вимірювалися основні показники - індикатор сили сигналу, ping для деяких сайтів, швидкість скачування і віддачі, розкид мінімального і максимального часу проходження пакету IP від середнього часу проходження пакету, що передається, частота роботи роутера, смуга пропуску.

Експериментальне дослідження

Даний експеримент було проведено в трьох умовах - без перешкод, з частотними і фізичними перешкодами. В експерименті брало участь 4 роутера - Tenda n630 v2, Asus RT-N10U, D-Link DIR-300 і Tp link TL WR740N, а також була розгорнута точка доступу на мікрокомп'ютері Orange Pi з WiFi адаптером Comfast CF-WU810N і пристрої, які поступово підключалися до мережі. До проведення експерименту пристрої, що досліджуються, були настроєні завдяки керівництвам користувача для обраних роутерів (D-Link [6], Tp link [7], Asus [8] і Tenda [9]) та мікрокомп'ютеру Orange Pi [10].

Експеримент проводився у реальних умовах, в яких знаходиться більша кількість користувачів ро-

утерів класу малий офіс/домашній офіс (клас SOHO) – у багатоповерховому будинку, з дерев'яними стінами зі штукатуркою та впливом від сусідських роутерів, що працюють на тій самій частоті.

Під час проведення експерименту за допомогою програмних засобів Xirrus Wi-Fi Inspector та inSSIDer було отримано наступну інформацію про мережу:

- рівень потужності сигналу (RSSI), Дбм;
- Ping для сайту google.com, мс;
- Ping для сайту csn.khai.edu, мс;
- Ping роутера (IP-адреса 192.168.1.1), мс;
- швидкість зачакки (Download speed), Мбит/с;
- швидкість віддачі (Upload speed), Мбит/с;
- розкид мінімального і максимального часу проходження пакету IP від середнього часу проходження пакету (Jitter), мс.

Схема проведення експерименту без перешкод.

1. Настроїти точку доступу.
2. Розмістити пристрої (телефони, планшет та ноутбук) на відстані до трьох метрів від точки доступу.
3. Підключати до мережі пристрої, від одного до шести, завантажуючи трафік мережі, включаючи відео онлайн. Після кожного підключеного пристрою, вимірювати показники, які зазначені вище.

Схема проведення експерименту з частотними перешкодами.

1. Настроїти точку доступу.
2. Розташувати мікрохвильову піч, що працює на частоті 2,4 ГГц, що і точка доступу.
3. Розмістити пристрої (телефони, планшет та ноутбук) на відстані до трьох метрів від точки доступу.
4. Підключати до мережі пристрої, від одного до шести, завантажуючи трафік мережі, включаючи відео онлайн. Після кожного підключеного пристрою вимірювати показники, які зазначено вище.

Схема проведення експерименту з частотними перешкодами.

1. Настроїти точку доступу.
2. Розмістити пристрої (телефони, планшет та ноутбук) на відстані від трьох до п'яти метрів від точки доступу з фізичної перешкодою у вигляді стіни з товщиною 9-10 см.
3. Підключати до мережі пристрої, від одного до шести, завантажуючи трафік мережі, включаючи відео онлайн. Після кожного підключеного пристрою, вимірювати показники, які зазначено вище.

Нижче наведено отримані дані в результаті одного з експериментів - таблиці з отриманими результатами роботи пристрою Orange PI + WiFi адаптер Comfast CF-WU810N.

Таблиця 1

Результат роботи пристрою Orange Pi + WiFi адаптер Comfast CF-WU810N
в умовах проведення експерименту без перешкод

№ експерименту	1	2	3	4	5	6
Вимірюваний параметр						
RSSI, дБм	-40	-41	-38	-38	-39	-40
Ping для сайту google.com, мс	38	128	37	127	50	68
Ping для сайту csn.khai.edu, мс	9	61	29	218	152	195
Ping роутера, мс	2	39	4	17	71	33
Download speed, Мбіт/с	22,83	23,54	22,7	22,4	20,36	22,58
Upload speed, Мбіт/с	27,15	13,85	11,71	14,68	8,96	11,24
Jitter, мс	3	27	1	7	61	37

Таблиця 2

Результат роботи пристрою Orange Pi + WiFi адаптер Comfast CF-WU810N
в умовах проведення експерименту з частотними перешкодами

№ експерименту	1	2	3	4	5	6
Вимірюваний параметр						
RSSI, дБм	-42	-41	-44	-42	-38	-42
Ping для сайту google.com, мс	45	89	145	63	126	132
Ping для сайту csn.khai.edu, мс	15	105	36	155	28	254
Ping роутера, мс	6	45	24	4	73	49
Download speed, Мбіт/с	18,54	17,75	17,05	19,28	20,78	18,11
Upload speed, Мбіт/с	22,38	11,96	15,44	12,38	9,67	8,52
Jitter, мс	6	41	35	9	24	42

Таблиця 3

Результат роботи пристрою Orange Pi + WiFi адаптер Comfast CF-WU810N
в умовах проведення експерименту з фізичними перешкодами

№ експерименту	1	2	3	4	5	6
Вимірюваний параметр						
RSSI, дБм	-44	-43	-45	-43	-43	-44
Ping для сайту google.com, мс	43	39	46	136	97	81
Ping для сайту csn.khai.edu, мс	12	12	35	49	105	96
Ping роутера, мс	2	2	4	21	56	45
Download speed, Мбіт/с	22,56	22,88	21,54	18,05	21,23	19,73
Upload speed, Мбіт/с	18,78	15,64	10,03	17,24	12,45	14,38
Jitter, мс	3	3	5	56	43	21

Для аналізу отриманих даних було розраховано відносне відхилення по формулі (1), для розрахунку зміни характеристик пристроїв при фізичних та частотних перешкодах.

$$E = \frac{A_i^p - A_i^{-p}}{A_i^p}, i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

де A_i^{-p} – результат експерименту n без перешкод,

A_i^p – результат експерименту n з перешкодами,

n – кількість експериментів.

На підставі отриманих даних були побудовані графіки для наочності результату.

Нижче наведено графіки залежності абсолютного відхилення значення параметра RSSI від кількості підключених пристроїв до бездротової мережі при роботі з частотними і фізичними перешкодами.

На рис. 1 показано графіки залежностей відносного відхилення параметра RSSI від кількості пристроїв при частотних перешкодах.

На графіку видно, що робота роутера D-Link з найменшим відхиленням, а робота пристрою Orange Pi з великим відхиленням, в порівнянні з іншими роутерами.

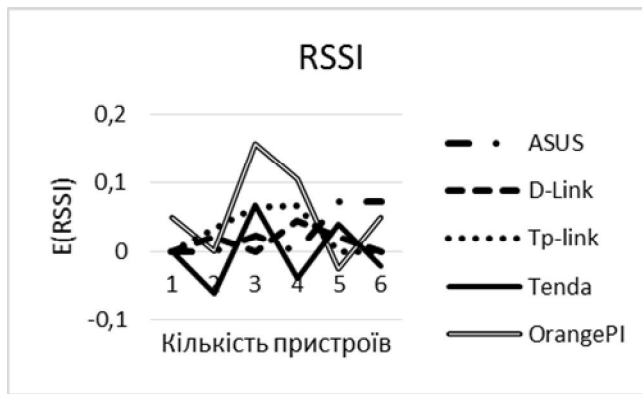


Рис. 1. Графіки залежностей відносного відхилення параметра RSSI від кількості пристроїв при частотних перешкодах



Рис. 3. Графіки залежностей відносного відхилення параметра ping від кількості пристроїв при частотних перешкодах

На рис. 2 показано графіки залежностей відносного відхилення параметра RSSI від кількості пристроїв при фізичних перешкодах.

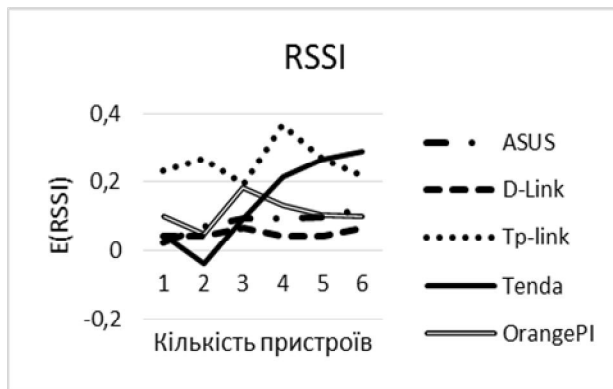


Рис. 2. Графіки залежностей відносного відхилення параметра RSSI від кількості пристроїв при фізичних перешкодах

На графіку видно, що робота роутера D-Link з найменшим відхиленням, а робота роутера Tp-Link з великим відхиленням, в порівнянні з іншими маршрутизаторами.

Нижче можна побачити наскільки нестабільна робота роутера Tenda n630 v2 в порівнянні з іншими пристроями, у яких відносно відхилення від базового значення було незначним.

На рис. 3 показано графіки залежностей відносного відхилення параметра ping від кількості пристроїв при частотних перешкодах.

На графіку видно, що робота роутера Tp-Link з найменшим відхиленням, а робота роутера Tenda з великим відхиленням, в порівнянні з іншими маршрутизаторами.

На рис. 4 показано графіки залежностей відносного відхилення параметра ping від кількості пристроїв при фізичних перешкодах.

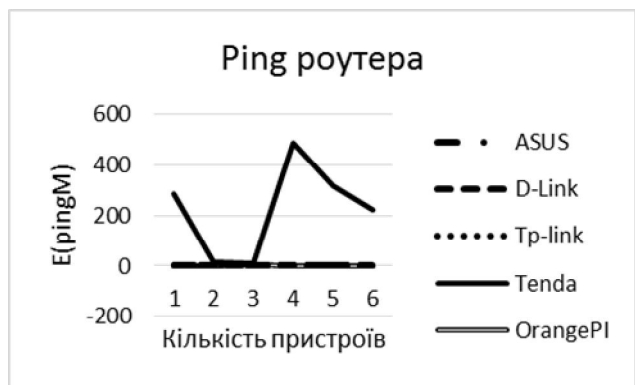


Рис. 4. Графіки залежностей відносного відхилення параметра ping від кількості пристроїв при фізичних перешкодах

На графіку видно, що робота роутера Asus з найменшим відхиленням, а робота роутера Tenda з великим відхиленням, в порівнянні з іншими маршрутизаторами.

Аналіз

На основі проведеного експерименту були зроблені наступні висновки про пристрої, що порівнювались.

Як і очікувалось, відхилення безпроводних маршрутизаторів найбільш поширених виробників - Asus RT-N10U, D-Link DIR-300 і Tp-link TL-WR740N - було незначним (узагальнено на 95%, 37% та 44% відповідно).

З іншого боку, доволі стабільно функціонувала точка доступу на базі мікрокомп'ютера Orange Pi з WiFi адаптером Comfast CF-WU810N (узагальнено нестабільність складала 132%). При аналогічному експерименті з іншим адаптером, можливо, що значення будуть інші.

Також несподівано було виявлено, що пристроєм, з найбільшим відхиленням від базового значення (результати експерименту без перешкод) виявився роутер Tenda n630 v2 (узагальнено на 3759%).

Висновки

Через те, що фізичні і частотні перешкоди чинять негативний вплив на роботу бездротової мережі в тій чи іншій мірі, радимо не ставити маршрутизатори біля джерел електромагнітних полів, а також обрати оптимальне місце розташування точки доступу, щоб було якомога менше фізичних перешкод. Також потрібно мати на увазі з чого створені перешкоди, бо такий матеріал як дерево, наприклад, вносить незначні затухання.

Також необхідно враховувати те, що оточення теж використовує роутери, які теж часто працюють на частоті 2,4 ГГц, що також вплине на стабільність роботи маршрутизатора.

Надалі планується провести аналогічні експериментальні дослідження, в яких буде встановлено, як будуть впливати перешкоди на роботу високочастотних (5ГГц) маршрутизаторів деяких відомих виробників у реальних умовах експлуатації.

Література

1. Ayagi, S. H. Performance Analysis of Bluetooth Network in the Presence of WI-FI System [Text] / S. H. Ayagi // *Computer Engineering and Intelligent Systems*. – 2014. – № 9. – P. 18-26.
2. Букин, Н. П. Особенности распространения радиоволн стандарта IEEE 802.11 в частотном диапазоне 2,4 ГГц в лесном массиве при ликвидации чрезвычайной ситуации [Текст] / Н. П. Букин, Р. М. Полстянкин, И. А. Толкунов // *Системы обработки информации : сб. науч пр. / ХУПС*. – Харьков, 2014. – Вып. 9 (125). – С. 212-215.
3. Михалевський, Д. В. Дослідження впливу руху абонентів на ефективну швидкість передачі інформації у мережах стандарту Wi-Fi [Текст] / Д. В. Михалевський, М. Д. Гузь // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. – 2015. – № 1. – С. 195-199.
4. Intersil Corporation [Електронний ресурс] *Effects of Microwave Interference On IEEE 802.11 WLAN Reliability*. – Access mode: www.sunist.org/shared%20documents/References/Papers/Storage/2.45GHz%20Microwave%20Oven.pdf. – 27.02.2017 р.
5. Яновский, М. Э. Методы размещения точек доступа в беспроводных локальных компьютерных сетях на основании критерия полноты покрытия абонентских станций [Текст] / М. Э. Яновский // *Збірник наукових праць Харківського університету*

Повітряних Сил. / ХУПС. – Харків, 2014. – Вып. 4 (41). – С. 65-68.

6. Руководство пользователя версия 1.0 DIR-300 [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://ftp.dlink.ru/pub/Router/DIR-300/Description/DIR-300AC1A_User%20Manual_v.1.0.0_19.06.12_RU.pdf. – 27.02.2017 р.

7. Инструкция по настройке Wi-Fi роутеров TP-Link TL-WR741ND и TLWR740N [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.vegatele.com/files/tl_wr741nd_and_tl_wr740n.pdf. – 27.02.2017 р.

8. ASUS RT-N10U беспроводной роутер. Руководство пользователя [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dlcdnet.asus.com/pub/ASUS/wireless/RT-N10U/R7656_RT_N10U_Manual_Russian.pdf. – 27.02.2017 р.

9. Tenda. User Guide [Електронний ресурс]. – Access mode: <http://download.minihere.com/router/tenda/N630V1.0-USER-MANUAL.pdf>. – 27.02.2017 р.

10. Orange Pi PC. User Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://geekmatic.in.ua/pdf/OrangePi_PC_user_manual_v0.9.1.pdf. – 27.02.2017 р.

References

1. Ayagi, S. H. Performance Analysis of Bluetooth Network in the Presence of WI-FI System. *Computer Engineering and Intelligent Systems*, 2014, no. 9, pp. 18-26.
2. Bukyn, N. P., Polstyankyn, R.M., Tolkunov, Y.A. [Features wave propagation IEEE 802.11 standard in the frequency range 2.4 Ghz in a wooded area at liquidation of emergency]. «*Systemy obrobky informatsiyi. Zbirnyk naukovykh prats'*» – Proc of the KhUPS Publ. “*Information processing systems*”, 2014, vol. 9 (125), pp. 212-215. (In Russian).
3. Mykhalevs'kyy, D. V., Huz', M. D. Investigation of influence of the subscribers movement on effective data transfer speed in Wi-Fi networks. *Vymiryuval'na ta obchyslyuval'na tekhnika v tekhnologichnykh protsesakh – Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, 2015, no. 1, pp. 195-199.
4. *Effects of Microwave Interference On IEEE 802.11 WLAN Reliability*. Available at: www.sunist.org/shared%20documents/References/Papers/Storage/2.45GHz%20Microwave%20Oven.pdf (accessed 27.02.2017).
5. Yanovskyy, M. E. [Methods for placement of access points in wireless local area networks based on complete coverage criteria of subscribers' stations]. «*Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho universytetu Povitryanykh Syl*» – Proc of the KhUPS Publ. “*Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*”, 2014, vol. 4 (41), pp. 65-68. (In Russian).

6. *Guide version 1.0 DIR-300*. Available at: http://ftp.dlink.ru/pub/Router/DIR-300/Description/DIR-300AC1A_User%20Manual_v.1.0.0_19.06.12_RU.pdf (In Russian), (accessed 27.02.2017).

7. *Instructions for configuring Wi-Fi routers TP-Link TL-WR741ND and TLWR740N*. Available at: http://www.vegatele.com/files/tl_wr741nd_and_tl_wr740n.pdf (In Russian), (accessed 27.02.2017).

8. *User's ASUS RT-N10U wireless router. User*

guide. Available at: http://dlcdnet.asus.com/pub/ASUS/wireless/RT-N10U/R7656_RT_N10U_Manual_Russian.pdf (In Russian), (accessed 27.02.2017).

9. *Tenda. User Guide*. Available at: <http://download.minihere.com/router/tenda/N630V1.0-USER-MANUAL.pdf> (accessed 27.02.2017).

10. *Orange Pi PC User Manual*. Available at: http://geekmatic.in.ua/pdf/OrangePi_PC_user_manual_v0.9.1.pdf (accessed 27.02.2017).

Поступила в редакцію 4.02.2017, рассмотрена на редколлегии 16.02.2017

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ WI-FI МАРШРУТИЗАТОРОВ В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ

В. Ю. Мерлак, Д. Д. Узун

Проведены исследования, в ходе которых к сети подключались различные устройства и измерялись основные показатели – RSSI, ping, скорость скачивания и отдачи, jitter, частота работы роутера, пропускная способность. Эксперимент был проведён в трёх случаях – без помех, с физическими и частотными помехами. Для исследования было взято четыре маршрутизатора известных производителей, а также микрокомпьютер Orange Pi с беспроводным адаптером Wi-Fi, благодаря чему был создан пятый hot-spot. В результате эксперимента было выявлено, какое устройство показало лучшие результаты по основным параметрам во время нагрузки, увеличения количества подключённых устройств и более устойчиво к помехам физического и радиочастотного происхождения.

Ключевые слова: Wi-Fi, маршрутизатор, RSSI, ping, jitter, частота работы роутера, скорость, физические помехи, частотные помехи.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF WI-FI ROUTERS IN THE CONDITIONS OF PRESENTS OF INTERFERENCE

V. Yu. Merlak, D. D. Uzun

Through conducted research various devices had been connected and key indicators, such as RSSI, ping, download and upload speed, jitter, operation frequency of the router and throughput had been measured. The experiment was carried out in three cases - without any interference, with physical interference and with frequency interference. For the research four routers of well-known manufacturers and an Orange Pi microcomputer with wireless Wi-Fi adapter were taken for creating the fifth hot-spot. As a consequence of the experiment it was identified which device had showed the best results of the basic parameters during the load period or under increase in the number of connected devices and had been more resistant to physical or radio noise.

Keywords: Wi-Fi, a router, RSSI, ping, jitter, operation frequency of the router, the speed, the physical interference frequency interference.

Мерлак Вікторія Юрївна – студент кафедри комп'ютерних систем та мереж, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна, e-mail: victoria.merlak@gmail.com.

Узун Дмитро Дмитрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна, e-mail: d.uzun@csn.khai.edu.

Merlak Viktoriya Yuriyivna – Student of Dept. of Computer Systems and Networks, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: victoria.merlak@gmail.com.

Uzun Dmytro Dmytrovych – Candidate of Technical Science, Assistant Professor of Dept. of Computer Systems and Networks, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: d.uzun@csn.khai.edu.