

УДК 621.396

Губіш С.А., Черкасець П.М., Шолом П.С.  
Луцький національний технічний університет

## ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖ СТАНДАРТУ 802.11B/G/N ТА МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОДІЇ

*Здійснено аналіз методів забезпечення максимальної швидкодії безпроводних мереж, особливостей роботи стандарту 802.11b/g/n Wi-Fi мереж, розроблено рекомендації щодо покращення роботи точки доступу кафедри комп'ютерної інженерії Луцького національного технічного університету.*

**Ключові слова:** Wi-Fi, стандарт IEEE 802.11b/g/n, точка доступу, номер каналу

**Постановка проблеми.** Безпроводні мережі передачі ефективно використовується для забезпечення стійкого каналу зв'язку між тими сегментами локальних мереж, які неможливо з'єднати класичним кабельним з'єднанням з певної причини. Також безпроводні технології застосовуються у випадку, коли прокладання кабелю є недоцільним, наприклад, при створенні тимчасових комп'ютерних мереж. Проте є багато чинників, що можуть негативно вплинути на якість роботи такої мережі і/або знизити швидкість передачі даних. Серед них можна виділити наступні: перекриття сусідніх каналів один одним, надмірна кількість підключених вузлів, що може бути результатом несанкціонованого доступу до мережі, наявність перешкод на шляху проходження сигналу, асиметрія потужності передавача точки доступу з Wi-Fi передавачем клієнта. Оскільки швидкодія безпроводної мережі залежить від середовища передачі даних, частоти радіохвиль, розміщення пристроїв та їх конфігурації, тому потрібно знати які удосконалення були здійснені в стандарті 802.11n та як вони суміщаються і співіснують із мережами застарілого стандарту 802.11 b/g безпроводних мереж.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблема забезпечення максимально можливої швидкодії безпроводних мереж є предметом досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців. Зокрема технічні принципи реалізації пристроїв безпроводного доступу (вибір сигналів, методи модуляції, кодування, багатостанційного доступу, побудова багатоантенних систем, забезпечення захисту зв'язку) представлені у роботах Немировського М.С., Шорина О.А., Бабина А.І., Сартакова А.Л., Гепко І.А., Чайки Ю.Д., Пролетарського А.В. Чимало досліджень присвячено шляхам забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до мережі. Цим питанням займалися Щербаков В.Б., Єрмаков С.А., Гордейчик С.В., Дубровин В.В., Владимиров А.А. Особливості роботи безпроводних мереж стандарту 802.11 b/g/n описані також у працях Шахновича І.В., Баскакова І.В., Федотова Р.А., Вишневецького В.М. та ін.

Праці названих вище авторів сприяли накопиченню і систематизації знань, узагальненню досвіду щодо особливостей роботи безпроводних мереж.

**Метою роботи** є аналіз методів підвищення швидкодії безпроводних мереж, особливостей роботи стандартів 802.11 b/g і 802.11n Wi-Fi мереж та розробка рекомендацій щодо покращення роботи точки доступу кафедри комп'ютерної інженерії Луцького національного технічного університету.

**Виклад основного матеріалу.** Wi-Fi (від англ. Wireless Fidelity) – загальноживана назва для стандарту бездротового (радіо) зв'язку передачі даних, який об'єднує декілька протоколів та ґрунтується на сімействі стандартів IEEE 802.11 (Institute of Electrical and Electronic Engineers – міжнародна організація, що займається розробкою стандартів у сфері електронних технологій)[1]. Установа Wireless LAN рекомендується там, де розгортання кабельної системи є неможливим або економічно недоцільним. На даний час у багатьох організаціях використовується Wi-Fi, оскільки при певних умовах швидкість роботи мережі вже перевищує 100 Мбіт/с. Користувачі можуть переміщуватись між точками доступу по території покриття мережі Wi-Fi. Мобільні пристрої (КПК, смартфони, PSP і ноутбуки), які оснащені клієнтськими Wi-Fi пристроями прийому/передачі, можуть підключатися до локальної мережі і отримувати доступ в Інтернет через точки доступу або хот-споти (від англ. hot spot – «гаряча точка»).

Стандарт 802.11n для мереж Wi-Fi був затверджений організацією IEEE 11 вересня 2009 року. Стандарти 802.11b та 802.11g вважаються застарілими (відповідно 1999р. та 2003р.), проте і досі використовуються, тому потрібно знати чим вони відрізняються та як суміщаються і співіснують.

**Стандарт 802.11b/g.** Стандарт 802.11g працює на частотах 2,4 – 2,4835 ГГц і дозволяє передавати дані з каналною швидкістю 54 Мбіт/сек. Він сумісний зі стандартом 802.11b. Для зручності передачі даних частота поділена на так звані канали (рис. 1). Таких каналів є 14. Проте в залежності від країни, в якій знаходиться точка доступу, дозволеними для використання можуть бути тільки деякі з них. Так, наприклад, в Україні і Росії дозволено використовувати з 1 по 13 канал, в Японії – всі 14, тоді як у Франції та Іспанії дозволено використовувати лише 4 канали (2.457 – 2.427 ГГц).

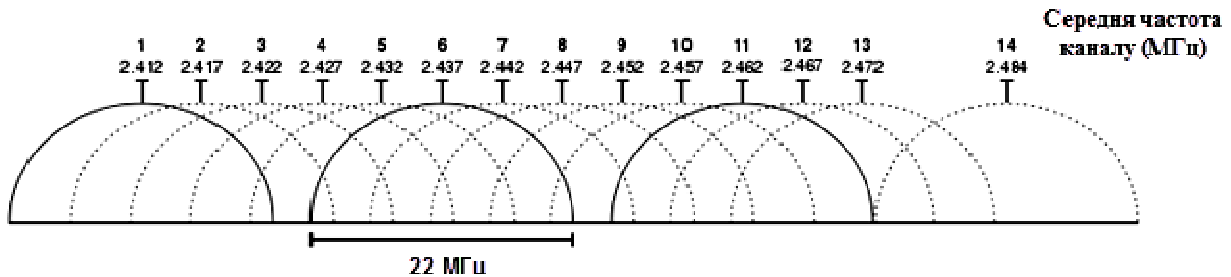


Рис. 1. Розподіл частот по каналах

Однією з причин, що впливають на роботу безпроводних мереж Wi-Fi, є перекриття суміжних каналів один одним (рис. 1). Можна логічно припустити, що при налаштуванні двох суміжних точок доступу достатньо просто їх налаштувати на різні канали, наприклад 1 і 2 або 1 і 3. Проте це не так. Оскільки ці канали перетинаються один з одним, то точки доступу, налаштовані таким чином, будуть створювати перешкоди один для одного. Тобто, якщо доступно 13 каналів, то поруч може бити налаштовано максимум 3 точки доступу стандарту b і g, які будуть нормально співіснувати, наприклад, на 1, 6 і 11 каналах. Нажаль, у великих бізнес-центрах, де знаходяться десятки різних фірм та десятки точок доступу, налаштувати ідеально зв'язок досить важко. Якщо ж всі точки доступу знаходяться у будівлі під контролем і є необхідність забезпечити їх одночасну роботу, то можна спробувати зменшити потужність мовлення суміжних точок.

**Стандарт 802.11n.** У безпроводних мережах використовуються два частотних діапазони: 2,4 ГГц і 5 ГГц. Мережі стандарту 802.11b/g працюють на частоті 2,4 ГГц, стандарту 802.11a – на частоті 5 ГГц, а мережі стандарту 802.11n можуть працювати як на частоті 2,4 ГГц, так і на частоті 5 ГГц. Стандарт 802.11n зворотньо сумісний зі стандартами 802.11g (а відповідно і 802.11b) та 802.11a (на частоті 5,0 ГГц). Теоретично канална швидкість передачі даних при використанні 802.11n може досягати 300 Мбіт/сек (600 Мбіт/сек при використанні 4-х антен), проте, щоб досягти таких показників, необхідно знати за рахунок яких методів вдається цього досягти [2].

Особливістю стандарту 802.11n є збільшення ширини каналу з 20 до 40 МГц (рис. 2). Об'єднання каналів можна використовувати в обох діапазонах, але так як в діапазоні у 2,4 ГГц доступно лише 3 канали, що не пересікаються, то використовувати дану можливість в цьому діапазоні вкрай не рекомендується. У смузі частот 5 ГГц доступно 19 каналів, що не пересікаються, і дозволяються забезпечити максимально можливу швидкість передачі даних. Сигнали розподіляються без взаємного перекриття каналів з шириною смуги 40 МГц. Також потрібно відзначити, що згідно стандарту, якщо в діапазоні 2,4 ГГц, на якому використовується канал подвоєної ширини, з'являється пристрій, що працює на каналі стандартної ширини, то пристрій 802.11n зобов'язаний перейти на роботу з каналом стандартної ширини.

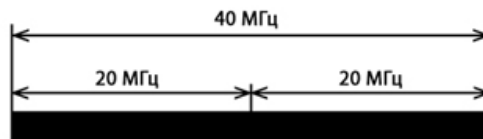


Рис. 2. Об'єднання суміжних каналів (стандарт 802.11n)

**Технологія MIMO.** Однією з особливостей стандарту 802.11n є підтримка технології MIMO. MIMO (Multiple-Input Multiple-Output, множинний вхід – множинний вихід) – це технологія підвищення швидкості передачі даних в бездротових мережах за рахунок використання в пристроях прийому та передачі великого числа розосереджених у просторі антенних систем з окремими радіочастотними трактами і АЦП [3]. При цьому передбачається перетворення

переданого сигналу більшої потужності (з відповідно більшою дальністю передачі) у кілька сигналів меншої потужності, що дозволяє зменшити інтерференцію і поліпшити якість сигналу [4]. При використанні 4-ох антен-передавачів та 4-ох антен-приймачів (конфігурації «4x4») теоретично можливо досягти каналної швидкості у 600 Мбіт/сек.

Короткий захисний інтервал SGI (Short Guard Interval). SGI визначає інтервал часу між переданими символами (найменша одиниця даних, переданих за один раз). Цей інтервал допомагає під час прийому даних уникнути затримки через міжсимвольні перешкоди Inter-Symbol Interference (ISI) і подолати відлуння (відображення звукових хвиль). У пристроях стандарту 802.11b/g використовується захисний інтервал 800 нс, а в пристроях 802.11n є можливість використання паузи всього в 400 нс. Більш короткі інтервали привели б до більшого втручання і зниження пропускної спроможності, в той час як великі інтервали можуть призвести до небажаних простоїв у безпроводному середовищі. Короткий захисний інтервал (SGI) підвищує швидкість передачі даних на 11 % [5].

Отже, для того, щоб досягти каналної швидкості 300 Мбіт/сек (конфігурація «2x2») або 600 Мбіт/сек (конфігурація «4x4»), потрібно забезпечити мінімальну зашумленість каналу при максимальному рівні сигналу з використанням усіх трьох вищевикладених технологій (об'єднання каналів, застосування SGI та MIMO). Досягнення швидкодії у 300 і 600 Мбіт/сек на практиці майже нереально. Таблиця 1 відображає залежність максимальних каналних швидкостей від кількості антен (Spatial Streams), швидкості кодування (Coding Rate), методу модуляції (Modulation type) і ширини каналу (Data Rate).

Таблиця 1

Залежність максимальних каналних швидкостей від кількості антен, швидкості кодування, методу модуляції і ширини каналу

MCS Index	Spatial streams	Modulation type	Coding rate	Data rate (Mbit/s)			
				20 MHz channel		40 MHz channel	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	1	BPSK	1/2	6.50	7.20	13.50	15.00
1	1	QPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
2	1	QPSK	3/4	19.50	21.70	40.50	45.00
3	1	16-QAM	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
4	1	16-QAM	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
5	1	64-QAM	2/3	52.00	57.80	108.00	120.00
6	1	64-QAM	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
7	1	64-QAM	5/6	65.00	72.20	135.00	150.00
8	2	BPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	2	QPSK	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	2	QPSK	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
11	2	16-QAM	1/2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	2	16-QAM	3/4	78.00	86.70	162.00	180.00
13	2	64-QAM	2/3	104.00	115.60	216.00	240.00
14	2	64-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
15	2	64-QAM	5/6	130.00	144.40	270.00	300.00
16	3	BPSK	1/2	19.50	21.70	40.50	45.00
...	4	...	...	...	...	...	...
31	4	64-QAM	5/6	260.00	288.90	540.00	600.00

Якщо припустити що вдалося створити підключення із швидкістю у 300 Мбіт/сек, то ефективна швидкість передачі даних все одно буде близько до 100 Мбіт/сек, адже Wi-Fi володіє великою надмірністю. Якщо ж додати кодування, то швидкість може впасти ще відсотків на 7. Також весь цей канал ділиться між усіма клієнтами AP (від англ. access point), тому кількість підключених вузлів і характер переданих даних має дуже велике значення.

Більшість сучасних точок доступу, роутерів та інших пристроїв крім основного режиму – точки доступу, можуть виступати так само в ролі мосту, повторювача і т.п. Стандартом підтримується тільки основний режим – режим точки доступу. Тому при потребі використання пристрою в інших режимах вкрай бажано підбирати пристрій одного виробника та однієї моделі. Те ж саме стосується і фірмових технологій типу Super G тощо.

Якість роботи безпроводної мережі також залежить і від вибору типу антени та її налаштувань. Перш за все, антена є пасивним підсилювачем. Це означає, що вона може розширювати зону мовлення одного напрямку тільки за рахунок іншого. Кожна антена має одну важливу характеристику – діаграму спрямованості. Якщо, наприклад, в офісі розгорнуто безпроводну мережу і сигнал на поверсі, на якому встановлено точку доступу, прийнятний, але вже поверхом вище, прямо над AP, знаходиться ще один клієнт, у якого прийом дуже слабкий, і вирішено поставити потужнішу антену, яка забезпечила на першому поверсі чудовий сигнал, а на другому – погіршила ситуацію, то вся справа в тому, що не враховано діаграму спрямованості. У стандартної всенаправленої антени, якими зазвичай комплектуються безпроводні пристрої, діаграма спрямованості може виглядати приблизно так, як показано на рисунку 3. Діаграма направленої антени зображена на рисунку 4.

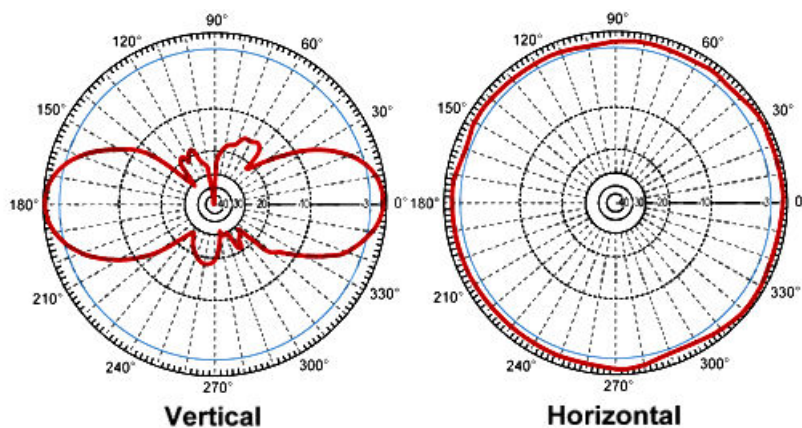


Рис. 3. Діаграма спрямованості всенаправленої антени

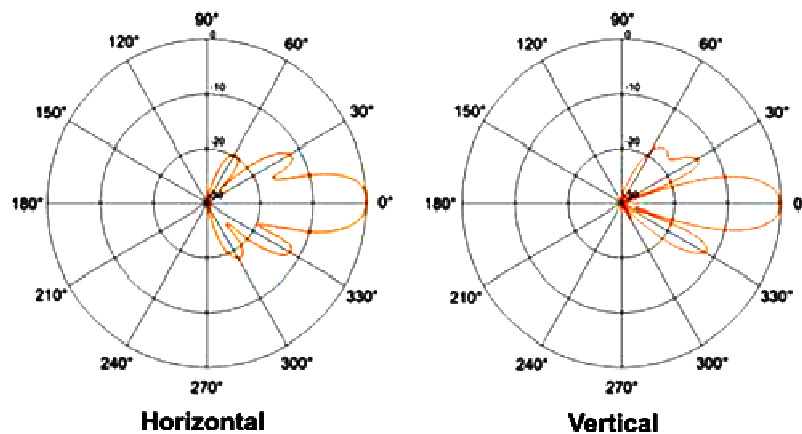


Рис. 4. Діаграма спрямованості направленої антени

Багато точок доступу крім зовнішньої антени мають ще і внутрішню. При цьому по-замовчуванню в якості джерела використовується та, у якій в даний момент кращий сигнал. Тому, якщо виникає необхідність замінити стандартну антену зовнішньою спрямованою, то в налаштуваннях точки доступу обов'язково потрібно вказати яку саме антену необхідно використовувати. Якщо цього не зробити, то виникає ризик вловити внутрішньою антеною потужніший сигнал, але не той, що потрібно. На SOHO-точках дана опція може бути не реалізована у web-інтерфейсі, проте є можливість перемикатися на потрібну антену через ssh або telnet.

До найбільш поширених причин, що впливають на роботу безпроводних мереж Wi-Fi (802.11b/g/n) належать [6]:

- інші Wi-Fi-пристрої (точки доступу, бездротові камери та ін.), що працюють в радіусі дії даного пристрою і використовують той же частотний діапазон;
- Bluetooth-пристрої, що працюють в зоні покриття Wi-Fi-пристрою;
- великі відстані між Wi-Fi-пристроями (необхідно пам'ятати, що безпроводні пристрої Wi-Fi мають обмежений радіус дії, наприклад, точка доступу стандарту 802.11b/g має радіус дії до 60 м в приміщенні і до 400 м поза приміщенням);
- перешкоди (різні перешкоди (табл. 2), які розташовані між Wi-Fi-пристроями, можуть частково або значно відобразити/поглинути радіосигнали, що призводить до часткової або повної втрати сигналу);
- різноманітна побутова техніка, що працює в зоні покриття Wi-Fi-пристрою (наприклад, мікрохвильові печі можуть послаблювати рівень сигналу Wi-Fi, оскільки зазвичай працюють у діапазоні 2,4 ГГц).

Таблиця 2

Втрата ефективності Wi-Fi сигналу при проходженні через різноманітні середовища

Перешкода	Додаткові втрати (dB)	Ефективна відстань
Відкритий простір		100%
Вікно без тонування (відсутнє металізоване покриття)	3	70%
Тоноване вікно (металізоване покриття)	5-8	50%
Дерев'яна стіна	10	30%
Міжкімнатна стіна (15,2 см)	15-20	15%
Несуча стіна (30,5 см)	20-25	10%
Бетонна підлога/стеля	15-25	10-15%
Монолітне залізобетонне покриття	20-25	10%

Кафедра комп'ютерної інженерії (КІ) Луцького національного технічного університету оснащена точкою доступу, яка підтримує стандарт 802.11n, укомплектована двома всенаправленими антенами та може працювати в режимі «2x2» (300 Мбіт/с), тобто передавати дані одночасно по двох антенах та використовувати канал із ширшою шириною смуги.

Налаштування маршрутизатора та вибір каналу передачі даних можна здійснити за допомогою безкоштовної програми inSSIDer. Для початку потрібно переглянути ефір (рис. 5). Програма inSSIDer дозволяє відобразити знайдені Wi-Fi мережі, канали, на яких вони ведуть мовлення, їх MAC-адреси, рівень сигналу кожної точки доступу, виробника та метод шифрування, який використовується AP. Також програма дає можливість побачити наочні графіки, за допомогою яких можна легко визначити які саме мережі перебиваються (рис. 6).

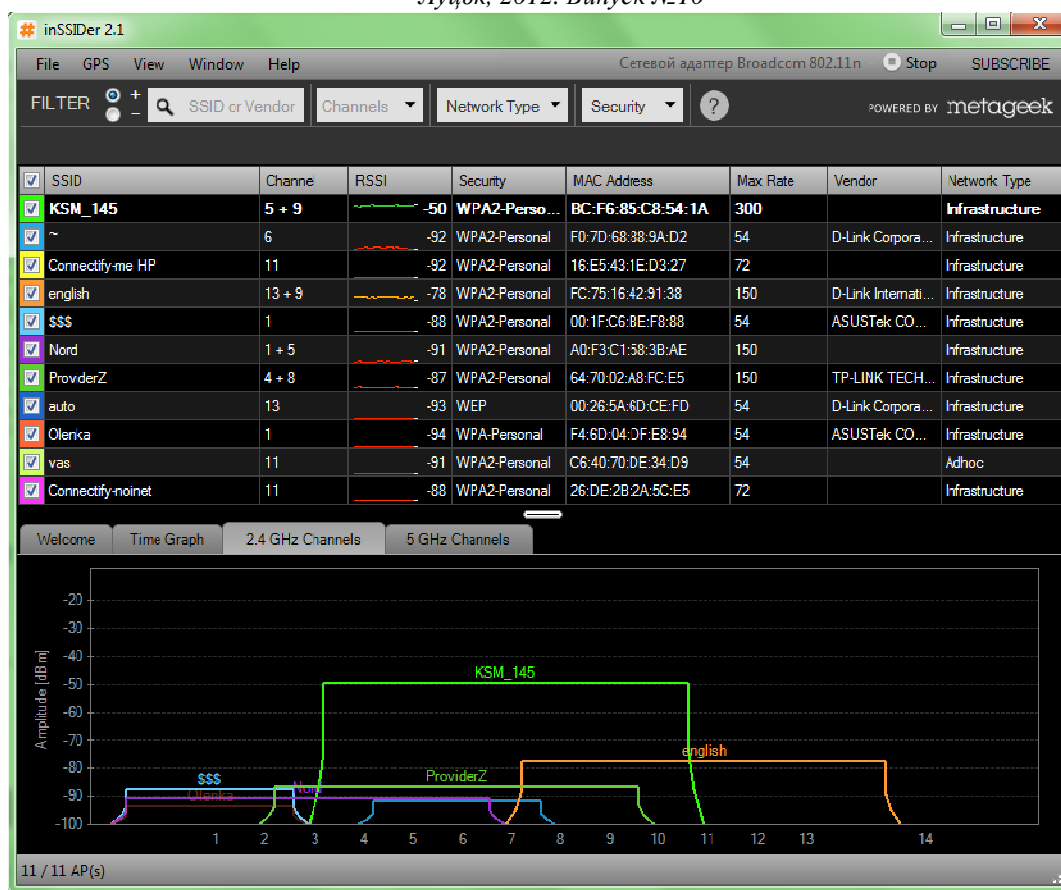


Рис. 5. Перегляд ефіру частотного діапазону 2,4 ГГц (програма inSSIDer)

З рисунка 5 видно, що точка доступу кафедри «KSM\_145» займає два канали, а саме: п'ятий та дев'ятий. Рівень сигналу на кафедрі, яку відмежує від точки доступу дві міжкімнатні стіни, рівний -50 dBm. Такий сигнал є досить сильним для нормальної роботи в мережі. Аналізуючи наявність інших точок доступу в зоні покриття, можна зробити висновок, що сигнал, який передає встановлена ТД, пересікається з іншим сигналом від точки доступу «english», рівень сигналу якої є нижчим за середній, проте все ж створює перешкоди для під час роботи точки доступу кафедри КІ. Тому для ефективнішої роботи мережі рекомендується перевести ТД на роботу в каналах 1 та 6. Хоча багато точок доступу працюють на цих каналах, але рівень їхнього сигналу є надто слабким (-90 dBm), щоб створити суттєві перешкоди [7]. Перехід на менш зашумлені канали дозволить забезпечити більш стійкий сигнал точки доступу кафедри.

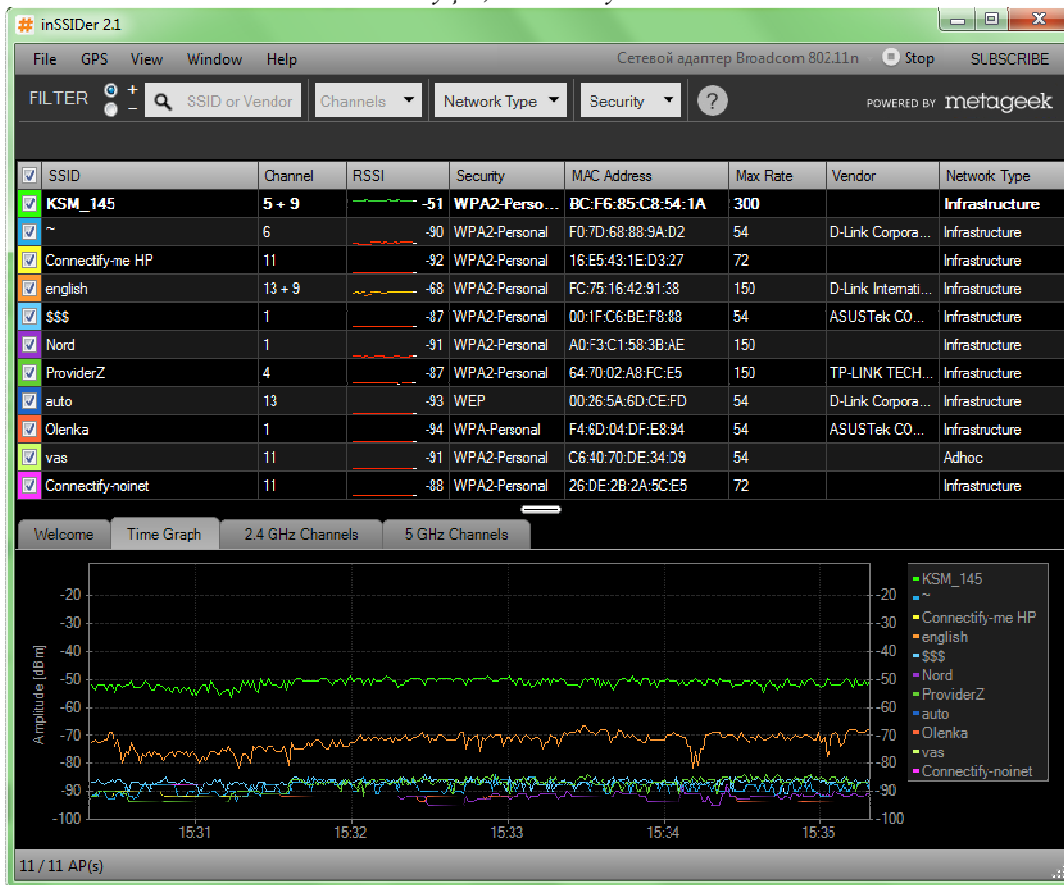


Рис. 6. Перегляд часових діаграм точок доступу (програма inSSIDer)

**Висновки.** Швидкість безпроводної мережі залежить від середовища передачі даних, частоти радіохвиль, розміщення пристроїв та їх конфігурації. Тому лише вибір певного стандарту Wi-Fi мережі не гарантує забезпечення максимальної швидкості, яка у ньому вказана. Однією з причин зниження швидкості мережі є перекриття суміжних каналів один одним.

Точка доступу кафедри комп'ютерної інженерії Луцького національного технічного університету підтримує стандарти 802.11n із зворотною сумісністю 802.11b/g, обладнана двома всенаправленими антенами, має канали подвоєної ширини та працює на каналах 1 та 6 (після переналаштування), що забезпечує швидкість з'єднання в 300 Мбіт/с.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Немировский М.С., Шорин О.А., Бабин А.И., Сартаков А.Л. Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма: Учебное пособие / Под. ред. Немировского М.С., Шорина О.А. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 400 с.
2. Вишневикий В.М., Ляхов А.И., Потрної С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
3. Владимиров А.А. Wi-фу: «боевые» приемы взлома и защиты беспроводных сетей / Владимиров А.А., Гавриленко К.В., Михайловский А.А.; пер. с англ. АА. Слинкина. – М.: ИТ Пресс, 2005. – 463 с.
4. <http://www.megabook.ru/Article.asp?AID=607094>
5. <http://ua.zyxel.com/kb/2105>
6. <http://zyxel.ru/kb/2082>
7. <http://habrahabr.ru/post/149447/>