

УДК 621.391.7

Хорунжий О. І., Гайдур Г. І., Сєрих С. О., Ільїн О. О.

(Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ДЛЯ ПРИСКОРЕНОГО ВИБОРУ СТАНДАРТУ БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ

Хорунжий О. І., Гайдур Г. І., Сєрих С. О., Ільїн О. О. Використання методу експертних оцінок для прискореного вибору стандарту безпроводових мереж. Метод дозволяє провести прискорену оцінку ефективності використання різноманітних технологій доступу до транспортної частини NGN за можливостями користувачів та операторів мереж.

Ключові слова: БЕЗПРОВОДОВА МЕРЕЖА, ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА, NGN, МЕРЕЖА ДОСТУПА

Хорунжий А. И., Гайдур Г. И., Серых С. А., Ильин О. А. Использование метода экспертных оценок для быстрого выбора стандарта беспроводных сетей. Метод позволяет произвести ускоренную оценку эффективности использования различных технологий доступа к транспортной части NGN по возможностям пользователей и операторов.

Ключевые слова: БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ, ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА, NGN, СЕТЬ ДОСТУПА

Horungyi O. I., Gaidur G. I., Sierykh S. O., P'iin O. O. The method of expert evaluations using for rapid selection of standard wireless networks. The method allows a rapid assessment of the effectiveness of various technologies available to transport part of NGN capabilities for users and network operators.

Key words: WIRELESS NETWORKS, METHOD OF EXPERT, NGN, ACCESS NETWORK

Сучасний стан і темпи розвитку телекомунікаційного обладнання мереж і мережних технологій, які орієнтовані на різноманітні потреби та можливості користувачів, дозволяють зробити висновок про складність та необхідність проведення обґрунтованого вибору технологій для розгортання мереж. Це обумовлено, з одного боку, зростаючими вимогами користувачів та постачальників. Користувачі стають більш інформованими в питаннях розвитку обладнання ринку інфокомунікацій та послуг, що надаються, і їх оптимального використання в своїй професійній діяльності. Постачальники послуг, з іншого боку, розуміються у сучасних потребах користувачів, напрямках та темпах розвитку технологій, тенденціях та особливостях застосування устаткування та фінансово-економічних аспектах їх використання. Аналіз тенденцій розвитку телекомунікацій [1...5] дозволяють визначити, що головними потребами з боку користувачів є прискорене розгортання мереж доступу до транспортної частини NGN з мінімізацією проводових з'єднань, їх надійність, доступність, захищеність та простота у використанні. Все це обумовлює необхідність розглядати саме безпроводові мережі, але тільки ті, які мають загальноприйнятну стандартизацію (хоча відомі факти стандартизації «де-факто») [5].

При здійсненні як вибору методу експертних оцінок, так і показників, за яким він виконувався, автори не робили розподіл на постачальник – користувач. Тому сам метод вважається уніфікованим, але увагу звернено на стратегію і доступність для недостатньо підготованих учасників ринку інфокомунікацій. Крім того, застосовуючи принцип зваженості, кожний з користувачів цього методу може адаптувати його з урахуванням власних можливостей та потреб. Головним при оцінці ефективності є той факт, що показники теж можуть змінювати свій стан, тобто підлаштовуватись під застосований математичний апарат методом інверсії. Наприклад, зміна станів мобільність – стаціонарність, безпека – доступність, складність – простота і т.д. Для спрощення об'єктивного визначення переваг та недоліків кожного зі стандартів, розгляд яких з об'єктивних причин обмежимо діючими стандартами. Як приклад пропонуємо порівняльну табл.1 стандартів безпроводових мереж. Для покращення ефективності оцінки передбачена можливість розподілу показників на групи, що складають індивідуальну пріоритетність за потребами. Тобто, в табл. 1 наведено базові показники, за якими достатньо проводити оцінку. Але при необхідності кожну з груп за бажанням можна розширити чи зменшити порівняно з базовим розподілом.

Порівняння стандартів 802.16, LTE, UMTS

Табл. 1

№	Параметр	IEEE 802.16a/d-2004 (WiMAX)	IEEE 802.16e (WiMAX)	LTE	UMTS/HSPA
1	Стандартизація Рік стандартизації	+++ 2003-2004	++ 2005	+ 2009	+ 2007
2	Радіус дії	2-10км (з на- вненою антеною до 50 км)	2-10км (з направленою антеною до 50 км)	5-30 км	1-1,5 км
3	Частотний робочий діапазон, ГГц	3,5; 5,0	2,3-2,5; 2,5-2,7; 3,4-3,8	0,7-2,7	2,0
4	Максимальне число каналів	6	6	6	2
5	Ширина смуги частот, МГц	1,5-20	1,5-20	1,4-20	5,0
6	Потреба ліцензування частотного діапазону	+	+	++	+
7	Максимальна швидкість передавання (на одну точку)	75	15; 60; 134	50; 100	35
8	Підтриму- вана архітектура мережі	Точка-точка	+	+	+
		Точка-зірка	+	+	+
		Робота через точку доступу	+	+	+
9	Швидкість розгортання	середня	велика	велика	велика
10	Приєм у приміщеннях	+	+	+	+
11	Можлива мобільність абонентів	-	++	+++	+
12	Наявність режиму роумінгу	+	+	+	+
13	Сумісність з інш. стандартами	+	+	+++	++
14	Модуляція	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64- QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64- QAM
15	Метод поділу частот	SC, 256-OFDM 2048-OFDMA	SC, 256-OFDM 2048-OFDMA	SC, 256-OFDM 2048-OFDMA	SC, 256- OFDM 2048-OFDMA
16	Метод кодування	256-OFDM 2048-OFDMA	256-OFDM 2048-OFDMA	256-OFDM 2048-OFDMA	256-OFDM 2048-OFDMA
17	Спектральна ефективність, біт/с/Гц	3	5	6	8
18	Безпека	WPA, 3CES, AES	WPA, 3CES, AES	WPA, 3CES, AES	WPA, 3CES, AES
19	Підтримка мовного обміну	+	+	+	+
20	Підтримка мультимедійного обміну	++	++	++	+
21	Витрати на експлуатацію	низькі	низькі	середня	висока
22	Вартість обладнання	висока	висока	висока	висока
23	Споживча потужність	середня	висока	висока	середня

Базове порівняння проводилося за наступними основними показниками (чинниками):

- рік та наявність стандартизації технології та обладнання. Це дозволить зробити висновок про час появи на ринку обладнання та зацікавленість в ньому;
- радіус дії. Тут враховують не стільки характеристики приймально-передаючого обладнання, а призначення та особливості організації мережі;
- ліцензований частотний робочий діапазон частот. Він може змінюватись за можливостями та потребою, і як наслідок – необхідність додаткового перетворюючого обладнання чи зміна вартості;
- максимальна кількість каналів на точку доступу. Вона зумовлює перспективу розширення мережі з ростом кількості користувачів або підвищення швидкості їх роботи за рахунок резерву пропускної спроможності чи підвищення якості роботи;

- застосована ширина смуги частот. Вона стимулює використання в майбутньому більш ефективних методів модуляції та кодування;
- наявність потреби ліцензування в Україні частотного діапазону, який використовується даною технологією;
- максимальна швидкість кінцевого обладнання на одну точку доступу з урахуванням можливості використання колективного доступу;
- можливості в зміні чи використанні заданої архітектури мережі, а також в підтримці сучасних стандартів – адаптація за стандартами. Тому це можна віднести до базових показників мережі;
- показник масштабованості мережі та швидкості її розгортання;
- якість прийому сигналу у приміщенні (особливі умови використання);
- мобільність та номадизм (часта зміна місцезнаходження) для користувачів мережі, плюс можливість отримувати послуги у швидкому русі;
- наявність роумінгу (при домовленості з операторами міжнародних мереж);
- сумісність з іншими стандартами або їх підтримка – можливість використання обладнання однієї мережі для встановлення зв'язку з мережею, побудованою за допомогою іншого стандарту;
- підтримка заходів та методів безпеки, що застосовуються у стандартах безпроводового зв'язку з можливістю їх адаптації з кінця в кінець;
- підтримка повного спектру мультимедійного обміну інформацією;
- масо-габаритні параметри та вартість обладнання, витрати на експлуатацію;
- споживча потужність живлення обладнання стандарту.

Широке розмаїття наведених в таблиці значень параметрів стандарту не дозволяє однозначно розрахувати ефективність та зробити вибір, що повинен задовольнити конкретного користувача. Для більш обґрунтованого визначення технології для побудови мережі передачі даних в регіонах України доцільно використати один з методів експертних оцінок. Сутність методу полягає в порівнянні об'єктів за розрахованими оцінками.

**Першим кроком** є необхідність визначення вагового коефіцієнта для кожного показника. Якщо застосовувати прямі та інверсні показники, то значення коефіцієнту розташовано в межах від 0 до 1. Але при такому підході доцільно використовувати дробовий комплексний показник ефективності, де прямі показники розташовані у чисельнику, а інверсні в знаменнику. Це, по-перше, ускладнює розрахунки, а по-друге, зменшує рівень розрізненості технологій, тобто нівелює межу прийняття рішення. Для спрощеної оцінки при використанні тільки прямих показників та заміні на інверсні, може застосовуватись комплексний показник на основі суми окремих показників, що помножені на коефіцієнти, які мають межу від 1 до 10 або до 100 за бажанням користувача та його здатності визначити пріоритетні властивості показників.

**Другий крок** – це визначення ступеню важливості параметра для побудови безпроводової мережі та внесення його до належної групи. Розподіл на групи може бути проведено за належністю до стану: технічні, економічні, ергономічні, фінансові або інші, але для спрощення достатньо обмежитись групами.

**Третій крок** – уточнення значення коефіцієнту вагомості, що поєднує перші два кроки. Він також може мати два підходи:

*Перший* полягає у виборі меж між групами. Наприклад: 0-3 бали – не задовольняє умовам, не найкращий варіант, але підходить для побудови мережі тобто належить до групи придатності, хоча і з обмеженнями; 4-7 бали – кращий в порівнянні з іншими та на скільки – це ступінь переваги; 8-10 бали – найкращий, квазіоптимальний або оптимальний.

*Другий* підхід базується на спрощенні і визначає фіксовані значення коефіцієнтів. Наприклад: 10 – задовольняє умовам та є оптимальним; 5 – не найкращий варіант, але підходить для побудови - придатність; 1 – не задовольняє умовам.

**Крок четвертий** – коефіцієнт або оцінка за параметром проставляється для кожного стандарту окремо. Для наглядності це може бути таблиця порівняння стандартів та важливість параметрів – табл.2.

**Якісні значення параметрів порівнюваних стандартів**

Табл. 2

№	Параметр	IEEE 802.16a/d-2004 (WiMAX)	IEEE 802.16e (WiMAX)	LTE	UMTS/HSPA	Коефіцієнт важливості	
1	Стандартизація	10	10	10	10	10	
2	Радіус дії	10	10	5	10	10	
3	Частотн. роб. діапазон, ГГц	1	10	1	1	10	
4	Макс. число каналів	10	10	10	1	8	
5	Ширина смуги частот, МГц	10	10	10	5	8	
6	Потреба ліцензування частотного діапазону	10	10	10	10	8	
7	Макс. швидкість передавання (на одну точку)	3	10	10	3	10	
8	Підтримувана архітектура	Точка-точка	10	10	10	10	9
		Точка-зірка	10	10	10	10	9
		Робота через точку доступу	10	10	10	10	9
9	Швидкість розгортання	10	10	10	10	5	
10	Прийом у приміщеннях	10	10	10	10	10	
11	Можлива мобільність абонентів	1	10	10	10	10	
12	Наявність роумінгу	10	10	10	10	10	
13	Сумісність з іншими стандартами	1	1	1	1	8	
14	Модуляція	10	10	10	10	7	
15	Метод поділу частот	10	10	10	10	7	
16	Метод кодування	10	10	10	10	7	
17	Спектральна ефективність, біт/с/Гц	10	10	10	10	8	
18	Безпека	10	10	10	10	10	
19	Підтримка мовного обміну	10	10	10	10	10	
20	Підтримка мультимедійного обміну	10	10	10	10	10	
21	Витрати на експлуатацію	10	10	10	10	10	
22	Вартість обладнання	5	5	5	5	10	
23	Споживча потужність	10	10	10	10	10	
24	Рік стандартизації	10	10	10	5	8	
	Макс. кількість балів,			<b>2600</b>			
	Сумарна кількість балів S	<b>1938</b>	<b>2188</b>	<b>2098</b>	<b>1826</b>		

**Крок п'ятий** - розрахунок суми кількості балів для кожного стандарту як суми добутків відповідної оцінки параметру на його ваговий коефіцієнт:

$$S_i = \sum_{i=1}^n a_i \cdot M_i, \quad (1)$$

де  $S_i$  – сумарна кількість балів для стандарту;  $a_i$  – оцінка параметра  $i$ ;  $M_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$  параметра системи.

**Крок останній** – вибір за найбільшим значенням найкращого з розглянутих параметрів чи тих, що порівнюються.

При визначенні важливості того чи іншого параметру доцільно керуватися наступними передумовами:

- Стандартизація має велике значення, оскільки її відкритість диктує правила для виробників, які випускають обладнання та програмні продукти для розгортання

безпроводових мереж. Стандартизація вводить єдині загальні параметри на пристрої, що дозволяє в одній мережі використовувати устаткування різних виробників та забезпечує удосконалення щодо розширення можливостей і вартості на основі конкуренції.

- Радіус дії є одним з головних параметрів, що впливає на кількість обладнання (наприклад, зон і як наслідок, базових станцій) при проектуванні мережі та чисельність підключених користувачів: чим більший радіус покриття, тим більше абонентів він може охопити територіально (і тим менше плата за обладнання на одиницю виміру території, що забезпечується колективним доступом).

- Частотний робочий діапазон разом з потребою ліцензування частотного діапазону також є одними з головних параметрів, бо вони визначають можливість застосування конкретної технології у кожній країні за рахунок особливості розподілу та використання частотного ресурсу. Відсутність дозволу використання частотного діапазону, у якому працює стандарт, робить неможливим використання останнього у конкретній країні.

- Максимальне число каналів, що може використовуватись у розрахунку на одну точку доступу, оптимізується за кількістю. Чим більше каналів, тим краще доступ та менша затримка в обслуговуванні. Відповідно більше користувачів може одночасно працювати з конкретною точкою доступу. Максимальна швидкість передачі, що забезпечена мережею за рахунок резервування пропускної спроможності – гарантує можливість використання сучасного та перспективного кінцевого обладнання. Цей показник орієнтовано на підвищення життєвого циклу мережі. Але його значне перевищення зменшує ефективність використання можливості мережі в даний час.

- Різноманітність в підтримці архітектур інших мережі дозволяє більш гнучко проектувати мережу в залежності від потреб та спрощено інтегрувати її в загальну телекомунікаційну мережу.

- Мобільність – швидко зростаюча очікувана характеристика сучасної мережі, що дозволяє абонентам, які пересуваються з великою швидкістю, отримувати якісний доступ до мережі. Підтримує загальну тенденцію розвитку телекомунікаційного обладнання як користувачів (смартфони), так і операторів, що надають розширений спектр послуг. При побудові регіональної мережі цей параметр є дуже важливим, тому що передбачає інтеграцію до мереж сусідів, а в кордонних зонах додатково і наявність роумінгу.

- Спектральна ефективність – показник раціонального використання ресурсу мережі, в якому більш зацікавлені оператори мереж.

- Для побудованої радіомережі зростає можливість несанкціонованого доступу до даних. Тому застосовують різноманітні заходи безпеки (кодування та шифрування), що дозволяє захистити мережу від втрати інформації та зберегти її секретність. Тому показник безпеки мережі не стільки бажаний, скільки обов'язковий.

Якщо виконання останнього кроку ускладнено, або потребує чисельної аргументації, то додатково слід визначити середню оцінку кожного стандарту за формулою:

$$S = 10 \cdot \frac{S_i}{A}, \text{ де } S_i - \text{сумарна кількість балів для стандарту; } A - \text{максимальна кількість балів. (2)}$$

Таким чином, підсумком аналізу вибору технології слід вважати порівняння результатів, що зведені в табл. 3. Згідно розглянутого прикладу, що не претендує на загальну оцінку в цілому, а базується на введених обмеженнях і є більш абстрактним, наслідком використання спрощеної методики є наступний висновок:

– Серед сучасних безпроводових технологій передачі даних перевагу по обраних параметрах має стандарт 802.16e. За голоними показниками та загальною оцінкою до нього наближається відносно новітній стандарт LTE (рис. 1.)

Підсумки аналізу Табл. 3

Стандарт	Загальна оцінка стандарту (S)
IEEE 802.16 ad-2004	7.4538
IEEE 802.16e	8.4153
LTE	8.0692
UMTS/HSPA	7.0230

**Пояснення та висновки:**

• Стандарт LTE в умовах України розвивається повільно. На сьогоднішній день LTE існує більше як концепція, а не широко працююча технологія, і застосовується здебільша в корпоративних мережах, що орієнтовані на перспективу. Це обумовлено перш за все необхідністю проведення об'єктивної оцінки на основі різноманітних методик як самої технології так і перспектив її впровадження. Особливістю є те, що обладнання для нього виробляє невелика кількість компаній, тому про побудову такої мережі в Україні можна буде говорити через рік-два.

• UMTS/HSPA, як технологія 3G, знайшла використання в Україні, але не отримала широкого розповсюдження. В той же час LTE відноситься вже до 4G. Рациональність підказує, що сьогодні розгорнути мережу третього покоління – безперспективно.

• Стандарт 802.16 (WiMAX) по оцінкам найбільше підходить для побудови регіональної мережі передачі даних в Україні. Запровадження цього стандарту випередило впровадження LTE на декілька років, тому він має перевагу в стандартизації, сертифікації та різноманітності обладнання, і надійно зарекомендував себе в застосуванні в інших країнах.

Основною перевагою технології WiMAX є висока швидкість підключення до Інтернету, яку можна порівнювати з проводовими аналогами. В той же час на шляху її широкого розповсюдження стоїть ряд факторів організаційного та фінансового характеру. Але стандартизованість в країні, економічність рішень, високі технічні показники, якість обслуговування, можливість адаптації до зростаючих вимог користувачів, підтримка інших стандартів і простота інтеграції в загальну структуру телекомунікаційної сфери країни дозволяють вважати на сьогодні технологію оптимальною.

Таким чином розглянутий метод експертних оцінок для вибору стандарту в проектуванні та розгортанні мережі доступу до транспортної частини NGN дозволяє розв'язати складну проблему, яка вирішує задачу вибору оптимальної технології з урахуванням індивідуальності регіону, міста, району, корпорації і т.і. Спрощений підхід в оцінці не є недоліком методу, а є спробою прискорити саму оцінку та надати можливість порівняння більшої кількості технологій.

**Література**

1. Шахнович И. Архитектура сети WiMAX: основные элементы и принципы / И. Шахнович. – М.: Первая миля, 2009. – С.11-27.
2. Тихвинский В. О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. – М.: Экотрендз, 2010. – С. 220-230.

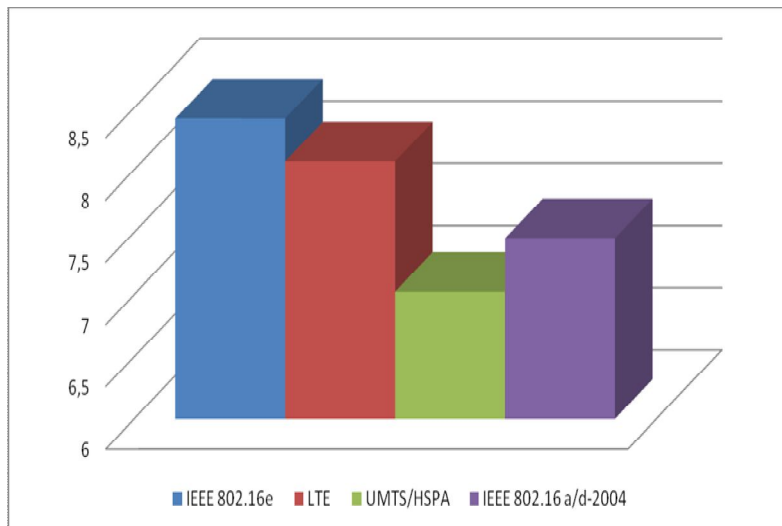


Рис. 1. Результат оцінки сучасних безпроводових технологій для побудови регіональної мережі