

ОПТИМАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЛІЦЕНЗОВАНОГО СПЕКТРУ ТЕЛЕВІЗІЙНОЇ СМУГИ

Міночкін Д.А., Сушин І.О.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: rubin268@ukr.net

Optimal use TV white space

An approach to the construction of a modern telecommunications network operating in rural areas is presented. The analysis of the use of the TV white space in several countries.

Однією з основних перешкод на шляху забезпечення широкопasmового зв'язку в напівміських і сільських районах є відсутність надійних і доступних транспортних мереж. Оптоволоконний зв'язок з точки зору транспортних мереж, який планується, буде охоплювати тільки сільські центри. Далі розглянемо, як невикористаний спектр телевізійної смуги (НСТС) може вирішити проблему забезпечення широкопasmовим зв'язком мільярда і більше жителів (зокрема Індії).

У зв'язку зі зростанням попиту на пропускну здатність в різних додатках дослідники в усьому світі виміряли зайнятість спектру в різних країнах. Спостереження показують, що за винятком спектру, розподіленого таким службам, як стільникові технології і промислових, наукових і медичних (ISM) смуг, велика частина виділеного спектру сильно не використовується. Загальне використання аналізованого спектру коливається від 4,54 відсотків в Сінгапурі до 22,57 відсотка в Барселоні [1,2]. Ліцензований, але невикористаний спектр телевізійної смуги в ТБ смугі-IV НВЧ-діапазону, 470-590 МГц, являє собою особливий інтерес завдяки чудовим характеристикам поширення (з точки зору рівня сигналу).

Кількість доступних НСТС залежить від місця розташування і часу. Доступні НСТС залежать від таких величин, як висота над середньою місцевістю, потужність передачі для другорядних користувачів і виокремлення не ліцензованих користувачів від ліцензованих. Оцінка НСТС проводилася в таких країнах, як США, Великобританія, Європа, Японія та Індія. Наприклад, в Японії з 40 каналів в середньому 16,67 каналу (41,67%) доступні в 84,3% районів [6]. Доступні НСТС по областям в Німеччині, Великобританії, Швейцарії і Данії в середньому знаходяться в діапазоні від 48 до 63 відсотків з 40 діапазонів телевізійних каналів [5]. Слід зазначити, що в ці дослідження НСТС також включена смуга частот 698-806 МГц для міжнародного рухомого електрозв'язку (ІМТ-А).

Правила Федеральної комісії зв'язку США (FCC) і правила Управління зв'язку (Ofcom) в Об'єднаному Королівстві дозволяють вторинні операції в НСТС [4]. Наприклад, правила FCC оголошують смугу як невикористану, якщо не виявлено сигнал ліцензованого користувача (основного) вище порогу - 114 дБм [4].

Мережа точка-багатоточка була реалізована в якості випробувального полігону НВЧ-діапазону в окрузі Палгхар, штат Махараштра, Індія, на відстані близько 107 км від Індійського технологічного інституту (ІТІ) в Бомбеї. Це перший тестовий полігон НСТС такого масштабу в Індії. Сім сіл в Палгхар (як показано на рис. 1) були відібрані для випробувального стенду, який розгорнуть на площі 25 км². Район Палгхар був обраний для розгортання випробувального стенду, оскільки він являє собою типовий випадок широкосмугового зв'язку в сільській місцевості Індії.

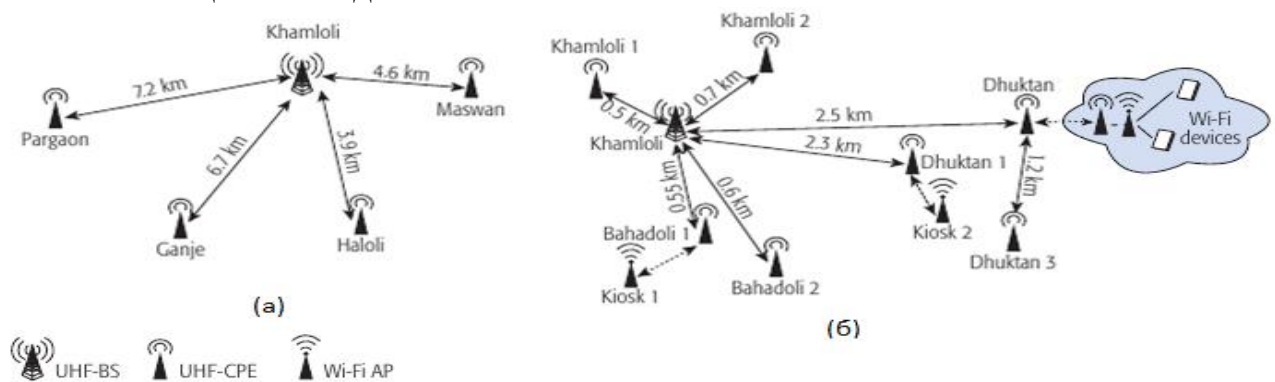


Рис. 1. Тестовий полігон (UHF-BS – НВЧ базова станція, UHF-CPE - НВЧ абонентське обладнання)

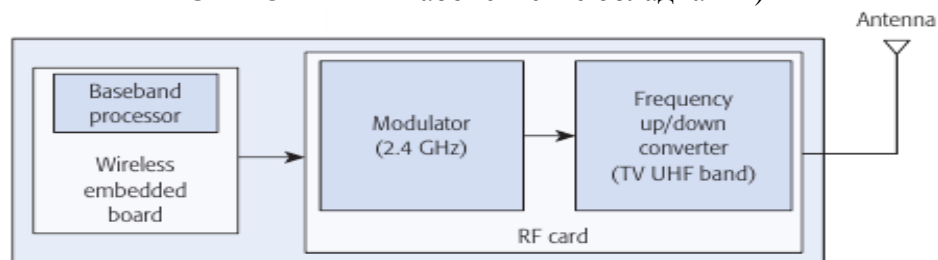


Рис. 2. Блок-схема пристрою ТБ НВЧ діапазону (UHF-BS/CPE), розробленого в ІТІ Бомбей.

Прототип, розроблений (з метою здешевлення в порівнянні з поточними рішеннями, представленими на ринку) в ІТІ Бомбей (рис.2), складається з чотирьох основних компонентів: процесор основної смуги частот (baseband processor), модулятор (стандартний Wi-Fi-модулятор 2,4 ГГц), перетворювач з пониженням частоти (frequency down converter) і антена. Прототип містить комерційно доступну готову бездротову вбудовану плату стандарту IEEE 802.11a/b/g, яка може підключатися до радіочастотної карти з інтерфейсом mini PCI. Обробка основної смуги частот виконується за допомогою бездротової вбудованої плати, тоді як модуляція, а також перетворення частоти з діапазону

2,4 ГГц в ТБ НВЧ-діапазон виконуються за допомогою радіочастотної карти. OpenWrt - вбудована операційна система на основі ядра Linux, портована у прототип для налаштування пристрою для роботи. Пристрій був налаштований згідно схеми модуляції і кодування 16-квадратурної амплітудної модуляції (QAM) і швидкості кодування 3/4. Чутливість приймача пристрою при цих параметрах варіюється від -83 дБм до -80 дБм (в залежності від ширини смуги). Кілька знімків зі стенду, що ілюструють коробку прототипу, показані на рис. 3.



Рис. 3. Фотографії деяких UHF-CPE: а) Дхектан-2 UHF-CPE встановлене на вершині пагорбу без будинків навколо; б) та в) UHF-CPE зазвичай встановлюється на висоті 4–6 м.

Пропускна здатність з протоколом UDP 10-11 Мбіт/с і пропускна здатність з протоколом TCP 7-8 Мбіт/с були отримані на лінії зв'язку Хамлолі-Дхектан-1 (2,3 км) для смуги пропускання 10 МГц. Пропускна здатність UDP 18-19 Мбіт/с і пропускна здатність TCP 14-15 Мбіт/с були отримані для смуги пропускання 20 МГц. Затримка для каналу Хамлолі-Гайндж варіюється від 2 до 15 мс, а пропускна здатність UDP варіюється від 5,6 до 8 Мбіт/с. Затримка для каналу Хамлолі-Дхектан-1 варіюється від 2 до 11 мс, а пропускна здатність UDP варіюється від 11 до 17 Мбіт/с (при ширині смуги 5 МГц і довжині ділянки 2,3 км) [3].

В результаті даного дослідження, можна сказати, що дане рішення також актуальне і для України в тих місцевостях, де дротову мережу створити економічно недоцільно або не є можливим на даний момент.

Література

1. M. H. Islam et al / Spectrum Survey in Singapore: Occupancy Measurements and Analyses // Proc. 3rd Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communication, May 2008, pp. 1–7.
2. M. Lyppez-Benhtez, A. Umbert, and F. Casadevall / Evaluation of Spectrum Occupancy in Spain for Cognitive Radio Application // Proc. IEEE VTC-Spring, New York, Apr. 2009, pp. 1–5.
3. Ms. Rita Teotia et al // IEEE Communication Magazine, Jul 2016, p. 33.
4. R. I. C. Chiang, G. B. Rowe, and K. W. Sowerby / A Quantitative Analysis of Spectral Occupancy Measurements for Cognitive Radio // Proc. IEEE VTC-Spring, Apr. 2007, pp. 3016–20.
5. J. van de Beek et al / TV White Space in Europe // IEEE Trans. Mobile Computing, vol. 11, no. 2, Feb. 2012, pp. 178–88.
6. T. Shimomura, T. Oyama, and H. Seki / Analysis of TV White Space Availability in Japan // IEICE Trans. Commun., vol. E97-B, no. 2, Feb. 2014, pp. 350–58.