

УДК 691.397

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ МІКРОХВИЛЬОВИХ СИСТЕМ РОЗПОДІЛУ СИГНАЛІВ ЦИФРОВОГО МОВЛЕННЯ

НАРИТНИК Т. М.¹, ГОФАЙЗЕН О. В.^{2,3}, БАЛЯР В. Б.^{2,3}¹СП “Інститут електроніки та зв’язку Української академії наук”²Одеська національна академія зв’язку ім. О.С. Попова²ДП “Український науково-дослідний інститут радіо та телебачення”

ANALYSIS OF TECHNICAL AND OPERATIONAL PERFORMANCE OF MODERN MICROWAVE SYSTEMS FOR DISTRIBUTION OF DIGITAL BROADCASTING SIGNALS

NARITNYK T. N.¹, GOFAIZEN O. V.^{2,3}, BALIAR V. B.^{2,3}¹JV «Institute of electronics and communications of the Ukrainian Academy of Sciences»²Odessa National Academy of Telecommunications named after O.S. Popov³SE “Ukrainian scientific-research institute of radio and television”

Анотація. В статті представлено результати аналізу існуючих на сьогодні мікрохвильових систем в термінах їх ефективності під час доставляння сигналів цифрового мовлення та інших служб, проведено порівняльну характеристику за експлуатаційними та технічними параметрами та надано оцінку стану впровадження в світі.

Abstract. In article results of analysis of current microwave systems in terms of efficiency during delivery of digital broadcasting and other services are presented, comparative analysis on operational and technical performance is implemented and current introduction state is estimated.

ВСТУП

Останнім часом у світі, окрім впровадження цифрового телевізійного мовлення, широкого поширення набули такі мультимедійні аудіовізуальні служби, як відеотелефонія, телеконференція, обмін інформацією через мережу Інтернет, відео за запитом тощо. В подальшому за впровадження телебачення високої (HDTV) та надвисокої (UHDTV) чіткості для цифрового мовлення може потребувати навіть більшого ресурсу. Все більше набувають поширення інтерактивні застосування. У зв’язку з цим зростають вимоги до систем доставки подібних сигналів в термінах не тільки якості зображення, але й швидкості цифрового потоку, необхідності реалізації інтерактивності та інших. Системи цифрового телевізійного мовлення DVB-T2/ DVB-S2 вже сьогодні в принципі можуть забезпечити задоволення вищезгаданих вимог в технічному сенсі - інтерактивний канал для цих систем стандартизовано та в окремих випадках навіть реалізовано. Але в ефірному (наземному) мовленні в умовах переходу з аналогового на цифровий формат мовлення існує проблема обмеженості радіочастотного ресурсу внаслідок забезпечення необхідності одночасної та беззавадової роботи аналогових та цифрових передавачів. За використання супутникового каналу можливо реалізувати й доставку сигналів HDTV/ UHDTV й реалізувати інтерактивні служби, але останнє й досі є досить дорогою послугою для звичайних користувачів.

Окрім того, й надалі важливою є проблема забезпечення розподілу сигналів регіонального мовлення. Важливість проблеми була відзначена ще в 2008 р. в Одесі на базі Одеської національної академії зв’язку ім. Попова в рамках Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми впровадження цифрового мовлення на загальнонаціональному, регіональному та місцевому рівні”, проведення якої ініційовано Незалежною Асоціацією телерадіомовників (НАМ). Зокрема, специфіку переходу на цифрове мовлення невеликих телерадіоорганізацій (ТРО) та проблем, з якими вони зіштовхнуться у цей період, розкрила Ольга Большакова, керівник Центру законодавчих ініціатив НАМ [1]. Зокрема, було звернуто увагу на те, що місце на регіональному мультиплексі МХ-5 є реальним виходом для ТРО, які мають наміри мовити на всю цифрову зону. Однак для ТРО, аудиторія яких обмежена одним або двома населеними пунктами, таке поширення сигналу є недоцільним (мешканцям мі-

ста Южного не завжди цікаві локальні новини, наприклад, з міста Балта). А плата за ретрансляцію сигналу на всю зону для такого мовника за поточного розрахунку тарифів на проведення мовлення буде непосильною. В результаті обговорення поточних проблем за переходу до цифрового мовлення створено Резолюцію Міжнародної науково-практичної конференції [2], в якій зазначено, що для місцевого мовлення вибір технології для забезпечення мовлення повинен здійснюватися з урахуванням специфічних умов конкретного регіону, технічних можливостей, доступного частотно-територіального ресурсу й інформаційних потреб населення. Можливі наступні варіанти реалізації місцевого мовлення:

- застосування багатопрограмного мовлення в синхронних мережах з кодуванням сигналу, що дозволяє здійснювати доступ до програм мовлення на обмежених територіях;
- застосування багаточастотних міні-мереж із застосуванням малопотужних передавачів для організації мовлення на регіональному місцевому рівні;
- застосування кабельних коаксіальних і оптоволоконних мереж розподілу програм мовлення;
- застосування технологій IP-мовлення;
- застосування мікрохвильових технологій для реалізації багатопрограмного мовлення.

На думку авторів, використання кабельних коаксіальних і оптоволоконних мереж розподілу програм мовлення та застосування провідних технологій IP-мовлення не є універсальним виходом з ситуації, що склалась – в певних випадках, коли домогосподарства знаходяться на такій значній відстані одна від одної та відсутня достатньо розвинена кабельна мережа (а таких міст не мало в Україні), є економічно недоцільним використання провідних мереж розподілу. Користувач має затратити, в разі відсутності існуючої мережі, значні кошти – на розведення кабельного середовища, на придбання приймача, навіть, можливо, платити певну абонентську плату до такого розвитку мережі, коли тарифи на користування мережею знизяться. Одночасно з цим застосування технологій IP-мовлення є також доцільним та, в більшості випадків можливо сказати, можливим лише за умов достатньо надійного та швидкісного доступу до мережі Інтернет. Враховуючи рівень проникнення Інтернету в Україні ситуація може на перший погляд бути не такою песимістичною, але це не є універсальним рішенням внаслідок того, що в певних населених пунктах безлімітний повноцінний доступ практично відсутній.

Перші два варіанти також на сьогодні не реалізовано з ряду відомих причин, які широко освітлені в мережі Інтернет та в ряді спеціалізованих видань.

У зв'язку з цим особливий інтерес набувають мікрохвильові розподільчі системи, що вже можуть забезпечити необхідні характеристики в термінах інтерактивності, швидкості цифрового потоку, кількості програм, та задовольнити визначеним вище вимогам. Аналізу цієї можливості й присвячено цю статтю. Додатково надано порівняльний аналіз мікрохвильових систем розподілу програм цифрового мовлення з іншими варіантами, що розглядалися вище.

АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ДОСТАВЛЯННЯ СИГНАЛІВ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МОВЛЕННЯ

Окрім систем DVB-T2/ DVB-S2 для доставляння програм цифрового телевізійного мовлення користувачу можуть бути використані й інші системи, як мовленнєві та не мовленнєві. До таких систем можливо віднести мікрохвильові розподільчі системи, волоконно-оптичні мережі, як провідні, так і безпроводові, тощо. При цьому розгортання тієї або іншої системи є доцільним в різних типах місцевості, яку поділяють за ступеню населеності. Враховуючи те, що за впровадження системи, яку побудовано за певною технологією, важливим є питання вартості та складності розгортання мережі, необхідно проаналізувати можливі варіанти реалізації системи для знаходження перш за все компромісу між економічними показниками та технічними характеристиками. Деякі результати, отримані в [3], наведено нижче на рис. 1. На цьому рисунку всі технології розміщені за їх економічною доцільністю та за швидкістю цифрового потоку, яку може бути забезпечено до кожного користувача в мережі.

Згідно з цим рисунком за використання волоконно-оптичних ліній зв'язку забезпечують найбільшу пропускну здатність. В цьому випадку може бути забезпечено швидкості до 10 Гбіт/с, але витрати, пов'язані з розгортанням подібної мережі й експлуатацією оптичного волокна перешкоджають широкому впровадженню цієї технології.

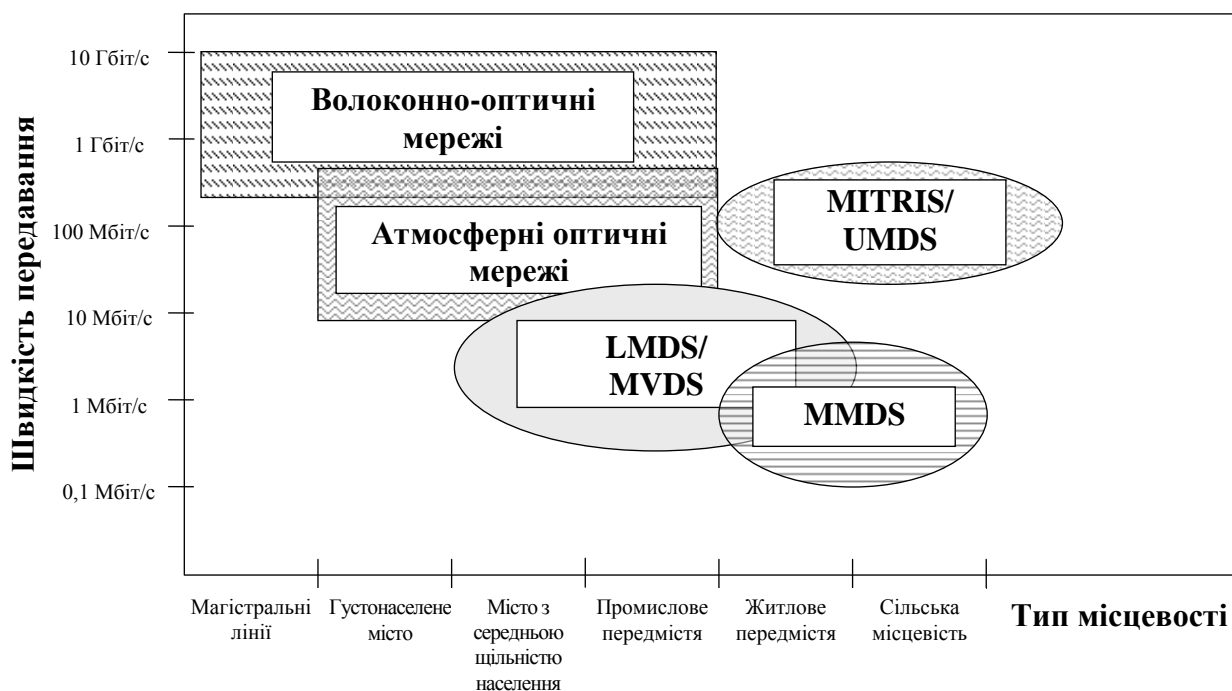


Рисунок 1 – Можливі варіанти доставляння програм цифрового мовлення

Іншим варіантом є безпроводова оптика. Як і більшість технологій безпроводного передавання даних, безпроводова оптика вимагає умов прямої видимості. Загальна елементна база і принципи оброблення сигналу визначають можливі значення швидкостей цифрового потоку - від 10 Мбіт/с до 500 Мбіт/с. Крім того, надзвичайно широка смуга пропускання дозволяє збільшувати швидкість передавання даних, причому вона практично не залежить від числа користувачів або обсягу інформації, яку передають. Радіус зони обслуговування, який забезпечують за використання безпроводової оптики в умовах міста може становити від 1 до 2,5 км. Ця технологія забезпечує більшу швидкість цифрового потоку порівняно з існуючими безпроводовими мережами і є більш економічно ефективною, ніж за випадку використання волоконно-оптичних проводових мереж. Розгортання мереж за безпроводової оптики не вимагає виділення окремого частотного ресурсу.

Ще одним можливим варіантом доставляння аудіовізуального контенту до користувача є використання безпроводових мікрохвильових розподільчих мереж. Основними перевагами мікрохвильових розподільчих систем є можливість надання користувачам великої кількості послуг, як телевізійного мовлення з можливістю організації інтерактивного каналу, так і інших мультимедійних служб (телефонія, телеконференція, високошвидкісний обмін інформацією по мережі Інтернет і багато що інше), низька вартість і малий час на розгортання безпроводової мережі порівняно з гібридними оптико-коаксіальними кабельними телевізійними мережами, повна сумісність з системами цифрового телевізійного мовлення, розробленими Європейським Проектом DVB, висока надійність безпроводової мережі при виникненні стихійних лих, забезпечення за рахунок використання малопотужних приймально-передавальних пристроїв в ретрансляторах екологічно безпечних для населення рівнів електромагнітних випромінювань. Розглянемо більш детально ці системи.

АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ВПРОВАДЖЕННЯ МІКРОХВИЛЬОВИХ РОЗПОДІЛЬЧИХ СИСТЕМ

На сьогодні існує чотири типи мікрохвильових систем, які можуть бути використані для розподілу аудіовізуальної інформації до користувачів:

- універсальна мультимедійна розподільча система (UMDS);
- локальна багатоточкова розподільча система (LMDS);
- мікрохвильова багатоточкова розподільча система (MMDS);
- багатоточкова система розподілу телевізійних програм (MVDS).

Системи MMDS, LMDS і MVDS, що на початковому етапі впровадження були аналоговими, розглядали як аналогові радіомережі розподілу телепрограм. В подальшому, після переходу до циф-

рового формату, ці системи почали розглядати як телевізійного та мультимедійного мовлення. MMDS, LMDS і MVDS є загальним позначенням систем одного типу, однак кожна з них має декілька варіантів побудови, які запропоновано різними організаціями та технічними комітетами. Так, за випадку системи LMDS існують три варіанти побудови системи, розроблені Проектом DVB, комітетом DAVIC та IEEE, які, незважаючи на спільні елементи, мають певні відмінності.

Перша вітчизняна система такого призначення, яка відома під назвою МІТРІС (мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система), була створена у 90-х роках у діапазоні частот 11,7...12,5 ГГц. Спочатку МІТРІС використовували в умовах прямої видимості для організації багатоканального наземного ефірного мовлення із застосуванням аналогової частотної модуляції.

Згідно з Національною таблицею розподілу смуг радіочастот України, яка затверджена Постановою Кабінету Міністрів України №1208 від 15.12.2005 р. і яка є нормативно-правовим актом, що регламентує використання радіочастот радіослужбами і визначає розподіл смуг радіочастот. В Україні смуга радіочастот в діапазоні 11,7...12,5 ГГц розподілена між фіксованою, радіомовною супутниковою і рухомою, за винятком повітряної рухомої, радіослужбами загального користування. Причому смуга радіочастот 11,7...12,1 ГГц розподілена на вторинній основі, а смуга радіочастот 12,1...12,5 ГГц розподіляється на первинній основі для її використання наземними багатоканальними системами розподілу телерадіопрограм.

Планом використання радіочастотного ресурсу України, який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України № 815 від 09.06.2006, в п. 36 розділу I "Діючі в Україні радіотехнології" передбачено використання радіомовною службою радіотехнології багатоканального наземного телерадіомовлення з застосуванням в якості базових стандартів технічних умов (технічні специфікації) на обладнання мікрохвильової телерадіоінформаційної системи (МІТРІС) у смузі радіочастот 11,7-12,5 ГГц з мінімальною еквівалентною ізотропною випромінювальною потужністю плюс 3 дБ Вт/канал.

Розроблення другого покоління систем DVB ознаменувало появу другого покоління систем широкосмугового доступу, яке на відміну від першого, додатково забезпечувало передавання телепрограм у цифровій формі, симплексне широкосмугове передавання даних і можливість організації зворотних каналів від користувачів. Друге покоління – це системи MMDS, LMDS, MVDS і МІТРІС, які були модернізовані для роботи з цифровим сигналом (зазвичай, транспортним потоком MPEG), а також ряд нових систем. У цей період другого покоління систем широкосмугового доступу значного розвитку набула МІТРІС, конфігурація якої з моменту виникнення зазнала багато істотних змін, і в дію було введено цілий ряд її модифікацій.

Станом на 1 лютого 2014 року в Україні практично у всіх регіонах діє 20 операторів (провайдерів) телекомунікаційних послуг на основі використання мікрохвильової системи типу МІТРІС в діапазоні частот 11,7...12,5 ГГц.

Багатоточкова мікрохвильова розподільча система MMDS. Систему MMDS використовують у мікрохвильовому діапазоні частот 2,5...2,7 ГГц, що вимагає прямої видимості між передавальною і всіма приймальними антенами. Сьогодні також проводяться дослідження щодо можливого використання технології MMDS в діапазоні вище 40 ГГц, але приклади впровадження в цьому діапазоні поки що відсутні. Максимальний радіус зони обслуговування складає 50 км, але значною мірою його величина залежить від погодних умов і місцевості. Фізичний рівень системи MMDS базований на фізичному рівні, визначеному в стандарті DVB-C, але при цьому кабельний канал замінено на мікрохвильовий.

У США система досить розвинена, але в цій країні замість DVB-C використовують північноамериканський стандарт DOCSIS. Враховуючи те, що стандарт DOCSIS продовжує динамічно розвиватись (на цей час вже йде мова про впровадження версії DOCSIS 3.1), можливо очікувати й подальшого розвитку стандарту MMDS в США.

Якщо ж говорити про Європу, в Ірландії за інформацією [4] для аналогового варіанту систем MMDS використовувались смуги частот 2500-2690 МГц, для цифрового варіанту - 2524-2668 МГц. Причому ліцензії на використання цього діапазону подовжено до 2016 року. В зв'язку з цим у світі проводять ряд досліджень щодо спільного використання цього частотного діапазону разом з системами рухомого мобільного зв'язку UMTS. В Ісландії з 2006 р. також використовують цифрові мережі MMDS, але базовані на стандарті DVB-T в мікрохвильовому діапазоні, а саме в діапазоні 2500...2684 МГц. У Бразилії технологія MMDS перестала використовуватись у 2012 році, уступивши місце в частотному діапазоні 2,5...2,6 ГГц технології LTE-UTRAN.

План використання радіочастотного ресурсу України передбачає використання системою MMDS смуги частот 2300...2400 МГц. Національний стандарт на цю систему також розроблений [5]. В Україні нині найбільш відомим провайдером послуг MMDS є компанія “ММДС-Україна”. Ця компанія використовує в мікрохвильовому каналі технологію DOCSIS, а також традиційно мікрохвильові стандарти

WiMax. Існує інформація про можливе подальше впровадження технологій LTE-UTRAN.

Локальна багатоточкова розподільча система LMDS. Розвиток мікрохвильових технологій розподілу привів у другій половині 80-х років до створення локальної багатоточкової розподільчої системи (LMDS), використання якої на той час здійснювалось в діапазоні 27,5...29,5 ГГц. Головна перевага системи LMDS полягала в тому, що вперше використовувались хвилі НВЧ-діапазону, які, на відміну від ОБЧ і ДВЧ, раніш вважались непридатними для ТВ мовлення [6]. За передавання телевізійного сигналу в цьому діапазоні завади, що виникають на лінії приймання сигналу між передавачем і приймачем, не чинять значного впливу. У LMDS, порівняно з MMDS, використовують більш широку смугу частот (приблизно 1 ГГц), малі габарити антен, що дозволяє забезпечити необхідний рівень електромагнітної сумісності. При цьому кількість базових станцій збільшується. Крім того на сигнал, що надходить в точку приймання, значною мірою впливають погодні умови. Виділені для впровадження систем LMDS ділянки спектра є різними: в США більшість ліцензій видана на частоти 27.5...31.3 ГГц з шириною смуги 1,3 ГГц, в Європі в більшості випадків перевага надана частотному діапазону від 40.5...42.5 ГГц, а в Японії і Кореї – 22...28 ГГц. Стандарт на систему LMDS передбачає можливість її використання не тільки як окремої системи, але і як варіант реалізації інтерактивного каналу для системи цифрового наземного ТВ мовлення.

На сьогодні в Україні стандартизовано лише інтерактивний канал на цю систему [7]. Смуги частот 24,5...26,5 ГГц та 27,5...29,5 ГГц визначено в Україні для використання радіозасобами у стандарті LMDS. В Україні система LMDS широкого поширення не набула. Існує декілька повідомлень про побудову мереж у стандарті LMDS, але подальша інформація з цього приводу відсутня.

Багатоточкова система розподілу телевізійних програм (MVDS). Систему MVDS, що використовують в смузі частот від 40,5...42,5 ГГц, призначено для надання послуг з наземного розподілу цифрового телевізійного сигналу для малих і середніх зон обслуговування. У системах MVDS можуть застосовувати як аналоговий, так і цифровий способи передавання інформації, а також різні типи модуляції. Систему MVDS розроблено таким чином, що забезпечується сумісність із стандартами DVB-C або DVB-S. Це дозволяє використовувати апаратуру MVDS в гібридних телевізійних мережах замість коаксіального кабелю роздачі сигналу абонентам. Крім того, це дає можливість використовувати стандартні супутникові цифрові приймачі. В Україні для мікрохвильової системи MVDS визначено використання діапазону частот 40,5...42,5 ГГц.

Універсальна мультимедійна розподільна система (UMDS). Таким чином, перевагами системи UMDS є інтегрованість надання послуг доступу в мережу Інтернет і телевізійного мовлення, легкість у розгортанні, гнучкість побудови зон покриття, можливість багатоетапного впровадження та нескладного масштабування і раціональне використання радіочастотного ресурсу.

Мікрохвильова система МІТРІС у своєму розвитку пройшла ряд етапів:

- перший етап: розроблення в 90-х роках системи МІТРІС для організації багатоканального аналогового наземного ефірного телемовлення з використанням аналогової частотної модуляції в діапазоні частот 11,7...12,5 ГГц;
- другий етап: розроблення цифрової версії системи МІТРІС для розподілу сигналів цифрового наземного ефірного телемовлення та симплексного широкосмугового передавання даних з можливістю організації зворотних каналів від користувачів по наземних засобах зв'язку;
- третій етап: реалізація системи МІТРІС як основи інтерактивної єдиної наземної безпроводової платформи надання послуг цифрового телемовлення, так і широкосмугового мультимедійного радіодоступу з використанням пакетного режиму передавання даних, цифрових методів модуляції, кодування і механізмів множинного доступу до каналів;
- четвертий етап: розроблення системи мультисервісного радіодоступу UMDS, в якій послідовно взаємодіє три основних мережі: а) мережа мікрохвильового розподілу сигналів цифрового телевізійного мовлення; б) мережа інтерактивного передавання даних з виходом у зовнішні мережі, базовані на ІР-протоколі; в) мережа збирання відеоінформації на регіональному рівні.

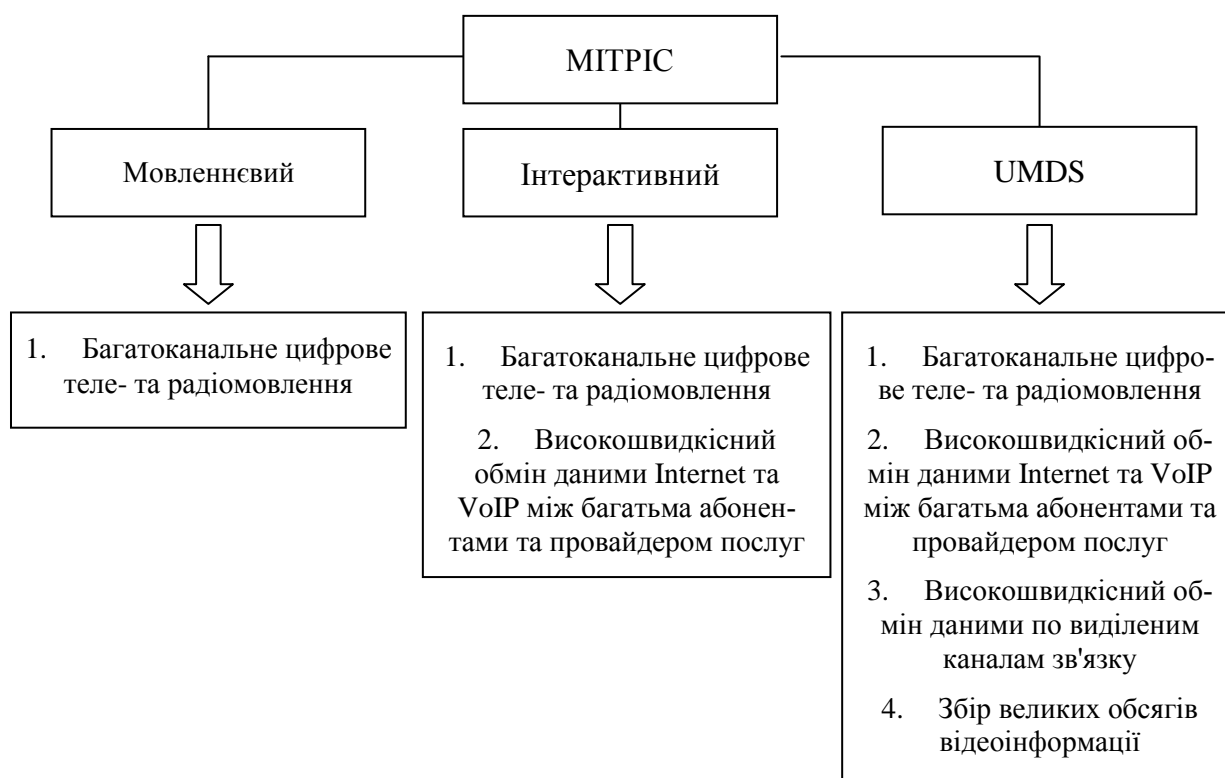


Рисунок 2 - Етапи еволюційного розвитку системи MITRIS

Система UMDS спроектована на базі “симбіозу” радіотехнологій багатоканального наземного телерадіомовлення MITRIS, мультисервісного радіодоступу та широкосмугового радіодоступу у стандарті IEEE 802.11.

В UMDS для надання послуг телевізійного мовлення виділено діапазон частот 11,7...12,5 ГГц з передаванням інформації прямого каналу у стандарті DVB-S.

Для передавання даних мережі Інтернет використано технологію Wi-Fi, причому прямий (низхідний) канал організовано в діапазоні частот 12,75...13,25 ГГц, зворотний канал для надсилання інформації від абонентів послуг доступу до мережі Інтернет - в діапазоні частот 5,15...5,85 ГГц [9...19]. Система може будуватися в різних конфігураціях, що дозволяє забезпечити досить щільне покриття території.

Мікрохвильова телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу UMDS (рисунок 3) включає в себе підсистему телевізійного мовлення і підсистему доступу до служб Інтернет.

Підсистема системи телевізійного мовлення UMDS дозволяє:

- транслювати в межах зони покриття за умов прямої видимості з радіусом до 50 км до 160 телевізійних програм у форматі телебачення стандартної чіткості (SDTV) з застосуванням методу стиснення MPEG-2, або понад 100 телевізійних програм в форматі телебачення високої чіткості (HDTV) з застосуванням методу стиснення MPEG-4 AVC;

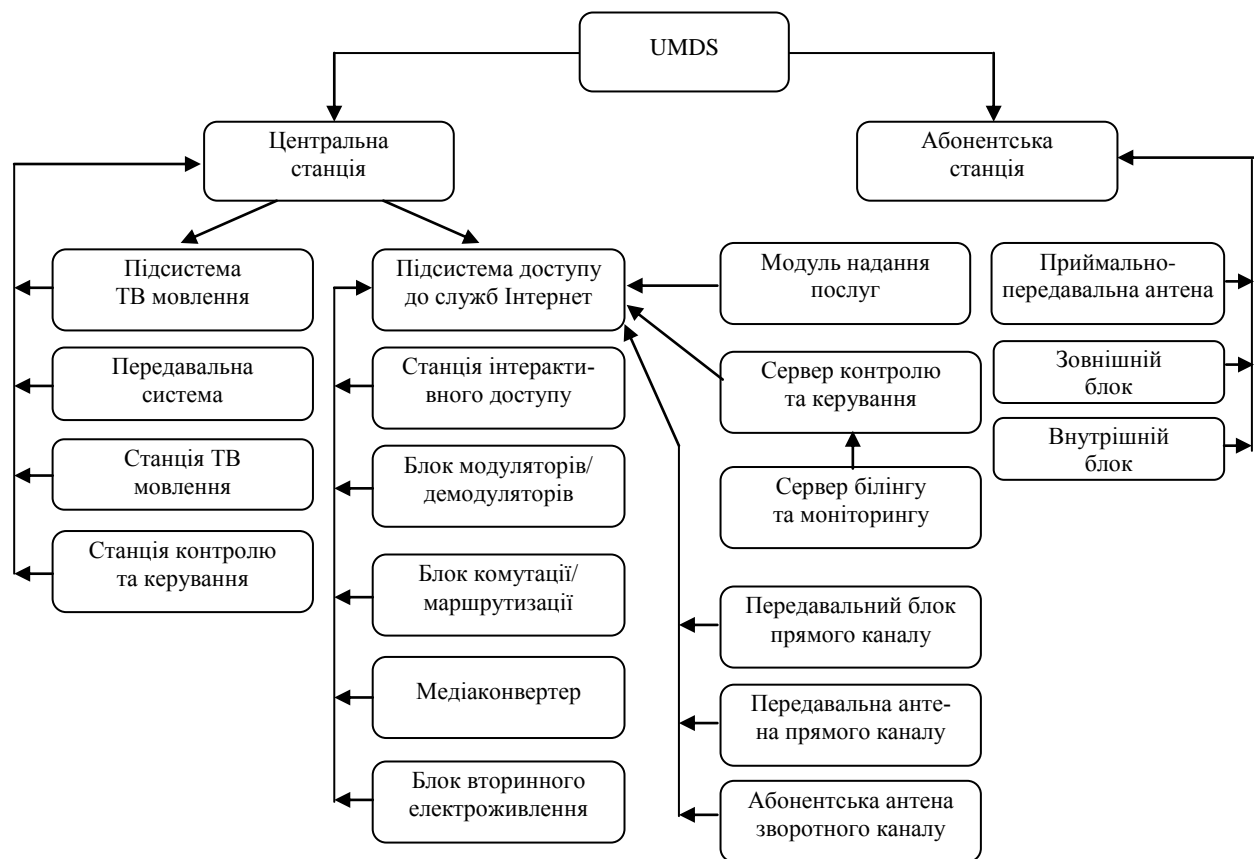


Рисунок 3 - Структурна схема системи UMDS

- зменшити потужність випромінювання передавача більш ніж в 1000 разів порівняно з ефірним мовленням у стандарті DVB-T/T2 за умов забезпечення прямої видимості;
- забезпечити гнучке нарощування підсистеми від мінімальної конфігурації до максимальної.

Підсистема системи UMDS для доступу до служб Інтернет дозволяє:

- забезпечити максимальну загальну пропускну здатність в прямому каналі приблизно 1920 Мбіт/с, в зворотному каналі - приблизно 960 Мбіт/с. У цьому випадку максимальна пропускну здатність прямого каналу для одного сектора підсистеми складає приблизно 160 Мбіт/с, в той час як максимальна пропускну здатність зворотного каналу для одного сектора – приблизно 80 Мбіт/с;
- забезпечити обслуговування в межах одного сектора підсистеми до 60 абонентських станцій (точок доступу);
- забезпечити радіус зони покриття 20...25 км в умовах прямої видимості та гнучке нарощування конфігурації підсистем.

При побудові прямого і зворотного каналів центральної станції підсистеми доступу до служб Інтернет використано метод, базований на чергуванні частот і поляризації випромінюваного сигналу через сектор. У сусідніх секторах поляризації випромінюваних і прийнятих хвиль чергуються: вертикальна (V) - горизонтальна (H) - вертикальна (V) тощо. При чергуванні в кожному секторі використовуються 2 частоти, центральні частоти яких відрізняються на 80 МГц. Даний метод дозволяє використовувати при побудові мережі всього 4 частоти в прямому і зворотному каналах. Крім того, внаслідок використання чергування поляризації, істотно (на 25...30 дБ) знижується вплив завади за сусіднім каналом.

Використання у системі UMDS технології Wi-Fi дозволяє знизити вартість абонентського обладнання, підвищити якість обслуговування, забезпечити мінімізацію “мертвих” зон під час приймання.

Так, зниження вартості абонентського обладнання полягає в підключенні до абонентської станції (АС) безлічі абонентів, між якими ділиться вартість доступу до АС. Якщо у запропонованому раніш рішенні користувачі підключалися за допомогою проводової локальної мережі, то зараз пропонується використовувати безпроводову локальну мережу за допомогою технології IEEE 802.11. Таке технічне рішення істотно спрощує створення локальної мережі, наприклад, у сільській місцевості, де організація провідної мережі часто виявляється неможливою або ускладненою. Для вирішення цієї задачі пропонується варіант вирішення шляхом введення вузла доступу Wi-Fi до складу АС, яка входить до складу мережі оператора. У цьому випадку безпроводова мультисервісна мережа виконує функції опорної мережі.

Якість обслуговування передбачає підвищення щільності розміщення обслуговуваних користувачів і збільшення на швидкості передавання інформації, що забезпечується для абонентів. Це досягається збільшенням числа каналів передавання і, відповідно, швидкості передавання через кожний канал.

Мінімізація “мертвих” зон реалізується також використанням системи доступу за допомогою застосування технології 802.11, що дозволяє надати доступ абонентам в умовах складного рельєфу, складною забудовою тощо. При цьому доступ терміналів користувачів до мережі може забезпечуватися як методами, що використовують проводові технології (Ethernet, PLC), так і безпроводові (801.11a/g, 802.1n) [20, 21].

На систему UMDS розроблені технічні умови ТУУ 26.3-19123337-018:2013, які зареєстровані в Держспоживстандарті України. Рішенням Національної комісії з державного регулювання зв'язку та інформатизації від 23.07.2013 № 462 центральна й абонентська станції системи UMDS включені в Реєстр радіоелектронних засобів, які можуть бути застосовані на території України в смугах радіочастот загального користування. З Міністерством комунікацій Судану підписаний меморандум про побудову в Судані Національної телерадіоінформаційної мережі на базі системи UMDS. Якщо говорити про систему МІТРІС, то її вже використовують в Грузії, Латвії, Молдові, Боснії, Словенії, Іспанії, Гренландії (Данії), Сьєрра-Леоне, Ліберії, Кенії, Лівії, Іраку, Малайзії, Філіппінах та Індонезії.

ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОХВИЛЬОВИХ СИСТЕМ РОЗПОДІЛУ МОВЛЕННЄВИХ СИГНАЛІВ

Над системами, розглянутими вище, на основі міжнародних документів і технічних специфікацій [3...5, 22, 24] проведено аналіз особливостей побудови трактів адаптації і технічних параметрів. Результати аналізу проведені в табл. 1. З табл. 1 видно, що мікрохвильові системи забезпечують всі необхідні характеристики, які можуть дозволити вирішити вищезгадані проблеми та, окрім того, забезпечувати надання досить широкого кола інших телекомунікаційних інтерактивних послуг.

ВИСНОВОК

При розгортанні цифрових систем мовлення постає задача доставляння великого обсягу аудіо-візуального контенту в умовах обмеженості радіочастотного ресурсу та забезпечення покриття мовленням віддалених населених пунктів. Для вирішення цієї задачі можуть бути досить ефективно використані мікрохвильові розподільні системи. В цій статті проаналізовано основні переваги та недоліки інших варіантів розподілу сигналів цифрового мовлення, побудовано класифікацію мікрохвильових розподільних систем, використовуваних у світі, розглянуто можливе застосування мікрохвильових розподільчих систем для доставляння програм цифрового телевізійного та мультимедійного мовлення до користувача з урахуванням вимог, які висувають до таких мовленнєвих систем. Результати проведених досліджень можуть бути використані під час проведення подальших досліджень щодо вирішення таких проблем, що виникають під час переходу в Україні до цифрового мовлення, як доставка програм регіонального мовлення, впровадження інтерактивних систем телебачення тощо.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз мікрохвильових систем розподілу програм цифрового ТВ мовлення

Параметри	MMDS	LMDS	MVDS	UMDS
1. Частотний діапазон				
Низхідний канал	2...10 ГГц	28...30 ГГц 40.5...43.5 ГГц	вище 10 ГГц (в Європі 40,5...42,5 ГГц)	11,7...12,5 ГГц 12,75...13,25 ГГц
Висхідний канал	-		-	5,15...5,85 ГГц
2. Розмір пакета/ кадру				
Низхідний канал	188 байт	188 байт (режим IB) 53 байти (режим OOB)	188 байт	188 байт
Висхідний канал	-	53 байти	-	512/ 1518 байтів
3. Розсіювання енергії				
Низхідний канал	PRBS $X^{15}+X^{14}+1$	PRBS: $X^{15}+X^{14}+1$ (в режимі IB) та X^6+X^5+1 (в режимі OOB)	PRBS $X^{15}+X^{14}+1$	PRBS $X^{15}+X^{14}+1$
Висхідний канал	-	PRBS: X^6+X^5+1	-	PRBS: $X^{15}+X^{14}+1$
4. Зовнішнє кодування				
Низхідний канал	RS (204,188, 8)	RS (55, 53, 1) (в режимі OOB) RS (204, 188, 8) (в режимі IB)	RS (204,188, 8)	RS (204,188, 8)
Висхідний канал	-	RS (59, 53, 3)	-	RS (255,239,8) зі змінною довжиною кодового слова з виправленням від 1 до 16 помилок

Продовження табл. 1

Параметри	MMDS	LMDS	MVDS	UMDS
5. Зовнішнє перемерення				
Низхідний канал	Згорткове перемерення з глибиною I = 12	Згорткове перемерення з глибиною I = 5 (в режимі OOB) та I = 12 (в режимі IB)	Згорткове перемерення з глибиною I = 12	Згорткове перемерення з глибиною I = 12
Висхідний канал	-	-	-	Бітове з параметрами, стосовними до певного режиму
6. Внутрішнє кодування				
Низхідний канал	-	Згортковий код з швидкостями 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 (в режимі IB)	Згортковий код з швидкостями 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	
Висхідний канал	-	-	-	Згортковий код з швидкостями 1/2, 3/4, 2/3, 5/6
7. Формувальний фільтр				
	Фільтр з характеристикою типу корінь квадратний з піднесеного косинусу			
Низхідний канал	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,35$ (IB), 0,3 (OOB)	$\alpha = 0,35$	$\alpha = 0,35$
Висхідний канал	-	$\alpha = 0,3$	-	-
8. Методи модуляції				
Низхідний канал	КАМ-16, КАМ-32, КАМ-64	ФМ-4	ФМ-4	ФМ-4

Параметри	MMDS	LMDS	MVDS	UMDS
Висхідний канал	-	ДФМ-4	-	ФМ-2, ФМ-4, КАМ-16, КАМ-64/ ССК, OFDM, DSSS
9. Ширина смуги частот каналу				
Низхідний канал	8 МГц	39 МГц (в режимі ІВ) 2 МГц (в режимі ООВ)	33 МГц	40 МГц
Висхідний канал	-	2 МГц (режим 1), 4 МГц (режим 2)	-	40 МГц
10. Радіус зони обслуговування	50...60 км	2...8 км	3...6 км	50...60 км
11. Швидкість передавання аудіовізуальної інформації				
Низхідний канал	40 Мбіт/с	58 Мбіт/с	48 Мбіт/с	160 Мбіт/с
Висхідний канал	-	3,088 Мбіт/с (режим 1) 6,176 Мбіт/с (режим 2)	-	80 Мбіт/с

В таблиці 1 використано такі скорочення:

- ІВ - внутрішньоканальна сигналізація;
- ООВ - зовнішньоканальна сигналізація;
- PRBS - псевдовипадкова двійкова послідовність;
- RS - код Ріда-Соломона;
- OFDM - мультиплексування ортогональних носійних коливань з розділенням за частотою;
- DSSS - розширення спектра методом прямої послідовності;
- ССК - маніпуляція додатковим кодом.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Большакова О.Ю. Проблеми впровадження цифрового мовлення на регіональному та місцевому рівні/ О.Ю. Большакова// Матеріали міжнародної наук.-техн. конференції [“Проблеми впровадження цифрового мовлення на загальнонаціональному, регіональному та місцевому рівні ”]. – ОНАЗ ім. О.С. Попова. – Одеса. – 24–25 липня 2008. – С. 13–16.
- 2 Проект Резолюції, виробленої учасниками одеської конференції з проблем впровадження цифрового мовлення: (Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Проблеми впровадження цифрового мовлення на загальнонаціональному, регіональному та місцевому рівні”) [Електронний ресурс] / Прес-центр Незалежної Асоціації телерадіомовників. – 2008. – Режим доступу до Резолюції: <http://www.nam.org.ua/news/?idn=418&type=news>.
- 3 Vikas Kukshya Wideband terrestrial path loss measurement results characterization of Pico-cell radio links at 38 GHz and 60 GHz bands of frequencies/ Vikas Kukshya// Virginia Polytechnic Institute. - 2001. – 152 p.
- 4 http://en.wikipedia.org/wiki/Multichannel_Multipoint_Distribution_Service.
- 5 Цифрове телевізійне мовлення. Системи розподільчі мікрохвильові багатоточкові (MMDS) у частотному діапазоні нижче 10 ГГц. Загальні технічні вимоги (EN 300 749:1997, IDT): ДСТУ EN 300 749: 2004. - [Чинний від 2005-04-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 19 с. - (Національний стандарт України).
- 6 Nordbotten A. LMDS System and their Application/ A. Nordbotten// IEEE Communications Magazine. - 2000. - Volume 38 , Issue 6. - 150-154.
- 7 Цифрове телевізійне мовлення. Інтерактивний канал локальних багатоточкових розподільчих систем. Загальні технічні вимоги (ETSI EN 301 199:1999, IDT): ДСТУ ETSI EN 301 199: 2006. - [Чинний від 2008-01-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 127 с. - (Національний стандарт України).
- 8 Цифрове телевізійне мовлення. Багатоточкові телевізійні розподільчі системи діапазону частот 10 ГГц і вище. Загальні технічні вимоги (EN 300 748:1997, IDT): ДСТУ EN 300 748:2004. - [Чинний від 2006-01-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с. - (Національний стандарт України).
- 9 Нарытник Т.Н. Микроволновые телекоммуникационные технологии и биологическая безопасность/ М.Е.Ильченко, Т.Н. Нарытник// Наука и культура. - 2010. - № 35. - С. 17–29.
- 10 Патент №59212 Україна Спосіб розширення зони обслуговування безпроводової системи доступу до інформаційних ресурсів з одночастотною модуляцією. Опубл. 10.05.2011. Бюл. № 9.
- 11 Патент на № 50877 Україна Микроволновая интегрированная телерадиоинформационная система МІТРИС-К. - опубл. 15.11.2002 р..
- 12 Декларационный патент №51495А Украина Микроволновая интегрирована телерадиоинформационная система МІТРИС-ІНТ. - опубл. 12.04.2002 р..
- 13 Нарытник Т.Н. Интерактивная система беспроводного доступа к информационным ресурсам/ Т.Н. Нарытник, В.А. Сайко, В.Л. Булгач, В.Я. Казимиренко// Зв’язок. - 2011. - № 2 (94). - С.32–36.
- 14 Казимиренко В.Я. Система беспроводного доступа к информационным ресурсам/ В.Я. Казимиренко, Т.Н. Нарытник// 4-й Международный радиоэлектронный форум “Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития (МРФ-2011)”. // Сб. науч. трудов. – Том II. Международная информация “Телекоммуникационные системы и технологии”. - Харків: АНПРЭ, ХНУРЭ. -2011. - С. 229–232.
- 15 Ильченко М.Ю. Этапы эволюционного развития системы МІТРИС та концепція побудови мікрохвильової інтегрованої телерадіоінформаційної системи мультисервісного радіо доступу UMDS/ М.Ю. Ильченко, Т.М. Нарытник// Науково-технічна конференція “Проблеми телекомунікацій”. Збірник тез. - К.: НТУУ “КПІ”, 2012. - С.40–43.
- 16 Ильченко М.Е. Направления создания телекоммуникационных систем мультисервисного доступа с использованием радиотехнологии МІТРИС/ М.Е. Ильченко, Т.Н. Нарытник // Материалы 22-ой Международной Крымской конференции (КрыМиКо). - 2012. - С.289–291.
- 17 Ксьонзенко П.Я. Особливості побудови міських мереж передачі даних на базі технології МІТРИС/ П.Я. Ксьонзенко, Т.М. Нарытник, П.В. Химич // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. - 2011. - №6. - С.16–29.
- 18 Патент на корисну модель №17376 Україна Универсальная мультимедийная дистрибутивная система UMDS-30. Опубл. 15.09.2006.
- 19 Патент на корисну модель №71488 Україна Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу. - Опубл. 10.07.2012 р., Бюл. №13 з пріоритетом від 30.01.2012.
- 20 Патент на корисну модель №75581 Україна Телекомунікаційна система широкосмугового радіодоступу з інтеграцією засобів радіо- і проводового доступу “МІТРИС-Е”. - опубл. 10.12.2012 р., Бюл. № 23.
- 21 Ильченко М.Е. Система микроволновая интегрированная телерадиоинформационная мультисервисного радиодоступа “UMDS”/ М.Е. Ильченко, Т.Н. Нарытник, А.Г. Войтенко // Материалы 23-ой Международной Крымской конференции КрыМиКо-2013. - С.320–322.
- 22 Технічні умови на систему мікрохвильову інтегровану телерадіоінформаційну мультисервісного радіодоступу “UMDS” ТУ У 26.3-19123337-018:2013.