

НВЧ-СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ СИГНАЛІВ ЦИФРОВОГО МОВЛЕННЯ

БАЛЯР В.Б., СПОРИШЕВА В.І.
ННІ RTE ОНАЗ ім. О.С. Попова

MICROWAVE SYSTEMS PERFORMANCE ESTIMATION ON DIGITAL BROADCASTING SIGNALS DISTRIBUTION

BALYAR V.B., SPOROSHEVA V.I.
SSI RTE ONAT n.a. A.S. Popov

Анотація Розглянуто можливі варіанти доставляння сигналів цифрового мовлення, представлено огляд існуючих в Західній Європі цифрових мікрохвильових систем розподілу мовленнєвих сигналів, приведено результати порівняння цих систем, розглянуто можливості цих систем на прикладі системи LMDS, як систем мовлення, так і систем інтерактивного мультимедійного мовлення.

Annotation Possible variants of digital broadcasting signals distribution are analyzed, review of the digital microwave distribution systems used in Western Europe for delivery broadcast signal is presented, comparative analysis results of these systems are offered, and performance of these systems, as broadcast systems and as interactive multimedia broadcasting, is suggested, based on LMDS.

ВСТУП

Останнім часом в 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. Все більше набувають поширення інтерактивні застосування. У зв'язку з цим зростають вимоги користувача до мовленнєвих систем. У системі DVB-T визначено використання інтерактивного каналу, але на теперішньому етапі за впровадження синхронного мовлення, встає питання його реалізації за цих умов. При цьому покриття сигналом мовлення через технічні або економічні причини може бути відсутнім, крім того виникає проблема доставки користувачу програм локального мовлення. В статті розглянуто можливий альтернативний варіант вирішення цих проблем за використання мікрохвильових розподільчих систем.

МОЖЛИВІ ВАРІАНТИ ДОСТАВЛЯННЯ МОВЛЕННЄВИХ СИГНАЛІВ

Окрім системи DVB-T для доставлення програм цифрового телевізійного мовлення користувачем можуть бути використані і інші системи, як мовленнєві, так і не мовленнєві. До таких систем можливо віднести мікрохвильові розподільчі системи, волоконно-оптичні мережі, як проводові, 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 [1], наведено нижче на рисунку 1. На цьому рисунку всі технології розташовані за їх економічною доцільністю та за швидкістю цифрового потоку, яку може бути забезпечено до кожного користувача в мережі.

Згідно цього рисунку використання волоконно-оптичних ліній зв'язку забезпечують найбільшу пропускну здатність. В цьому випадку можна забезпечити швидкість до 10 Гбіт/с, але витрати, пов'язані з розгортанням подібної мережі та експлуатацією оптичного волокна перешкоджають широкому впровадженню цієї технології.

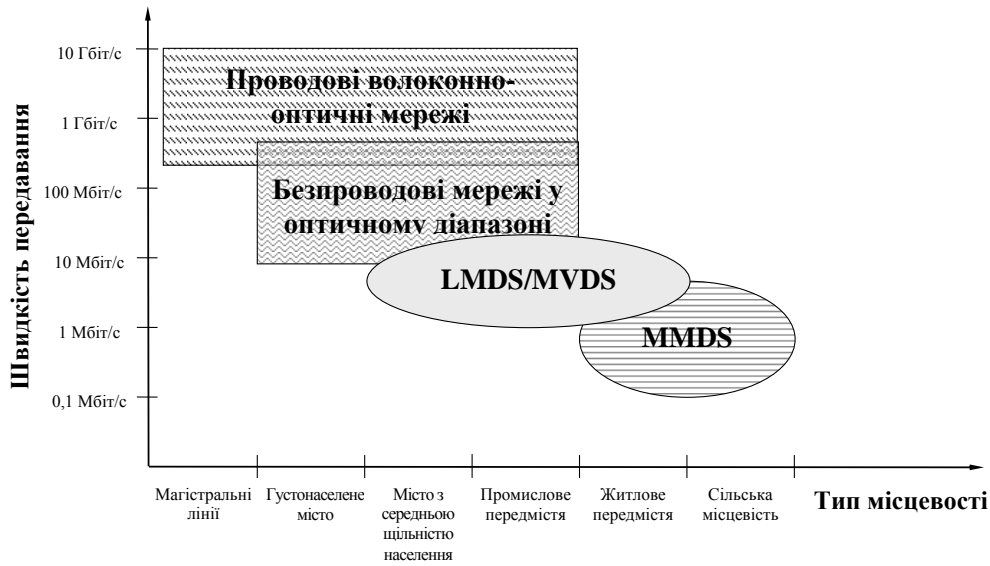


Рисунок 1 – Можливі варіанти доставляння програм цифрового мовлення

Іншим варіантом є безпроводна оптика. Як і більшість технологій безпроводного передавання даних, безпроводна оптика вимагає умов прямої видимості. Загальна елементна база і принципи обробки 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 безпроводної оптики в умовах міста може становити від 1 до 2,5 км. Ця технологія забезпечує більшу швидкість цифрового потоку в порівнянні з існуючими безпроводними мережами і є більш економічно ефективною, ніж за випадку використання волоконно-оптичних провідних мереж. Розгортання мереж за безпроводної оптики не вимагає виділення окремого частотного ресурсу.

Ще одним можливим варіантом доставляння аудіовізуального контенту до користувача є використання безпроводних 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 безпроводної мережі в порівнянні з гібридними оптико-коаксіальними кабельними телевізійними мережами, повна сумісність з системами цифрового телевізійного мовлення, розробленими Європейським Проектом DVB, висока надійність безпроводної 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.

МІКРОХВИЛЬОВІ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ МОВЛЕННЄВИХ СИГНАЛІВ

На теперішній час в Європі стандартизовано три типи мікрохвильових систем, які можуть бути використані для розподілу аудіовізуальної інформації до користувачів:

- 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 цифрового 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.

Систему MMDS використовують у мікрохвильовому діапазоні частот 2,5-2,7 ГГц, що вимагає прямої видимості між передавальною і всіма приймальними антенами. Максимальний радіус зони обслуговування складає 50 км, але у значній мірі його величина залежить від погодних умов і місцевості.

Розвиток мікрохвильових технологій розподілу привів в 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 телевізійного мовлення. За передавання телевізійного сигналу в цьому діапазоні завади, що виникають на лінії приймання сигналу між передавачем і приймачем, не оказують значного впливу. У LMDS, в порівнянні 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, в значній мірі впливають погодні умови. Виділені для впровадження систем LMDS ділянки спектру 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 віддана частотному діапазону від 40,5-42,5 ГГц, а в Японії і Кореї - 22-28 ГГц. Стандарт на систему LMDS, розроблений інститутом ETSI, передбачає можливість її використання не тільки як окремої системи, але і як варіант реалізації інтерактивного каналу для системи цифрового наземного телевізійного мовлення [2].

Багатоточкову систему розподілу телевізійних програм (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.

Над системами, розглянутими вище, на основі міжнародних документів [3] і технічних специфікацій [4-5] проведений аналіз особливостей побудови трактів адаптації і можливих параметрів. Результати аналізу проведені в таблиці 1.

Однією з важливих вимог до будь-якої мовленнєвої системи є величина корисної швидкості цифрового потоку, яку необхідно забезпечити на виході приймача користувача. Для виконання цих вимог можуть використовувати різні технічні рішення, що дозволять збільшити ефективність використання частотного ресурсу та задовольнити встановленим вимогам. Враховуючи те, що в системах цифрового мовлення, до яких можливо віднести і систему LMDS, існує пороговий ефект, тоді необхідну величину швидкості цифрового потоку може бути забезпечено лише за забезпечення певного рівню заводо захищеності. Результати, отримані в процесі комп'ютерного моделювання за різних значень ширини смуги частот каналу передавання, приведено на рисунку 2.

Таблиця 1 - Порівняння систем розподілу мовленнєвих сигналів в мікрохвильовому діапазоні

Параметри	MMDS	LMDS	MVDS
1. Частотний діапазон, що використовується	2...10 ГГц	28...30 ГГц 40,5...43,5 ГГц	вище 10 ГГц (в Європі 40,5...42,5 ГГц)
2. Розмір пакету			
Низхідний канал	188 байт	188 байт (в режимі IB) 53 байти (в режимі OOB)	188 байт
Висхідний канал	-	53 байти	-
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 $X^{15}+X^{14}+1$
Висхідний канал	-	PRBS X^6+X^5+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)
Висхідний канал	-	RS (59, 53, 3)	-
5. Зовнішнє переміщення			
Низхідний канал	Згорткове переміщення з глибиною I = 12	Згорткове переміщення з глибиною I = 5 (в режимі OOB) та I = 12 (в режимі IB)	Згорткове переміщення з глибиною I = 12
Висхідний канал	-	-	-
6. Внутрішнє кодування			
Низхідний канал	-	Згортковий код зі швидкостями $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{5}{6}, \frac{7}{8}$ (в режимі IB)	Згортковий код зі швидкостями $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{5}{6}, \frac{7}{8}$
Висхідний канал	-	-	-
7. Формувальний фільтр			
	Фільтр з характеристикою типу корінь квадратний з приподнятого косинусу		
Низхідний канал	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,35$ (IB) $\alpha = 0,3$ (OOB)	$\alpha = 0,35$
Висхідний канал	-	$\alpha = 0,3$	-
Параметри	MMDS	LMDS	MVDS
8. Методи модуляції			

Низхідний канал	КАМ-16, КАМ-32, КАМ-64	ФМ-4	ФМ-4
Висхідний канал	-	ДФМ-4	-
9. Ширина смуги частот каналу			
Низхідний канал	8 МГц	39 МГц (в режимі ІВ) 2 МГц (в режимі ООВ)	33 МГц
Висхідний канал	-	2 МГц (режим 1) 4 МГц (режим 2)	-
10. Радіус зони обслуговування	50-60 км	2-8 км	3-6 км
11. Швидкість передавання аудіовізуальної інформації			
Низхідний канал	40 Мбіт/с	58 Мбіт/с	48 Мбіт/с
Висхідний канал		3,088 Мбіт/с (режим 1) 6,176 Мбіт/с (режим 2)	

Як видно з отриманих залежностей, за збільшення ширини смуги частот корисна швидкість цифрового потоку зростає, що дозволяє збільшувати кількість програм, які можуть бути доставлені до користувача від провайдеру послуг, особливо за використання більш прогресивних методів стиснення аудіовізуальної інформації.

Визначимо кількість програм, які може бути доставлено через систему LMDS за значення ширини смуги частот 39 МГц. Дослідження проведено за умов передавання сигналів в форматі MPEG-2 і MPEG-4 AVC. Метод MPEG-4 AVC є ефективнішим і дозволяє збільшити кількість програм в одному частотному каналі при незмінній якості. Для мовленнєвих застосувань на теперішній час визначено використання методу стиснення MPEG-2 MP@ML. В цьому випадку для передавання однієї телепередачі необхідна швидкість цифрового потоку 8,448 Мбіт/с, а за MPEG-4 AVC MP@L2.2 ця величина становить приблизно 4 Мбіт/с.

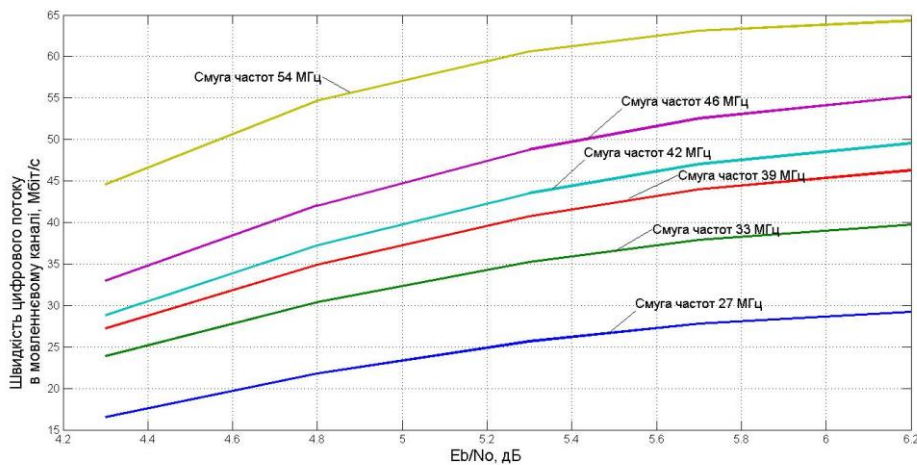


Рисунок 2 – Швидкість цифрового потоку в мовленнєвому каналі

Однак реально необхідно забезпечити більшу швидкість цифрового потоку в каналі за рахунок необхідності передавання символів системи кодового захисту. Тому важливим є визначення компромісу між рівнем захисту та кількістю програм, що їх доставляють через мо-

вленнєвий тракт системи LMDS. На рисунку 3 дано оцінку щодо можливої кількості програм за різних значень загальної швидкості коду в тракті адаптації системи LMDS.

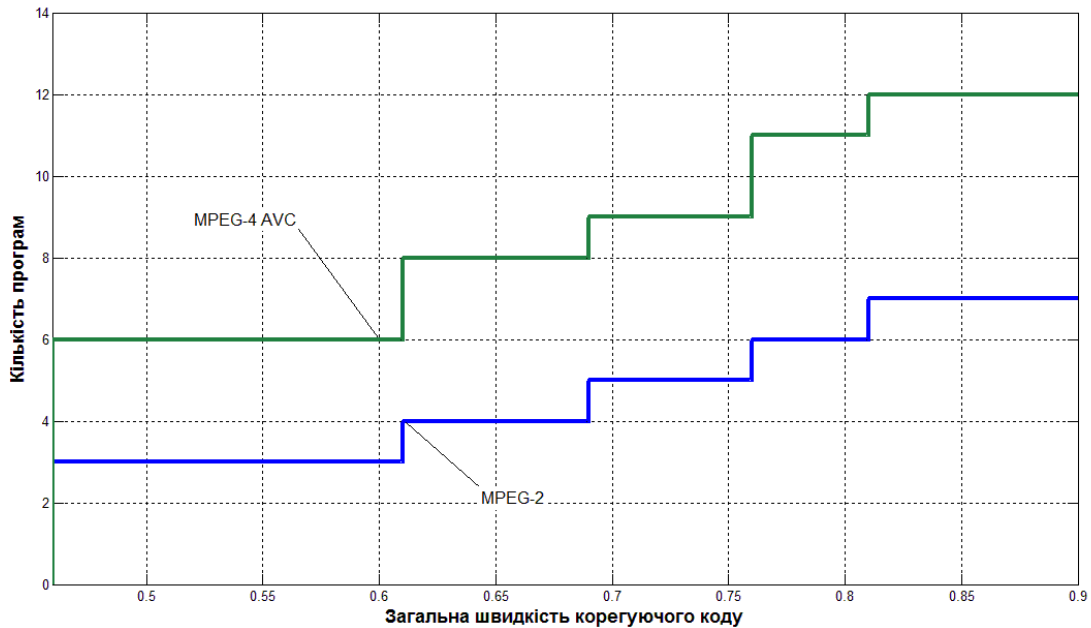


Рисунок 3 – Кількість програм, смуга частот 39 МГц

Під час передавання в інтерактивному каналі низхідного потоку в режимі ООВ загальний ресурс, виділений для цього каналу поділяють між всіма користувачами, які зробили запит на отримання певної послуги та отримують її одночасно. За збільшення кількості користувачів швидкість цифрового потоку, яку можливо забезпечити в мережі, без проведення будь-яких технічних доповнень до передавального обладнання, буде зменшуватись. При цьому за доставки телевізійних програм, які може замовити користувач крім того пакету програм, який йому надають через мовленнєвий канал, якість зображення буде змінюватись в залежності від величини швидкості цифрового потоку, яку можливо забезпечити за даних умов. Тому виникає необхідність провести дослідження щодо того, яким чином буде змінюватись якість зображення на виході відтворювального пристрою користувача за умов його ідеальності за збільшення кількості користувачів, що їх обслуговує мережа системи LMDS. Результати цього дослідження наведено на рисунку 4. Цю залежність отримано на основі аналізу, проведеного в [6], та орієнтовної оцінки параметрів мережі за умов розгортання її в Одеській області.

Як видно з отриманої залежності, якість зображення погіршується практично прямо пропорційно зі збільшенням кількості користувачів. Враховуючи те, що у відповідності до Рекомендації ITU-R BT.1122 [7] однією з вимог до системи вторинного розподілу є підтримка зниження якості зображення, оціненої за методом DSCQS, на рівні 12 % або менш, оптимальна середня кількість користувачів за площі стільника 3 км² дорівнює приблизно 10 000. За більшої кількості користувачів зниження якості зображення буде більшим за визначений вище рівень, тому якість зображення буде знижуватись.

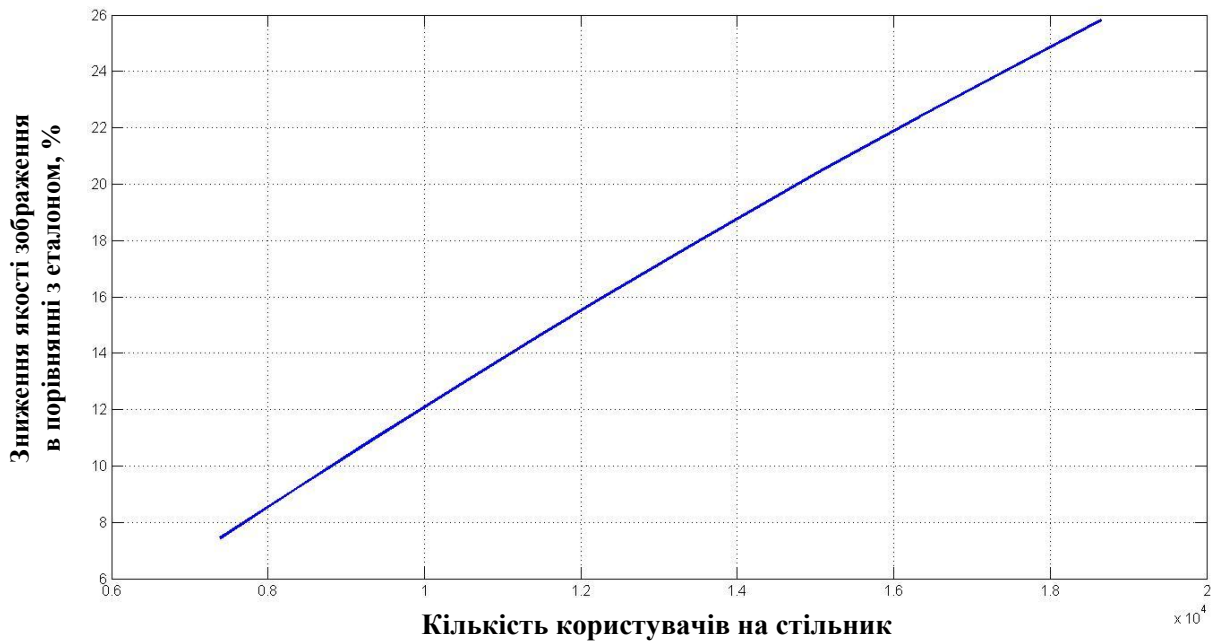


Рисунок 4 – Залежність усередненого значення зниження якості зображення в порівнянні з еталонним від кількості користувачів на стільник

ВИСНОВОК

За розгортання цифрових систем мовлення виникає задача доставлення великого обсягу аудіовізуального контенту в умовах обмеженості радіочастотного ресурсу та забезпечення покриття мовленням віддалених населених пунктів. Для вирішення цієї задачі можуть бути використані мікрохвильові розподільчі системи. В цій статті проаналізовано основні переваги та недоліки інших варіантів розподілу сигналів цифрового мовлення, побудовано класифікацію мікрохвильових розподільчих систем, використовуваних в 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.

Література

- 1 Vikas Kukshya Wideband terrestrial path loss measurement results characterization of Pico-cell radio links at 38 GHz and 60 GHz bands of frequencies. Virginia Polytechnic Institute. - 2001. – 152 p.
- 2 Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Local Multi-point Distribution Systems (LMDS). European Standard, 1999.
- 3 LMDS System and their Application // Broadband Direct to Home/User Wireless System. 2000.
- 4 EN 300749 V.1.1.2. Digital Video Broadcasting; Microwave Multipoint Distribution System below 10 GHz. European Standard, 1997.
- 5 EN 300748 V.1.1.2. Digital Video Broadcasting; Microwave Video Distribution Systems at 10 GHz and above. European Standard, 1997.
- 6 Баяр В.Б., Устинов С.С Технічні аспекти впровадження системи цифрового мовлення. Розділ звіту з НДР Дослідження, спрямовані на забезпечення ефективності використання радіочастотного ресурсу України при впровадженні перспективних радіотехнологій телевізійного та мультимедійного мовлення, участь у роботі ДК 6 МСЕ-Р та в ВКР-2007. – 2007. – 896-917 с.
- 7 ITU-R BT.1122 User Requirements for Emission and Secondary Distribution Systems.