

Список літератури: 1. *Эйнджел, Э.* Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL [Текст] : пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 592 с. 2. *Херн, Д.* Компьютерная графика и стандарт OpenGL = Computer Graphics with OpenGL [Текст] / Д. Херн, М. Паулин Бейкер. - 3-е изд. - М.: Вильямс, 2005. - 1168с. 3. *Гук, М* Трехмерная графика в персональном компьютере [Текст] // М. Гук.- КомпьютерИнфо, (СПб).-1998. – С. 29–38.

Надійшла до редколегії 20.01.2013

УДК 519.7

Математичні моделі геометричних перетворювань при візуалізації 3D об'єктів/І. А. Ревенчук// Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 11 (985). – С. 53-57. – Бібліогр.:3 назв.

Работа посвящена решению проблем генерации трехмерных сцен по сценарию пользователя. Целью работы является исследование математических моделей преобразований при визуализации 3D объектов

Ключевые слова: аффинные преобразования, однородные координаты.

The article is devoted to solving the problem of a three-dimensional scene on the script user. The aim is to study the mathematical model of transformation when rendering 3D objects.

Keywords: affine transformations, homogeneous coordinates.

УДК 691.397

В. Б. БАЛЯР, заст. директора з НР, Інститут радіо, телебачення та електроніки
Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса

СУБ'ЄКТИВНО-СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНІЧНОЇ ЯКОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ DVB-T2 НА РІВНІ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

В статті представлено результати суб'єктивно-статистичної оцінки технічної якості роботи системи DVB-T2 при проведенні її на рівні транспортного потоку MPEG-2 за різних умов приймання сигналів цифрового телевізійного мовлення. Проведено детальний аналіз наслідків погіршення умов приймання на рівні транспортного потоку з урахуванням відмінностей в його структурі та запропоновано можливі технічні рішення щодо підвищення оперативності та ефективності системи моніторингу якості роботи мережі цифрового мовлення. Іл.: 7. Бібліогр.:7. назв.

Ключові слова: DVB-T2, MPEG-2 TS, вимірювання, пріоритет помилки, суб'єктивне погіршення, Matlab.

Вступ

Важливою складовою обслуговування мережі цифрового мовлення є контроль якості функціонування окремих її вузлів та мережі в цілому. Однією з задач, що вирішується під час контролю якості функціонування мережі є моніторинг характеристик транспортного потоку, що є достатньо надійними показниками якості функціонування служби цифрового мовлення та дозволяє реалізувати моніторинг на достатньо високому рівні надійності.

До цього часу в напрямку контролю технічної якості функціонування на рівні транспортного потоку MPEG-2 проведено ряд досліджень. Серед робіт в цьому напрямку, кількість яких вкрай обмежено, можливо відзначити роботи [1-2]. В роботі [1] висвітлено проблему визначення якості обслуговування (QoS) для послуг цифрового телебачення з застосуванням підходу, базованого на аналізі транспортного потоку MPEG-2. Стаття [1] висвітлює ті підходи, що їх використано Проектом DVB під час обґрунтування параметрів, що підлягають вимірюванню в системах

© В. Б. БАЛЯР, 2013

цифрового телевізійного мовлення, та розробки відповідного стандарту [2]. Однак приведені результати тільки дозволяють обґрунтувати застосовність цих параметрів для контролю якості функціонування системи цифрового телевізійного мовлення та не може бути використано на практиці внаслідок відсутності будь-яких конкретних значень. Враховуючи вищезазначене, представляється важливим встановлення зв'язку між величиною цих параметрів, що характеризують технічну якість функціонування мереж цифрового мовлення, з застосуванням підходу, базованого на оцінці суб'єктивної якості зображення під час декодування відеопотоку MPEG.

Суб'єктивно-статистична оцінка технічної якості

При проведенні вимірювань в транспортному потоці MPEG-2 на приймальній стороні здійснюється аналіз його відповідності еталонному транспортному потоку або відповідності прийнятої службової інформації еталонній службовій інформації. При цьому застосовується підхід, базований на статистичному аналізі типів помилок (їх поділено за трьома пріоритетами за ступенем критичності під час декодування) та їх кількості за певний часовий проміжок.

Зазвичай, центр технічного контролю функціонування мережі цифрового мовлення або мобільної станції технічного контролю обладнано аналізаторами транспортного потоку MPEG-2, що здійснюють безперервний або періодичний моніторинг прийнятого потоку на предмет фіксації або виявлення помилок різного типу. Ці помилки, а також методи вимірювання в транспортному потоці визначено в стандарті [2].

Типовий інтерфейс аналізатора транспортного потоку приведено на рис. 1. Він зазвичай містить ідентифікатори типів помилок, кількість виявлених помилок та час виявлення відповідної помилки або групи помилок. Окрім того може вказуватись інформація з транспортного потоку, що підлягає аналізу (відповідну службову інформацію та параметри потоку), або будь-які інші дані.

Безумовно наявність навіть незначної кількості помилок є показником певних несправностей, однак вони можуть виникати необов'язково внаслідок технічних несправностей в обладнанні та їх поява може бути одиночною подією, що не буде повторюватись досить тривалий час.

Значна кількість помилок є показником суттєвого погіршення технічної якості функціонування мережі цифрового телевізійного мовлення.

Однак незважаючи на те, що цей вид аналізатора входить до мінімального переліку обладнання для технічного контролю якості функціонування мережі цифрового наземного телевізійного мовлення, до теперішнього часу відсутні будь-які експлуатаційно-технічні норми на припустиму кількість помилок кожного з типів.

Для визначення граничних значень помилок різного пріоритету можливо використати критерій суб'єктивного погіршення під час декодування та відтворення окремих програмних потоків. Внаслідок виникнення порогового ефекту, за якого неможливо декодувати окремі складові відеопотоку, на зображенні виникає ефект "розсіпання". Цей ефект проявляється в появі окремих елементів ієрархічної структури відеопотоку MPEG (елементів зображення, блоків, макроблоків, зрізів) з

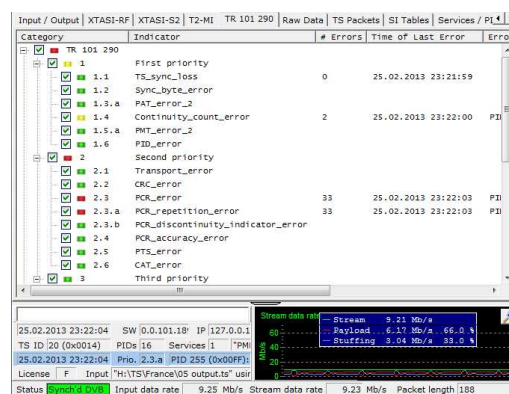


Рис. 1 - Типовий інтерфейс аналізатора транспортного потоку

невірно відновленими значеннями відліків сигналів яскравості та кольорорізнцевих сигналів або їх просторово-часовому зсуві в сусідніх кадрах відеопослідовності. Більш детально ці спотворення в відеопотоці MPEG проаналізовано автором в публікаціях [3-4].

Для суб'єктивно-статистичної оцінки якості функціонування системи цифрового мовлення на рівні транспортного потоку використано модель системи DVB-T2, що її побудовано автором в середовищі моделювання Matlab та його розширенні Simulink. Принципи обробляння в цій моделі відповідають базовим стандартам з системи DVB-T2 [5-6].

Схема лабораторної установки, що її побудовано для експерименту, відповідає наведеній на рис. 2. Вимірювання здійснювалися при шістьох відношеннях сигнал/шум, які відповідали різним значенням помилок коефіцієнта BER після декодера BCH (від 10^{-2} до 10^{-7}). Під час вимірювання використано 4 транспортні потоки MPEG-2 TS, характеристики (склад службової інформації, швидкість цифрового потоку) яких відповідають типовим.

За результатами проведеного дослідження побудовано графічні залежності, які характеризують якість функціонування системи на рівні транспортного потоку MPEG-2 при різних значеннях коефіцієнту помилок бітів. Ці графічні залежності надано на рис. 3-6.

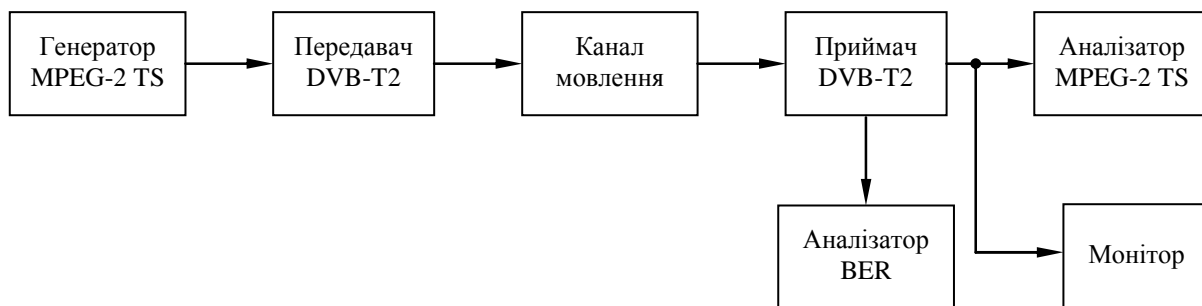


Рис. 2 – Схема лабораторної установки

На рис. 3-5 надано розподіл виникнення помилок першого пріоритету в транспортному потоці France в часі для різних значень коефіцієнту помилок бітів (BER) на вході демультимплексора MPEG.

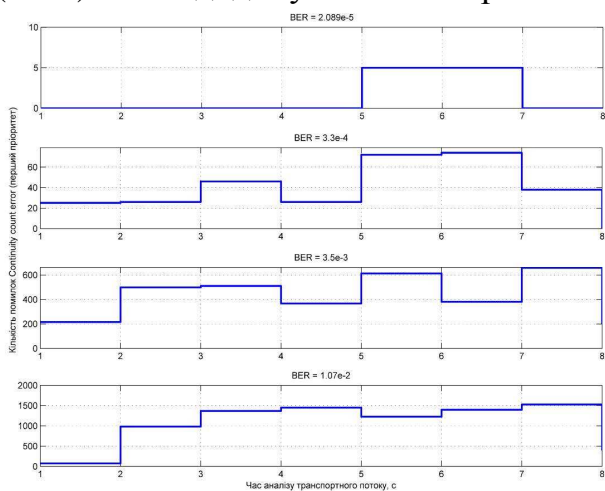


Рис. 3 – Розподіл виникнення помилок Continuity_count_error в часі за різних BER в каналі мовлення для транспортного потоку France

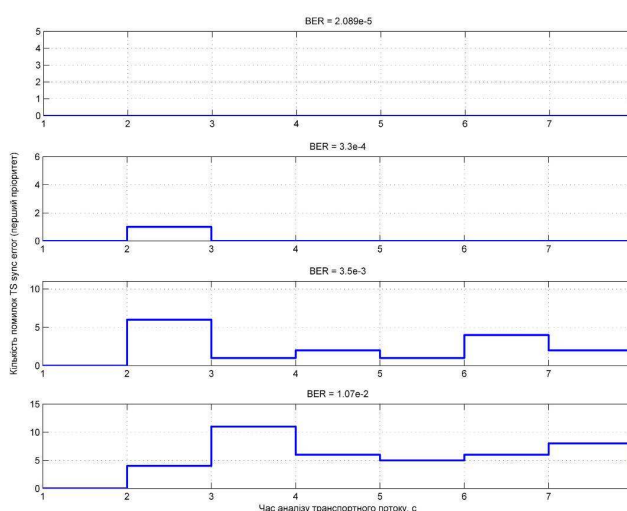


Рис. 4 – Розподіл виникнення помилок TS_sync_error в часі за різних BER в каналі мовлення для транспортного потоку France

З всіх помилок для ілюстрування загального характеру прояву спотворень на рівні транспортного потоку MPEG-2 TS розглянуто помилки першого пріоритету типу `Continuity_count_error` (помилка в лічильнику безперервності – пріоритет 1.4), `PAT_error` (помилки в таблиці об'єднання програм – пріоритет 1.3) та `TS_sync_error` (втрата синхронізації потоку MPEG-2 TS – пріоритет 1.1). Окрім того, проаналізовано помилки `Transport_error` (помилка в пакеті транспортного потоку – пріоритет 2.1), `CRC_error` (помилка поля CRC таблиць PSI/SI – пріоритет 2.2) та `CAT_error` (помилка в таблиці CAT – пріоритет 2.6), але часові діаграми в цій статті для них не приведено.

З отриманих часових діаграм для помилок `Continuity_count_error`, `PAT_error` та `TS_sync_error` видно, що максимальна кількість помилок кожного з типів є різною (від приблизно 1500 помилок до 1-2 помилок). Це викликано періодичністю передавання відповідного елемента службової інформації.

Так, наприклад, значення лічильника безперервності передають в кожному пакеті транспортному потоці. Саме тому помилки цього типу виникають частіше, ніж інші з розглянутих типів. Рідше виникають помилки типу `PAT_error`, але це не говорить про меншу їх важливість – навпаки, в разі виникнення цієї помилки відновлення будь-яких програмних потоків з багатопрограмного транспортного потоку стає неможливим. Частота появи цих помилок викликана тим, що інформацію таблиці PAT передають не постійно, а через певний період часу (не частіше ніж 0,5 с).

Узагальнення результатів спостереження під час аналізу помилок різних типів для чотирьох транспортних потоків (що їх умовно позначено DVBT2, France, TNT та Lux) приведено на рис. 6.

З графіків видно, що розподіл помилок в часі та їх кількість для інших транспортних потоків відрізняється від значень, що їх отримано для потоку France, що викликано відмінностями в структурі та побудові обох транспортних потоків. Однак приблизне співвідношення помилок різних пріоритетів й типів зберігається та зі збільшенням пріоритету помилки їх кількість (як абсолютна, так й відносна) зменшується.

Зі збільшенням BER кількість помилок різних пріоритетів збільшується, що буде призводити до порушень в прийманні та декодуванні сигналів служби телевізійного мовлення, а також, в разі пошкодження безпосередньо інформації щодо змісту окремих відеокадрів, до неможливості декодування окремих ділянок або навіть всього зображення одного чи декількох відеокадрів. Причому загальна кількість помилок кожного типу буде зменшуватись зі зменшенням BER в каналі. Під час моделювання практично були відсутні помилки третього пріоритету, що

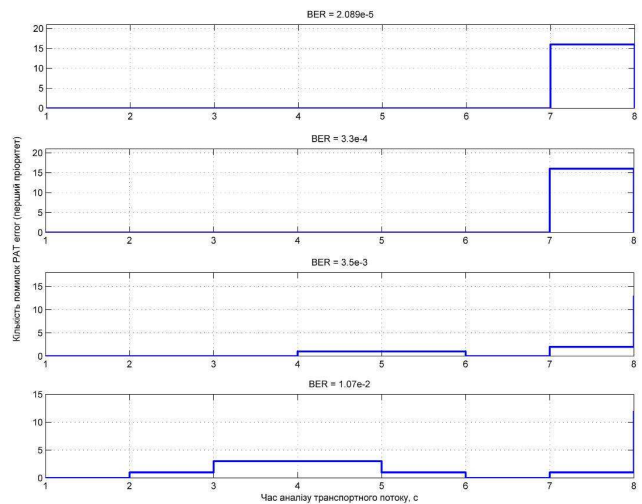


Рис. 5 – Розподіл виникнення помилок `PAT_error` в часі за різних BER в каналі мовлення для транспортного потоку France

відповідає визначеному в стандарті ETSI TR 101 290 – помилки цього пріоритету зустрічаються вкрай рідко.

На рис. 7 приведено окремий кадр з відеопослідовності, що її передають в транспортному потоці DVBT2, при різних значеннях BER. За значення $BER = 6,8 \cdot 10^{-2}$ відеопослідовність значним чином пошкоджена й практично є не декодованою (див. рис. 7а).

Однією з причин цього може бути неможливість відновлення окремого елементарного потоку відео з транспортного потоку внаслідок пошкодження таблиці PAT або втрати синхронізації під час приймання транспортного потоку. Ще однією причиною цього може бути пошкодження або втрата таблиці PMT, що визначає фактично метод декодування окремих елементарних потоків. Із зменшенням BER видимі спотворення на зображенні зменшуються (див. рис. 7а-7г) та практично відсутні при величинах $BER \leq 1 \cdot 10^{-6}..1 \cdot 10^{-7}$.

Використовуючи відеокадри, приведені на рис. 5, можливо визначити орієнтовну кількість помилок кожного з пріоритетів, за якої зниження технічної якості функціонування мережі цифрового телевізійного мовлення буде знаходитись в припустимих нормах.

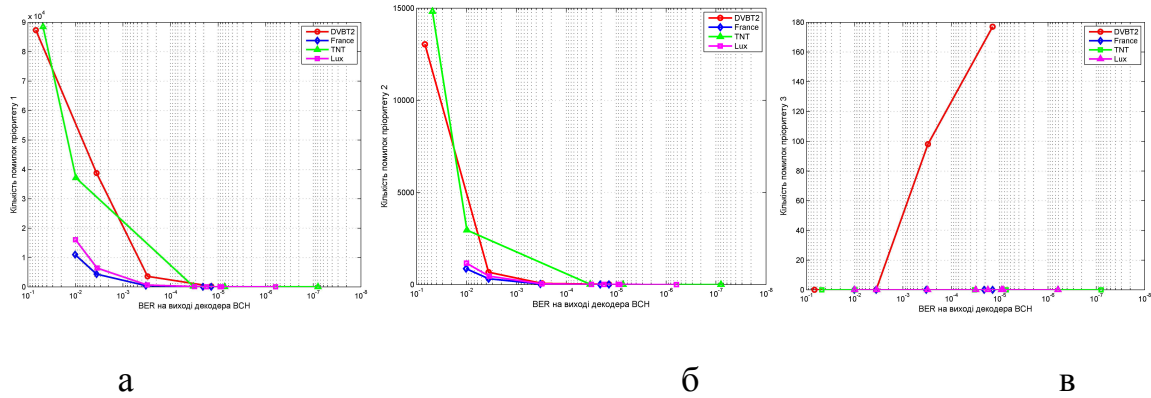


Рис. 6 – Результати статистичного аналізу виникнення в транспортних потоках помилок з пріоритетами: а - перший пріоритет б - другий пріоритет в - третій пріоритет

При цьому наявність помилок того або іншого типу буде вказувати на ланку наскрізного тракту, де потенційно могли виникнути несправності. Останнє може бути реалізовано за допомогою вбудованого випробувального субпотоків, що його передають разом з програмними потоками в транспортному потоці [7].

Під час проведення аналізу будемо визначати два типи порогових

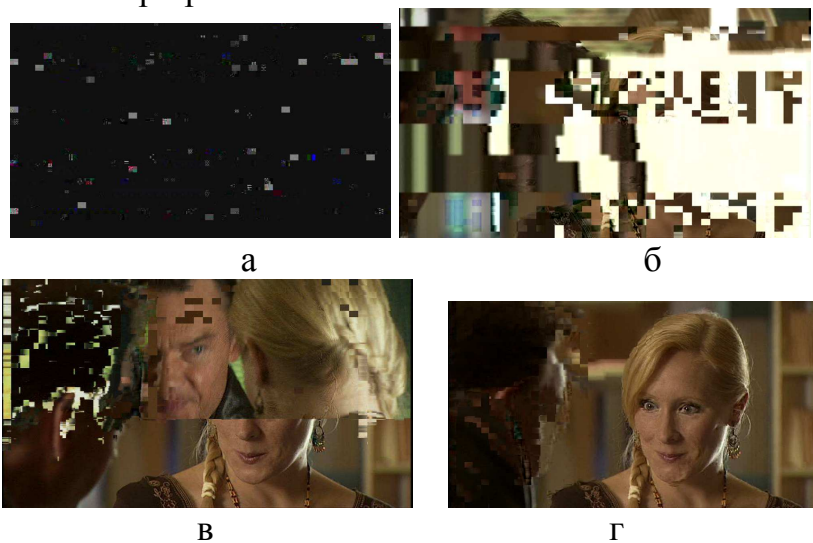


Рис. 7 - Фрагменти відеопослідовностей транспортного потоку DVBT2 за значень коефіцієнту BER: а - $BER = 6,8 \cdot 10^{-2}$ б - $BER = 3,6 \cdot 10^{-3}$ в - $BER = 3,04 \cdot 10^{-4}$ г - $BER = 3,95 \cdot 10^{-5}$

значень –кумулятивна та миттєва порогова кількість помилок кожного з пріоритетів. Миттєва порогова кількість помилок буде визначати кількість помилок, за якого виникають значні погіршення під час декодування/ відтворення зображення на екрані відео контрольного пристрою, що будуть призводити до зниження суб'єктивної оцінки якості. Кумулятивна порогова кількість помилок, що будемо визначати шляхом додавання помилок різних типів одного пріоритету за певний інтервал часу спостереження, буде характеризувати загальну технічну якість функціонування мережі цифрового телевізійного мовлення за проміжок часу спостереження. Її може бути використано для спостереження загальної динаміки змінення технічної якості функціонування з метою своєчасного попередження виникнення несправностей.

Для визначення миттєвої порогової кількості помилок будемо використовувати діаграми, приклад яких приведено на рис. 3-5, а для кумулятивної порогової кількості помилок – рис. 6.

Таким чином, на базі використання критерію наявності суб'єктивного погіршення при декодуванні зображення, що викликано спотвореннями в каналі мовлення, можливо стверджувати, що найбільш ефективним при моніторингу є контроль кількості помилок першого та другого пріоритетів. При цьому, якщо кумулятивна кількість помилок другого пріоритету на інтервалі 8 секунд в середньому більше або дорівнює 500-700 помилок (наприклад, для пріоритету 2.1), тоді це вказує на суттєве погіршення технічної якості роботи служби цифрового телевізійного мовлення та $BER \geq 1 \cdot 10^{-3}$ - зображення буде практично не декодованим. Якщо кількість на протязі інтервалу спостереження є не більшою за 2-7 помилок другого пріоритету (див. табл. 1) – це свідчить про періодичне переривання в прийманні сигналу цифрового телевізійного мовлення та, в принципі, є припустимим й така кількість помилок є пороговою. Однак за навіть незначного перевищення цього порогу має бути проведено детальний аналіз в напрямку виявлення можливих причин появи помилок цього типу.

Для помилок першого пріоритету порогові значення є дещо іншими - наявність приблизно $8.2 \cdot 10^4$ помилок пріоритету 1.4 свідчить про величину $BER \geq 1 \cdot 10^{-3}$, а припустимим є приблизно 10-50 помилок (див. табл.).

Більша припустима (порогова) кількість помилок в останньому випадку не свідчить про меншу їх важливість під час оцінки якості функціонування служби цифрового телевізійного мовлення – наявність помилок першого та другого пріоритетів приводять до різних наслідків під час відновлення програмного та/чи транспортного потоків. Більш того необхідно зазначити, що незначне перевищення порогу щодо кількості помилок пріоритету 1 найбільш вірогідно буде призводити до неможливості будь-якої успішної обробки багатопрограмного транспортного потоку взагалі (тобто усіх потоків одночасно) в той час як при аналогічній ситуації для помилок пріоритету 2 – лише до неможливості декодування певних програмних потоків або їх окремих елементарних потоків.

Помилки пріоритету 3 не можуть бути використано для оперативного виявлення суттєвого погіршення якості приймання або функціонування мережі цифрового телевізійного мовлення. Це викликано тим, що на протязі практично всього інтервалу спостереження для всіх транспортних потоків помилки цього пріоритету були відсутні.

Таблиця – Статистика виникнення помилок різних пріоритетів

Параметр	Значення							
Миттєва порогова кількість помилок відповідного пріоритету								
Назва TS	France		TNT		DVBT2		Lux	
BER	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$
пріоритет 1.4	658	5	2574	20	1685	16	1433	0
пріоритет 1.3	2	16	1	0	3	0	6	0
пріоритет 1.1	6	0	11	0	9	0	14	0
пріоритет 2.1	50	2	361	3	96	3	97	0
пріоритет 2.2	1	0	2	0	4	0	12	0
пріоритет 2.6	1	0	2	0	4	0	0	0
Кумулятивна порогова кількість помилок відповідного пріоритету								
пріоритет 1.4	3243	10	12404	59	11956	39	5395	0
пріоритет 1.3	3	16	4	0	10	0	13	0
пріоритет 1.1	16	0	40	0	49	0	41	0
пріоритет 2.1	295	2	1663	7	640	5	355	0
пріоритет 2.2	1	0	7	0	2	0	38	0
пріоритет 2.6	1	0	6	0	2	0	0	0

Якщо ж говорити про миттєві порогові кількості помилок, то в середньому припустимим для помилок першого пріоритету є 5-20 помилок за одиничний інтервал спостереження, а для другого пріоритету – 2-3 помилок. За цих значень не буде спостерігатись суттєвого погіршення сприйманої якості зображення та прояв порогового ефекту буде відсутній досить тривалий час.

Висновки

Моніторинг технічної якості функціонування мережі цифрового телевізійного мовлення є невід'ємною складовою технічної експлуатації. Основною задачею, що має бути вирішено під час моніторингу, є оперативне виявлення порушень в роботі вузлів мережі та/або своєчасне передбачення виникнення несправностей. Однак ця задача ускладнюється внаслідок наявності будь-яких норм на припустиму величину помилок, що можуть виникати в транспортному потоці під час розподілу первинною та/або вторинною мережами цифрового телевізійного мовлення. Саме вирішенню цієї проблеми й присвячено цю статтю. В процесі досліджень, результати яких приведено в цій статті, побудовано математичну модель наскрізного тракту системи DVB-T2, дано оцінку статистиці виникнення помилок різних пріоритетів в транспортних потоках з різною структурою, встановлено зв'язок між кількісними показниками та суб'єктивною якістю декодованого зображення, визначено припустимі рівні помилок різних пріоритетів з детальним аналізом їх критичності по відношенню до вислідної технічної якості. Отримані результати можуть бути використані під час сертифікаційних, пуско-налагоджувальних робіт та при проведенні поточних вимірювань в процесі технічної експлуатації, а також під час наукових досліджень в напрямку подальшого підвищення ефективності систем моніторингу якості функціонування мереж цифрового мовлення в стандарті DVB-T2 на рівні транспортного потоку MPEG-2.

Список літератури: 1. *Dominique Méry* The challenge of QoS for digital television services/ Dominique Méry, Dominique Cansell, Cyril Proch, Denis Abraham, Patrick Ditsch// EBU Technical Review. – 2005. - № 302. – р. 1-11. 2. Цифрове телевізійне мовлення. Характеристики системи передавання. Настанови щодо виконання вимірювань (ETSI TR 101 290: 2001, IDT): ДСТУ ETSI

TR 101 290: 2006. - [Чинний від 2006-04-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 166 с. - (Національний стандарт України). **3. Баляр В. Б.** Оцінка погіршення характеристик системи цифрового телевізійного мовлення на рівні відеопотоку MPEG/ В.Б. Баляр// Цифрові технології. – 2011. - № 10. – С.70-78. **4. Баляр В. Б.** Аналіз впливу спотворень в мобільному каналі на якість функціонування систем зі стисненням MPEG/ В. Б. Баляр, М. В. Мазур// Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2012. - № 1. – С. 122-131. **5. Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI EN 302 755.** – Sophia, France: ETSI, 2009. – 164 p. **6. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI TR 102 831.** – Sophia, France: ETSI, 2010. – 217 p. **7. Цифрове телевізійне мовлення. Канал передавання випробувальних і вимірювальних сигналів системи DVB, вбудований у транспортний потік MPEG-2. Загальні технічні вимоги (ETSI TR 101 291: 1998, IDT): ДСТУ ETSI TR 101 291: 2009.** - [Чинний від 2011-01-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 37 с. - (Національний стандарт України).

Надійшла до редколегії 20.02.2013

УДК 691.397

Суб’єктивно-статистична оцінка технічної якості роботи системи DVB-T2 на рівні транспортного потоку / В.Б. Баляр // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 11 (985). – С. 53-64. – Бібліогр.: 7 назв.

В статті представлені результати суб’єктивно-статистическої оцінки технічного якості роботи системи DVB-T2 при проведенні її на рівні транспортного потоку MPEG-2 в різних умовах прийма сигналів цифрового телевізійного мовлення. Проведен детальний аналіз наслідків погіршення умов прийому на рівні транспортного потоку з урахуванням відмінностей в його структурі і запропоновані можливі технічні рішення по підвищенню оперативності і ефективності системи моніторингу якості роботи мережі цифрового мовлення.

Ключевые слова: DVB-T2, MPEG-2 TS, измерения, приоритет ошибки, субъективное ухудшение, Matlab.

In article the results of subjective-statistical estimation of DVB-T2 technical operational quality on MPEG-2 transport stream in different reception conditions of digital television broadcasting are presented. Detail analysis of receiving condition degradation on transport stream level with consideration its structure is conducted. Possible technical solutions on increasing of operability and efficiency for monitoring system of operation quality of digital broadcasting networks are proposed.

Keywords: DVB-T2, MPEG-2 TS, measurements, error priority, subjective degradation, Matlab.

УДК: 005.53:655

И. В. ЛЕВЫКИН, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков;

А. И. ХОРОШЕВСКИЙ, аспирант, ХНУРЭ, Харьков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫБОРА СУС ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УДАЛЁННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЗДАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ

В статье моделируется процесс выбора системы управления содержимым (СУС) для разработки на её базе удалённой информационной аналитической издательской системы (УИАИС). Выбор базируется на основании двух циклов управления процессом определения наиболее важных критериальных групп и их элементного состава с возможностью усечения элементов, являющихся низкоприоритетными.

Ключевые слова: систему управления содержимым, удалённая информационная аналитическая издательская система, полиграфическое предприятие, метод обработки экспертной информации, теория статистики.

© **И. В. ЛЕВЫКИН, А. И. ХОРОШЕВСКИЙ**, 2013