

УДК 621.711.3



А.І. Дмитренко, О.О. Супрун, О.О. Усольцев
ХНУРЕ, м. Харків, Україна, olexander.suprun@nure.ua

АНАЛІЗ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТИВНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ВІДЕОПОТОКІВ В IP-МЕРЕЖАХ

Проведен аналіз суб'єктивних і об'єктивних методів оцінки якості передачі відео в IP-мережах, також досліджен вплив специфічних властивостей відеотрафіка на суб'єктивні й об'єктивні оцінки якості відеопотоку. Розглянута імітаційна модель фрагмента мережі, що включає в себе модель втрат, яка імітує виникнення втрат у реальній мережі й дозволяє варіювати швидкість і кількість відеопотоків та рівень втрат у мережі й розраховує параметр Хьорста. Проведен аналіз залежності значень параметра Хьорста від розміру пакетів, що курсують у мережі потоків, довжини черги вузла, кроку збільшення швидкості відеопотоку.

МОДЕЛІ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ВІДЕО, IP- МЕРЕЖІ, IPTV, МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ, ВІДЕОПОТІК, ПАРАМЕТР ХЕРСТА

А.И. Дмитренко, А.А. Супрун, А.А. Усольцев. Анализ модели объективной оценки качества передачи видеопотоков в IP-сетях. Проведен анализ субъективных и объективных методов оценки качества передачи видео в IP-сетях, а также исследованно влияние специфических свойств видеотрафика на субъективные и объективные оценки качества видеопотоков. Рассмотрена имитационная модель фрагмента сети, которая включает в себя модель потерь, которая имитирует возникновение потерь в реальной сети и позволяет варьировать скорость и количество видеопотоков и уровень потерь в сети и рассчитывает параметр Хёрста.

МОДЕЛИ КАЧЕСТВО ПЕРЕДАЧИ ВІДЕО, IP-СЕТІ, IPTV, МЕТОДИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА, ВІДЕОПОТОК, ПАРАМЕТР ХЕРСТА

A.I. Dimitrenko, A.A. Suprun, A.A. Usoltsev. Analysis of the objective estimation model of the transmission quality of video streams in IP-networks. It is devoted to the analysis of subjective and objective methods for assessing the quality of video transmission in IP networks, as well as to study the influence of specific video flow characteristics on subjective and objective estimates of the quality of video streams. Develop a simulation model of a network fragment that includes a loss model that simulates the occurrence of losses in a real network and allows you to vary the speed and number of video streams and the level of losses in the network and calculates the Hurst parameter. Analysis of the dependence of the values of the Hurst parameter on the size of packets that run in the IP network, the length of the node queue, the step of increasing the speed of the video stream.

MODEL QUALITY TRANSMISSION VIDEO, IP- NETWORK, IPTV, METHODS OF EVALUATION OF QUALITY, VIDEOSTREAM, PARAMETERS HURS

Вступ

Сьогодні послуги Internet Protocol Television (IPTV) завоюють усе більшу популярність серед рядових користувачів, а більшість операторів уже розгорнули або розвертають майданчики для їхнього впровадження. У міру розвитку й ускладнення технологій IPTV, вони звичайно стають більш вимогливими до ресурсів мережі зв'язку, на базі якої вони надаються. Концепція мереж зв'язку наступного покоління Next Generation Network дає більші можливості організації практично необмеженої кількості послуг, у той же час вона ставить нові задачі з погляду створення й впровадження нових методів для оцінки якості сприйняття Quality of Experience. Довгий час у ролі основних методів оцінки якості IPTV розглядалися тільки суб'єктивні методи оцінки якості передачі відео, однак, їхнє широке використання в процесі експлуатації послуг IPTV не представляється можливим у виді складності проведення тестів. Тому, останнім часом, більшу популярність одержали методи об'єктивної оцінки, які ґрунтуються на зборі й аналізі мережних характеристик. Але і їх не

можна назвати універсальними й здатними точно оцінити передане відео, оскільки більшість таких методів не враховує характеристик, специфічних для відеододатків. Тому сьогодні існує досить велика кількість різноманітних методів оцінки якості IPTV як суб'єктивних, так і об'єктивних.

Мета статті — полягає в розробці й дослідженні моделей оцінки якості передачі і якості сприйняття відео в IP-мережах, аналіз існуючих методів оцінки якості на прикладі надання послуг IPTV, розробка моделі оцінки якості передачі відео по IP-мережам, що враховує мережні характеристики й параметри, специфічні для відеододатків, аналіз трафіка різних додатків в IP-орієнтованих мультисервісних мережах з урахуванням властивостей самоподоби, розробка методу об'єктивної оцінки якості сприйняття відео на основі виявлення взаємозв'язків між суб'єктивними оцінками й значенням параметра Хьорста.

1. Аналіз методів оцінки якості передачі відеопотоків

На сьогоднішній день не існує об'єктивного методу оцінки якості передачі IPTV у реальному часі,

який міг би однозначно визначити прийнятне чи ні якість відео з боку користувача. При запуску послуг IPTV оцінку якості відео ділять на кілька етапів, щось перевіряється тільки при впровадженні послуги, інші показники тільки в момент експлуатації. Таким чином, оператор бажаючий впровадити послуги IPTV змушено підтримувати функціонування декількох об'єктивних суб'єктивних методів оцінки якості відео одночасно.

Суб'єктивні методи дозволяють у цілому оцінити послугу IPTV на етапі впровадження. Для методів суб'єктивної оцінки можна виділити три основні етапи тестування: вибір або комбінація способів демонстрації відеопослідовностей; визначення методики збору думок експертів; вибір методики обробки результатів. Комбінації можливих методик у перерахованих етапах дозволяють реалізовувати різні методи суб'єктивної оцінки.

Метод Mean Opinion Score (MOS) дозволяє визначити якість передачі відео, одержуване при проходженні сигналу від джерела через мережу зв'язку до приймача, оцінюється як середнє арифметичне від усіх оцінок, що виставляються експертами після перегляду відео, переданого по тестуємому тракту передачі. Експертні оцінки визначаються у відповідності з наступної п'ятибальною шкалою: 5 — відмінно; 4 — добре; 3 — прийнятне; 2 — погано; 1 — неприйнятно. Очевидно, що даний метод не враховує ряд явищ, типових для мереж передачі даних, що й впливають на якість передачі відео в системах IPTV.

Метод Picture Quality Rating (PQR) дозволяє визначити здатність користувача «зауважувати» різницю між еталонним відео й тестуємым, у той час як MOS визначає шкалу експертних оцінок і дозволяє виставляти їх кожному відео. Метод PQR ґрунтується на алгоритмі Just Noticeable Difference (JND), який оцінює сприйняття зорової системи людини.

Метод Difference Mean Opinion Score (DMOS) обчислює різницю між оцінками MOS тестуємого й еталонного відео. У ньому рівняється пара відеопослідовностей: еталонне й тестуємое відео. Глядачі спочатку оцінюють по п'ятибальній шкалі еталонну послідовність, а потім тестуємую. Оцінки MOS тестуємої відеопослідовностей віднімаються з оцінок еталонних послідовностей MOS, що й визначає оцінку DMOS.

Застосовувані на сьогоднішній день методи оцінки якості передачі відео, засновані на аналізі характеристик мережі, є фактично тими ж засобами, що використовуються для контролю якості передачі голосової інформації, тобто вони вимірюють параметри транспортної мережі. На відміну від суб'єктивних об'єктивні методи не дають вистави про те, що ж насправді бачить користувач на екрані свого телевізора, тому що вони, по суті, не роблять відмінності між пакетами, що переносять відео й іншу інформацію. Різні видимі викривлення, такі як мерехтіння, блочність відеокадри, що застигли,

викликані різним рівнем втрат. Таким чином, складно розробити метод об'єктивної оцінки якості передачі відео, заснований на одному або декількох мережних показниках.

Метод Video Quality Measurement (VQM) ґрунтується на тому, що в більшості випадків при оцінці якості зображення спостерігач менш уважний до дрібних деталей, у той час як його основна увага концентрується на великих об'єктах. В основному використовувані сьогодні методи стиску інформації є методами з необоротними втратами, які виникають у ході скорочення просторової, тимчасової й спектральної надмірності. Метод VQM оцінює видимий результат погіршення відео, включаючи змазаність, тремтіння, блочність, шум, викривлення кольору.

Метрика Noise Quality Measure (NQM) підраховує вплив адитивного шуму на вихідний сигнал. Сприймані людським оком ефекти від частотного викривлення й впливу шуму є незалежними, при експерименті розділяють ці два джерела погіршення відео й вимірюють наскільки вироблений ними ефект бачимо.

Метод Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) є найбільш традиційним методом виміру якості системи обробки й передачі цифрового відео, вимірюється в дБ. PSNR вимірює пікове відношення сигналу до шуму між вихідним сигналом і сигналом на виході системи.

Для того, щоб виміряти в кількісному відношенні якість послуги IPTV, необхідно ввести певну метрику. На сьогодні не розроблене Рекомендацій, специфікуючих введення якої-небудь метрики, тому існує ряд методів, які мають істотні відмінності між собою й базуються на різних підходах: MDI, VQM, MPQM, NQM і т.д. Дані методи можна віднести до загальних методів оцінки працездатності мережі, повною мірою не враховуючих особливості додатка. Для більш детальної оцінки якості необхідна розробка моделей, які при розрахунках показників орієнтуються не тільки на параметри мережі, але й на характеристики відеопотоку. Ряд підходів ґрунтується на моделях «втрати — викривлення», тобто моделях, які відображають вплив втрат пакетів на якість відео (у формі викривлень).

При розробці моделі для оцінки якості відео необхідно врахувати дві основні вимоги:

1) придатність моделі, яка оцінює різні мережні параметри й параметри додатків і з високим ступенем точності проектує їх на оцінки якості передачі відео;

2) здатність легко визначити кількісно ці параметри, так щоб дозволити застосовувати оцінку якості передачі відео в реальному масштабі часу для потенційно великої кількості відеопотоків.

Для того, щоб оцінити якість відео, необхідно досліджувати відношення між втратами пакетів і викривленнями в декодованому відео. Важливою проблемою при моделюванні викривлень є визначення меж, у яких помилка розмножується серед

кадрів. Тому що в ІР-мережах втрати відеоданих відбуваються через втрату пакетів, а не блоків кадрів, що впливає, приводить до відображення втрати ІР-пакетів на втрати блоків відеокadra. Коли губиться n ($n \geq 1$) послідовних пакетів за одну подію, $f(n)$ блоків буде порушено, де $f(n)$ є відбиттям числа загублених пакетів на число загублених блоків. Це відношення залежить від реалізації кодека й техніки відновлення втрат. Наприклад, якщо кожний пакет містить рівно один блок і декодер просто пропускає декодування блоків, що втримуються в загубленому пакеті, тоді $f(n) = n$; однак, якщо декодер відкидає відеокadra щораз, коли один з ІР-пакетів загублений, відношення $f(n)$ ухвалює іншу форму.

Незважаючи на те, що більшість стандартів стиску відео підтримують поділ відеокadрів на блоки, кодекси реалізують різні схеми відновлення відеокadra у випадку втрати блоків. Для ілюстрації й порівняння результатів розглянемо кодекси, реалізовані у відповідності зі стандартом MPEG-2 і H.264, які мають різні реакції на що відбувся помилку. У кодексі MPEG-2 при втраті ІР-пакетів відбувається наступне: якщо декодер виявляє, що якесь число ІР-пакетів, що переносять інформацію одного відеокadra, загублене, то він відкидає весь ушкоджений кадр й заміняє його попереднім декодованим кадром. У кодексі H.264 реалізована інша техніка маскування помилок: усі отримані блоки декодуються, у той час як блоки, стерпні, загубленими ІР-пакетами, відновлюються, використовуючи блоки попереднього кадру й інформацію компенсації руху інших блоків цього ж кадру. У кодексі MPEG-2 втрата торкається не тільки блоків, що перебувають у загублених ІР-Пакетах, але й інші блоки цього кадру, у той час як у кодексі H.264 зачіпаються тільки ті блоки, які входили в загублені пакети. Помітимо, що вищевикладений опис MPEG-2 і H.264 представляє конкретну реалізацію кодексу.

В цілях спрощення аналізу, припустимо, що кожний відео пакет містить s блоків, і що кожний відео кадр передається L пакетами. Також вважаємося, що в кожному кадрові початковий момент події втрати нерівномірно розподілена між першим і останнім пакетом. Після цих допущень стає можливим визначити $f(n)$ для обох кодексу. Для кодексу MPEG-2:

$$f(n) = sl \cdot [L - r + 1] / L \cdot (n/L) \cdot ((r-1) / L) \cdot ((n/L) + 1)$$

Для кодексу H.264 відображення втрат на блоки простої: $f(n) = s \cdot n$.

Отже, запропонована вище модель дозволяє врахувати наступне:

- 1) модель втрат пакетів, що виражається через n і Pe ;
- 2) бітову швидкість передачі, що виражається через число ІР-пакетів, що передають відеокadra, і число блоків у відеокadroві (визначається s і L);
- 3) схему пакетизації, що виражається через L — число ІР-пакетів, що передають відеокadra;
- 4) механізми відновлення від втрат, обумовлені вираженням $f(n)$ для кодексу MPEG-2 і H.264;

5) чутливість відеопослідовності до помилок.

Оскільки викривлення визначає, що результуюча якість відео може бути виражене за допомогою пікового відношення сигнал/шум (Peak Signal-to-Noise Ratio — PSNR), тобто, $PSNR = 10 \log_{10}(2552/D)$.

Однак PSNR не дає чіткої представлення про те, як оцінить глядач якість передачі відео, тобто співвідношення сигнал/шум показує, що якість прийнятну, а насправді відбувається систематична втрата I кадрів відеопослідовності й користувач спостерігає картинку низької якості із завмираннями й артефактами, тобто PSNR може оцінити суб'єктивну якість відео. Внаслідок особливостей формування відеопотоку об'єктивні й суб'єктивні методи можуть давати різні оцінки якості передачі відео. PSNR не приводить до поліпшення якості відео, яке буде помітно для людського ока. Графік показує взаємозв'язок між об'єктивними й суб'єктивними оцінками якості передачі відео. При досягненні значень об'єктивних оцінок «крапки перегину» далі поліпшувати якість передачі недоцільно, оскільки особливості людського зору такі, що користувач уже не помітить різниці. Внаслідок особливостей формування відеопотоку об'єктивні й суб'єктивні методи можуть давати різні оцінки якості передачі відео (ЯПВ).

Графік на рис. 1 показує взаємозв'язок між об'єктивними й суб'єктивними оцінками якості передачі відео. При досягненні значень об'єктивних оцінок «крапки перегину» далі поліпшувати якість передачі недоцільно, оскільки особливості людського зору такі, що користувач вже не помітить різниці.



Рис. 1. Відношення між PSNR і якістю передачі відео

2. Дослідження запропонованої моделі оцінки якості відеопотоку

Метою оцінки запропонованої моделі є довести точність і придатність моделі для оцінки ЯПВ при різному рівні втрат і різних кодексах. Для цього проводиться імітаційне моделювання й експеримент, у ході якого рівняються значення ЯПВ, отримані при використанні моделі, з оцінками суб'єктивних і об'єктивних методів оцінки якості передачі відео. Порівняння із суб'єктивними методами оцінки проводиться для перевірки здатності моделі враховувати специфічні характеристики відеододатків при оцінці ЯПВ. Порівняння з об'єктивними

методами покликано довести точність моделі при розрахунках мережних показників.

Оцінка розробленої моделі проводилася декількома методами: по-перше, за допомогою програмного продукту компанії IXIA (Ixchariot), і використовується для тестування пакетних мереж [5]. Ixchariot видає результати значення часу очікування, джиттера, пропускної здатності, а також розраховує значення MDI для відеопотоку. Це дозволяє розрахувати значення PSNR для моделі залежно від різного рівня втрат зрівняти його зі значеннями MDI.

З результатів (рис. 2) видно, що при збільшенні втрат, виникає більше викривлення, що приводить до зниження значень PSNR і погіршенню якості передачі відео. Графік на рис. 3 показує, що модель при оцінці якості передачі відео повністю показує ситуацію, що відбувається у мережі, також видно при досягненні значень об'єктивних оцінок деякої величини, далі поліпшувати якість передачі недоцільно, оскільки це вже не відбивається на суб'єктивній оцінці якості відео.

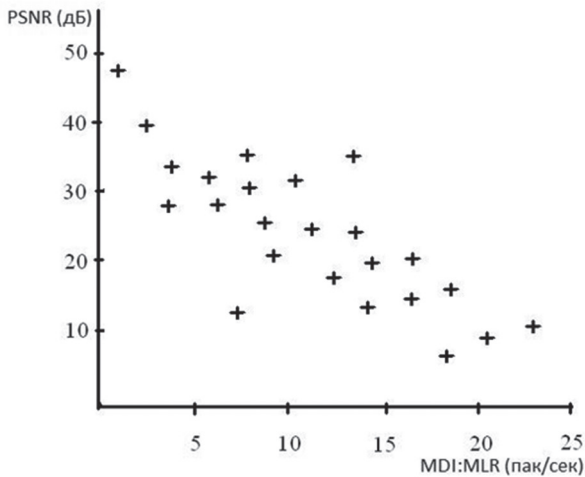


Рис. 2. Відносна залежність PSNR від MDI:MLR

При збільшенні втрат у мережі погіршуються значення PSNR і MDI. Модель, заснована на методі PSNR, ураховує різний рівень втрат і може бути використана для оцінки якості передачі відео.

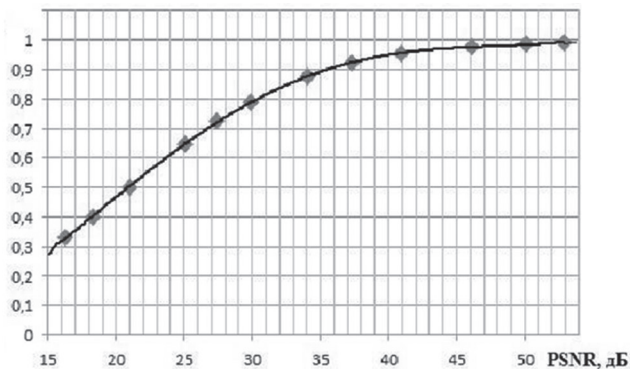


Рис. 3. Відношення між PSNR і КПВ для формату QCIF

Кількість загублених пакетів є домінуючим чинником, що впливають на якість відео в кожній конфігурації відео. Зокрема, для даної схеми пакетизації (представленої s і L), розміру кадра, вибору кодека,

пачечності (тобто, n) викривлення пропорційні ймовірності події втрат Pe . Наприклад, для MPEG-2 відео, закодованого у формат QCIF з $s = 2$, $L = 1$ і втратами по Бернуллі, швидкість втрат 2 % відповідає викривленню в 18,94, у той час як 16 % відповідає викривленню в 1 733,55 для періоду оцінки 180 с.

Вплив пакетизації залежить від типу кодека. Для кодека MPEG-2 викривлення збільшуються зі збільшенням L . Це відбувається, тому що одиночна втрата пакета торкається не тільки блоку в цьому пакеті, але й усі інші блоки цього кадра.

Вплив розміру відео кадра на якість передачі відео залежить від функції схеми маскування, реалізованої в кодекі. Рисунок 3 показує, що при однаковому рівні втрат схема маскування помилок у кодекі H.264 виконана краще для QCIF формату, чому для CIF. При більшому розмірі кадра загублені пакети/блоки вважаються для маленької частини всього кадра, що полегшує маскування помилок. З іншого боку, тверда схема маскування помилок кодека MPEG-2 показує протилежну поведінку. Це відбувається, тому що мультиплікативний фактор $(n+L-1)$ вище для кадрів з великим розміром, так що кожна подія втрати перетворюється у велику кількість загублених блоків.

Представлена модель «втрати-викривлення» повинна вміти оцінювати якість передачі відео в реальному часі для цього всі параметри, використовувани в моделі повинні бути або легко доступні, або легко вимірювані в реальному часі. Якість відео оцінюється залежно від специфічних характеристик окремого відео. Звідси при однаковому шляху й моделі втрат якість двох отриманих відео може значно відрізнятись. Більш того для однакових відеопослідовностей навіть, якщо умови шляху залишаються незмінними, якість може мінятися зі зміною сцени.

Як результат оцінка абсолютної якості відео на шляху вимагає динамічної оцінки впливу характеристик відео. Це не просто й звичайно вимагає «граматичного розбору» або декодування переданого відеопотоку. На практиці здійснення такого процесу в реальному часі й для великої кількості потоків дуже важко, та означає, що представлена модель, усе ще далека від мети — здійснювати точну оцінку якості відео в реальному часі. Точніше, щоб досягтися цієї мети, потрібно вилучити з моделі будь-яку залежність, пов'язану з характеристиками певного відео.

Для цього введемо метрику відносного PSNR, основна задача якого оцінити якість передачі відео на даному шляху не як абсолютну метрику, як відносну на деякому іншому шляху з відомою реалізацією. Звичайно це відповідає шляху, чия реалізація відома, що приводить до прийнятної якості відео, тобто засноване на встановленні контрольних крапок на мережі оператора й сервіс-провайдера. Відносна якість шляху або $opsnr$ визначається як різниця між дійсним PSNR і опорним (еталонним) PSNR (тобто PSNR переданого відео по опорному

шляху). Іншими словами ρ PSNR вимірює наскільки далекий шлях, відносно якості, від опорного шляху.

У реальній мережі крім відеотрафіка існують і інші види трафіка. Наприклад, мовний трафік, який, хоча й не вимагає від мережі підтримки настільки ж високої швидкості передачі як відео, але, проте, ця швидкість повинна бути постійною й при проектуванні мережі, введенні нових послуг і їх підтримці необхідно враховувати присутність іншого трафіка. В IP-мережах для передачі трафіка часто використовується об'єднання або статичне мультиплексування трафіка від різних джерел. Таким чином, якщо одне джерело генерує самоподібний трафік, те загальний потік також буде мати властивість самоподоби. Визначення самоподоби дається через автокореляційну функцію. Ступінь самоподоби характеризується параметром Хьорста. Разом зі зміною значення параметра Хьорста можуть змінюватися й інші характеристики об'єднаного потоку, що може приводити до виникнення ряду проблем при керуванні мережею, наприклад, виборі адекватної моделі побудови черг, механізмів керування потоком перевантаженням, слушного розподілу ресурсів.

Параметр Хьорста характеризує ступінь самоподоби потоків відеотрафіка. У процесі моделювання для оцінки ступеня самоподоби застосовувалися різні методи. У якості основного методу був обраний метод аналізу графіка зміни дисперсії. У реальних умовах оперують із певними наборами даних, тому немає можливості перевірити трасу трафіка на самоподобу. Тому встає необхідність досліджувати різні властивості самоподібності в реальному обмірюваному трафіку, не маючи повної інформації про всі масштаби.

Однієї із проблем, що часто виникає при оцінці параметра Хьорста, є те, що навіть якщо підтверджуються деякі властивості самоподоби, не можна відразу укласти, що проаналізовані дані мають самоподібну структуру, тому що вони могли бути піддані зовнішнім впливам, які привели до таких же властивостей, наприклад, присутність нестационарності [6]. Тому говорячи про ступінь самоподоби для того або іншого потоку, слід урахувати самоподібну структуру в заданому масштабному діапазоні для заданого набору даних. Також при розрахунках параметра Хьорста необхідно враховувати вплив багатьох факторів, таких як методика оцінки, розмір вибірки, масштаб часу і т.д.

На сьогоднішній день відомий ряд методів оцінки самоподоби. Одним з популярних методів оцінки параметра Хьорста в тимчасовій області є метод аналізу нормованого розмаху або R/S статистики. Але R/S метод не занадто точний, тому що дає оцінку тільки рівня самоподібності в тимчасовому ряді. Тому даний метод в основному використовується для перевірки чи є часовий ряд самоподібним і, якщо є, одержати досить грубу оцінку параметра Хьорста. У якості основного методу оцінки значень параметра Хьорста був обраний метод аналізу графіка зміни дисперсії, який дозволяє оцінити

ступінь самоподоби агрегированного потоку, і який розглянутий більш докладно далі [7].

Параметр Хьорста H змінюється в інтервалі від 0 до 1 і визначає ступінь самоподоби процесу. Чим ближче цей параметр до одиниці, тим більше яскраво проявляються фрактальні властивості. Однак, рівність $H=0,5$ свідчить про відсутність самоподоби. Тому часто, проводячи дослідження на визначення ступеня самоподоби, значення параметра Хьорста відображають у діапазоні від 0,5 до 1. Самоподоба у вузькому змісті означає, що функції розподілу вихідного й агрегированих процесів однакові, а ступінь самоподоби характеризують параметром Хьорста.

У досліджуваній моделі втрати відбувалися на четвертому вузлі транспортної мережі. Частка загублених пакетів змінювалася в діапазоні від 5 до аномально високих 95 %. Результат моделювання представлено на рис. 3, втрати суттєво не впливають на показник Хьорста при вступі в мережу потоків VBR. При досягненні рівня втрат 95 % ступінь самоподоби небагато менше, чим при 5 %.

За результатами моделювання доведено, що додавання потоків відеотрафіка зі змінною швидкістю (Variable Bit Rate) не впливає на значення параметра Хьорста аж до аномально високого рівня втрат в 95 %.

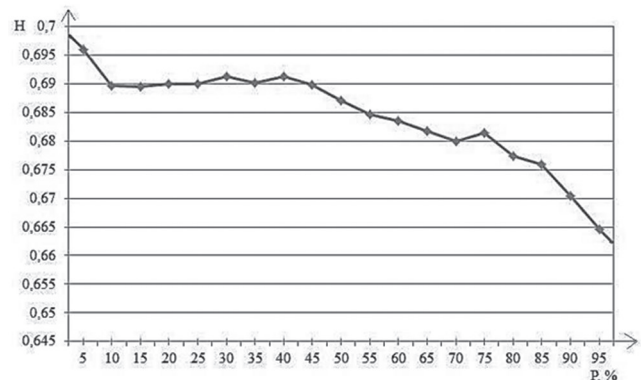


Рис. 4. Залежність показника Хьорста від рівня втрат

При зменшенні кроку моделювання швидкості потоку від 10 000 кбіт / с до 1 000 кбіт / с. Значення параметра Хьорста лежать в середньому від 0,496 до 0,520. При експерименті, в якому не враховувався розмір пакета для трафіку CBR, значення параметра Хьорста в середньому перебували в діапазоні 0,606 ч 0,709. Спостерігався сплеск на швидкості 60 Мбіт/с, оцінка параметра Хьорста склала 0,7 (метод «Аналізу графіка зміни дисперсії») – 0,9 (метод Хігучі). Результати даного експерименту представлені на рис 4. Також можна відзначити нестабільність оцінок параметра Хьорста різними методами при даних умовах.

При відключенні відеопотоків з законом розподілу Парето, зміні тільки швидкості CBR, спостерігалася зниження значень параметра Хьорста до 0,456 ч 0,442. Також досліджувалася залежність значення параметра Хьорста від довжини черги на четвертому вузлі, чергу варіювалася від 5 до 25%. Значення параметра Хьорста склали в середньому

$0,724 \times 0,684$. У той же час установлене, що додавання до потоків відеотрафіка трафіка з постійною швидкістю (Constant Bit Rate) уже при досить невеликих швидкостях приводить до значимої зміни параметра Хьорста. Що, є підставою для використання значень параметра Хьорста для виявлення аномальних змін при передачі трафіка.

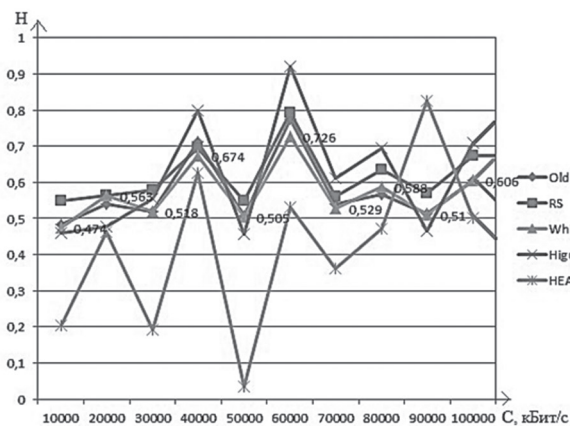


Рис. 5. Залежність параметра Хьорста від швидкості потоку CBR

Висновки

Таким чином, були отримані наступні результати: розроблена математична модель, заснована на відношенні «втрати – викривлення», яка дозволяє оцінити якість передачі відео й може бути використана в існуючих IP-мережах. Проведене моделювання залежно від різного рівня втрат, типу кодека, схеми маскування помилок, періоду дослідження й формату відеокадра, у результаті якого доведений вплив різної реалізації кодеків на якість переданого відео залежно від різного рівня втрат і розміру відеокадра. Установлене, що одним з домінуючих факторів при оцінці якості передачі відео є кількість загублених пакетів.

На остаточну оцінку якості також впливають специфічні параметри відео, такі як спосіб пакетизації, розмір відеокадра, схема маскування помилок, які залежно від конфігурації кодека по-різному реагують на однаковий рівень втрат. Запропоноване використання коефіцієнта, що дозволяє відобразити взаємозв'язок суб'єктивних і об'єктивних оцінок якості передачі відео, що й урахує характеристики відеопотоку при оцінці викривлень, що виникають ході втрати окремих блоків відеокадра. Розроблена імітаційна модель фрагмента мережі, навантаженої потоками різнотипного трафіка, що дозволяє проводити дослідження, націлені на оцінку параметра Хьорста при різних умовах роботи мережі. Визначений склад факторів, що впливають на процес оцінки ступені самоподоби агрегированного потоку. Встановлене, що при моделюванні залежності параметра Хьорста від рівня втрат додавання до відеопотоків трафіка зі змінною швидкістю не впливає на значення параметра Хьорста аж до аномально високого рівня втрат в 95 %. У той же час, додавання

до потоків відеотрафіка потоку з постійною швидкістю, наприклад, трафіка мови, при досить невеликих швидкостях приводить до значимої зміни параметра Хьорста. Визначене, що розмір пакета досліджуваного потоку впливає на значення параметра Хьорста для всього агрегированного потоку. Також на оцінку ступеня самоподоби впливає довжина черги у вузлі й крок збільшення швидкості потоку. Запропонований метод об'єктивної оцінки якості сприйняття відео на основі виявленого взаємозв'язку шляхом виміру параметра Хьорста.

Список літератури: 1. Рекомендація ITU-T Y.1910. Функціональна архітектура IPTV: – 2008. 2. Пескин, А. Е. Світове віщальне телебачення, стандарти й системи // А. Е. Пескин, В. Ф. Труфанов. – М.: Горяча лінія – Телекому, 2004. – 310 с. 3. RFC 2236. Протокол Internet Group Management Protocol, Icmpv2. – 1997. 4. Recommendation Y.1540. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters. ITU-T. – 2009, November. 5. Вегешна, Ш. Якість обслуговування в мережах IP // Ш. Вегешна. – М.: Видавничий будинок «Вільямс», 2013. – 368 с. 6. Кожанів, Ю. Ф. Інтерфейси й протоколи мереж наступного покоління / Ю. Ф. Кожанів. – Спб.: Альфарет. 2016. – 218 с. 7. Рекомендація ITU-R BT.500-13. Методика суб'єктивної оцінки якості телевізійних зображень. – 01/2012.

Resume

A.I. Dimitrenko, A.A. Suprun, A.A. Usoltsev.
ANALYSIS OF THE OBJECTIVE ESTIMATION
MODEL OF THE TRANSMISSION QUALITY OF
VIDEO STREAMS IN IP-NETWORKS

Background: Development and study of a model for assessing the quality of the transmission and quality of video perception in IP networks, analyzing existing methods for assessing the quality of the video stream in IPTV, developing a model for assessing the quality of video transmission over IP networks, taking into account network characteristics and parameters specific to video applications and various codecs, the analysis of traffic of various applications in IP-oriented multi-service networks, taking into account the self-similarity properties, the development of a method of objective evaluation of the quality of video perception based on the identification of the interrelationships between and subjective assessment value and Hurst parameter.

Materials and methods: This work uses statistical methods of analyzing the normalized span or R/S statistics, also the recommended metrics: MDI, VQM, MPQM, NQM.

Results: A mathematical model is developed that allows estimating the quality of video transmission and can be used in existing IP-networks. The simulation was performed depending on different loss levels, such as the codec, the error masking scheme, the research period and the video frame format, which resulted in the effect of different codec implementations on the quality of the transmitted video, depending on the different level of loss and the size of the video frames. The use of the coefficient is suggested, it allows reflecting the interrelation between subjective and objective estimates of the quality of video transmission, which takes into account the characteristics of the video stream when estimating the distortions that occur during the loss of individual video frame blocks. A method is proposed for an objective estimation of the quality of video perception based on the measurement of the Hurst parameter.

Conclusion: The article investigates the influence of specific video flow characteristics on subjective and objective estimates of the quality of video streams. The developed simulation model of a network fragment loaded with flows of different types of traffic makes it possible to carry out studies aimed at evaluating the Hurst parameter under various network conditions. The composition of the factors influencing the process of estimating the degree of self-similarity of the aggregated flow is determined.

Надійшла до редакції 22.09.2017