

УДК 004.7

Основні підходи до вирішення задачі визначення якості сприйняття у системі IPTV

Л. С. Кобзар, К. С. Сундучков

*Національний технічний університету України «Київський політехнічний інститут»,
Україна*

У статті проводиться аналіз існуючих підходів до вирішення задачі визначення якості сприйняття у системі IPTV та розглядається область використання існуючих моделей. Також пропонується новий підхід до побудови системи визначення якості сприйняття на основі нейронної мережі із зворотним поширенням, який дозволяє врахувати більшу кількість параметрів, спростити архітектуру системи в порівнянні з раніше запропонованими рішеннями та підвищити ефективність системи визначення якості сприйняття IPTV послуги.

Ключові слова: IPTV, якість сприйняття, нейронні мережі прямого поширення зі зворотнім поширенням помилки

В статье проводится анализ подходов к решению задачи определения качества восприятия в системе IPTV и рассматривается область применения существующих моделей. Также предлагается новый подход к построению системы определения качества восприятия на основе нейронной сети с обратным распространением ошибки, которая позволяет учесть большее количество входящих параметров, упростить архитектуру системы по сравнению с ранее предложенными подходами и повысить эффективность системы определения качества восприятия IPTV услуги.

Ключевые слова: IPTV, качество восприятия, нейронная сеть прямого распространения с обратным распространением ошибки.

The paper analyses existing approaches for solving of quality of experience evaluation problem. Application area of existing models is specified. New approach for designing of Quality of Experience evaluation system based on feed-forward neural network with back-propagation learning algorithm is proposed. It provides possibility to consider more input parameters, simplify system architecture and improve efficiency of quality of experience evaluation system compared to previous approaches.

Key words: IPTV, Quality of Experience, feed-forward neural network with back-propagation learning algorithm.

1. Вступ

Однією з основних переваг системи IPTV є підтримка постійної високої якості послуги, що надається. Забезпечення цієї якості разом з інтерактивністю і надійністю було постулировано в [1] при розробці рекомендацій для цієї системи. До основних показників якості в системі IPTV відносять показники якості сприйняття QoE (Quality of Experience) і якості обслуговування QoS (Quality of Service). Детальний опис відмінності між цими показниками приведений в [2]. Традиційний показник якості QoS визначається на підставі мережевих показників і параметрів передачі даних. Визначення цього показника описане в [3]. На даний момент успішно розроблені і використовуються різні методи для практичної оцінки цього показника в мережах передачі даних. З іншого боку, завдання визначення показника QoE є досі актуальним. На даний момент не існує загальноприйнятого стандарту, який би описував методіку

виміру цього показника для оцінки якості сприйняття отриманого контенту або, у кращому разі, якості сприйняття послуги IPTV в цілому. Завданням цієї статті є аналіз останніх досягнень в області визначення якості сприйняття для системи IPTV і пропозиція нового методу побудови системи визначення якості сприйняття IPTV.

2. Стандартизація вимірювання QoE в системі IPTV

Спочатку, якість сприйняття визначалася тільки за допомогою суб'єктивних методів оцінки, описаних в [5], коли група експертів оцінює відеопослідовність різної якості за певною шкалою, наприклад MOS (mean opinion score). Але ці методи вимагають великої кількості ресурсів і часу. Тому, актуальним завданням є пошук об'єктивних методів оцінки якості сприйняття без участі експертної групи, які дозволять визначати і контролювати показник якості сприйняття послуги IPTV для кінцевого користувача.

Розглянемо основні організації, які внесли вклад в стандартизацію показника якості сприйняття в системі IPTV. Експертна група якості відеоданих (VQEG) була заснована в 1997г. організацією ITU - T. Її завданням є розробка об'єктивних метрик якості відеозображення і дослідження нових методів оцінювання[7]. Досягненням цієї організації в питаннях показника QoE є розробка бази цих відеозображень і проведених суб'єктивних експериментів. У розробці знаходиться об'єктивна модель виміру якості сприйняття, заснована на статистичній обробці отриманих суб'єктивних рейтингів, а також проект VQEG, що називається «Гібрид», який використовує інформацію заголовків пакету, інформацію бітових потоків і декодованої відеопослідовності для визначення QoE.

Дослідницька група 12 організацій ITU - T працює над параметричною моделлю оцінки мультимедійного потоку (скорочено P.NAMS)[9], який використовує інформацію про кодек і пакети як входні дані, але не враховує інформацію про корисне навантаження. Схожий проект P.NBAMS, що є його наступником, повинен враховувати також інформацію бітового потоку, тобто корисного навантаження.

Організація ATIS IPTV Interoperability Forum (IIF) має у своєму складі комітет метрик якості обслуговування, який розглядає проблеми виміру параметрів QoS і QoE. Ця організація підготувала план тестування і опис процесу тестування для оцінки метрики якості сприйняття. Основна увага приділяється стандартизації процесу тестування, а не алгоритмам оцінки цих параметрів.

На підставі аналізу досягнень в області стандартизації виміру показника якості сприйняття, можна зробити висновок, що в існуючих стандартах жоден з методів не аналізує показник якості сприйняття послуги на основі цілісного підходу. Кожна модель враховує підмножину аспектів QoE: інформацію заголовків пакетів, інформацію декодованої відеопослідовності, інформацію про корисне навантаження. При цьому не враховується безліч інших чинників, що впливають на якість сприйняття : параметри якості контенту, що надається, параметри якості програмного забезпечення користувача, тощо. Таким чином, на даний момент телекомунікаційні стандарти не задовольняють потреб ринку в

побудові системи якості сприйняття в системі IPTV, оскільки не надають об'єктивних методів оцінки якості сприйняття, які б враховували усі чинники, що впливають на заданий показник, і показували б рівень задоволення абонентів послугою, що надається.

3. Основні типи моделей, що розробляються для виміру QoE

Окрім названих організацій стандартизації, існує багато наукових груп, якості сприйняття, що займаються визначенням, в системі IPTV [4,16,17]. Розглянемо основні напрями дослідження якості сприйняття, існуючі на даний момент. Згідно [6] усі об'єктивні методи оцінки якості сприйняття можна розділити на чотири типи: моделі медіа-рівня, моделі пакетного рівня, моделі бітового потоку і гібридні моделі. На рис. 1 показана узагальнена класифікація цих моделей і інформація, що враховується в кожному з типів

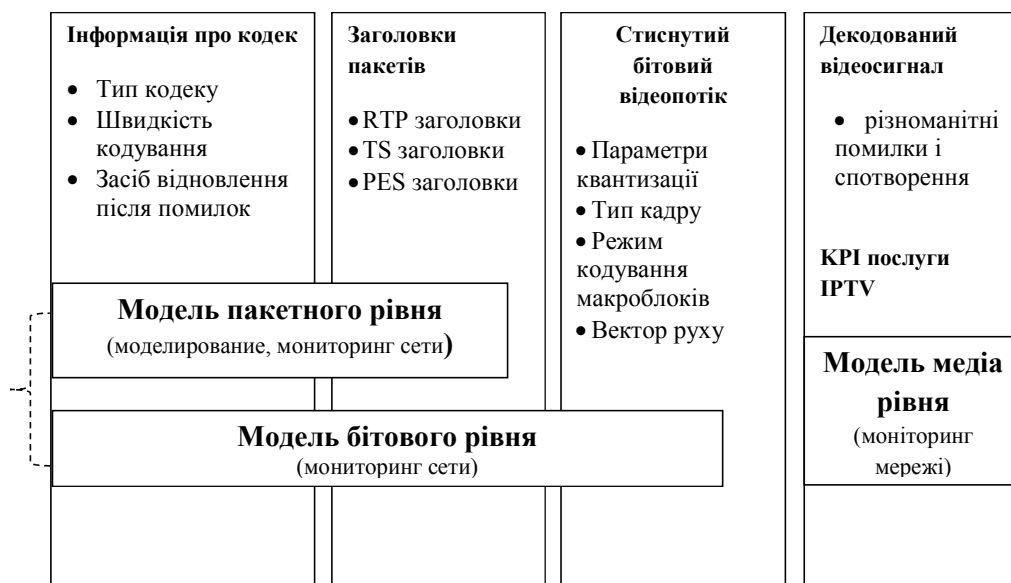


Рис. 1 Класифікація моделей визначення якості сприйняття в системі IPTV

Далі будуть детальніше проаналізовані усі типи моделей і розглянута можлива сфера їх застосування.

3.1. Моделі медіа-рівня

Моделі медіа-рівня використовують медіасигнал (відео/аудио), що передається як вхідний параметр і враховують його при оцінці характеристики кодеку і каналу передачі. Залежно від типу початкового сигналу моделі медіа-рівня розділяють на моделі з повною відповідністю (full - reference(FR) models), коли використовується для порівняння сигнал, який поступає в мережу передачі даних, моделі з частковою відповідністю (reduced - reference(RR) model), коли використовується часткова інформація про сигнал що передається і модель без

відповідності (no - reference(NR) models), коли використовується для оцінки тільки сигнал на стороні кінцевого користувача.

Приклад моделі медіа-рівня викладений в роботі [11], де були введені ключові характеристики продуктивності (KPI), які призначені для опосередкованого виміру показника якості сприйняття. Ці характеристики враховують якість аудіо/відеозображення, а також дані, які передаються на рівні ПЗ: час перемикання каналів, час доступу до послуг, рівень вдалого доступу до послуг, рівень вдалого завершення сеансу послуги та ін. До переваг цього підходу можна віднести широкий огляд параметрів, що впливають на якість сприйняття користувачем. До недоліків відноситься занадто спрощений підхід до вимірів цих параметрів, який не враховує зовнішніх чинників, а також відсутність можливості реалізувати моніторинг деяких запропонованих показників. Фактично, дана модель є безліччю параметрів, вибраних за певними критеріями. Цю модель доцільно використовувати для виявлення існуючих проблем в системі IPTV і проводити подальший аналіз працездатності системи. Але її не можна віднести до цілісної моделі якості сприйняття, оскільки вона не розглядає взаємозв'язок між різними рівнями (як структурними, так і функціональними) системи IPTV і не надає зворотній зв'язок з метою поліпшення якості сприйняття.

3.2. Моделі пакетного і бітового рівня

Моделі пакетного рівня використовують для оцінки QoE тільки інформацію заголовків пакетів. Оскільки ці моделі не аналізують корисне навантаження пакетів, то в них складно врахувати особливості медіа сигналу, що передається. Перевагою цих моделей є їх мала обчислювальна складність. Вони можуть застосовуватися для виміру параметрів мережі в заданих точках.

У загальному випадку, існують два підходи до створення моделей пакетного рівня : моделювання, засноване на параметрах і моделювання, засноване на дослідженні втрат і спотворень при передачі сигналу.

Моделювання, засноване на параметрах, визначає якість за допомогою співвідношення між якістю сприйняття, параметрами певного програмного забезпечення (швидкість кодування, розмір кадру) і рівнем втрат пакетів. Приклад такого методу можна знайти в [10]. У такому разі, цей метод моделювання визначає середню якість зображення для різного типу контенту. Така параметрична модель пакетного рівня як метод планування відеосистем може допомогти визначити правильні параметри відеокодека і мережеві параметри якості обслуговування. Це приведе до оптимального використання мережевих ресурсів і оптимальної складності самої системи при збереженні вибраних показників QoE.

Моделювання, засноване на дослідженні втрат і спотворень при передачі сигналу [12, 13], враховує поширення помилок, особливості контенту і ефективність засобів відновлення після помилок. Оскільки процес передачі сигналу безпосередньо пов'язаний з визначенням якості сприйняття в такому типі моделей, то ці моделі підходять для моніторингу якості послуги в діючій мережі, а не при плануванні.

Моделі бітового рівня враховують як інформацію закодованого потоку, так і заголовки пакетів. Тому ці моделі можуть розглядатися як комбінація моделі

медіа-рівня і пакетного рівня. Оскільки ця модель використовує тільки передавану інформацію - те вона може використовуватися в мережі передачі і на стороні кінцевого користувача. Часто в літературі моделі бітового рівня відносять до моделей пакетного рівня.

3.3. Гібридні моделі

Гібридні моделі - це комбінація описаних раніше моделей визначення QoE, тобто системи, які враховують параметри мережі різних мережевих рівнів. Такі моделі будуються на базі різних математичних апаратів. До них можна віднести статистичні моделі, дерева ухвалення рішень, нейронні мережі.

У [15] запропоновано розглядати проблему визначення якості сприйняття на трьох рівнях. Нижній рівень, що є мережевим рівнем представляє параметри якості обслуговування QoS або, точніше, параметри мережі (NQoS). Рівень вище представляє рівень представлення, який зосереджений на параметрах роздільної здатності, частоти кадрів, кольору, типу кодека і так далі. Ці параметри називаються AQoS програмного засобу. Третім і вищим рівнем є рівень сприйняття який заснований на сприйнятті людиною мультимедіа контенту і зосереджений на просторовому і тимчасовому сприйнятті відео і акустичної смуги .

QoE, що вимірюється на вищому рівні є функцією AQoS і NQoS :

$$QoE = f(AQoS, NQoS) \quad (1)$$

У [15] на основі результатів суб'єктивного тестування були розроблені моделі прогнозування якості не переглянутих раніше прикладів з використанням дискримінованого аналізу. У цій роботі був використаний алгоритм дерев рішень (DT), який будує DT модель з повчальних даних. Розроблена модель дозволяє не лише оцінювати якість сприйняття в системі IPTV, але і надавати рекомендації по зміні параметрів мережі для поліпшення цього показника якості. В представленій роботі показана модель заснована тільки на двох параметрах якості обслуговування. При збільшенні кількості вхідних параметрів, ця модель дуже ускладнюється. Модель повинна буде відобразити область допустимих значень параметрів в n -мірному просторі, а також передбачити до 2^n варіантів взаємодії чинників при суб'єктивному тестуванні, де n - кількість даних параметрів. Така модель не виправдано складна для системи якості сприйняття системи IPTV, яка повинна передбачити вплив різних параметрів на мережевому, транспортному рівні, а також рівні представлення.

У [14] для реалізації гібридної моделі, яка враховує чотири параметри: бітову швидкість, кадрову частоту, рівень втрат пакетів і середній розмір періоду втрат пакетів - було використано побудову нейронної мережі. Після навчання ця нейронна мережа на виході передбачає значення якості сприйняття на основі вхідних параметрів. Цей підхід є перспективним, оскільки може бути порівняно легко масштабований для більшої кількості чинників, що впливають. Тому немає підстав обмежувати цю систему оцінки якості сприйняття урахуванням тільки чотирьох параметрів. Крім того, при аналізі запропонованого в [14] рішення були знайдені недоліки в застосуванні теорії випадкових нейронних мереж до реалізації системи якості сприйняття: використання неефективного методу навчання, обмеження значень вхідних параметрів до множини $\{0,1\}$ - що призводить до меншої ефективності цього підходу.

3.4. Аналіз сфери застосування різних типів моделей якості сприйняття

Розглянемо можливість використання різних типів моделей для оцінки і управління якістю сприйняття в системі IPTV.

Моделі медіа-рівня розглядають велику кількість параметрів, що впливають на якість сприйняття користувача, але не пропонують моделі опису їх взаємодії і, відповідно, моделі єдиного показника якості сприйняття. Крім того, на даний момент не описані способи реалізації моніторингу деяких запропонованих показників.

Математичні моделі пакетного і бітового рівня надають можливість розрахувати параметр якості сприйняття на основі або інформації про кодування контенту, або параметрів передачі сигналу в IP мережі. На даний момент не існує аналітичної моделі пакетного і бітового рівня, яка б об'єднувала в собі параметри різних підсистем IPTV. Тому ці моделі враховують недостатню кількість параметрів для коректної оцінки якості сприйняття системи IPTV в цілому.

Гібридні моделі дозволяють враховувати при аналізі якості сприйняття як мережеві параметри, так і параметри медіа-рівня. Цей тип моделей має найбільшу перспективу розвитку, оскільки дозволяє оцінити якість сприйняття систематично і багатофакторно. Оскільки гібридні моделі якнайповніше і коректно оцінюють якість сприйняття, було прийнято рішення про використання цього типу моделей в системі визначення якості сприйняття IPTV.

В результаті аналізу існуючих гібридних моделей, описаних в роботі, для використання в системі визначення якості сприйняття було показано малу ефективність запропонованих моделей.

Таким чином, на даний момент не існує математичної моделі оцінки якості сприйняття, яка могла б використовуватися для вирішення поставленої задачі. Актуальним завданням є розробка нової або адаптація існуючої гібридної моделі, яка б вирішувала задачу оцінки якості сприйняття в системі IPTV.

4. Гібридна модель побудови системи оцінки якості сприйняття на основі нейронної мережі прямого поширення із зворотним поширенням помилки

На сьогодні одним з найбільш перспективних напрямів є математичний апарат нейронних мереж, який дозволяє створювати самонавчальну систему, яка в процесі навчання знаходить взаємозв'язок між вхідними і вихідними даними. Ці системи є гнучкими і масштабованими для великої кількості вхідних параметрів. З урахуванням цих особливостей, було прийнято рішення про необхідність розробки гібридної моделі визначення якості сприйняття IPTV на підставі апарату нейронних мереж.

Поставлена задача визначення якості сприйняття системи IPTV на підставі об'єктивних параметрів, що впливають на систему, можна розглядати як задачу класифікації. Це можливо за рахунок того, що якість сприйняття в системі IPTV виражається за допомогою 5-бальної шкали MOS. Відповідно, задачу класифікації можна сформулювати таким чином: знайти відповідність заданого набору величин що впливають на систему IPTV і одного з п'яти класів якості сприйняття послуги IPTV.

В результаті аналізу особливостей функціонування різних типів нейронних мереж був зроблений висновок, що задачу класифікації найефективніше можна вирішити за допомогою мереж прямого поширення. Особливістю задачі визначення якості сприйняття, яка сформульована як задача класифікації, являється необхідність обліку великого числа вхідних параметрів. Раніше було показано, що якість сприйняття системи IPTV залежить від великого числа чинників різної природи. Відповідно, найбільш ефективним буде використання багатшарового перцептрона для моделювання системи визначення якості сприйняття в системі IPTV.

У цій роботі пропонується використати чотиришарову НС, яка містить: вхідний шар, два приховані шари, вихідний шар. Вхідний шар, містить кількість нейронів, що відповідає кількості вхідних параметрів, при проведенні суб'єктивного тестування. Таким чином, ця система визначення якості сприйняття може бути масштабована для будь-якої кількості вхідних параметрів, що враховуються, за наявності достатньої кількості проведених суб'єктивних тестів.

Вихідний шар містить 5 нейронів, що відповідає кількості балів шкали MOS.

Кількість нейронів в кожному з прихованих шарів вибирається згідно з модифікованим методом вибору топології прихованих шарів нейронної мережі, не представленим в цій статті.

Архітектура нейронної мережі, що пропонується для створення системи визначення якості сприйняття в системі IPTV представлена на рис.2.

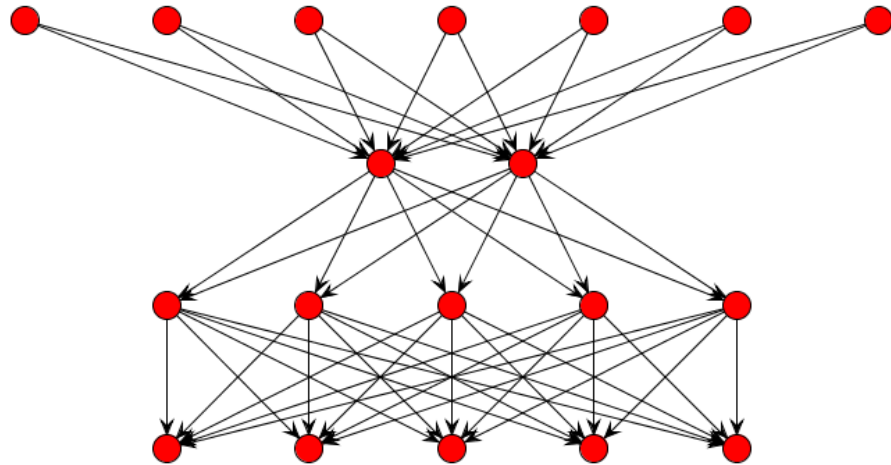


Рис. 2. Архітектура нейронної мережі, що використовується в системі визначення якості сприйняття

Метод побудови системи визначення якості сприйняття IPTV на підставі нейронної мережі прямого поширення із зворотним поширенням помилок представлений у виді блок-схеми на рис.3.



Рис. 3 Блок-схема методу навчання НС для створення системи визначення якості сприйняття

Для усіх даних суб'єктивного тестування проводиться нормалізація параметрів для приведення їх значень до діапазону $[0;1]$. Це дозволить спростити вибір початкових вагових коефіцієнтів, прискорити навчання і знайти глобальний мінімум функції помилки. Далі робиться вибір архітектури НС для реалізації системи визначення якості сприйняття. Після цього призначаються початкові значення вагових коефіцієнтів НС і проводиться навчання НС градієнтним методом з використанням коефіцієнта навчання і моменту. При виявленні глобального мінімуму функції помилки визначення якості сприйняття $J\theta$ НС вважається навченою.

Далі проводиться контроль навчання мережі з використанням перевіркою вибірки. Якщо вартість помилки задовольняє початково задане значення допустимої помилки, то приймається рішення про впровадження НС в систему IPTV для визначення якості сприйняття.

Для збільшення ефективності запропонованого методу побудови системи визначення якості сприйняття системи IPTV був розроблений модифікований метод нормалізації вхідних параметрів нейронної мережі, і модифікований метод вибору топології прихованого шару нейронної мережі, що дозволило:

- а) збільшити точність оцінки якості сприйняття на 7,14 %;
- б) зменшити час навчання нейронної мережі на 26,5 %.
- в) спростити вибір початкових вагових коефіцієнтів при навчанні мережі.

Висновки

На підставі виконаного аналізу області використання моделей визначення якості сприйняття в системі IPTV було показано, що гібридні моделі, на відміну від моделей пакетного, бітового і медіа рівня, здатні одночасно враховувати при аналізі якості сприйняття велику кількість параметрів системи IPTV, що вимірюються на різних рівнях мережі. Таким чином, цей тип моделей має найбільшу перспективу розвитку, оскільки дозволяє враховувати систематичну і багатофакторну природу якості сприйняття послуги IPTV. З іншого боку, існуючі гібридні моделі мають ряд недоліків, які можуть бути подолані при їх подальшому розвитку. Було запропоновано новий підхід до побудови системи оцінки QoE в мережі IPTV на базі нейронних мереж прямого поширення із зворотним поширенням помилки. Цей підхід дозволяє врахувати більше число параметрів і спростити архітектуру системи в порівнянні з раніше запропонованими рішеннями.

До загальних недоліків гібридних моделей можна віднести необхідність їх навчання на основі суб'єктивного тестування існуючої системи. З одного боку, це призводить до неможливості використання запропонованого методу створення системи визначення якості сприйняття на етапі проектування системи IPTV. З іншого боку, навчання на підставі суб'єктивних тестів призводить до точніших оцінок діючої системи.

Було запропоновано новий підхід до побудови системи визначення QoE на основі нейронної мережі із зворотним поширенням, який дозволяє врахувати більшу кількість параметрів, ніж існуючі моделі, спростити архітектуру системи в порівнянні з раніше запропонованими рішеннями. Розроблені модифікований метод нормалізації вхідних параметрів нейронної мережі, і модифікований метод вибору топології прихованого шару нейронної мережі дозволяє збільшити ефективність навчання НС : збільшити точність навчання мережі на 7,14% і зменшити час навчання на 26,5% .

Рішення, що пропонується, дозволить проводити моніторинг існуючої системи IPTV з урахуванням усіх вимірюваних параметрів, що впливають на якість сприйняття. Можливість моніторингу якості сприйняття в системі IPTV дозволить оптимізувати існуючі системи IPTV і надавати послуги більш високої якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендация МСЭ-Т Y.1901 «Требования для поддержки услуг IPTV», 2009 г.
 2. Кобзарь Л. С. Использование параметра качества восприятия в системе IPTV Наукові записки УНДІЗ №3(15), 2010.
 3. Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 «Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP», 2006.
 4. <http://www.irisa.fr/armor/lesmembres/Rubino/myPages/indexTmp.html>
 5. Recommendation ITU-R BT.500-12 (2009) "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures"
 6. Rec. ITU-T G.1011 Reference guide to quality of experience assessment methodologies (06/2010)
 7. vqeg.org
 8. VQEG, "Final report from the Video Quality Experts Group on the validation of reduced-reference and no-reference objective models for standard definition television, Phase I," June 2009, available at <http://www.vqeg.org/>.
 9. <http://www.itu.int/md/T05-SG12-C-0129/en>
 10. Liao and Chen A packet-layer video quality assessment model with spatiotemporal complexity estimation EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2011: <http://jivp.urasipjournals.com/content/2011/1/5>
 11. TR-160 IPTV Performance Monitoring. Broadband forum technical report. Issue: 1, November 2010
 12. ITU-T G.1070
 13. Jose Joskowicz J. Carlos Lopez Ardao A parametric model for perceptual video quality estimation Springer Science+Business Media, LLC 2010
 14. Gerardo Rubino. Quantifying the Quality of Audio and Video Transmissions over the Internet: The PSQA Approach. Communication Networks & Computer Systems, 2005.
 15. Vlado Menkovski, Georgios Exarchakos, Antonio Liotta Antonio Cuadra-Sánchez A Quality of Experience management module International Journal on Advances in Intelligent Systems, vol 4 no 1 & 2, 2011.
 16. <http://www.celticplus.eu/Projects/Celtic-projects/Call8/QUEEN/queen-default.asp>
 17. <http://www.ibbt.be/en/projects/overview-projects/p/detail/qoe>
 18. Video quality experts group. Report on the Validation of Video Quality Models for High Definition Video Content, Version 2.0, June 30, 2010
-