جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة الحواسيب والأتمتة

تحسين خدمات المستخدم في البث التلفزيوني عبر بروتوكول IP "IPTV"

"Improving user service using IPTV"

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الحواسيب وشبكاتها

إعداد المهندسة

ولاء حسن زيد

بإشراف الدكتور

د. وسيم موسى السمارة

العام الدراسي

2021-2020

أعضاء لجنة الحكم:

تضمن قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم/ 1117 / المتخذ بالجلسة رقم/ 7 / تاريخ 2021/1/18 الموافقة على تأليف لجنة الحكم من السادة:

د. وسيم موسى السمارة: الأستاذ المساعد في قسم هندسة الحواسيب والأتمتة عضوا مشرفا

د. رائوف حمدان : المدرس في قسم هندسة الحواسيب والأتمتة عضوا

د. بسام محمد : الأستاذ المساعد في قسم هندسة الحواسيب والأتمتة عضوا

كلمة شكر

أتوجه بجزيل الشكر والامتنان لكل من ساهم في انجاز هذا البحث وانجاحه وأخص بالشكر الدكتور وسيم السمارة على ما قدمه من توجيهات ومواكبة لهذا العمل خطوة بخطوة ، كما أتوجه بالشكر الى كل من الدكتور رانوف حمدان والدكتور بسام محمد على ملاحظاتهم وعلى كل ما قدموه في سبيل إنجاح هذا العمل .

الإهداء

إلى سكان قلبي ....

إلى رجل الكفاح، إلى من زرع القيم والمبادئ الإنسانية، إلى من أفنى زهرة شبابه في تربية أبنائه .

والدي الحبيب

إلى القلب النابض، إلى رمز الحنان والحب والتضحية، إلى من كانت دعواتها الصادقة سر نجاحي .....

أمي الغالية

إلى رمز الحب، إلى طيب الزهر، إلى رفيق العمر، والقدوة الحسنة ....

زوجي الغالي حسن

إلى أشقاء الروح، والسند المتين ....

أخوتي محمود وكامل

لهم جميعا أهدي ثمرة جهدي وانجازي هذا .

الفهرس

قائمة الاشكال 4

قائمة الجداول..... 5

ملخص البحث..... 6

مقدمة البحث 7

الفصل الأول 9

أساسيات البحث..... 9

1-1 مشكلة البحث 10

1-2 هدف البحث..... 10

1- 3حدود البحث..... 10

1-4 الدراسات المرجعية..... 11

الفصل الثاني..... 13

المفاهيم الأساسية لتطبيق التلفزة عبر الانترنت..... 13

2-1 مقدمة..... 14

2-2 أنواع البث التلفزيوني عبر بروتوكول الانترنت [8]..... 14

2-3 مبدأ العمل بنظام التلفزة عبر الانترنت..... 15

2-4 مكونات بنية البث التلفزيوني عبر الانترنت Multicast IPTV [19]..... 21

2-5 تدفق المحتوى في نظام IPTV..... 23

2-6 تقنيات ضغط الفيديو في IPTV 25

2-7 مفهوم خدمات المستخدم في IPTV 29

2-8 المعايير العالمية لقياس جودة الخدمة لتطبيق IPTV..... 30

الفصل الثالث..... 32

القسم العملي..... 32

3-1 مقدمة..... 33

3-2 خصائص برنامج المحاكاة 33

3-2-1 مستويات التصميم في OPNET MODELER 34
3-3 تصميم الشبكة وتحليلها 35
3-3-1 مؤشرات الأداء المدروسة 35
3-3-2 المعاملات/ البارامترات المؤثرة على الأداء 38
3-3-3 التصميم على مستوى الشبكة 38
3-4 تحليل نتائج المحاكاة 43
3-4-1 دراسة تأثير دقة الصورة (حجم الإطار) على أداء التطبيق 43
3-4-2 دراسة تأثير معدل دفق الإطارات في دفقات الفيديو 46
النتائج والتوصيات 47
المراجع 48

قائمة الاشكال

الشكل (2-1): خدمات اللعب الثلاثيه وتوزيعها باستخدام موزع ADSL.....14

الشكل (2-2): البنية العامة لنظام IPTV.....15

الشكل (2-3): المكونات الأساسية العامة لنظام التلفزة عبر الانترنت.....16

الشكل (2-4): نظام التلفزة عبر الانترنت من وجهة نظر النقاط النهائية.....17

الشكل (2-5): بنية البث التلفزيوني المتعدد عبر الانترنت.....18

الشكل (2-6): بنية نظام IPTV نقطة لنقطة.....19

الشكل (2-7): العمليات الرئيسية التي يخضع لها تدفق المحتوى في IPTV.....20

الشكل (2-8): أنواع الإطارات في بروتوكولات ضغط الفيديو.....23

الشكل (2-9): كتل الإطارات المرمزة بين (**HVEC**)MPEG4,MPEG5 25

الشكل (2-10): الفرق بين معدل نقل البيانات والتعقيد في الاجهزة بين (**HVEC**)MPEG4,MPEG5 25

الشكل (2-11): مكونات QOE وفق ITU-T G.1080 27

الشكل (3-1): مستويات التصميم والمحررات الأساسية في OPNET. 32

الشكل (3-2): البنية العامة للشبكة. 35

الشكل (3-3): مكونات الشبكات الفرعية في البنية العامة.....35

الشكل (3-4): بنية شبكة WIMAX وطبقات العمل فيها.....36

الشكل (3-5): بنية شبكة WIMAX المصممة وفق OPNET.....37

الشكل (3-6): تأثير حجم الإطار على قيم MOS 39

الشكل (3-7): تأثير حجم الإطار على قيم الرجفان الطوري.....40

الشكل (3-8): تأثير حجم الإطار على قيم التأخير بين العقد النهائية.....41

قائمة الجداول

الجدول (3-1): مؤشرات الأداء المدروسة 33

الجدول (3-2): القيم المعيارية لمؤشر MOS.....33

الجدول (3-3): المعاملات المؤثرة على الأداء في تطبيق IPTV 34

الجدول (3-4): توصيف وخصائص التجهيزات المستخدمة 35

الجدول (3-5): النسبة المئوية لرزم البيانات الضائعة 40

الجدول (3-6): النتائج الخاصة بتحصيل دقة الصورة 42

الجدول (3-7): النتائج الخاصة بتحصيل تأثير معدل دفق الإطارات 42

ملخص البحث

يعتبر تطبيق البث التلفزيوني عبر الانترنت (Internet Protocol Television) IPTV هو نظام اتصالات حيث يتم فيه نقل خدمات التلفزيون الرقمي باستخدام بروتوكول الانترنت عبر بنية الشبكة. وبقنوات محددة ولمستخدمين محددين بدلاً من النقل بوسائل البث العام التقليدية كالبث الفضائي والكابلات التقليدية. ضمن الشبكة الواحدة غالباً ما يتم تقديم خدمات التلفزيون عبر الانترنت مع تطبيقات الفيديو عند الطلب Video on Demand أو مع تطبيقات أخرى مثل الوصول إلى الانترنت Web access والصوت عبر الانترنت VoIP.

أصبحت خدمات IPTV مطلوبة بشكل كبير في هذه الايام كونها تؤمن متطلبات المستخدم بالجودة المطلوبة والتي يحتاجها المستخدم لهذا النوع من الخدمات. تتطلب نقل الصوت والصورة معاً وبشكل تفاعلي وعرضها على شاشات مختلفة الدقة والحجم.

على الرغم من الفوائد العديدة التي يقدمها IPTV فيما يخص سهولة الاستعمال والتفعيل، تعاني من تحديات أساسية فيما يخص إمكانية الحصول على خدمة جيدة للمستخدم ومتكاملة مع تقنيات الاتصالات الحديثة لا سيما اللاسلكية منها.

يقدم هذا البحث دراسة تحليلية بهدف اختبار وتحسين أداء تطبيق IPTV في الشبكات الحديثة التي تتمتع بسرعة نقل بيانات عالية سواء كانت شبكات سلكية تعتمد ADSL أو لاسلكية وتحديداً شبكة WIMAX التي تمثل عراب الجيل الرابع في عالم الاتصالات الحديثة. عبر تحديد مؤشرات الأداء التي تقيم عمل هذا التطبيق واختبار قيمها المقاسة في التصميم المحاكي والبحث عن المعاملات المؤثرة عليها. علماً أنه تم استخدام محاكي الأوبنت OPNET الذي أثبت جدارته في تمثيل الشبكات الحاسوبية وتطبيقاتها المختلفة.

مقدمة البحث

يعتبر نظام البث التلفزيوني عبر الانترنت (IPTV: Internet Protocol Television)، هو نظام البثّ التلفزيوني القائم على استخدام بروتوكل الإنترنت IP وذلك بدلاً من استخدام إشارات البثّ التي تدخل المنزل عبر الهوائيات، أو طبق الأقمار الصّناعية أو كابل الألياف البصرية، إذ كان من الشائع مشاهدة محتوى الإنترنت على التلفزيون عن طريق تصفّح الإنترنت على جهازِ حاسوب، إلى جانب أدوات الإضافية أمّا حديثاً؛ فقد تمكّن العديد من المستخدمين من مشاهدة محتوى الإنترنت على التلفزيون، عن طريق جهاز الاستقبال الرقمي (set-top box)، والذي يربط بين الإنترنت وبين جهاز الاستقبال في التلفزيون؛ بحيث يتمكّن التلفزيون من عرض برامج الإنترنت المختلفة.

بمعنى آخر إن تقنية البث التلفزيوني عبر الانترنت IPTV هي خدمة جديدة، تقدم ما توفره التلفزيونات الحديثة بجودة عالية، ناقلة بذلك الصوت والصورة عبر خطوط الإنترنت عالية السرعة مباشرة إلى أجهزة التلفاز التي في المنازل. تتعامل هذه التقنية مع الصوت والصورة على أنها معلومات تنتقل عبر الإنترنت على هيئة رزم – تبديل بالرزم– يتم استقبالها لتنقل بذلك إحدى المباريات نقلاً مباشراً أو لتعرض برنامجاً وثائقياً، تماماً كما تفعل القنوات الفضائية. الفارق هنا يكمن في اعتماد تقنية IPTV اعتماداً كلياً على خدمات الإنترنت التي توفرها شركات الاتصال.

لا يمكن اعتبار هذه التقنية مسألة شبيهة بمقاطع الفيديو التي تعرض على الكمبيوتر والتي يقوم المستهلكين بتحميلها من مواقع مختلفة، فجودتها أفضل بجميع المعايير. يعود الفضل في ذلك إلى تزايد سرعة الإنترنت، فضلاً عن جودة ملفات الفيديو المضغوطة التي يمكن تصنيفها ضمن خدمة الفيديو تحت الطلب Video on Demand - VoD والتي بات بالإمكان الحصول عليها على شاشات التلفاز عن طريق ما توفره تكنولوجيا الاتصالات.

يتوقع المحللون والخبراء في مجالات الاتصالات مستقبلاً مهماً ذا فارق لهذه التقنية إذا ما تم اعتمادها فعلاً واهتمت بها شركات الاتصال في الدول المتطورة.

لنظام IPTV فوائد متعددة ومن أهمها: انخفاض التكلفة سواء على مقدم الخدمة أو المشترك، إذ إنّ استخدام شبكة IP في أجهزة التلفزيون والكمبيوتر دون الحاجة إلى نظام توزيع إشارات

الأقمار الصناعية (الهوائية) داخل المباني المختلفة والجامعات من شأنه التقليل من التكلفة المترتّبة عليها، تعد الأمن والسرية ميزة ثانية، إذ أن نظام البثّ التلفزيوني عبر الإنترنت يمنع الوصول إلى المحتوى المتدفّق؛ وذلك من خلال اعتماده لبرنامج جدار الحماية (firewall). فضلاً عن ذلك فإن هذا التطبيق يقدم ميزة إضافية من خلال السماح باختيار ما يتم مشاهدته، يتمكّن المستخدمون من مشاهدة أحدث الأخبار والأحداث، إلى جانب مشاهدة القنوات المفضّلة في أيّ مكان وأي وقت.

التحدي الأساسي الذي يواجه الشبكات التي تقدم خدمات IPTV يتمثل في كيفية التأكد من كون شبكة مزود الخدمة تقوم بإيصال خدمات الفيديو المتلفز للمستخدمين النهائيين بشكل جيد، لاسيما مع توسع الخدمة لتصبح مقدمة ضمن الهواتف الذكية التي تعمل على شبكات الاتصال اللاسلكية التي تستخدم بروتوكول الانترنت في توجيه البيانات زبائنها مثل LTE,WIMAX. وحتى الشبكاات السلكية التي تستخدم خطوط ADSL والخطوط المحجوزة E & DS. وهي القضية التي اهتم هذا البحث بدراستها. وذلك عن طريق اختيار مؤشرات محددة للاختبار والبحث في المعاملات الأساسية المؤثرة على تلك البارامترات.

تم في الفصل الاول تحديد أساسيات البحث: المشكلة الهدف والدراسات المرجعية المرتبطة، بينما اهتم الفصل الثاني بتفنيد الأسس النظرية الأساسية المرتبطة بتطبيق IPTV ومعايير تقييم الخدمة فيه. أما الفصل الثالث فقد تضمن تفاصيل الدراسة العملية التحليلية التي استندت إلى محاكاة شبكات حاسوبية عملية واستخراج النتائج وتحليلها. ومن ثم تقديم التوصيات وإضاءة سريعة على التفكير المستقبلي.

الفصل الأول

أساسيات البحث

1-1 مشكلة البحث

التأكد من حصول مستخدمي تطبيق التلفزة عبر الانترنت المقدمة من مزودات خدمة مختلفة (ADSL,WIMAX_4G) على خدماتهم بشكل جيد لاسيما مع ترافقها مع حزمة تطبيقات "Triple Play": IPTV, VoIP & Internet access.

1-2 هدف البحث

البحث في معايير مؤشرات خدمة المستخدم لخدمات IPTV وتحليلها واختبارها وتحديد البارامترات الرئيسية المتعلقة بها في شبكات الاتصالات الرقمية السلكية ADSL واللاسلكية WIMAX(4G) كمناذج أساسية. لاسيما مع ترافقها مع تطبيقات حزمة خدمات Triple Play.

1-3 حدود البحث

الحدود التقنية:

الشبكات الحاسوبية الرقمية ADSL التي تستخدم خطوط DS ذات معدل نقل البيانات العالي.

شبكات الاتصالات الرقيمة النقالة في الجيل الرابع WIMAX على اعتبارها تمثل البديل اللاسلكي للعمود الفقري لشبكات الانترنت في المناطق الواسعة.

تم اختبار تلك الحدود على مجموعة مؤلفة من 500 مشترك موزعين ضمن بيئة جغرافية واسعة تمثل بلداً ما.

4-1 الدراسات المرجعية

1-الدراسة المرجعية الأولى:

"A New Architecture for Enhancing the QoS of IPTV Video Components in LTE Systems"

- IEEE, 2018
- اهتمت هذه الدراسة بتقديم بنية جديدة لتقديم خدمات التلفزة عبر الانترنت ضمن مزود خدمة شبكة LTE مع إدارة تطبيقات لوسائط المتعددة من قبل تقنية IMS, IP Multimedia Subsystem.
- عملت تلك الدراسة على تصنيف بيانات الأنماط الثلاث لخدمات TVIP: BC, VoD and PVR مستخدمة حقل IPv6 Flow Label field مع اعطاء أولوية أعلى لبيانات مستخدمين BC لاسيما اثناء حركة المستخدم. وبالتالي لم تعد تطبيقات TVIP تصنف كتطبيقات Best effort.
- بمعنى أخر يمكن القول أنها اعتمدت تطبيق الخدمات التفاضلية لتحسين خدمات المستخدم.

2-الدراسة المرجعية الثانية:

"***Analysis of QoS in Different Application by using Opnet Workbench***"

- International Journal of Advancements in Technology, 2019

- تقدم هذه الدراسة مرجعاً لبناء شبكة IPTV ضمن برنامج المحاكاة OPNET وتهيئة اعدادات جودة الخدمة لبيانات التطبيق مع شرح تفصيلي لمكونات العقد وكينوناتها المختلفة واختبار أداء الشبكة بالنسبة لتطبيق IPTV المترافق مع تطبيقات FTP,HTTP.

- أكدت هذه الدراسة أنه في حال تهيئة اعدادات جودة الخدمة، سيتم تفضيل تخديم التطبيقات الحرجة مثل الصوت والفيديو في IPTV على حساب تخديم تطبيقات FTP,HTTP.

3-الدراسة المرجعية الثالثة:

"Queueing Analysis of Unicast IPTV With Adaptive Modulation and Coding in Wireless Cellular Networks".

- IEEE,**2017**
- في هذه الدراسة تم ايجاد حل لمشكلة استخدام عرض الحزمة، معدل حجب الخدمات ومعدل رفض الخدمة لتطبيق TVIP عن طريق استخدام بنية adaptive modulation and coding (AMC) في جدولة انتظار رزم بيانات البث الأحادي عبر الشبكة الخليوية اللاسلكية بحيث تسمح لمزود الخدمة بتنفيذ تحكم دقيق بالوصول إلى موارد الشبكة وتخصيصها بالشكل الذي يحسن أداء النظام.

الفصل الثاني

المفاهيم الأساسية لتطبيق التلفزة عبر الانترنت

2-1 مقدمة

يعتبر تطبيق التلفزة عبر الانترنت أو ما يسمى تلفزيون بروتوكول الأنترنيت (Internet Protocol Television) IPTV. تقنية حديثه للبث التلفزيوني عبر الانترنت بطريقة رقمية [1] باستخدام بروتوكول الإنترنت (IP)

في ظلّ انتشار شبكة الأنترنت ظهرت تقنية استقبال القنوات التلفزيونيّة من خلال شبكة الأنترنت ومن دون الحاجة إلى ربطها على الأقمار الفضائية واستخدام كوابل مزدوجة وأجهزة ريسيفر وغيرها، فهُناك ما يُسمّى بتقنية IPTV، ويعني ذلك أنَّ جهاز التلفاز أو الشاشة الذكية لديك لها عنوان IP من خلاله تستطيع ربط الجهازعلى شبكة الأنترنت والاستفادة من المحطات التلفزيونية التي تقدّم خدمة البث التلفزيوني عبر شبكة الانترنت. كلمة IP باللغة الإنجليزية تعني اختصاراً IP Address وهيَ العنوان الشبكي الذي من خلال الحصول عليه تُصبح جزءاً من الشبكة التي تريد الربط معها كشبكة الإنترنت مثلاً، وهذا هو ما يحدث في أنظمة البث التلفزيوني عبر الانترنت.

يعمل التلفزيون القياسي على شبكة سريعة بسرعة 1-10 ميجابت في الثانية، بينما يوفر IPTV نطاق سرعة الإنترنت من 10 إلى 100 ميجابت في الثانية [3].

2-2 أنواع البث التلفزيوني عبر بروتوكول الانترنت [8]

1. خدمة الفيديو حسب الطلب: (VOD:Video on Demand): وهي التقنية التي تسمح بمشاهدة البرامج والأفلام عبر الإختيار من مخزون هائل تعرضه الشبكة المعنية، تقوم بتقديم خدماتها عبر اشتراك شهري وأحيانا بشكل مجاني، ومن أشهر مزودي هده الخدمات شركة نيتفليكس netflix وهي شركة ترفيهية أمريكية أسسها ريد هاستنغز ومارك راندولف في 29 آب 1997، في سكوتس فالي، كاليفورنيا. تتخصص في تزويد خدمة البثّ الحي والفيديو حسب الطلب وتوصيل الأقراص المدمجة عبر البريد. في عام 2013، توسعت شركة نتفليكس بإنتاج الأفلام والبرامج التلفزيونية، وتوزيع الفيديو عبر الإنترنت. تُتيح خدمة بثّ نتفليكس الفيديو حسب الطلب، والتي كانت تسمى "Watch Now" للمشتركين بث المسلسلات التلفزيونية

والأفلام عبر موقع نتفليكس على أجهزة الكومبيوتر الشخصية أو عبر تطبيق نيتفلكس المتوفر على العديد من أنظمة التشغيل؛ بما في ذلك أجهزة الهواتف الذكية، والأجهزة اللوحية، ومشغلات الوسائط الرقمية، ومشغلات ألعاب الفيديو، وأجهزة التلفاز الذكية.

2. البث التلفزيوني غير المباشر أو المزاح زمنياً time-shifted IPTV: وهو الذي تقدمه بعض القنوات التلفزيونية المعروفة مثل بي بي سي البريطانية، وام بي سي mbc السعودية، حيث تعرض برامجها على مشغلات فيديو أوتطبيقات خاصة بها وحتى على متصفحات الأنترنت العادية بعد مدة معينة من بثها عبر الأقمار الصناعية، وهي الخدمة التي يقدمها شاهد دوت كوم من قنوات ..mbc شاهد نت هو موقع ويب عربي يسمح بمشاهدة المسلسلات المعروضة على مجموعة قنوات إم بي سي، بدأ موقع شاهد نت على ساحة الانترنت في عام 2011 وبتقنية HD لعرض المسلسلات والأفلام التلفزيونية المعروضة سابقاً على قنوات مجموعة إم بي سي.
3. البث الحي والمباشر live IPTV or IP simulcasting وهو النقل التلفزيوني المباشر عبر تقنية IPTV، حيث يثم نقل المباشر لبت القنوات التلفزيونية أثناء مشاهدتها عبر الأقمار الصناعية.

2-3 مبدأ العمل بنظام التلفزة عبر الانترنت

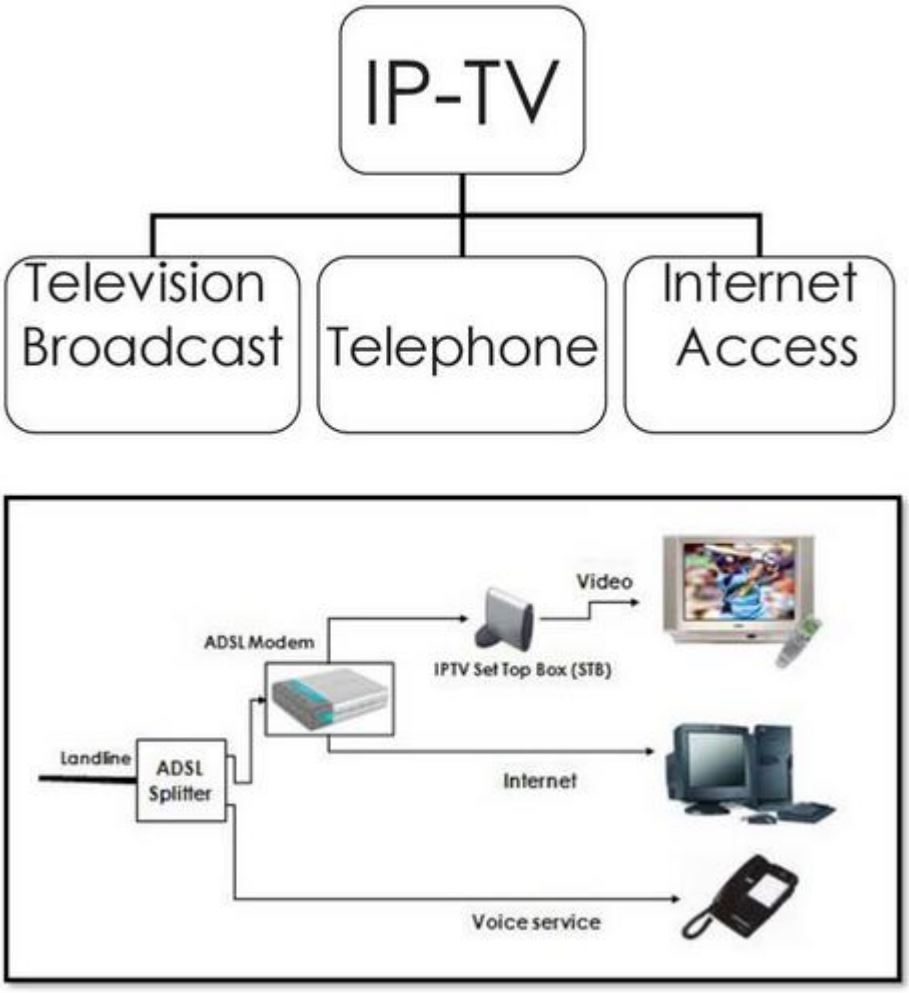
التلفاز التقليدي يعتمد على ارسال واستقبال اشارات (Signals) ومن ثم يقوم الجهاز التقليدي بفك شفرة هذه الاشارات decode وتحويلها الى صوت وصورة تنعرض على الشاشة. بينما العملية تختلف في حالة الـ IPTV، فالاشارات لن تنتقل كما هي بل ستتعرض لعملية تسمى Fragmentationأو بالعربية (تقسيم). في هذه العملية سيتم تقسيم المعلومات الى حزم Packets او (datagram) على حسب البرتوكول المستخدم [9].

في بدايات تقنية الـ IPTV، كان عدد القنوات التي تبثها مراكز البث محدود تتراوح بين 50 150 – قناة تقريباً [1]. كانت تبث هذه القنوات من مكتب مركزي يسيطر على جريان وبث القنوات إلى المستهلكين المشتركين، حيث ترسل الاشارات ويتم استقبالها عن طريق خطوط

الاتصال البصري fibre backbone من وإلى محطات تتمركز وتتوزع على مناطق التغطية، ومن ثم يتم إرسال هذه الإشارات إلى منازل المشتركين حسب طلبها [3] (أي حسب طلب المشاهد للبرنامج المحدد أو القناة المحددة).

عادة ما تقدم خدمة البث التلفزيوني عبر الانترنت من قبل مزودات مرتبطة بشركاتها الخاصة، وظرًا لأن هذه الشبكات الخاصة لا تعاني من قيود الإنترنت العامة، فقد كان البث المتعدد لـ IP هو الحل التقني المفضل لأنه يمكن أن يقدم أفضل أداء ويمكن نشره باستخدام البروتوكولات والمعدات الحالية. ومع ذلك، مع ظهور شبكات الجيل التالي والمجموعات التي تدافع عن تحرير سوقIPTV، من المتوقع في المستقبل أن تدعم العديد من هذه الشبكات المملوكة للاتصالات عددًا كبيرًا من مزودي الخدمات، وبالتالي عدد كبير من القنوات [5] .

أكاديمياً يطلق على الخدمات التي يقدمها البث التلفزيوني مصطلح الألعاب الثلاثية Triple) (play وهي الخدمات التي تقدم البث التلفزيوني الرقمي العام [7]، والاتصالات الهاتفية والوصول إلى الانترنت لمجموعة من المستخدمين ضمن مجال بث عام واحد (صوت وفيديو وبيانات معاً).

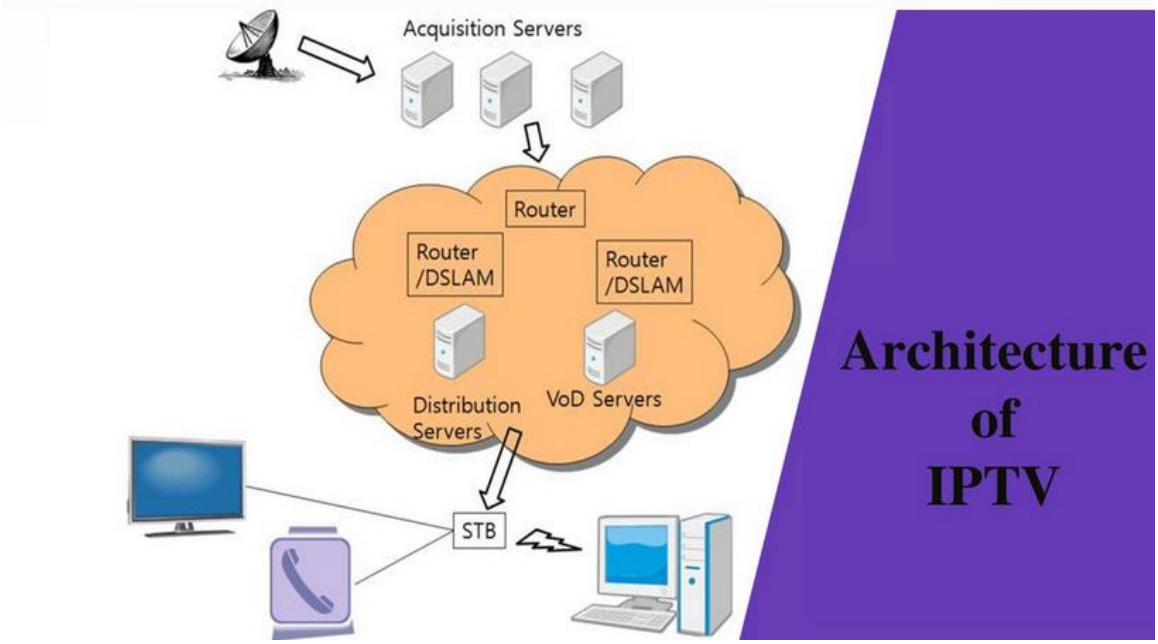


الشكل (2–1): خدمات اللعب الثلاثيه وتوزيعها باستخدام موزع ADSL [7].

من أجل الحصول على خدمات التلفزيون عبر الانترنت IPTV من الضروري استخدام تجهيزات خاصة أهمها Set-Top-Box, STB هو جهاز الكتروني يدعم تقنية الـ IPTV، يتم توصيله بإحدى أسلاك أو كابلات الاتصال بالانترنت مثل التلفون أو كابلات الـ DSL، كما يوصل بشاشة التلفاز لدى المشتركين بخدمة الـ IPTV لعرض محتويات الاشارات التي تستقبلها الأسلاك من الشبكة بناءاً على طلب المشاهد نفسه. يقوم هذا الجهاز بترجمة الاشارات من IP Video إلى Standard TV signals وهي إشارات يستطيع التلفزيون عرضها على شكل صوت وصورة على شاشته . [9]

لهذا الجهاز الكثير من الاستخدامات بدءاً من كونه مستقبلاً ومترجماً للإشارات، انتهاءاً بتعددية آلية عمله ومرونتها من حيث إمكانية المشاهد من اختيار المادة التلفزيونية وطلبها عبر الشبكة

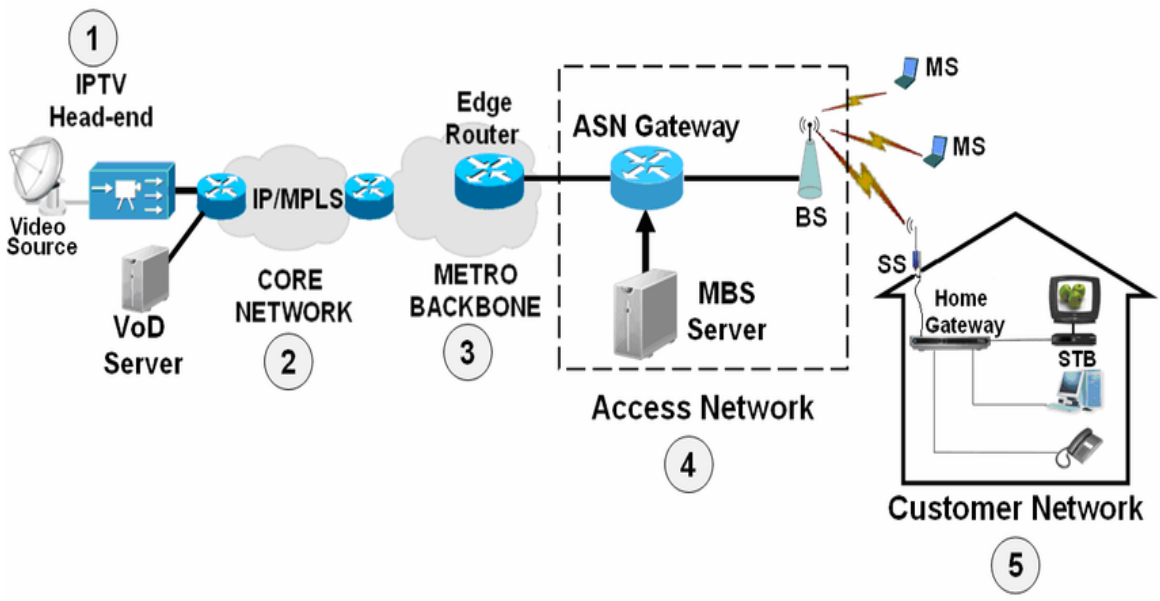
وقابلية توصيله بالكمبيوتر لدعم تقنيات مهمة مثل المحادثة الفيديوية videoconferencing والهاتف عبر الانترنت IP Telephony وأيضاً الفيديو عند الطلب VoD Video-on-demand ، فضلاً عن التقنيات الأخرى التي تتطلب اتصالاً سريعاً بالانترنت[12] .



الشكل (2-2): البنية العامة لنظام IPTV.

في البنية العامة لنظام IPTV، نجد ما يسمى موزع المخدمات distribution servers، وهي مسؤولة عن عملية التخزين المؤقت Cashing والتحكم بعملية جودة الخدمة QOS control.

إن عرض مقاطع الفيديو والقنوات يتم من مصدر اقليمي ثابت Regional Video source يتم ارسالها عبر الشبكة الأم MPLS network والتي بدورها توزع الخدمة إلى الشبكات الأخرى من خلال مراكز توزيع مركزية Local Video Source تتوزع في كل منطقة تدعم هذه الخدمة. تتكون تلك الشبكات من مجموعة مفاتيح switches متصلة بأجهزة الـ STB في منازل المستهلكين، تستقبل الخدمة وتبعث بها حسب أماكن طلبها [12].



الشكل (2–3): المكونات الأساسية العامة لنظام التلفزة عبر الانترنت.

يوجد خمس مكونات رئيسية [22]

1. IPTV Head end

هو جزء من نظام تلفزيوني يختار إشارات الفيديو ويعالجها لتوزيعها في شبكة توزيع تلفزيوني. يتم استخدام مجموعة متنوعة من المعدات في المقدمة، بما في ذلك الهوائيات وأطباق الأقمار الصناعية لاستقبال الإشارات ومضخمات الصوت ومحولات التردد ومزيلات التشكيل والمعدلات والمعالجات ومعدات التخليط وفك التشويش. قد يربط النظام الرؤوس في مناطق جغرافية مختلفة من خلال استخدام العناوين الإقليمية أو الفائقة.

2. Service Provider Core Network

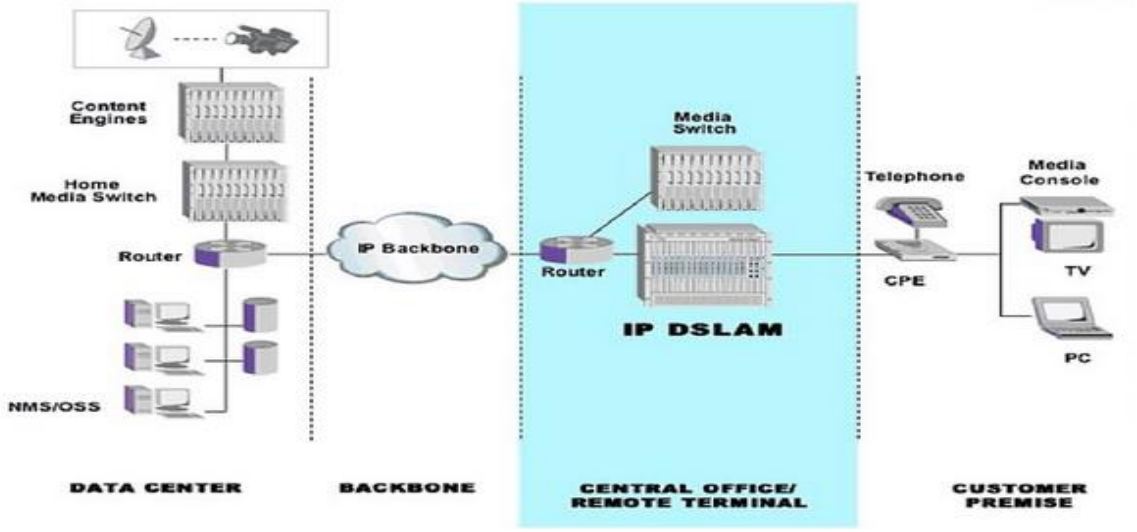
الشبكة الأساسية المزودة للخدمة هي جزء الشبكة المركزية لنظام الاتصالات. توفر الشبكة الأساسية بشكل أساسي التوصيل البيني والنقل بين الشبكات الطرفية. يمكن أن تكون الشبكات الأساسية لأنظمة IPTV عبارة عن حلقات ألياف بصرية يمكنها في نفس الوقت توزيع (بث متزامن) إشارات تلفزيونية مرسلة (قنوات حية) في وقت واحد في جميع أنحاء منطقة جغرافية كبيرة وتوفير اتصالات بمصادر وسائط أخرى (مثل الاتصال المباشر بالتلفزيون) يمكن أيضًا استخدام الشبكة الأساسية لتوفير اتصال فردي ببرامج الوسائط المخزنة (برمجة عند الطلب).

3. Service Provider Edge Network (الشبكة الحدية الموائمة).

4. Access Network

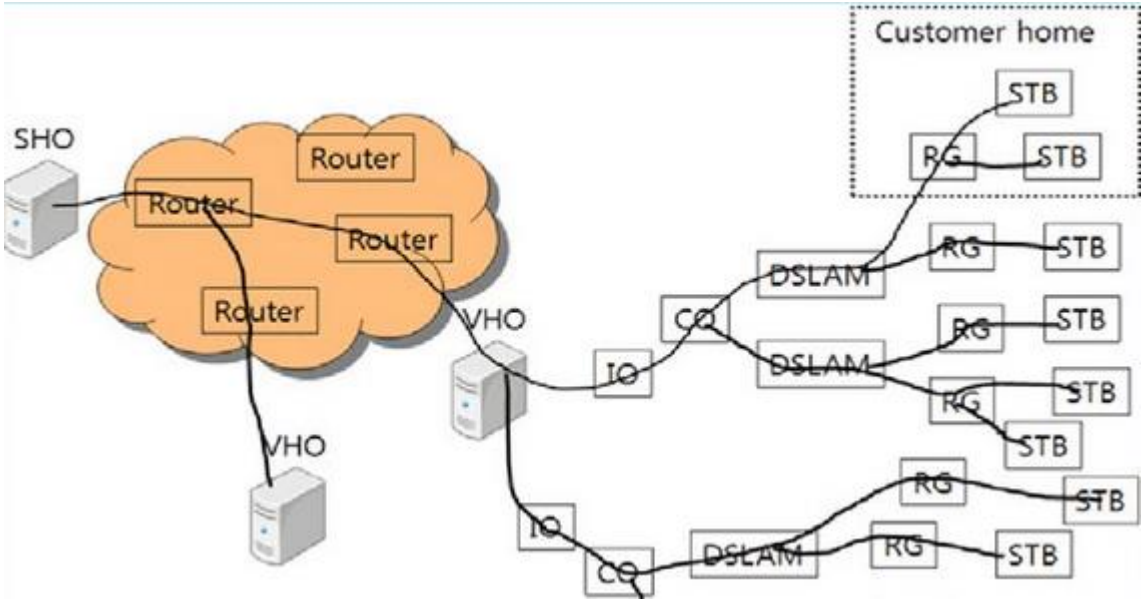
شبكة الوصول هي جزء من شبكة الاتصالات (مثل شبكة الهاتف العامة) التي تسمح للمشتركين الفرديين أو الأجهزة بالاتصال بالشبكة الأساسية. يمكن أن تكون شبكات الوصول إلى IPTV عبارة عن DSL أو مودم كبل أو نطاق عريض لاسلكي أو خطوط بصرية أو خطوط بيانات كهربائية عريضة الحزمة.

5. Home Network (الشبكة المنزلية)



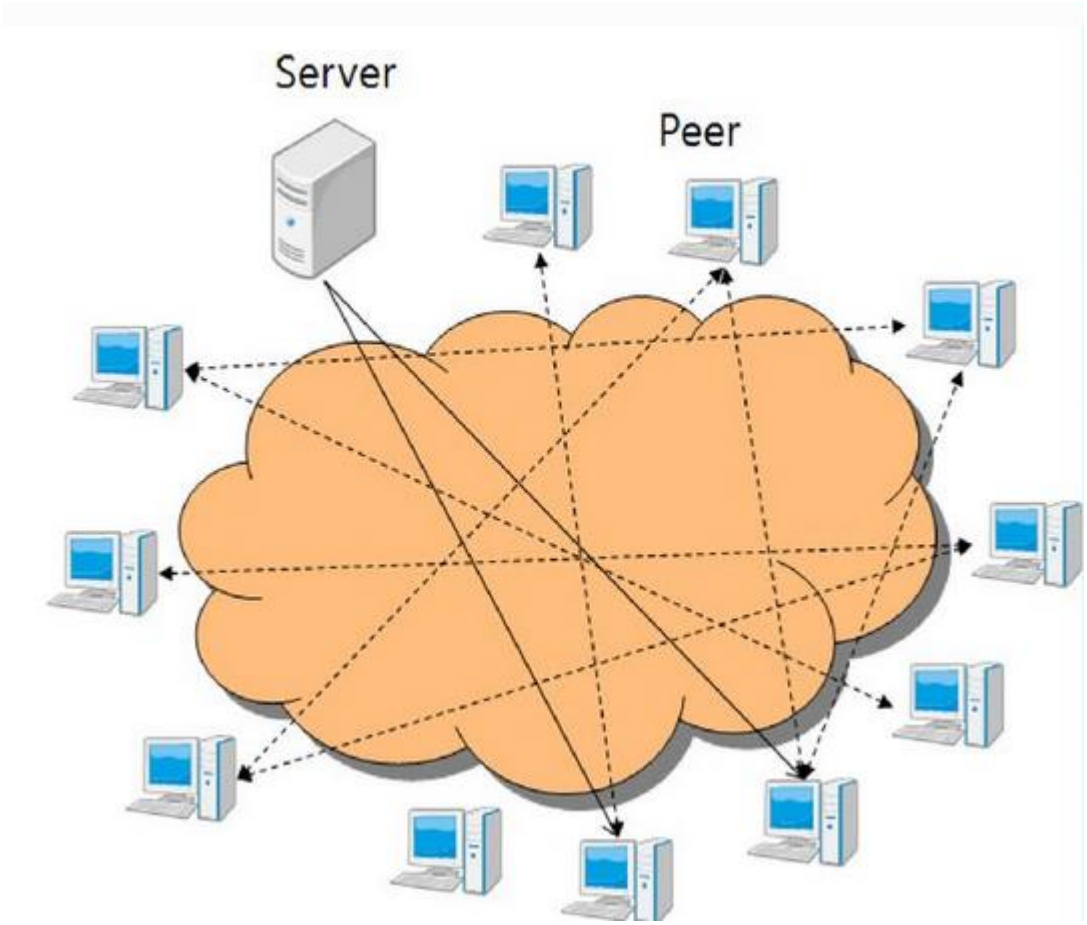
الشكل (2–4): نظام التلفزة عبر الانترنت من وجهة نظر النقاط النهائية.

2-4 مكونات بنية البث التلفزيوني عبر الانترنت Multicast IPTV [19]



الشكل (2-5): بنية البث التلفزيوني المتعدد عبر الانترنت.

يتم ترميز برنامج التلفزيون في مكتب التوزيع العالي Supper Hub Office (SHO)، ثم يتم نقلها وتوصيلها إلى التجهيزات المختلفة: موزع الفيديو Video hub Offices (VHOs). والمكاتب الوسيطة Intermediate office (IO)، والمكاتب المركزية Central Offices (Cos). ومجمع الخطوط الرقمية للمستخدمين digital subscriber line access multiplexer (DSLAMS)، والبوابة المحلية Residential Gateway (RG) وصولاً إلى TV-STB.



الشكل (2-6): بنية نظام IPTV نقطة لنقطة.

في بنية نظام البث التلفزيوني نقطة لنقطة، يوجد منبع ومجموعة من أزواج المستخدمين النهائيين، وهي ما يطلق عليه مصطلح السيل (torrent). حيث يقوم المصدر بترزميز الفيديو وتوزيع الرزم على سيل الأزواج المتقابلة.

2-5 البروتوكولات العاملة مع نظام IPTV

من وجهة نظر الشبكة الحاسوبية يعمل نظام البث التلفزيوني عبر الانترت مع مجموعة من البروتوكولات، أهمها [20] :

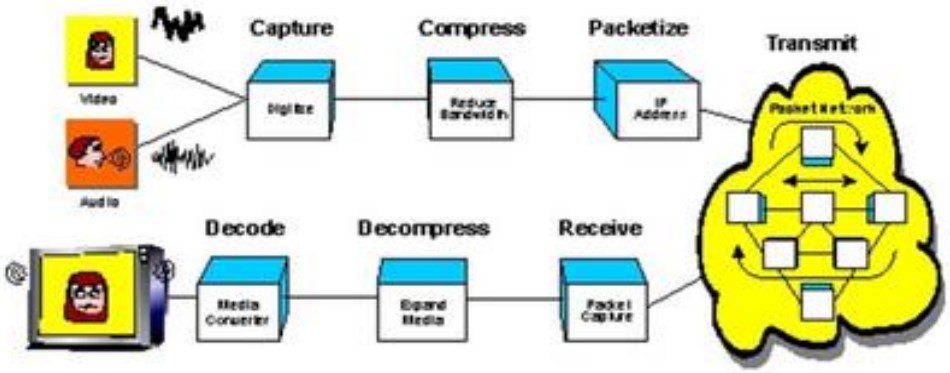
يتم ضغط محتويات الفيديو باستخدام بروتوكولات الضغط مثل MPEG-2, MPEG-4, MPEG-5

- من أجل تطبيقات البث الحي (النوع الثالث) يتم اسخدام بروتوكولات IGMP-V2 or IGMP-V3 مع بروتوكول IPV4 من أجل الوصول من قناة إلى أخرى. علماً ان بروتوكول IGMP يعمل مع الشبكات المحلية العادية او الافتراضية.

- خدمات الفيديو عند الطلب (النوع الأول) تستخدم بروتوكول UDP or RTP من اجل دفقات القنوات.

2-5 تدفق المحتوى في نظام IPTV

يعبر تدفق المحتوى عن نقل الوسائط من منطقة وظيفية لاخرى (بمعنى من عملية إلى أخرى) بحيث تنتقل الإشارة من شكل الوسائط media signal إلى الشكل الأصلي original form. يخضع المحتوى في نظام IPTV لمجموعة من العمليات بين المرسل والمستقبل تم تبيان تسلسلها في الشكل (2-6)، وهي وفق الترتيب الآتي [16] :



الشكل (2-7): العمليات الرئيسية التي يخضع لها تدفق المحتوى في IPTV.

1- التقاط الوسائط Media Capturing: يقصد بها عملية جمع ومعالجة الإشارات والمعلومات، في نظام البث التلفزيوني من الممكن أن يتم خلال هذه العملية تحويل المقاطع الفيديوية من تشابهية إلى رقمية. إذا ينتج عن هذه العملية مقاطع فيديوية بصيغة رقمية.

2- عملية ضغط البيانات Compression: إن معدلات الفيديو الرقمي الناتج عن مرحلة التقاط الوساط عادة كون مرتفعة نسبياً **(270 ميغابت في الثانية للفيديو ذو الدقة القياسية و1.5 غيغا بت في الثانية للقيديو عالي الدقة)**، تحتاج الإشارة الفيديوية إلى عملية الضغط قبل إرسالها ضمن الوسط بالشكل الذي يقلل المساحة المطلوة للتخزين، علماً أنه يوجد العديد من البروتوكولات والطرق المتبعة لضغط الفيديو، علماً

أنه كلما ارتفع مستوى الضغط زادت حساسية الوسائط للتشويه (زادت رزم البيانات التالفة والمفقودة).

3- التحزيم Packetization: التحزيم هو عملية تقسيم ملفات او كتل البيانات إلى كتل أصغر (رزم)، بالنسبة لتطبيق IPTV تتضمن عملية التحزيم تحويل رزم البيانات إلى رزم ثابتة الحجم (رزم MPEG)، تحتوي كل رزمة MPEG على نوع معين من الوسائط مثل مقطع فيديو او مقطع صوتي او رسالة مرجعية، إن رزم MPEG هي رزم صغيرة بحيث يمكن أن يتم تحميل عدة رزم MPEG على رزمة IP واحة وبالتالي فقدان أي رزمة IP يمكن ان يؤدي إلى فقدان عدة رزم MPEG.

4- إرسال الرزم Packet Transmission: هو عملية عنونة الرزم ونقلها والتحكم فيها أثناء مرورها عبر نقاط التبديل في شبكة التبديل بالرزم. تتم إضافة عنوان الوجهة إلى جزء الترويسة لكل رزمة قبل إرسالها إلى شبكة التبديل بالرزم. تتم أيضًا إضافة معلومات التحكم (مثل الحد الأقصى لعدد عمليات النقل أو القفزات التي قد تحدث) إلى الترويسة.

5- استقبال الرزم Packet Reception: هو عملية تحديد الرزم وتجميعها بعنوان الوجهة الصحيح وتوجيهها إلى الوظيفة أو الخدمة المناسبة داخل جهاز الاستقبال (عبر رقم المنفذ على عنوان IP)، قد يتضمن استقبال الرزم طلب إعادة إرسال الرزم المفقودة وترشيح (حذف) الرزم المكررة المستلمة.

6- فك الضغط Decompression – فك الضغط هو معالجة المعلومات الرقمية المضغوطة لتحويلها إلى تنسيقها الأصلي غير المضغوط. تقوم أنظمة IPTV بفك ضغط أنواع متعددة من الوسائط مثل الفيديو والصوت.

7- فك التشفير Decoding – فك التشفير هو عملية تحويل البيانات المشفرة إلى تنسيق الإشارة الأصلي. بالنسبة لأنظمة IPTV، قد تتضمن عملية فك التشفير تحويل الصوت والفيديو الرقمي إلى أشكال يمكن تشغيلها أو عرضها للمستخدم.

2-6 تقنيات ضغط الفيديو في IPTV

يعمل IPTV بشكل أساسي على الدمج بين تقنيتين ناجحتين: MPEG&IP [3]

بروتوكول الانترنت IP، هو بروتوكول تشبيك يعمل في طبقة الشبكة حسبَ نموذج الاتصالات المعياري. طوّر هذا البروتوكول في عام 1981م كجزء من عمل وكالة مشاريع البحوث المتطورة الدفاعية، وكان أحد الركائز التي قامت شبكة الإنترنت على أساسها. يؤدي الإصدار الرابع من بروتوكول الإنترنت وظيفتين أساسيتين هما :العنونة والتقطيع وإعادة التجميع. فيما يخص العنونة، فإن البروتوكول يُعرّف فضاءً من العناوين يضم حوالي 3.4 مليار عنوان، ويجب أن يستضيف كل جهاز مُتصل مع الشبكة عنواناً من هذا الفضاء، ويُسمّى هذا الجهاز بعد ذلك مُضيفاً للعنوان. أمّا فيما يخص التقطيع، فإنّ البروتوكول يُحدد بنية خاصة لرزمة البيانات، وقواعد لعملية التغليف في طبقة الشبكة، تشمل بنية للترويسة وحجماً أعظمَ للرزمة. بعد ذلك، وعند إرسال رزم البيانات يجري تقطيع كل رزمة ذات حجم أكبر من الحجم الأعظم المسموح به، أمّا في الوجهة النهائيّة، فيُعاد تجميع القطع وتُشكّل الرزمة الأصليّة من جديد.بعد سنوات من استخدامه في شبكة الإنترنت، ومع التوسع الكبير الذي شهدته الأخيرة في مطلع عقد التسعينات، عانى البروتوكول من مشكلة استنفاد فضاء عناوينه .نتيجة لذلك، تمّ تطوير مجموعة من الحلول ضمن إستراتيجيتين، الأولى قصيرة الأمد، وشملت تطوير تقنيات ترجمة عناوين الشبكة والتوجيه غير الصنفي بين النطاقات، والثانية طويلة الأمد وشملت تطوير بروتوكول تشبيك بديل ليحل محل الإصدار الرابع، هو الإصدار السادس من بروتوكول الإنترنت.يحتاج الإصدار الرابع من بروتوكول الإنترنت إلى عدد من الخدمات التي تقدمها مع عدد من البروتوكولات الأخرى، فهو يحصل على عنوان بروتوكول الربط العامل في طبقة الربط اعتماداً على عمل بروتوكول ترجمة العناوين، كما يعتمد على حزمة أنت بروتوكول الإنترنت في تأمين خصائص الأمن مثل الخصوصية والسريّة، وعلى بروتوكول إدارة مجموعة الإنترنت في معالجة القضايا الخاصّة بمجموعات البث المجموعاتي.

أما تقنية ضغط الفيديو هي التقنية التي سمحت للتلفزة عبر الانترنت بالانتشار.

تعتمد تقنية ضغط الفيديو بشكل أساسي على المقارنة بين تفاصيل الصور المتلاحقة بحيث لا تعيد بناء أو ارسال الأجزاء التي لم تتغير عن الصورة السابقة بل فقط تهتم بالتحديثات.

السماح لمقاطع الفيديو المؤلفة من صور كبيرة الحجم بالضغط لمرحلة تسمح لها بالانتقال عبر شبكة الانترنت

يوجد تقنيتين أساسيتين لضغط الفيديو معتمدة في IPTV حديثاً [10]هما:

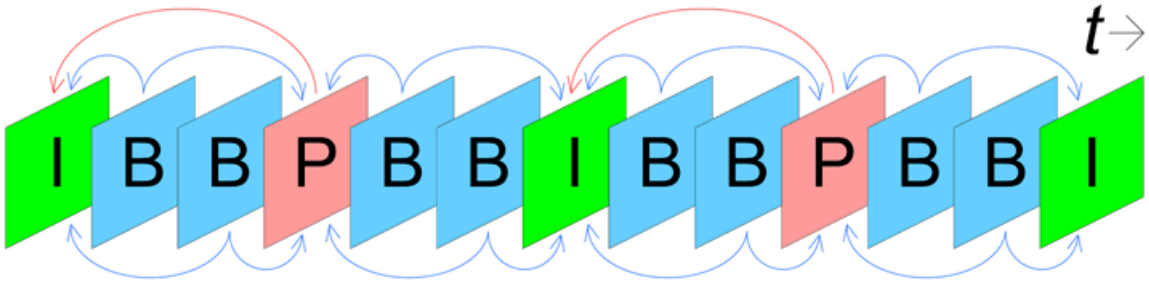
.MPEG4, MPEG5(HVEC)

- ✓ MPEG-4, H.265 الجزء 10، ترميز الفيديو المتقدم (MPEG-4 AVC) هو معيار ضغط الفيديو القائم على تعويض الحركة الموجهة نحو كتلة. يستخدم على نطاق واسع في أقراص Blu-ray، ومصادر الإنترنت مثل مقاطع الفيديو في YouTube وiTunes Store ، وبرامج الويب، بالإضافة إلى بث HDTV عبر الأرض والكابلات والأقمار الصناعية.

- ✓ H.265 أو MPEG-H Part 2، تشفير الفيديو عالي الكفاءة (HEVC) هو معيار لضغط الفيديو، تم تصميمه كخليفة لـ H.264 (AVC) المستخدمة على نطاق واسع. إنه يوفر فيديو عالي الجودة بنفس معدل البت H.264. يدعم H.265 دقة تصل إلى 8192 × 4320، بما في ذلك 8K UHD.

بشكل عام تتضمن معايير MPEG نوعين مختلفين من ضغط الفيديو

يتم تطبيق الضغط داخل كل إطار على حدة ((Intra-frame)، كما يتضمن ضغط الإطارات معاً Inter-frame).



الشكل (2-8): أنواع الإطارات في بروتوكولات ضغط الفيديو.

I-frames: وهي الإطارات الأصلية، تحفظ بشكل مستقل ولا تعتمد على إطارات أخرى، وتتعرض لضغط JPEG فقط.

P-frames: هي إطارات يتم اشتقاقها من الإطار الأصلي السابق لها مع بعض التغييرات، حيث تبقى الخلفية ثابتة، لكن قد تضاف عناصر جديدة أو يتم تحريك بعض العناصر فقط. وعادة ما يكون حجمها قرابة نصف حجم إطارات.

B-Frames: هي إطارات يتم استنتاجها من الإطارات السابقة والتالية لها. تعد ذات جودة قليلة عموماً، ونادراً ما تكون واضحة. وعادة ما يكون حجمها قرابة ربع حجم إطارات I وأحياناً أصغر.

هناك فوراق رئيسية بين بروتوكولي MPEG4,MPEG5(HVEC) يمكن إدراجها كالآتي:

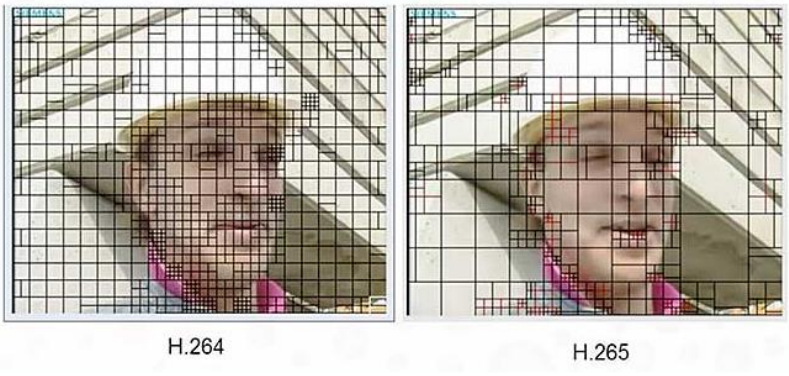
1- **ملف الحجم:** أظهرت بعض الدراسات السابقة أن تقليل البتات يتناسب عكسياً مع جودة صورة الفيديو وأيضًا إيجابيًا في حجم الملف. يقوم H.265 بتشفير المعلومات نفسها ذات معدل بتات منخفض ولكن نفس جودة الفيديو عند مقارنته بـH.264، مما يعني أن H.265 يوفر جودة بصرية أفضل بكثير عند الضغط على نفس حجم الملف أو معدل البت.

2- **Macro-block:** يوفر H.264 دعمًا لوحدات الماكرو 16*16 بكسل التي لا تعمل بشكل جيد في الفيديو عالي الدقة. يوفر H.265 دعمًا لوحدات الماكرو 64*64 بكسل، مما يدل على كفاءة ترميز أكبر في جميع القرارات.

3- **نسبة الضغط:** تبلغ نسبة ضغط H.265 ضعف نسبةH.264، والتي يمكنها تقليل معدل تدفق التصميم بشكل أكبر لتقليل تكلفة التخزين والإرسال.

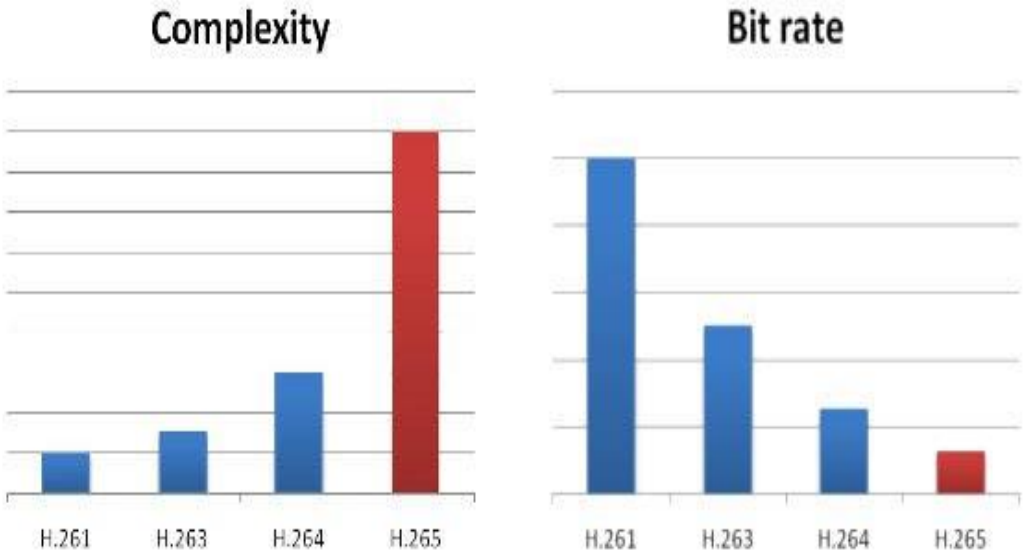
4- **التنبؤ داخل الإطار:** تعد وظيفة التنبؤ داخل الإطار الداخلي لـ H.265 أكثر شمولًا، وهذا يعني أن H.265 يمكن أن يسمح بتوجيهات 33 للحركة بينما يسمح H.264 بتسعة اتجاهات حركة فقط.

5- **استخدام عرض النطاق الترددي:** يتطلب H.265 عرض نطاق ترددي أقل مقارنةً بترميزات H.264 في الواقع، يتطلب H.264 سرعة إنترنت 32 ميغابت في الثانية لبث فيديو 4K بينما HEVC يمكنه أن يفعل الشيء نفسه بسهولة فقط في 15 mbps.



الشكل (2-9): كتل الإطارات المرمزة بين MPEG4,MPEG5(**HVEC**)

من المقارنة أعلاه، يتفوق H.265 على H.264، لكنه لا يستخدم على نطاق واسع في السوق، لأنه غير مدعوم بالكامل من قبل جميع الأجهزة الشائعة.



الشكل (2-10): الفرق بين معدل نقل البيانات والتعقيد في الاجهزة بين MPEG4,MPEG5(**HVEC**)

2-7 مفهوم خدمات المستخدم في IPTV

- بالنسبة للتلفزة عبر الانترنت، يجب التمييز بين مفهومين رئيسيين:

1. جودة الفيديو عبر الانترنت IP video Quality
2. معايير جودة خدمات الفيديو المتلفز وفق Telchomy

Telchomy: هي مؤسسة تعنى بتقييم الخدمات خلال الزمن الحقيقي وتقدير جودة الخدمة المتوقعة من قبل المستخدم وتحليل تفاصيل الأداء في كل مستويات الشبكة[17] .

- جودة الفيديو تتأثر بثلاث مفاصل:

1. encoding process
2. transmission impairments
3. the decoding / playback process.

تجري **مقايضة** هنا بين عرض الحزمة وجودة النقل، وتتأثر **بمؤشرات** محددة أهمها

1. Group of Pictures length
2. Quantization level
3. Frame rate

من ناحية أخرى تتعلق جودة الفيديو بجودة النقل عبر الشبكة.

تقاس جودة خدمات الفيديو المتلفز وفق Telchomy وفقاً لمعايير جودة الفيديو والمصنف إلى طبقات مفتاحية:

1. **Perceptual Quality Metrics.**
2. Video Stream Metrics
3. Transport Metrics.

- وفقاً لذلك نجد ان الهدف الرئيسي لهذا البحث تقييم معيار الجودة الإدراكية الخاصة بالجودة التي يدركها المستخدم.
- المؤشر الرئيسي المطلوب هو متوسط الرضا/الحكم الهدف **Mean Opinion Score, MOS. الملحق/1 يوضح تلك المؤشرات وتعريفاتها وقيمها المعيارية.**

يضاف إلى معايير الجودة الإدراكية معايير جودة الخدمة لشبكة الاتصالات وهو ما سيتم تحليله ضمن القسم العملي من هذا البحث.

8-2 المعايير العالمية لقياس جودة الخدمة لتطبيق IPTV

حددت المعايير العالمية لتحديد جودة الخدمة لتطبيق IPTV في الوثيقة ITU-T G.1080، أو ما يسمى متطلبات جودة الخبرة لخدمات IPTV (QoE) وفقاً لها تم تقسيم جودة الخبرة لخدمات البث التلفزيوني عبر الانترنت إلى مكونات خاصة بالمستخدم ومكونات خاصة بالتجهيزات [18] كما هو موضح في الشكل.

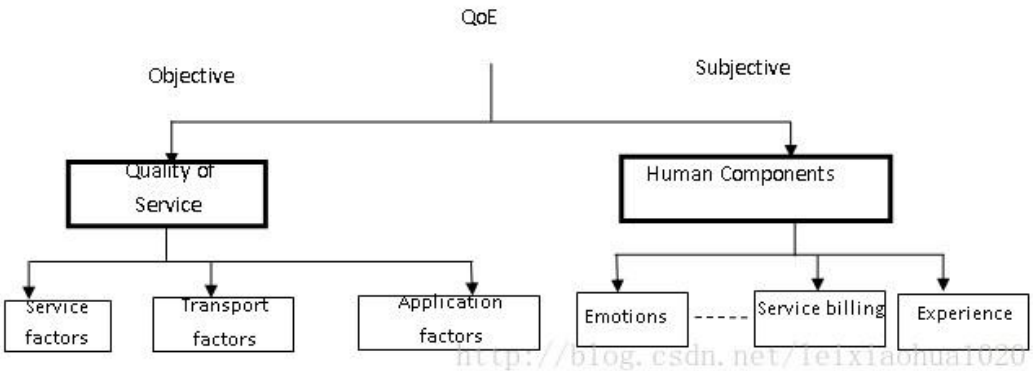


Figure 5-1/G.1080 - QoE Dimension

الشكل (2-11): مكونات QOE وفق ITU-T G.1080

يلاحظ أنه في هذا الشكل، تتعلق فوترة الخدمة بـ "القيمة مقابل المال" التي يتصورها المستخدم لخدمة معينة. عادةً ما تكون هناك مقاييس متعددة لأداء مستوى الخدمة (QoS) تؤثر على جودة الخدمة الشاملة. يوجد عدد من خصائص أداء مستوى الخدمة (أي معلمات موضوعية لأداء الخدمة مثل معدل بتات التشفير وفقدان الحزمة والتأخير والتوافر وما إلى ذلك) التي تؤثر على جودة التجربة [13].

بشكل عام، ترتبط هذه بجودة التجربة كما تم قياسها بواسطة MOS

عادةً ما يتم تقدير العلاقة بين مقاييس QoE وأداء الخدمة (QoS) تجريبيًا. بعد تحديد علاقة QoE / QoS، يمكن استخدامها بطريقتين: بالنظر إلى قياس جودة الخدمة، يمكن من حيث المبدأ التنبؤ بجودة الخدمة المتوقعة للمستخدم، مع الافتراضات المناسبة [21]. بالنظر إلى جودة التجربة المستهدفة للمستخدم، يمكن من حيث المبدأ استنتاج صافي أداء طبقة الخدمة المطلوبة، مع الافتراضات المناسبة. لضمان تقديم جودة الخدمة المناسبة، يجب تحديد أهداف QoE لكل خدمة وإدراجها مبكرًا في تصميم النظام وعمليات الهندسة حيث يتم ترجمتها إلى مقاييس أداء مستوى الخدمة الموضوعية. ستكون جودة الخبرة عاملاً مهماً في نجاح السوق لخدمات اللعب

الثلاثي، ومن المتوقع أن تكون عاملاً رئيسياً فيما يتعلق بعروض الخدمات المنافسة. لا يهتم المشتركون في خدمات الشبكة بكيفية تحقيق جودة الخدمة. ما يهمهم هو مدى تلبية الخدمة لتوقعاتهم من حيث الفعالية وقابلية التشغيل والتوافر وسهولة الاستخدام [5] .

يمكن أن تستند متطلبات QoE للفيديو والصوت على مقاييس QoE مثل متوسط نقاط الرأي (MOS) ومقياس الجودة المستمرة DoubleStimulus (DSCQS) [b ITU-RBT.500-11] ومع ذلك، فإن إجراء الاختبارات الذاتية أمر صعب لأنها تستغرق وقتًا طويلاً وغير مكلفة. علاوة على ذلك، لم يتم وضع طرق موثوقة لتقييم الجودة الموضوعية للبث المرئي والصوتي. لذلك، يوفر هذا البند متطلبات جودة التجربة المؤقتة على أساس المعلمات الموضوعية المرتبطة بجودة الخدمة الذاتية. تتناول هذه التوصية QoEtargets وتوضح كيفية التعبير عن متطلبات QoE في سياق المعلمات العددية مثل معدل البتات أو معدل خسارة الحزمة [22] . يجب أن تأخذ عملية تحديد أهداف QoEperformance في الاعتبار عددًا من القضايا على سبيل المثال: الغرض من خدمة IPTV، ومستوى QoE لأنظمة البث الحالية (التي تحدد توقعات المستخدم)، ومخطط تشفير الضغط الذي سيتم استخدامه للخدمة، وخصائص المحتوى، ومتطلبات مزود المحتوى، إرضاء العملاء. في حين أن قيم المتطلبات الموضحة في الجداول الواردة في هذا البند لا تنطبق بشكل عام على أي خدمات IPTV معينة أو جميعها، يجب فهمها على أنها قيم مؤقتة قابلة للتغيير. قراء هذه التوصية مدعوون لاستبدال القيم الرقمية الموضحة في الجداول في هذه الفقرة بالقيم المناسبة التي تتوافق مع المتطلبات المطلوبة في سياق خدمة IPTV محدد [14] .

يتضمن الملحق 2 محتوى الوثيقة بالكامل.

الفصل الثالث

القسم العملي

3-1 مقدمة

تم في هذا الفصل تصميم وتحليل أداء شبكة حاسوبية تقدم خدمات البث التلفزيوني عبر الانترنت مع مجموعة تطبيقات اللعب الثلاثية Triple play، من خلال قياس مؤشرات جودة خدمة التطبيق والمستخدم باستخدام برنامج المحاكاة الحديث OPNET.

3-2 خصائص برنامج المحاكاة

مع التطور المستمر الذي يشهده عالم الشبكات وتطبيقاتها المختلفة، تطورت وعلى التوازي برامج المحاكاة والتصميم التي تساعد في تقييم أداء هذه الشبكات. خصوصاً أن معظم التطبيقات التي تدعمها هي تطبيقات حرجة بالنسبة للزمن ووثوقية وموثوقية الأداء، كما أن خصوصية شبكات الحساسات اللاسلكية تتطلب من المحاكي المستخدم دعم المتطلبات التالية: متطلبات جودة الخدمة، التزامن، استراتيجيات الجدولة المسبقة، التشكيلات المختلفة للنظام، بروتوكولات الإتصالات والتنسيق. بناءً على ذلك تبدو برامج المحاكاة التقليدية قاصرة.

أهم برامج المحاكاة التي يمكن الإعتماد عليها OPNET, OMNeT++ وهي محاكيات غرضية التوجه أي تعتمد على لغات البرمجة المتطورة مثل++C إضافةً إلى اتباعها للبناء الهرمي في عملية تصميم ونمذجة الشبكة المطلوبة وعناصرها.

أما برنامج OPNET المعتمد في هذا البحث يتميز بملكات إضافية مغرية تجعله الأنسب، أهمها أن العناصر والمعايير التي يدعمها هي عناصر تجارية متوفرة في سوق الشبكات بشكل واسع وحقيقي مما يجعل النتائج دقيقة جداً وتكاد تكون واقعية، كما يسمح للمستخدم بتحديد العديد من البارامترات كالتردد والضجيج والتشويه ومعدل نقل البيانات ومعدل الخطأ وغيرها من البارامترات المهمة للمصمم، ومن جهة أخرى يتضمن مجموعة من المحررات تسمح بمرونه عاليه أهمها المحرر Processor الذي يسمح بتغيير البارامترات أثناء عملية المحاكاة. هذا فضلاً عن كونه سهل التعلم والإستخدام إذ يصفه معظم المصممين بالوصف "User friendly modeler and simulator".

3-2-1 مستويات التصميم في OPNET MODELER

يسمح هذا البرنامج بالتصميم وفق ثلاثة مستويات نمذجة أساسية:

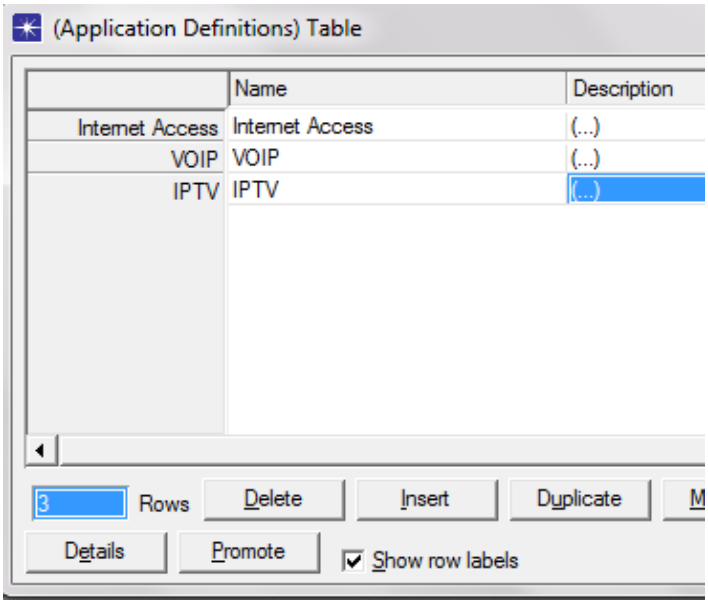
1- مستوى الشبكة: في هذا المستوى يتم الجمع بين عناصر الشبكات المختلفة مع تعريف آليات دخول العناصر فيها وآلية نقل البيانات بين العقد، أي أنه يقدم وصفاً لطبولوجيا الشبكة ويتضمن تعريف العقد والوصلات فيما بينها وكذلك خصائص التطبيقات.

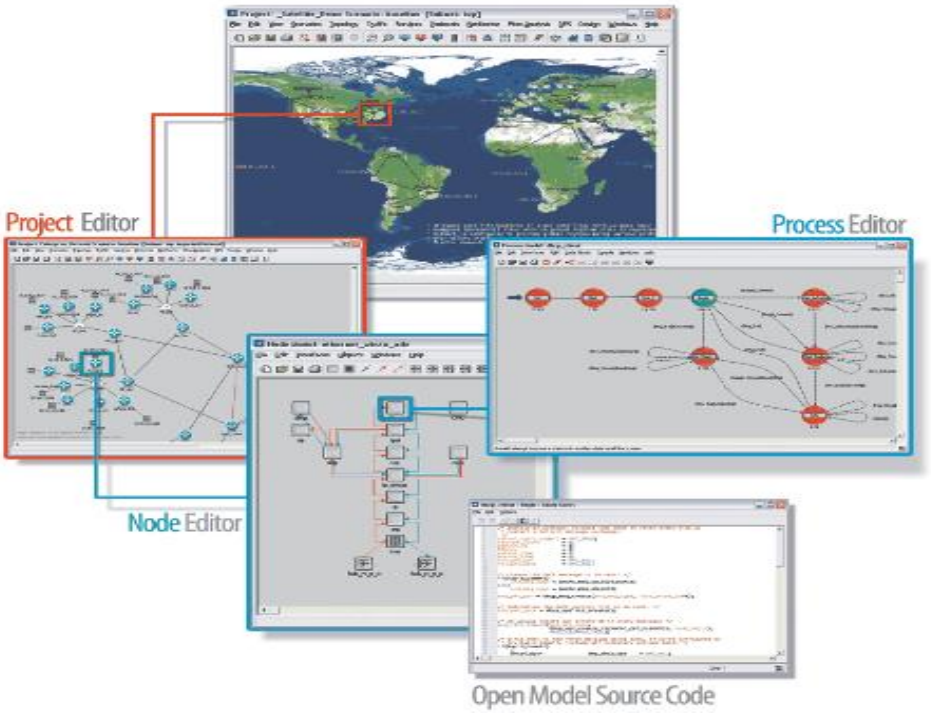
2- مستوى العقدة: يتم في هذا المستوى تصميم الصناديق المؤلفه للعقد التي تتضمنها الشبكة، عن طريق تصميم المرسل والمستقبل والوصلات إضافةً إلى رزم المعطيات التي يتم تبادلها بين العقد وغيرها من الأمور المتعلقة بكل عقدة.

3- مستوى العمليات: يقدم وصفاً لسلوك العقد على مستوى المعالجات والأنساق، وألية التفاعل مع الأحداث في الشبكة باستخدام مخططات الحالة، كما تتم ضمنه تحديد علاقات الآباء بالأبناء. كل حاله أو عملية توصف باستخدام codes مكتوبة بلغة C/C^{++}.

3-2-2 خطوات التصميم

1. بناء شبكة مزود خدمة تسمح بتخديم IPTV: ADSL,WIMAX
2. توليد بيانات التطبيق في عقدة Application Config node
3. وفقاً لهدف التطبيق سيتم تحليل أداء بروتوكول IPTV مع حزمة تطبيقات Triple play، لذلك سيتم إعداد ثلاث تطبيقات رئيسية تخدم من قبل الشبكة.
4. توليد ملفات استخدام التطبيقات لدى المستخدمين ضمن عقدة Profile config
5. يتم اسناد التطبيقات الثلاث إلى مخدمات الشبكة.
6. اسناد ملفات الاستخدام للمستخدمين النهائيين.
7. تطبيق بروتوكول الانترنت على كامل العقد التي تملك وظائف التوجيه في الشبكة.
8. وضع اعدادات البارامترات المطلوب اختبارها وفق السيناريوهات المقترحة





الشكل (3-1): مستويات التصميم والمحررات الأساسية في OPNET.

3-3 تصميم الشبكة وتحليلها

3-3-1 مؤشرات الأداء المدروسة

تم اعتماد المؤشرات التالية لتقييم أداء التطبيق في مختلف السيناريوهات وهي مؤشرات معيارية معتمدة عالمياً لتقييم مجمل تطبيقات الزمن الحقيقي.

الجدول(3-1): مؤشرات الأداء المدروسة

مؤشر الاداء	واحدته
MOS	Non
Jitter	Sec
Packet Loss	%
E2E delay	Sec

يبين الجدول (3-2) القيم المعيارية لمؤشر MOS:

- 5 Excellent
- 4 Good
- 3 Fair
- 2 Poor
- 1 Bad

User Opinion	MOS(ITU Scaled)
Very Satisfied	4.3 - 5.0
Satisfied	4.0 - 4.3
Some Users Satisfied	3.6 - 4.0
Many Users Dissatisfied	3.1 - 3.6
Nearly All Users Dissatisfied	2.6 - 3.1
Not Recommended	1.0 - 2.6

تكون الخدمات المقدمة مرضية عندما تكون قيم MOS المقاسة/المتوقعة من 4 فما فوق

3-3-1-1 مؤشر كفاءة الترميز (Mean Opinion Score, MOS)

هو مؤشر لمدى كفاءة الترميز المستخدم للصوت أو الفيديو، قيمته من 1 حتى 5، معرف من قبل المنظمة الدولية للاتصالات(ITU-T) وهي تعتمد على التجربة والإحصاء، وعمل ظروف معينة من مستوى الضجيج وحجم الصوت وغيرها، يمكن حساب هذا المؤشر اعتمادا على

خوارزميات محددة معرفة في التوصيات RTU-PTR.P800 علما أن القيمة 5 تعني أن الأداء ممتاز، وكلما نقصت قيمته كلما ساء الأداء، أقل قيمة مقبولة عالميا هي القيمة 3.

3-3-1-2 الرجفان (Jitter)

يعرف الرجفان بأنه الاختلاف في تغيرات التأخير في وصول رزم البيانات بين المرسل والمستقبل، علما أنه في برامج المحاكاة تمثل القيم المقاسة هي الاختلاف عن القيمة المرجعية للتأخيرات القياسية المعتمدة لكل تطبيق. لذلك يمكن لهذا البارامتر أن يأخذ قيم موجبة أو سالبة وفقا للفرق بين قيم التأخير المقاسة والقيمة المرجعية المعتمدة لنوع التطبيق. في طرف الارسال يتم دفق رزم البيانات بمعدل ثابت ومستقر وبفروق زمنية ثابتة وبمعدل ارسال أقل من معدل نقل البيانات عبر الوصلات من أجل ضمان تجنب تأثير حالات الازدحام على جودة النقل ولذلك يجب أن يتم ارسال البيانات بأقل معدل ممكن أما في طرف الاستقبال تتعرض تلك الدفقات من الرزم المستمرة إلى تأخيرات مختلفة تبعا لحالة الشبكة في كل لحظة مما يؤدي لوصولها بتأخيرات زمنية مختلفة من أجل تحقيق جودة خدمة جيدة للتطبيقات يجب أن لا تكون قيم التأخيرات هذه مختلفة بشكل كبير عن القيم المرجعية.

3-3-1-3التأخير بين العقد النهائية (End-to-End Delay)

عندما تنتقل رزم البيانات عبر الشبكة من المصدر إلى الهدف النهائي، هذا الوقت يتم أخذه بعين الاعتبار لأن له أثر كبير على أداء الشبكة وعملياتها بشكل عام ولا سيما إذا كانت تلك الشبكات تقدم خدمات الزمن الحقيقي، إذ أن رزم البيانات التي تعاني من قيم كبيرة للتأخير النهائي سيتم اهمالها واستئناف العمل مع الرزم الأسرع، ذلك يؤثر على جودة تقديم الخدمة لاسيما إذا كانت مكالمة فيديوية أو محادثة هاتفية، لذلك يعتبر هذا البارامتر من البارامترات الهامة عند الحديث عن جودة الخدمة لتطبيقات الزمن الحقيقي.

3-3-1-4 فقدان الرزم (packet loss)

تحدث عندما واحدة أو أكثر من الرزم المرسلة ضمن الشبكة تفشل في الوصول إلى هدفها، يمكن أن تحدث أيضا بسبب أخطاء في عملية الإرسال غالبا في الشبكة اللاسلكية.

يتم حساب معامل فقدان الرزم باعتباره النسبة المئوية للحزم المفقودة بالنسبة للحزم المرسلة .

3-3-2 المعاملات/ البارامترات المؤثرة على الأداء

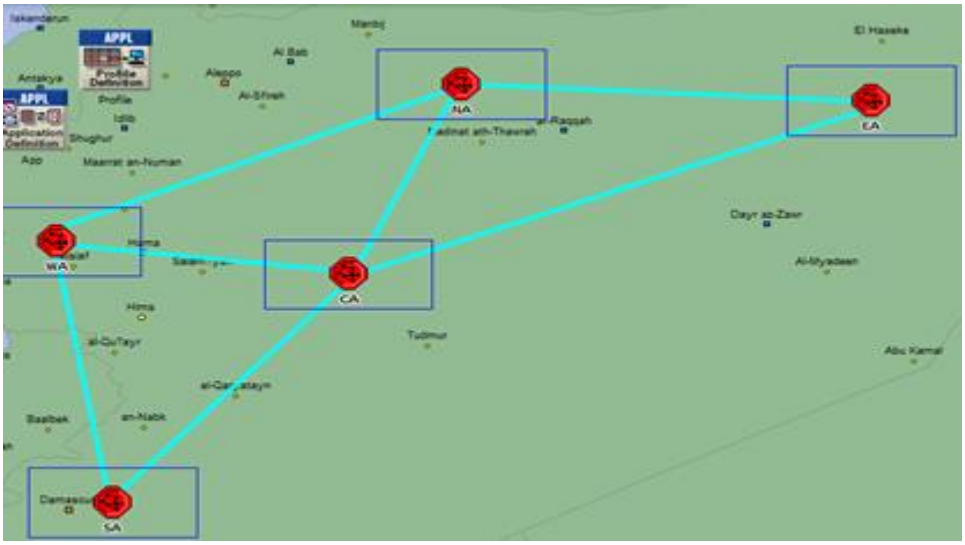
الجدول(3-3): المعاملات المؤثرة على الأداء في تطبيق IPTV

البارامتر	السيناريوهات المعيارية
حجم إطار البيانات (دقة الفيديو)	1280*720
	1024*768
	1920*1080
معدل دفق الإطارات	24
	30
	60
ضغط الفيديو	MPEG4
	MPEG5

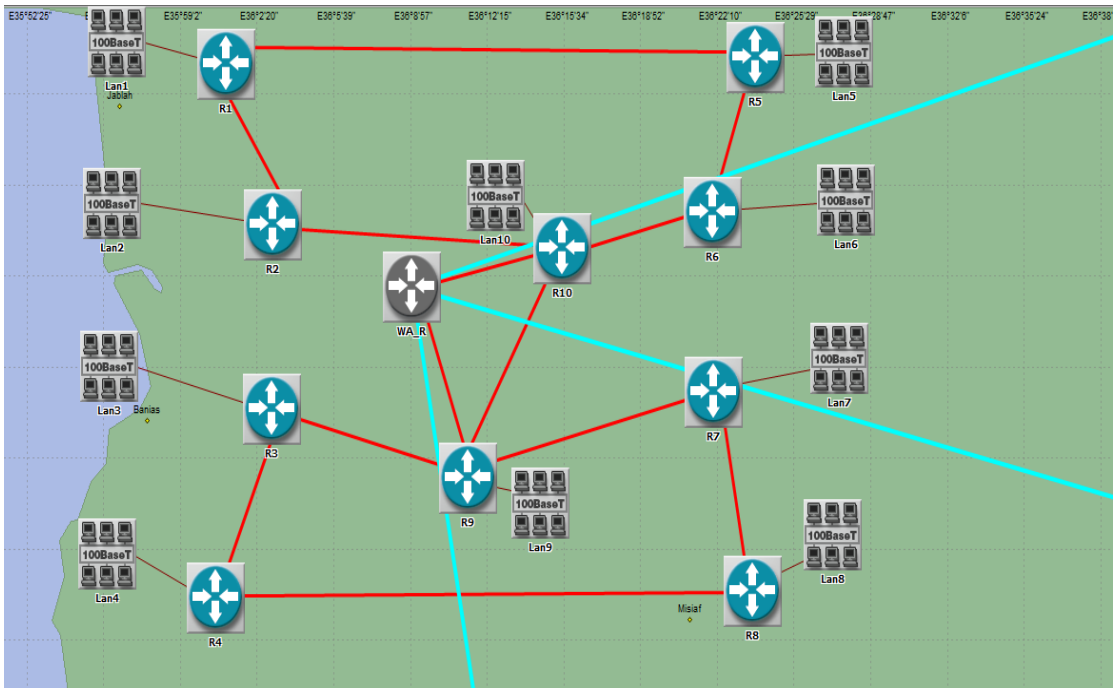
3-3-3 التصميم على مستوى الشبكة

تم اعتماد تصميمين أساسيين لشبكتين سلكية ولاسلكية:

- ✓ اشتمل التصميم الاول على بناء شبكة سلكية تحاكي مجموعة من المستخدمين المتوقعين للاشتراك ضمن خدمة تطبيق البث التلفزيوني عبر الانترنت IPTV، تتضمن مجموعة من الشبكات الفرعية التي يمكن أن تمثل كل منها مجال بث مجموعاتي محدد، وكل شبكة فرعية تتألف من مجموعة من الشبكات المحلية المستقلة والتي من الممكن أن تمثل مجموعة من المستخدمين ضمن بناء واحد والذين من الممكن ان يشتركو بخط الانترنت ADSL ذاته معاً للحصول على الخدمة المطلوبة، بحيث يكون عدد المشتركين المستخدمين في كل شبكة فرعية محلية 10 مشتركين والمشتركين المجملين على مستوى مجال البث المتعدد الواحد 10*10=100 مشترك، وبالتالي عدد المشتركين المجملين في كامل الشبكة هو 100*5 =500 وهو رقم منطقي ونموذجي حيث حتى لآن مازالت خدمات التلفزة عبر الانترنت محصورة بالتقديم من قبل مزودات خدمة خاصة يشترك فيها أعداد محدودة من المستخدمين ولم تصل إلى مرحلة التعميم كما هو الحال في البث التلفزيوني عبر الاقمار الصناعية الشائع في دول آسيا أو البث التلفزيوني باستخدام كابل التلفاز كما هو الحال في الدول المتقدمة مثل اميركا واوروبا.



الشكل(3-2): البنية العامة للشبكة.

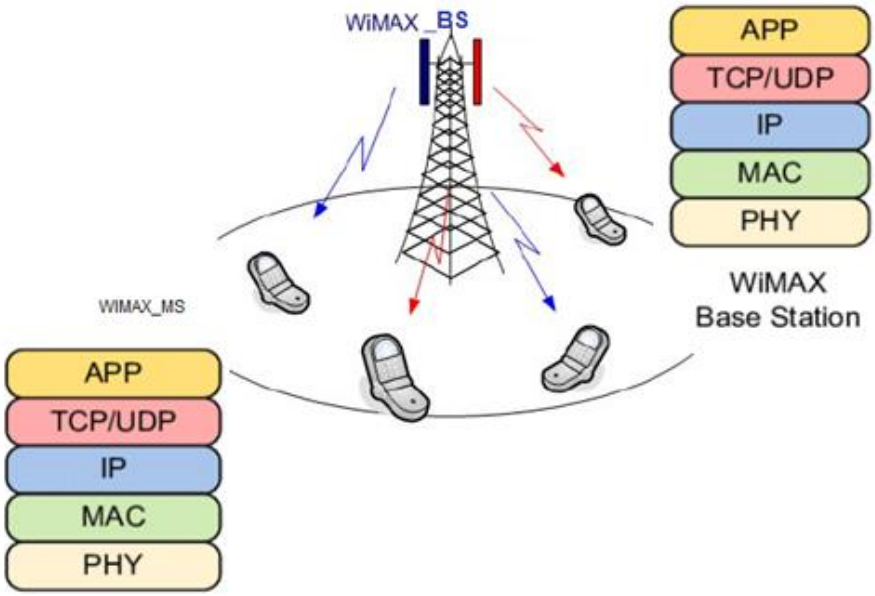


الشكل(3-3): مكونات الشبكات الفرعية في البنية العامة

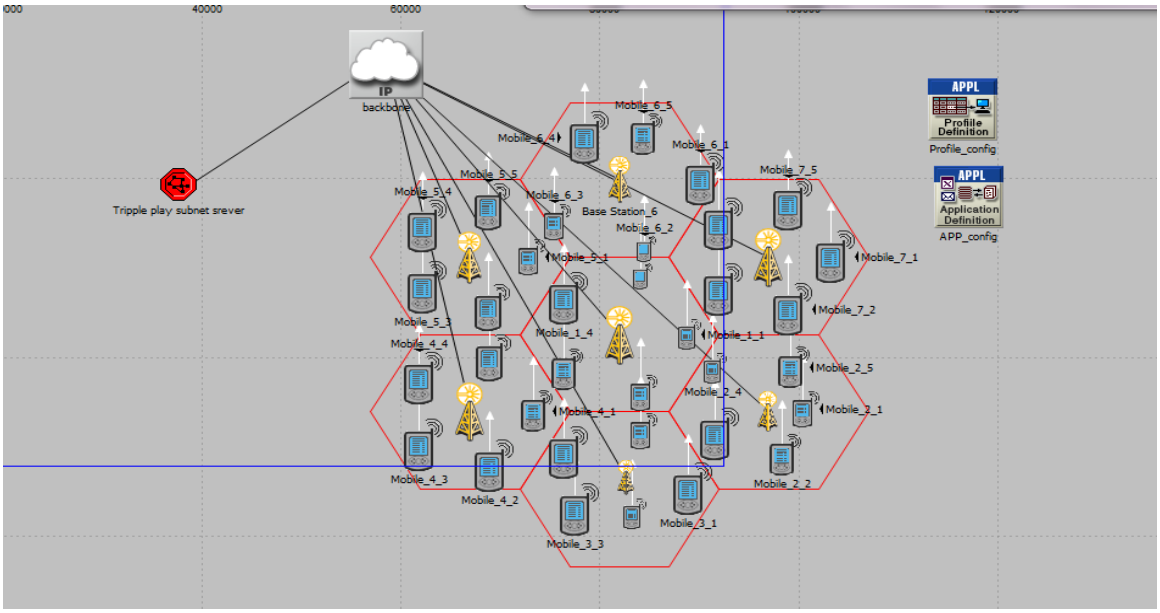
الجدول(3-4): توصيف وخصائص التجهيزات المستخدمة

توصيف التجهيزة	الاسم التجاري	التوصيف التقني	العدد
محطات عمل موصولة ضمن شبكة محلية وفق طبولوجيا الحافلة	**100BaseT Lan**	شبكة محلة مؤلفة من 10 محطات قاعدية Workstations ترتبط مع بعضها بخطوط 100BastT	**10*10**
موجهات بيانات تربط الشبكات المحلية مع بعضها ومع شبكة الانترنت	**ATM_Ethernet4_slip4_srp_router_adv0**	موجهات بيانات بأربع مآخذ ايثرنت تدعم تقنية ATM لنقل البيانات المتعددة	**5*10**
موجه بوابه يربط كامل موجهات الشبكة الفرعية مع الشبكات الفرعية الأخرى	**Ethernet4_slip16_gtwy_adv**	موجه بوابة بأربع مآخذ ايثرنت و16 slip (واجهات لخطوط تسلسلية) يسمح بالوصل بين الانظمة المستقلة	**1*5**
وصلات محلية بسعة 100 ميغا	**100BaseT**	وصلات مشتركة تحمل البيانات المشتركة للشبكة المحلية الواحدة وتنقلها إلى الموجه المرتبط بها	**5*10**
وصلات ضوئية محجوزة بسرعة Mbps 1.455	**PPP DS1**	وصلات ضوئية محجوزة للعمل نقطة لنقطة تربط بين الموجهات العاملة في الشبكة المحلية الواحدة بمعدل نقل بيانات Mbps 1.455	**5*13**
وصلات ضوئية محجوزة بسرعة44.736 Mbps	**PPP DS3**	وصلات ضوئية محجوزة للعمل نقطة لنقطة تربط بين الموجهات العاملة كبوابات تربط بين الشبكات المحلية بمعدل نقل بيانات 44.736 Mbps	**7**

✓ أما التصميم الثاني فقد اعتمد على تصميم شبكة لاسلكية تعتمد بنية WIMAX كالتالي:

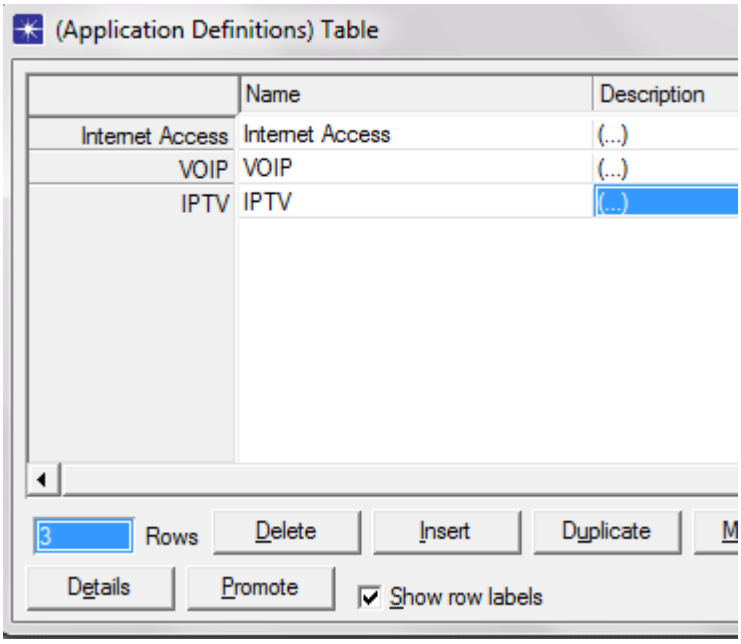


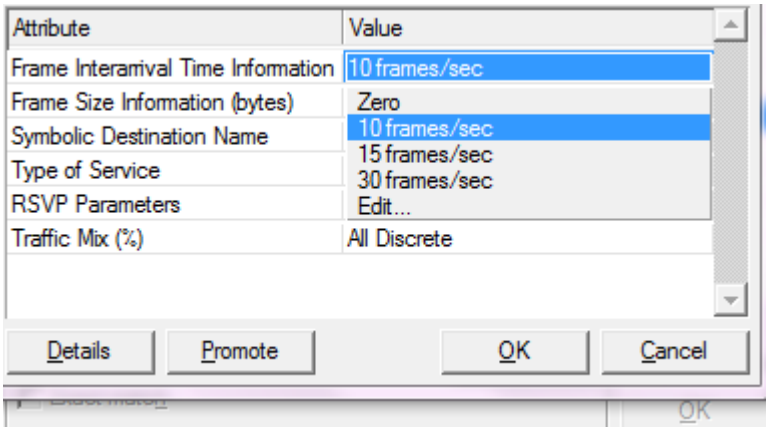
الشكل(3-4): بنية شبكة WIMAX وطبقات العمل فيها.

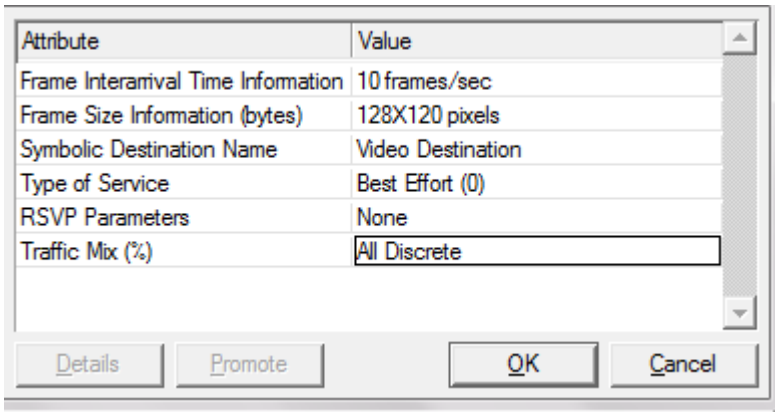


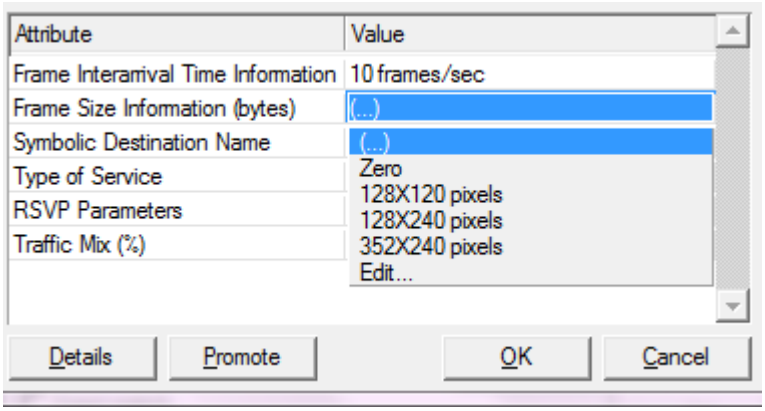
الشكل (3-5): بنية شبكة WIMAX المصممة وفق OPNET.

4-3-3 التصميم على مستوى العقد:





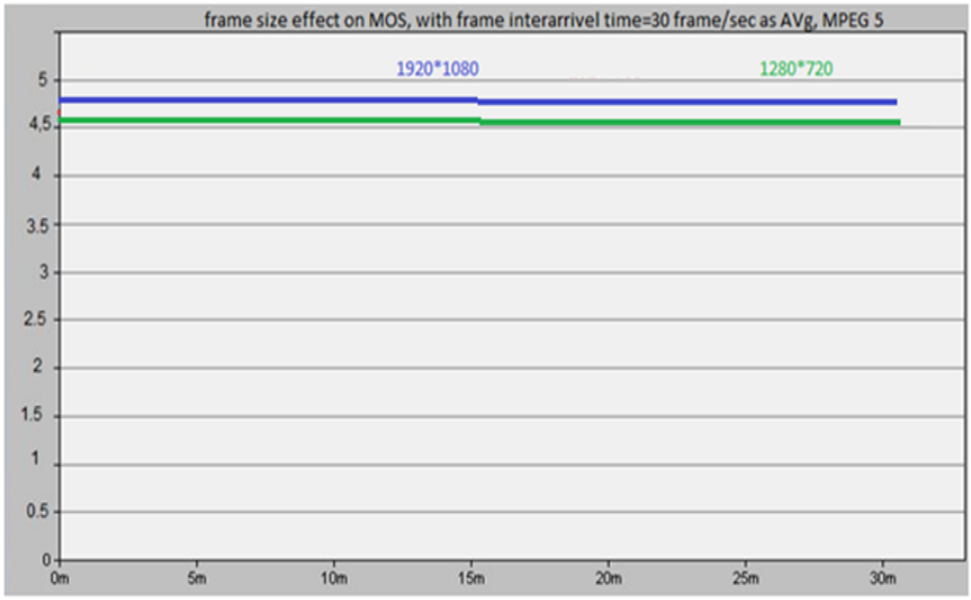




3-4 تحليل نتائج المحاكاة

3-4-1 دراسة تأثير دقة الصورة (حجم الإطار) على أداء التطبيق

3-4-1-1 مؤشر MOS

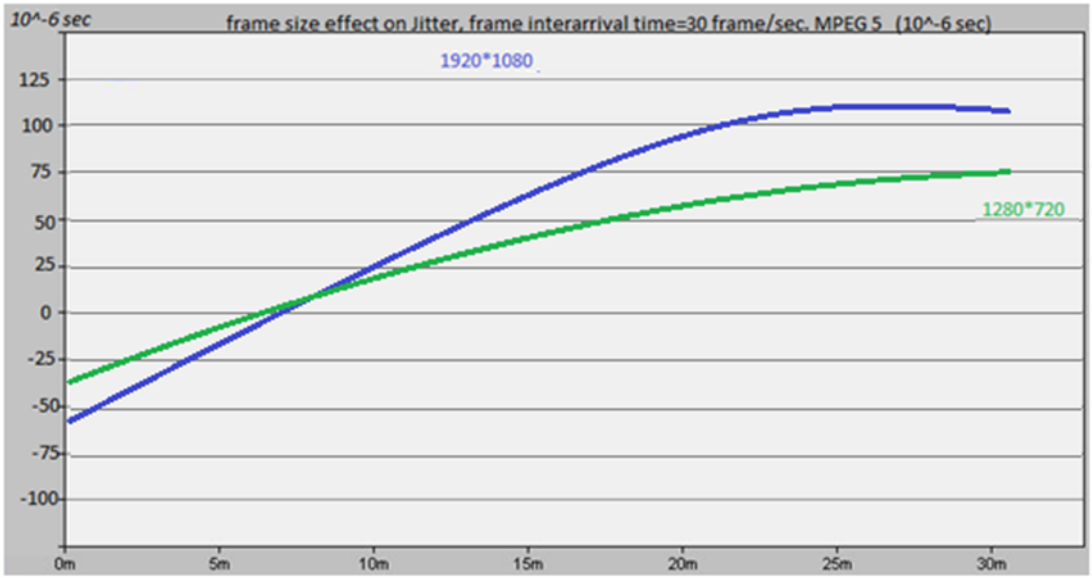


الشكل (3-6): تأثير حجم الإطار على قيم MOS

وفقاً للشكل المعبر عن MOS: يوجد تأثير قد يبدو بسيطاً لحجم الفيديو المرسل عبر تطبيق IPTV ، إذ كلما زاد حجم الفيديو زادت دقة ووضوح الصورة وهو ما يعني للمستخدم خدمة افضل ولو كانت

تبدو بسيطة لا تتجاوز الفروقات 0.1 عند مضاعفة الجودة إلا أن قيمة 0.1 لا يستهان بها فيما يتعلق بمؤشر MOS إذ تنقل التقييم أحيانا من مقبول إلى غير مقبول.

3-4-1-2 مؤشر Jitter



الشكل (3-8): تأثير حجم الإطار على قيم الرجفان الطوري

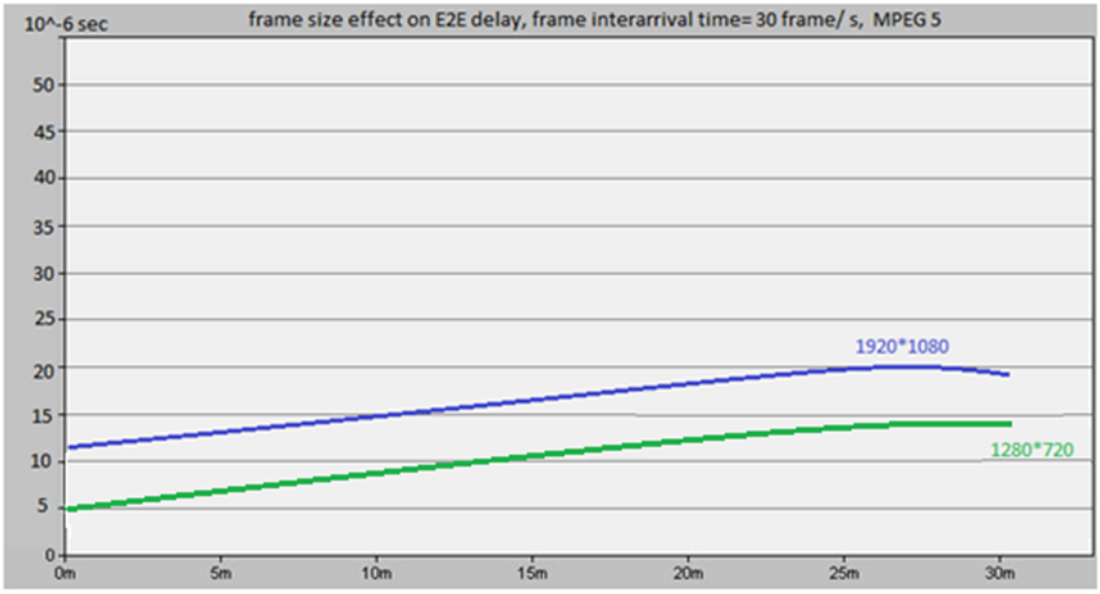
3-4-1-3 مؤشر رزم البيانات الضائعة

تحسب قيمة هذا المؤشر بعد معرفة عدد الرزم المرسلة وعدد الرزم التي وصلت بسلام.

الجدول (3-5): النسبة المئوية لرزم البيانات الضائعه

Global Network	Packet sent	Packet received	Packet loss	%Packet loss
1280*720	500	469	31	**%6.2**
1024*768	500	471	29	**%5.8**
1920*1080	500	462	38	**%7.6**

3-4-1-4 مؤشر التأخير بين العقد النهائية



الشكل (3-10): تأثير حجم الإطار على قيم التأخير بين العقد النهائية.

يظهر الشكل التأخير بين العقد النهائية مع تغير دقة الفيديو، نلاحظ هنا أن التغيير عكسي إذ يزداد التأخير بزيادة حجم الفيدو المعالج وبالتالي يقل اداء جودة النقل، والتغير هنا واضح وكبير لاسيما أن معدل دفقات الفيديو (30 إطار في الثانية) وذلك بسبب تكدس الاطر في سجلات الانتظار وأحيانا الاضطرار إلى اهمال بعضها لذلك نجد أن MOS لم تتغير بشكل كبير بسبب اهمال بعض الإطارات بنتيجة طول أنساق الانتظار على الرغم من تحسن الوضوح بشكل عام.

3-4-1-5 جدولة النتائج الخاصة بتحصيل تاثير دقة الصورة (حجم الإطار)

الجدول (3-6): النتائج الخاصة بتحصيل دقة الصورة

Compression protocol		MPEG4			MPEG5		
Parameter	BB network	720*1280 pixel		1080*1920 pixel	720*1280 pixel		1080*1920 pixel
MOS	ADSL	4.2		4.34	4.63		4.71
	WIMAX	4.31		4.32	4.54		4.69
Jitter (MAX) 10^-6 sec	ADSL	192		230	74.5		105
	WIMAX	212		254	81		108
Packet loss	ADSL	%11.100		%12.200	6.200 %		7.600 %
	WIMAX	%11.430		%12.270	%6.234		%7.650
E2E delay (MAX) 10^-6 sec	ADSL	81.7		93.1	14.4		20.1
	WIMAX	101.1		118.6	15.1		23.2

3-4-2 دراسة تأثير معدل دفق الإطارات في دفقات الفيديو

البارامتر المحدد لتأثير معدل دفق الإطارات هو Frame interarrival time، تم دراسته مع تحديد دقة صورة ثابتة في جميع السيناريوهات المعنية وهي 1920*1080 pixel.

الجدول (3-7): النتائج الخاصة بتحصيل تأثير معدل دفق الإطارات

Compression protocol		MPEG4			MPEG5		
Parameter	BB network	24 frame/s	30 frame/s	60 frame/s	24 frame/s	30 frame/s	60 frame/s
MOS	ADSL	3.32	3.34	4.1	4.53	4.71	4.8
	WIMAX	3.3	3.32	3.94	4.53	4.69	4.72
Jitter (MAX) 10^-6 sec	ADSL	309	230	363	97	105	189
	WIMAX	316	254	381	106	108	203
Packet loss	ADSL	11.600 %	12.200 %	21.200 %	7.200 %	7.600 %	13.300 %
	WIMAX	11.900 %	12.270 %	22.450 %	7.600 %	7.650 %	13.700 %
E2E delay (MAX) 10^-6 sec	ADSL	87.7	93.1	210	18.1	20.1	62.4
	WIMAX	112.9	118.6	241	18.7	23.2	69.6

النتائج والتوصيات

1. وفقاً لتوصيات ITU قيم MOS جميعها جيدة باستخدام MPEG5، ولكنها غير جيدة مع بروتوكول MPEG4 وهذا يؤكد أنه غير مناسب لتطبيقات IPTV مع حجم إطارات HD.
2. وفقاً لتوصيات ITU من المفترض أن قيم الرحفان الطوري Jitter يجب ان تكون اقل من 50 ميلي ثانية، وفقا للنتائج المقاسة من الشبكات المصممة جميع السيناريوهات تحقق هذا المعيار.
3. قيم Packet loss مقبولة نوعاً ما عند استخدام MPEG5 على اعتبار عدد المستخدمين النهائيين كبير نسبياً رغم أنها مؤشر مهم وحرج لتطبيقات IPTV ويفضل أن تكون منخفضة قدر الامكان ما عدا عند استخدام عند 60 frame/s هي نسبة مرتفعة جداً. ولكنها غير مقبولة باستخدام MPEG4 أيا كان معدل الاطارات أو حجمها.
4. يوجد مقايضة هنا بين قيم MOS وقيم packet loss بحيث لانستطيع زيادة احداهما على حساب الأخرى، وبالتالي لانستطيع زيادة معدل دفق الإطارات على حساب عدد الرزم المهملة ويفضل اختيار معدل دفق وسطي 30 إطار في الثانية مع حجوم إطارات HD.
5. من الضروري جداً البحث في تقييم خدمات التلفزة عبر الانترنت المقدمة من قبل شبكات الاتصالات اللاسلكية الحديثة مثل LTE على اعتبار أنه من المتوقع أن تخرج من إطار المزودات الخاصة المدودة إلى خدمات الاشتراك العام.
6. يجب ان تتناسب التقنيات الحديثة مع امكانيات الاجهزة الحديثة التي تسابق الزمن في تطور تطبيقاتها.
7. معظم التجهيزات الحديثة تسعى إلى تحسين المعالجات على حساب قدرات التخزين الداخلية لذلك يجب مراعاة هذه النقطة عند البحث في تحسين خوارزميات ضغط الفيديو التي من الممكن أن يتم استخدامها في IPTV.
8. يبدو من الحكمة استخدام البث المجموعاتي على حساب البث بين الأزواج نقطة لنقطة في الشبكات الصغيرة.

المراجع

[1] O. A. Wahab, H. Otrok, and A. Mourad, "VANET QoS-OLSR: QoS-based clustering protocol for Vehicular Ad hoc Networks," Computer Communications, vol. 36, pp. 1422-1435, 2013.

[2] S. Zeadally, R. Hunt, Y.-S. Chen, A. Irwin, and A. Hassan, "Vehicular ad hoc networks (VANETS): status, results, and challenges," Telecommunication Systems, vol. 50, pp. 217-241, 2012.

[3] Z. S. Khan, M. M. Moharram, A. Alaraj, and F. Azam, "A Group Based Key Sharing and Management Algorithm for Vehicular Ad Hoc Networks," The Scientific World Journal, vol. 2014, 2014.

[4] N. S. Nafi and J. Y. Khan, "A VANET based Intelligent Road Traffic Signalling System," in Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC), 2012 Australasian, 2012, pp. 1-6.

[5] T.-S. Chang and W.-H. Hsiao, "Consumers' automotive purchase decisions: The significance of vehicle-based infotainment systems," African Journal of Business Management, vol. 5, pp. 4152-4163, 2011.

[6] C. J. B. Abbas, L. J. G. Villalba, and A. L. S. Orozco, "A distributed QoS mechanism for ad hoc network," International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, vol. 11, pp. 25-33, 2012.

[7] A. Mobiu and R. Hartanto, "Analysis Quality of Service from Internet Protocol Television (IPTV) Service," International Journal of Informatics and Communication Technology (IJ-ICT), vol. 1, pp. 100-108, 2012.

[8] M. Kren, U. Sedlar, J. Beˇster, and A. Kos, “Determination of user opinion based on iptv data,” in Transparent Optical Networks (ICTON),2016 18th International Conference on. IEEE, 2016, pp. 1–5.

[9] M. Kwon, J. Kwon, B. Park, and H. Park, “An architecture of iptv networks based on network coding,” in Ubiquitous and Future Networks(ICUFN), 2017 Ninth International Conference on. IEEE, 2017, pp.462–464.

[10] R. Li, Z. Wu, R. Huang, X. Wei, and Y. Qian, “Evaluation for iptv service based on poor-quality model,” in Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), 2016 19th International Symposium on. IEEE, 2016, pp. 293–298.

[11] A. Punchihewa, A. M. De Silva, and Y. Diao, “Internet protocoltelevision (iptv),”Multimedia Research Group, 2010.

[12] M. Li and H.-L. Chen, “Design of power saving mechanism for lte-anetworks supporting mobile iptv services,” inCommunication Problem-Solving (ICCP), 2015 IEEE International Conference on. IEEE, 2015,pp. 58–61.

[13]Akhtar, Z.,Siddique, K.,Rattani, A.,Lutfi S.L.,Falk, T.H. (2019) Why is Multimedia Quality ofExperience Assessment a Challenging Problem? IEEE Access, 7, pp. 117897-117915.2.

[14]Anegekuh, L.,Sun, L.,Jammeh,E.,Mkwawa, I.,Ifeachor, E. (2015) Content-Based Video Quality Prediction for HEVC Encoded Videos Streamed Over Packet Networks. IEEE Transactions on Multimedia, 17(8), pp. 1323-1334.3.

[15]Bampis, C.G.,Li Z.,Bovik, A.C. (2019) Spatiotemporal Feature Integration and Model Fusion for Full Reference Video Quality Assessment. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 29(8), pp. 2256-2270.

[16]Frnda, J.,Nedoma, J.,Vanus, J.,Martinek, R. (2019) A Hybrid QoS-QoE Estimation System for IPTV Service.Electronics, 8(5), 585.9.

[17]Gu, K.,Tao, D.,Qiao J.,Lin, W. (2018) Learning a No-Reference Quality Assessment Model of Enhanced Images With Big Data.IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 29(4), pp. 1301-1313.

[18]Sevcik, L.,Voznak, M.,Frnda, J. (2014) QoE Prediction Model for Multimedia Services in IP Network Applying Queuing Policy. In: 17th International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems (SPECTS) part of SummerSim Multiconference, pp. 593-598.20.

[19]Søgaard, J.,Forchhammer, S.,Korhonen, J. (2015) Video quality assessment and machine learning: Performance and interpretability. In: 7th International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX).

[20]Song, L.,Tang, X.,Zhang, W.,Yang, X.,Xia, P. (2013) The SJTU 4K video sequence dataset.In:5th International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX).

[21]Valderrama, D.,Gómez, N. (2016) Nonintrusive Method Based on Neural Networks for Video Quality of Experience Assessment. Advances in Multimedia, volume 2016.23.

[22]Yuana, Y.,Wang, C. (2019) IPTV video quality assessment model based on neural network. Journal of Visual Communication and Image Representation, 64, 102629.

الملحقات

الملحق(1)

معايير الجودة وفق Telchemy[1]

Telchemy Quality Metrics

Telchemy video quality metrics are grouped into key layers – *Perceptual Quality Metrics*, *Video Stream Metrics* and *Transport Metrics*.

- *Perceptual Quality Metrics* provide high level Video and Audio Quality of Experience (QoE) scores, giving immediate visibility of the impact of a wide range of impairments on user perceived quality
- *Video Stream Metrics* provide essential visibility into the performance and configuration of the encoded video stream.
- *Transport Metrics* provide key information on performance of IP, UDP, FEC, RTP and MPEG transport protocols, which are typically the major source of transient video quality problems.

Perceptual Quality Metrics

These metrics provide high level QoS scores for Video, Audio and overall quality, giving immediate visibility of the impact of a wide range of impairments. Telchemy's technology is unique in its ability to model the impact of transient IP problems on user perceived quality.

Metric	*Description*
MOS-V	Video MOS, a 1-5 score that considers the effect of the video codec, frame rate, packet loss distribution and GoP structure on viewing quality

[1] http://www.iptvtroubleshooter.com/tvqm.html

MOS-A	Audio MOS, a 1-5 score that considers the effect of the audio codec, bit rate, sample rate and packet loss on viewing quality
MOS-A	Audiovisual MOS – a 1-5 score that considers the effect of picture & audio quality and audio-video synchronization on overall user experience
Video Service Transmission Quality (VSTQ)	Transmission quality, a 0-50 codec independent score measuring the ability of the IP network to carry reliable video
Gap MOS-V	Picture quality during "good" periods when little or no degradation is occurring
Burst MOS-V	Picture quality during "bad" periods when significant degradation is occurring
Estimated PSNR (EPSNR)	Estimated Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) expressed in dB. This is an estimate of the distortion that has occurred between the source video stream and the output video stream.
Degradation Factors	0-10 scores indicating severity of degradation in quality due to (each of) packet loss, jitter, codec type, audio-video sync, delay and recency of burst packet loss

Video Stream Metrics:

The Video Stream Description provides information on the type of codec being used, Group of Pictures structure and length, image size and other key factors.

Video Stream Description	
Metric	***Description***
Codec type	Type of codec (e.g. MPEG4)
GoP type	Group of Pictures type (e.g. IBBP…)
Minimum GoP length	Minimum number of frames in Group of Pictures
Maximum GoP length	Maximum number of frames in Group of Pictures
Average inter-I frame gap	Average number of P and B frames between I frames
Image size	Image size in pixels (X x Y) (autodetected *)

Video Stream Metrics provide insight into the proportion of different type of video frame that are impacted by packet loss and discard, and to the overall video bandwidth.

Video Stream Metrics	
Metric	***Description***
Proportion of I frames impaired	Percentage of I frames impaired by loss/discard
Proportion of P frames impaired	Percentage of P frames impaired by loss/discard
Proportion of B frames impaired	Percentage of B frames impaired by loss/discard
I, P, B frame packets received	Counts of the numbers of I, P and B frame packets received
I, P, B frame packets lost	Counts of the numbers of I, P and B frame packets
I, P, B frame packets discarded	Counts of the numbers of I, P and B frame packets
Mean bandwidth	Average video bandwidth excluding IP overhead, FEC and retransmissions
Peak bandwidth	Peak video bandwidth excluding IP overhead, FEC and retransmissions

Transport Metrics

Packet Loss Metrics provide essential data on IP packet loss before and after the effects of error correction (such as FEC or Reliable UDP). Burst and gap statistics provide valuable insight into the time distribution of lost and discarded packets.

Packet Loss Metrics	
Metric	***Description***
Uncorrected Packet Loss Rate	Percentage of IP packets lost in the network
Corrected Packet Loss Rate	Packet loss rate after correction by Forward Error Correction or retransmission
Packet Discard Rate	Percentage of packets discarded due to late arrival
Out of Sequence Packet Rate	Percentage of packets arriving out of sequence
Duplicate Packet Rate	Percentage of duplicate packets
Burst Loss Rate	Percentage of packets lost within burst periods
Burst Length	Average length of burst periods
Gap Loss Rate	Percentage of packets lost within gap periods
Gap Length	Average length of gaps between bursts

Forward Error Correction can replace lost packets however carries some overhead. The FEC metrics provide a measure of the effectiveness of FEC if used, and provide information on optimum FEC configuration independently of whether FEC is in use or not (allowing service providers to assess whether FEC would be useful).

FEC Metrics	
Metric	***Description***
FEC Effectiveness	Percentage improvement in packet loss rate due to Forward Error Correction
Optimum FEC Block Size	Optimum FEC block size (packets)
Optimum FEC Correctable Packets	Optimum number of correctable packets within a block

Reliable UDP metrics provide insight into the performance of retransmission based protocols such as Reliable UDP. These protocols improve packet loss rate but increase the variability of bandwidth.

Reliable UDP Metrics	
Metric	***Description***
Proportion of packets retransmitted	Percentage of packets retransmitted
Ratio of peak to mean bandwidth	Ratio of bandwidth peak due to retransmission to average bandwidth

Jitter and Delay metrics provide a view of the impact of deliberate packet smoothing/ rate shaping and network congestion on overall delay and delay variation

Jitter and Delay Metrics	
Metric	***Description***
MAPDV	Mean Absolute Packet Delay Variation (ITU-T G.1020)
PPDV	Packet to Packet Delay Variation (RFC3550)
Round trip delay	Round trip delay

TR101 290 metrics provide information on certain key error types that occur with MPEG Transport protocols, and are useful in identifying and resulting these error conditions.

TR 101 290 MPEG Metrics	
Metric	***Description***
TS_sync_loss	Loss of synchronization at MPEG transport layer
Sync_byte_error	Invalid MPEG transport sync byte
Continuity_count_error	Incorrect packet order, duplicate packet or lost packet
Transport_error	Transport error indicator in MPEG transport header set

PCR_error	Discontinuity in program clock reference (PCR)
PCR_repetition_error	Time interval between two successive PCR values more than 40ms
PCR_discontinuity_indicator_error	Difference between two consecutive PCR values is over 100ms without discontinuity bit set
PTS_error	Interval between presentation time stamps more than 700ms

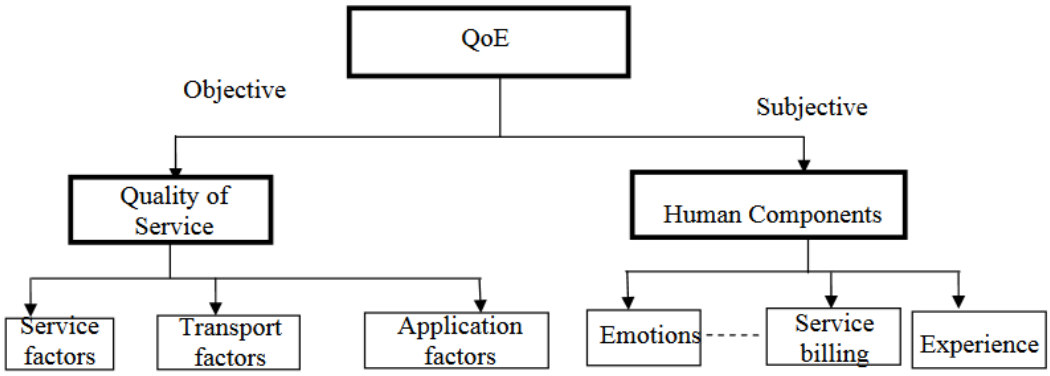
الملحق (2)

الوثيقة الصادرة عن الهيئة العامة للاتصالات بخصوص معايير جودة الخبرة لتطبيق IPTV [2]

ITU-t G.1080 IPTV

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Multimedia quality of service and performance – Generic and user-related aspects

Quality of experience requirements for IPTV services



1- Standard definition TV (SDTV): General minimum objectives Table 6-1 provides provisional video application layer performance objectives at the MPEG elementary stream level, prior to IP encapsulation for broadcast SDTV (480i / 576i). The objectives for audio elementary stream bit rates are additionally specified below

[2] https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1080-200812-I

Table 6-1 – Provisional application layer performance requirements for standard definition broadcast program sources

Video codec standard (non-inclusive list)	Minimum bit rate (video elementary stream level)	Pre-processing enabled
H.262 – Main profile at main level (MP@ML)	2.5 Mbit/s CBR	Yes (if available)
H.264 (Main profile at level 3.0)	1.75 Mbit/s CBR	Yes (if available)
SMPTE 421M	1.75 Mbit/s CBR	Yes (if available)
AVS	1.75 Mbit/s CBR	Yes (if available)

Table 6-2 provides provisional audio application layer performance requirements for standard definition audio sources.

Table 6-2 – Provisional audio application layer performance requirements for standard definition sources

Audio codec standard (Non-inclusive list)	Number of channels	Minimum bit rate (audio elementary stream level, in kbit/s)
MPEG-1 Audio Layer II	Mono or stereo	128 for stereo
Dolby Digital (AC-3)	5.1 if available, else left/right stereo pair	384 for 5.1 ch / 128 for stereo
AAC	Stereo	96 for stereo
MPEG-1 Audio Layer III (MP3)	Stereo	128
MPEG-2 Audio Layer III (MP3)	Stereo	For further study

In general, the chosen audio codecs should align with industry standards in the geography of deployment to ensure maximum compatibility with consumer receivers. Bit rates should be aligned with original source material quality and transcoding between formats should be avoided, if possible.

Table 6-3 provides provisional audio-video synchronization requirements.

Table 6-3 – Provisional SDTV audio-video synchronization requirement

Audio-video synchronization	Audio leading video	Audio lagging behind video
	15 ms maximum	45 ms maximum

Inconsistent loudness levels between channels can negatively impact QoE. It is recommended that equipment be used in the service provider head-end to ensure similar loudness levels across the range of channels provided to the user.

2- Standard definition (SD) TV: VoD and premium content objectives

Video on demand (VoD) and other premium content such as pay per view in standard definition format will have application layer performance factors similar to those of regular broadcast materials. However, subscriber expectation may be higher because of the additional fees paid to access the content and comparison to alternative delivery options. In the case of VoD, users may compare to VoD materials delivered over digital cable systems or even contained in DVDs.

10Rec. ITU-T G.1080 (12/2008) Table 6-4 provides recommended video encoding bit rates for standard definition, VoD and other premium content.

Table 6-4 – Provisional application layer performance requirements for H.262 standard definition, VoD and premium program sources

Video codec standard (Non-inclusive list)	Minimum bit rate (video elementary stream level)	Pre-processing enabled
H.262 – Main profile at main level (MP@ML)	3.18 Mbit/s CBR	Yes (if available)
H.264 (Main profile at level 3)	2.1 Mbit/s CBR	Yes (if available)
SMPTE 421M	2.1 Mbit/s CBR	Yes (if available)
AVS	2.1 Mbits/s CBR	Yes (if available)

Table 6-5 provides provisional recommended audio codec bit rates for VoD and premium content.

Table 6-5 – Provisional audio application layer performance for VoD and premium standard definition sources

Audio codec standard (non-inclusive list)	Number of channels	Minimum bit rate (audio elementary stream level, in kbit/s)
Dolby digital (AC-3)	5.1 if available, else left/right stereo pair	384 for 5.1 ch / 192 for stereo
AAC	5.1 if available, else left/right stereo pair	384 for 5.1 ch / 192 for stereo

3- High definition TV (HDTV)

Table 6-6 provides provisional video application layer performance objectives for broadcast HDTV (720p/1080i).

Table 6-6 – Provisional application layer performance requirements for high definition (HD) broadcast program sources

Video codec standard (non-inclusive list)	Minimum bit rate (video elementary stream level)	Pre-processing enabled
H.262 – Main profile at main level (MP@ML)	15 Mbit/s CBR	Yes (if available)
H.264 (Main profile at level 4)	10 Mbit/s CBR	Yes (if available)
SMPTE 421M	10 Mbit/s CBR	Yes (if available)
AVS	10 Mbits/s CBR	Yes (if available)

Table 6-7 provides provisional audio application layer performance requirements for high definition audio sources.

Table 6-7 – Provisional minimum audio application layer performance requirements for high definition sources

Audio codec standard (non-inclusive list)	Number of channels	Minimum bit rate (Audio elementary stream level, in kbit/s)
MPEG-1 Audio layer II	Mono or stereo	128 for stereo
Dolby digital (AC-3)	5.1 if available, else left/right stereo pair	384 for 5.1 ch/128 for stereo
AAC	5.1 if available, else left/right stereo pair	384 for 5.1 ch/128 for stereo
MPEG-1/2 Audio layer III(MP3)	Stereo	128

Table IV.1 – Minimum level of transport layer performance required to provide satisfactory QoE for H.262 encoded SDTV services

Transport stream bit rate (Mbit/s)	Jitter	Maximum duration of a single error event	Corresponding loss period in IP packets	Loss distance	Corresponding average IP video stream packet loss rate
3.0	<50 ms	<= 16 ms	<6 IP packets	<=1 error event per hour	<= 5.85E-06
3.75	<50 ms	<= 16 ms	<7 IP packets	<=1 error event per hour	<= 5.46E-06
5.0	<50 ms	<= 16 ms	<9 IP packets	<=1 error event per hour	<= 5.26E-06

Note that all the values contained in Table IV.1 are provisional, and they must be determined by taking into consideration the requirements defined by each IPTV service context.

Table IV.2 – Minimum level of transport layer performance required to provide satisfactory QoE for H.264 or SMPTE 421M encoded SDTV services

Transport stream bit rate (Mbit/s)	Jitter	Maximum duration of a single error event	Corresponding loss period in IP packets	Loss distance	Corresponding average IP video stream packet loss rate
1.75	<50 ms	<= 16 ms	<4 IP packets	<=1 error event per hour	<= 6.68E-06
2.0	<50 ms	<= 16 ms	<5 IP packets	<=1 error event per hour	<= 7.31E-06
2.5	<50 ms	<= 16 ms	<5 IP packets	<=1 error event per hour	<= 5.85E-06
3.0	<50 ms	<= 16 ms	<6 IP packets	<=1 error event per hour	<= 5.85E-06

Table IV.3 – Minimum level of transport layer performance required to provide satisfactory QoE for H.262 encoded HDTV services

Transport stream bit rate (Mbit/s)	Jitter	Maximum duration of a single error event	Corresponding loss period in IP packets	Loss distance	Corresponding average IP video stream packet loss rate
15.0	<50 ms	<= 16 ms	<24 IP packets	<=1 error event per 4 hours	<= 1.17E-06
17	<50 ms	<= 16 ms	<27 IP packets	<=1 error event per 4 hours	<= 1.16E-06
18.1	<50 ms	<= 16 ms	<29 IP packets	<=1 error event per 4 hours	<= 1.17E-06

Note that all the values contained in Table IV.3 are provisional, and they must be determined by taking into consideration the requirements defined by each IPTV service context.

Table IV.4 – Minimum level of transport layer performance required to provide satisfactory QoE for H.264, SMPTE 421M, or AVS encoded HDTV services

Transport stream bit rate (Mbit/s)	Jitter	Maximum duration of a single error event	Corresponding loss period in IP packets	Loss distance	Corresponding average IP video stream packet loss rate
8	<50 ms	<= 16 ms	<14 IP packets	<=1 error event per 4 hours	<= 1.28E-06
10	<50 ms	<= 16 ms	<17 IP packets	<=1 error event per 4 hours	<= 1.24E-06
12	<50 ms	<= 16 ms	<20 IP packets	<=1 error event per 4 hours	<= 1.22E-06

Note that all the values contained in Table IV.4 are provisional, and they must be determined by taking into consideration the requirements defined by each IPTV service context and compression coding scheme.

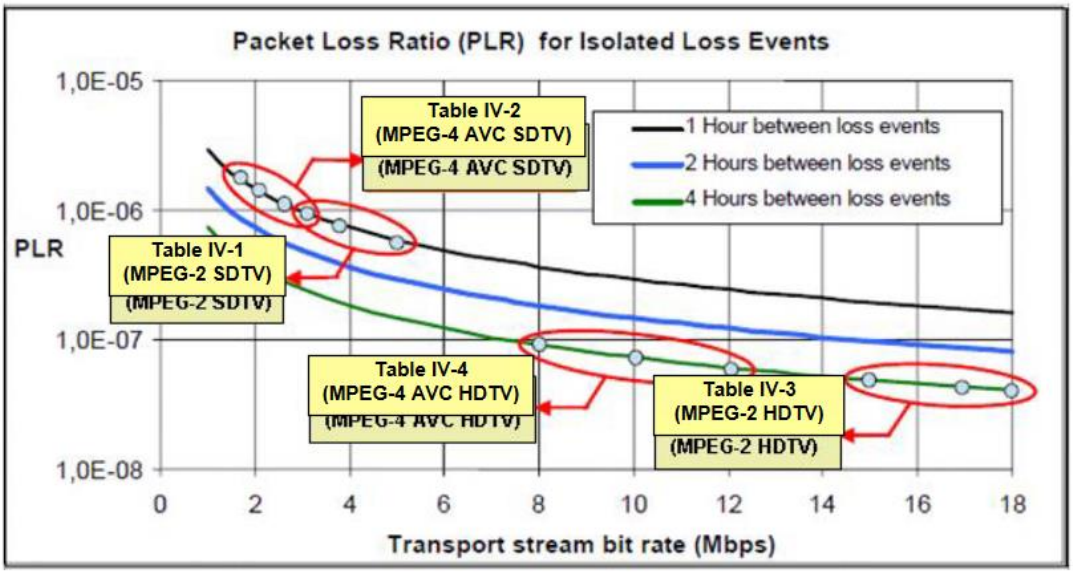


Figure IV.2 – PLR required to meet average time between loss events of 1, 2 and 4 hours assuming isolated lost packets

Abstract

IPTV (Internet Protocol Television) is a communication system in which digital television services are transported using the Internet protocol over a network infrastructure. And with specific channels and for specific users instead of traditional public broadcasting means such as satellite broadcasting and traditional cables. Within a single network, Internet TV services are often offered with Video on Demand applications or with other applications such as Web access and VoIP.

IPTV services have become in great demand these days as it provides the user's requirements with the required quality that the user needs for this type of services. It requires image and sound to be transmitted interactively and displayed on screens of various resolutions and sizes.

Despite the many benefits that IPTV provides in terms of ease of use and activation, it suffers from fundamental challenges in terms of obtaining good service for the user and integrated with modern communication technologies, especially wireless ones.

This research presents an analytical study with the aim of testing and improving the performance of IPTV application in modern networks that enjoy high data transmission speed, whether they are wired networks that adopt ADSL or wireless, specifically the WIMAX network, which is the godfather of the fourth generation in the world of modern communications. By identifying performance indicators that evaluate the work of this application, testing their measured values in simulated design, and searching for the parameters affecting them. Note that the OPNET simulator was used, which has proven its worth in representing computer networks and their various applications.

Damascus University
Faculty of Mechanical & Electrical Engineering
Computer and Automation Engineering
Department

"Improving user service using IPTV"

Study prepared for a master's degree in Computers and Networking Engineering

BY Engineer

Walaa Hasan Zaed

Supervised by

Dr. Wasim Mousa Alsamara

Academic year

2021-2020