

## تحليل أداء المرمزات G.711, G.723.1 , G.729 على تطبيقات VoIP

الدكتور رضوان دنده\*

الدكتور محمد صبيح\*\*

شروق ميا\*\*\*

(تاريخ الإيداع 12 / 2 / 2018. قُبل للنشر في 16 / 5 / 2018)

### □ ملخص □

يعتبر بروتوكول الانترنت Voice Over IP Protocol بأنه اتصال صوتي عبر الانترنت بالغ الأهمية ، ويتميز بجودة الخدمة العالية (Quality of Service) . سنقوم في هذا العمل بتقييم مدى مطابقة خدمة الانترنت في يومنا هذا للتوقعات المرجوة منه عن طريق دراسة أداء البروتوكول Voice over IP وجودة الخدمة الخاصة به ( Quality of Service). حيث اعتمدنا على منهجية اختيار المرمزات أولاً ضمن بعض المقاييس للحصول على نتيجة محاكاة لمقارنة وتحليل (QoS). والذي اعتمدنا به على بروتوكولات VoIP في حال وجود عدة مستخدمين مع ثلاثة خوارزميات للمرمزات، وبعد تحديد المشكلة في هذا النطاق أخذنا مجموعة من العوامل بعين الاعتبار نتيجة لتأثيرها على أداء الصوت، مثل jitter و Delay . يحاكي هذا العمل ثلاثاً من أكثر المرمزات شيوعاً ( تحويل الصوت من تناظري لرقمي وضغط الحزم) وهي G.711 و G.723.1 و G.729. إن الهدف الرئيسي هو تحقيق أداء صوت بجودة عالية من خلال اتخاذ القرار المناسب في اختيار رمز الصوت.

**الكلمات المفتاحية:** المرمز ، التقليل ، فقدان الحزم ، جودة الخدمة ، الصوت عبر بروتوكول الانترنت.

\*أستاذ - كلية الحقوق - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

\*\* أستاذ مساعد - كلية الحقوق - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

\*\* طالبة ماجستير - كلية الحقوق - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

## Performance Analysis of G.711, G.723.1, G.729 Codecs Over VoIP Apps

Dr: Radwan Dandah\*  
Dr: mohammad Sobeih\*\*  
Shurouk Mayya\*\*\*

(Received 12 / 2 / 2018. Accepted 16 / 5 / 2018)

### □ ABSTRACT □

Voice over IP Protocol is an important Internet voice connection, characterized by high quality of service. In this work, we will assess how today's Internet service matches its expectations by examining the performance of the Voice over IP protocol and its quality of service. We have relied on the method of selection of encoders first within some parameters to obtain the simulation result of the comparison and analysis (QoS). Which we adopted on VoIP protocols in the case of multiple users with three algorithms for the symbols, and after determining the problem in this range, we took a number of factors into account due to their impact on sound performance, such as jitter and Delay. This action simulates three of the most common encoders (analog audio conversion and packet compression), G.711, G.723.1 and G.729. The main objective is to achieve high-quality sound performance by making the appropriate decision in the choice of sound encoder.  
KEYWORDS: Codec, Jitter, Delay, QoS, VoIP.

**مقدمة:**

أصبحت الاتصالات الصوتية مؤخراً تستخدم يوماً سواً عن طريق شبكات الهاتف الخليوي أو الهاتف الأرضي PSTN(Public switched telephone network) أو الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (VoIP) الذي تم اختراعه في الآونة الأخيرة، لذلك انتشر استخدام الصوت عبر بروتوكول الإنترنت بسرعة واسعة جداً بين المستخدمين. في الوقت الحاضر، يمكن للإنسان التواصل بسهولة إلى جميع أنحاء العالم. لكن لسوء الحظ، حتى الآن لا يوجد ضمان واضح لنقل البيانات عبر الشبكة. لذلك، فإن إرسال عينات من الصوت (الحزم) لا تصل إلى رضا المستخدمين أحياناً، وذلك بالتأكيد بسبب أن البروتوكول VoIP لا يكون واضحاً كما ينبغي. في الآونة الأخيرة، بعد اختراع الصوت عبر بروتوكول الإنترنت، كان التحدي القادم للباحثين والمهندسين هو نوعية الخدمة الصوتية [1].

بدءاً من تحويل صوت المرسل من التناظري إلى الرقمي، ثم إرسال الصوت الرقمي من خلال الشبكة، وإنهاء ذلك عن طريق تحويل الإطار الرقمي إلى التناظري في الجانب المتلقي، وقعت العديد من خوارزميات المرمزات [3] والتقنيات في دورة حياة VoIP.

نحن بحاجة إلى تحسين تقنيات متطورة و إلى الترميز الجيد من أجل الحصول على جودة عالية للصوت [10]. وقد تم نشر العديد من الأعمال والأدوات والتقنيات وبنيت مع قلق كبير حول كيفية اختيار تقنيات الترميز المناسبة، حيث يجب أن يكون للمرمز المستخدم خصائص وميزات قادرة على إرسال عينة صوت واضحة. كما توجد عدة عوامل تؤثر بشكل واضح على أداء تطبيقات VoIP مثل التأخير والنقل، والإنتاجية، وفقدان الرزم، أثناء إرسال البيانات عبر الشبكة [2].

**أهمية البحث وأهدافه:**

زادت مؤخراً محاولات جعل خدمات الاتصالات تتكيف مع هذا التطور الجديد. مثل الخدمات المعتمدة على الإنترنت التي تتطور بسرعة مثل VoIP، IPTV(Internet Protocol television)، إلخ، وتستخدم هذه الخدمات الشبكات المقاربة converged networks والتي يمكن تعريفها بأنها توليفة من أنواع حركات مرور مختلفة مثل الصوت، الفيديو والبيانات إلى شبكة وحيدة.

وهناك بعض تطبيقات الملتيميديا(الوسائط المتعددة) مثل بروتوكول الصوت عبر الإنترنت Voice over Internet Protocol (VoIP) والذي يعد من أشهر البروتوكولات استخداماً، التي تحتاج إلى جودة خدمة معينة Quality of Service (QoS) لتوفير أداء جيد للمستخدمين النهائيين. وقد تم إرسال ملفات الفيديو والصوت بشكل منفصل بواسطة شبكات موجهة بالاتصال. وتمتلك هذه الشبكات أولوية لتوفير النوعية والموثوقية القصوى من الخدمة، من أجل شبكات تبديل الحزم packet-switched networks، التي أصبحت مشكلة مهمة من ناحية توفير جودة جيدة للمستخدمين.

وأيضاً، هناك المزيد من القضايا المعقدة لهذه الأنظمة مثل نقل الحزم، التأخير، التذبذب، طلبات وصول الحزمة، والضياح. واعتبرت هذه التوقعات مرتفعة المستوى ليس فقط من أجل الشبكات الصغيرة بل أيضاً من أجل روابط الشبكة البعيدة والكبيرة المقياس لذلك يهدف البحث إلى:

- التحقيق والتحليل لتقنيات تشفير وفك تشفير الصوت في VoIP .
- محاكاة تقنيات تشفير وفك تشفير VoIP المختارة باستخدام NS2 .

- تقييم واختبار أداء رموزات تطبيقات VoIP الشائعة .

### طرائق البحث ومواده:

سنعتمد في هذا البحث على دراسة وشرح معايير جودة الخدمة على أداة تطبيقات VoIP والبروتوكولات المستخدمة (TCP,UDP,RTP) و دراسة الرموزات الموجية والمصدرية. وسنعمد على المحاكى NS2 لقدراته الكبيرة في نمذجة البروتوكولات و لأنه يعطينا القدرة على تطوير أكواد إضافية تساعدنا في النمذجة . كما سنقوم باستخدام برنامج nam (برنامج يقوم بعرض التصاميم الشبكية وإدارة المحاكات لها) والرسومات البيانية المخرجة باستخدام Xgraph . ونختتم هذا العمل مع أفكار عن عمل مستقبلي حول توسيع استخدام الرموزات على عدة أنواع من الشبكات .

### الأعمال السابقة :

يرتبط تاريخ تشفير الكلام ارتباطا وثيقا بمهنة Tom Tremain. الذي انضم إلى وكالة الأمن القومي في عام 1959 كملزم للقوات الجوية. كان Thomas E. Tremain كبير العلماء في حكومة الولايات المتحدة. وكان قائدا معترفا به وخبيرا في علم الكلام.

وقد امتد عمل Tom خمسة عقود حيث كانت جهوده حاسمة بالنسبة لبرامج الاتصالات التكتيكية والاستراتيجية الامريكية والنااتو.

وكانت مساهمة Tom الأكبر في الترميز الصوتي في رؤية إمكانيات معالجة الإشارات الرقمية للصوت حيث طور التقنيات الدقيقة اللازمة لتحميل وعكس مصفوفة في الوقت الحقيقي [3] .

جعلت عملية التحويل الرقمي نظام ترميز الكلام بسيطا وفعالاً حيث اقترح A.M. Kondoz عملية التحويل الرقمي للكلام ومخططات الترميز لأنظمة الاتصالات بمعدل بت منخفض ، وقد تم منذ ذلك الحين إحراز الكثير من التقدم في تقنيات ترميز الكلام من الأنظمة المبكرة إلى الرموزات الموجية، والرموزات البارامترية، والرموزات الهجينة. كل هذه الأنظمة تسعى جاهدة لتحقيق كلام جيد النوعية مع معدل بت منخفض [4] .

من أجل مقارنة مختلف أساليب ومعايير ترميز الكلام، كان من الضروري وجود طرق لتحديد الجودة التي تنتجها رموزات الكلام. ومن الصعب العثور على مقاييس موضوعية لهذه الجودة ، وغالبا ما يكون النهج المقبول الوحيد هو إجراء اختبارات استماع ذاتية. ومع ذلك، كانت هناك بعض النجاحات الأخيرة في تطوير الكميات الموضوعية، والإجراءات التجريبية، والتعبيرات الرياضية التي لها علاقة جيدة مع جودة الكلام و وضوحه.

تحاول الرموزات الموجية إعادة إنتاج شكل الموجة الكلامية لمجال الوقت بأكبر قدر ممكن من الدقة، في حين أن أساليب التحليل بالاصطناع تستخدم نموذج التنبؤ الخطي وقياس التشوه الإدراكي لإنتاج خصائص الكلام المدخل و التي يتم تحديدها على أنها الأكثر أهمية. وهناك نهج آخر لتشفير الكلام يقوم بنقطيع الكلام في نطاقات تردد منفصلة تسمى النطاقات الفرعية، ثم يرمز إلى هذه النطاقات الفرعية بشكل منفصل، ربما باستخدام الرمز الموجي أو التشفير التحليلي بالاصطناع، لإعادة البناء وإعادة التركيب في المستقبل. ويؤدي توسيع تحليل النطاق الترددي إلى تحويل التشفير حيث يتم إجراء تحويل على إطار من الكلام المدخل ويتم حساب معاملات التحويل الناتجة ونقلها لإعادة بناء الكلام من التحويل العكسي.

اقترحت إحدى الطرق المسماة بالتبديل التكيفي للمرمز والتي تقوم عادة على التكيف مع ظروف الشبكة الرديئة، وناقشت هذه الطريقة التكيف مع تحسين الظروف لفترة وجيزة. وعلى حد علمنا، لا توجد طريقة مثلى توفر حلاً لاختيار الترميز الأمثل في بداية المكالمات.

اقترح بعض المؤلفون استخدام تأخير الحزمة كمؤشر لتحديد المرمز. وتفسير ذلك هو الكشف عن ازدحام الشبكة بهذه الطريقة، لتبديل المرمز بشكل استباقي قبل حدوث خسارة فادحة في الرزم. وحيث أن نهجهم التحليلي البحث لا يركز على جودة الكلام كمقياس؛ فإنه ليس من الواضح ما إذا كانت مثل هذه الطريقة التبديلية في الواقع تحسن نوعية الخدمة [5].

استخدم فقدان الحزمة أيضاً كمؤشر لتبديل المرمز في ظروف حادة فضلاً عن تحسين الظروف. ومع ذلك، لم تناقش متى وكيف يمكن الاستدلال على خسارة الحزمة المنخفضة التي توفر عرض نطاق إضافي. ولم تتم مناقشة تقييم التكيف مع تحسين الظروف أيضاً، لذلك يبقى هذا السؤال مفتوحاً. وقد اقترح أيضاً مخطط تسليم بين أنواع مختلفة من الشبكة (مثل WiFi و WiMAX) التي تأخذ أيضاً قوة الإشارة في الاعتبار. ومرة أخرى، لم يقدم أي تقييم للتكيف مع تحسين ظروف الشبكة.

### جودة الخدمة:

يمكن قياس جودة الخدمة بالنسبة إلى الصوت باستعمال بروتوكول الإنترنت IP بتقييم عدة مقاييس للأداء وهي: متوسط نقاط الرأي، والتقلقل (Jitter)، والتأخير من طرف إلى طرف وفقدان الحزم.

• متوسط نقاط الرأي: Mean Opinion Source (MOS) هو مقياس من 1 إلى 5 والذي يقيس جودة الصوت بناءً على آراء الزبائن. قيمة أسوأ نوعية هي 1 وأفضل نوعية 5 كما نلاحظ في الجدول (1). [6]

الجدول (1) Mean Opinion Source

Quality Scale	Score	Listening effort Scale
Excellent	5	No effort required
Good	4	No appreciable effort required
Fair	3	Moderate effort required
Poor	2	Considerable effort required
Bad	1	No meaning understood with reasonable effort

• التقلقل: jitter وهو الاختلاف في وقت وصول الحزم المتتالية. قبل فك التشفير، حيث تصل الحزم إلى مخزن مؤقت محدود، ولكن قد تفقد بعض الحزم من النظام. يمكن حساب التقلقل عن طريق حساب فرق تأخير الحزم على مدى فترة من الزمن. وهو أيضاً القيمة المطلقة لاختلاف التأخير بين الحزم المختارة حتى وصولها إلى وجهتها.

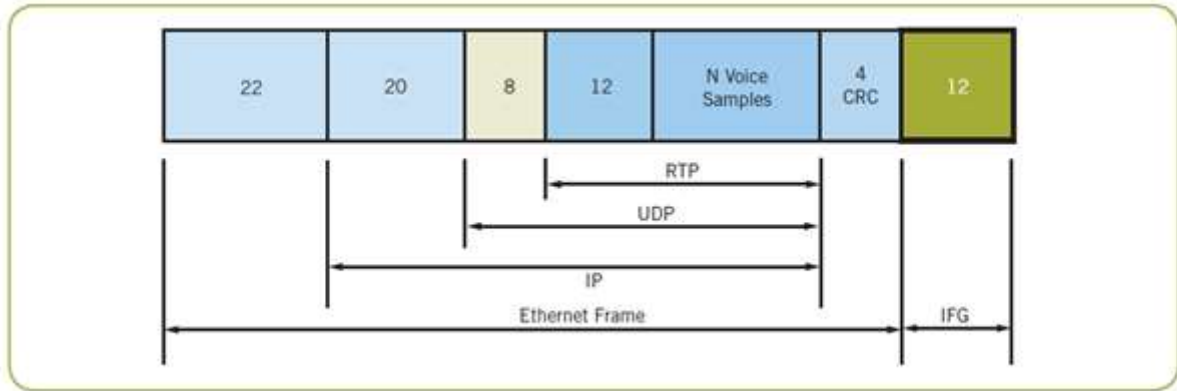
• تأخير الحزمة Delay: يمكن قياس التأخير من طرف إلى طرف بحساب التأخير من المتكلم إلى المستقبل. ويشمل ذلك تأخير الشبكة، وتأخير التشفير وفك التشفير، وتأخير الضغط وفك الضغط، و يحدث التأخير عندما تأخذ حزم البيانات (الصوت) وقتاً أطول من المتوقع للوصول إلى وجهتها، وهذا ما يسبب بعض الاضطراب في جودة الصوت. ومع ذلك، إذا تم التعامل معها بشكل صحيح، يمكن تقليل آثاره إلى الحد الأدنى.

## البروتوكولات وتقنيات الشبكة:

يستند بروتوكول نقل الصوت عبر الإنترنت إلى بروتوكول الإنترنت (IP) Internet Protocol، وهو نظام لا يعتمد عليه.

على الرغم من أن بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) Transmission Control Protocol يوفر تسليم أكثر موثوقية من IP، لأنه ليس الأمثل لنقل البيانات مع جهود منخفضة جدا مثل الصوت في الزمن الحقيقي. لذلك يمكن اعتبار بروتوكول مخطط بيانات المستخدم (UDP) User Datagram Protocol هو بديل أقل تعقيدا من TCP، بينما البروتوكول UDP غير موثوق ولا يستخدم الإقرارات أو ترتيب الرسائل الواردة أو محاولة التحكم في معدل تدفق المعلومات بين نظامين. ومع ذلك، يستهلك UDP عرض نطاق ترددي للشبكة أقل بكثير من TCP وهو مناسب نسبيا لنقل الصوت في الوقت الحقيقي عبر بروتوكول الإنترنت.

بينما يستخدم بروتوكول النقل في الزمن الحقيقي (RTP) بالاقتران مع UDP بحيث يمكن إعادة بناء الرسائل الواردة في نفس الترتيب الذي كانت قد أرسلت به. ويستخدم RTP أيضا لتحديد شكل البيانات ومصدر البيانات والطابع الزمنية النسبية. يتم تغليف RTP في منطقة بيانات حزمة UDP ويخضع لنفس قيود UDP كما على الشكل (1) [6]:



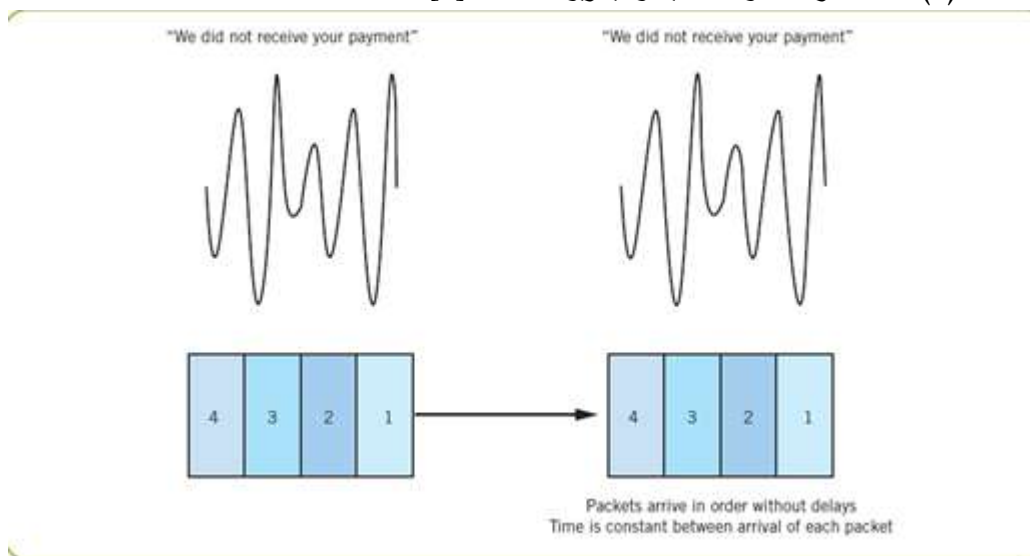
الشكل (1) تغليف RTP ضمن حزمة UDP

ويتعين على مصمم النظام التأكد من أن الشبكة قادرة على تلبية متطلبات عرض النطاق الترددي لحركة الصوت. وعند القيام بذلك، ينبغي للمصمم أن ينظر في متطلبات النطاق الترددي الكلي لجميع الاتصالات التي تجري على الشبكة. مثال بسيط يمكن أن يوضح المنهجية الأساسية المستخدمة في تحديد متطلبات الشبكة لحركة الصوت. نفرض أن لدينا شبكة معدل نقل البيانات فيها 100 ميغابايت في الثانية، ولكل رزمة من رزم البروتوكول RTP على الشبكة تستغرق 30 ميلي ثانية من الصوت لنقل 24 بايت من البيانات. وبإضافة البيانات التي تستهلكها ترويسات البروتوكولات RTP، UDP، IP، ومعالجة إيثرنت 78 بايت، مما يجعل طول إطار إيثرنت 102 بايت، والذي يتكرر كل 30 ميلي ثانية. وبافتراض الظروف المثالية، يمكن للشبكة دعم 3676 قناة صوت وفقا لما يلي

$$\text{channels} = (100 \times 10^6 \text{ bits/sec}) / (102 \text{ bytes/sample/channel} \times 8 \text{ bits/byte}) \times (30 \text{ msec/sample}) = 3676$$

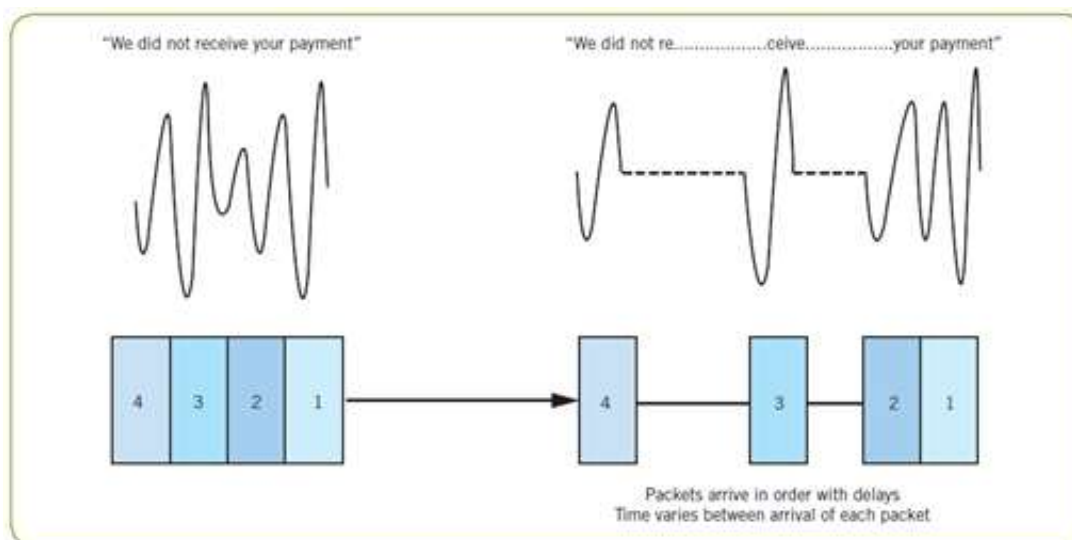
كما أن استخدام البروتوكول RTP الذي هو في الأساس عبارة عن دفق مستمر من البيانات الصوتية التي ترسل في رزم منفصلة. وفي سيناريو مثالي لنقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت، لن تفقد أبدا الحزم التي تسافر بين النقطتين A و

B، وتصل دائما بنفس الترتيب المرسل، وتتبع دائما نفس المسير، وتأخذ دائما نفس الوقت اللازم لعبور الشبكة. ويوضح الشكل (2) انتقال حزمة صوت مثالية وسيناريو الاستقبال [7] :



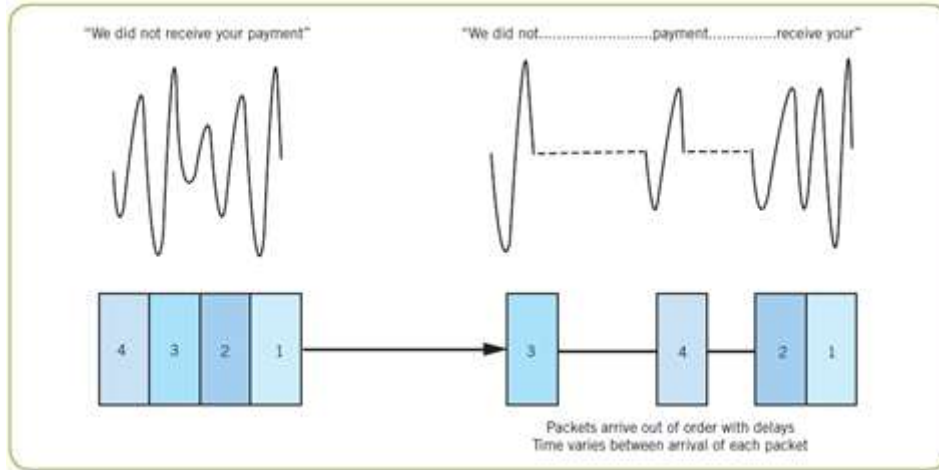
الشكل(2) انتقال حزمة ووصولها دون أخطاء

الشكل (3) يوضح انتقال الحزم في العالم الحقيقي : حيث نرى أن الرسالة المرسله وصلت الى العقدة المستقبلة كاملة وبنفس الترتيب ودون أية أخطاء.



الشكل(3) وصول حزمة بوجود jitter

الشكل (4) يوضح تأثير jitter على الحزم المنقولة وكيفية وصولها : حيث نلاحظ أن الرسالة تغير ترتيبها عند العقدة المستقبلة.



الشكل(4) التأخير المسبب ل jitter ووصول العينات بترتيب غير صحيح

### . بنية بروتوكول تطبيق VOIP :

يوضح الجدول (2) قائمة البروتوكولات المستخدمة في تطبيقات VOIP في كل طبقة. حيث يتم تنفيذ بروتوكول RTP من أجل تقييس صيغة حزمة الصوت (تحديد شكل البيانات ومصدر البيانات والطابع الزمنية النسبية)، وفي طبقة النقل يستخدم بروتوكول UDP معظم الأحيان في تطبيقات VOIP لان هذه التطبيقات متسامحة مع بعض عمليات فقدان الحزم ومع كمية التأخير التي تسببها إعادة نقل الحزم المفقودة، أيضا يتم استخدام بروتوكول TCP بفعالية أقل في بعض الحالات مثل الحالة التي يتم فيها ترشيح حزم UDP من قبل مزود خدمة الانترنت. وفي طبقة الشبكة يتم استخدام بروتوكول الانترنت IP ليقود الصوت عبر الشبكات المختلفة ليصل الى المستخدم النهائي [8].

الجدول(2) البروتوكولات المستخدمة في تطبيقات VOIP في كل طبقة

Layers	Protocols
Application	RTP, RTCP, SIP, H.323
Transport	UDP, TCP
Network	IP
Data Link and Physical	IEEE802.3 (Ethernet), IEEE802.11 (WiFi), 3/4G, WiMax

### المرزمات:

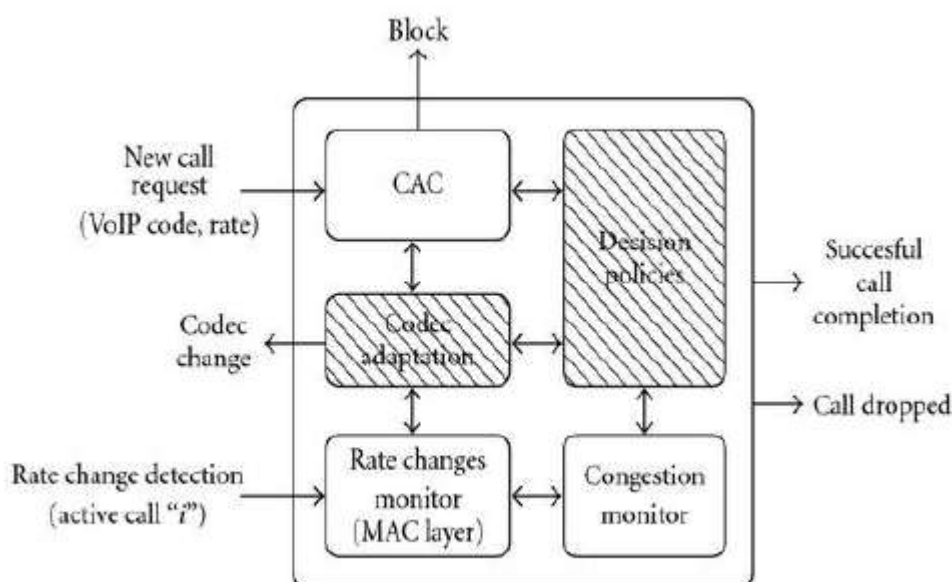
#### . تكيف المرزم:

توفر بعض المرزمات ضغط عالي مما يؤدي الى انخفاض استخدام عرض النطاق الترددي، لذلك فهي تدعم المزيد من المكالمات. في الجانب الآخر، هناك مرزمات توفر ضغطا أقل مما يؤدي إلى استهلاك عرض نطاق ترددي بشكل أكبر ويؤدي الى تنفيذ عدد أقل من المكالمات. من وجهة نظر أخرى، فان المرزمات ذات الضغط العالي لديها معدل بت أقل مما يعني جودة قليلة..



بينما في حال مكالمة VOIP التي تستخدم مرمرز ذو معدل بت ثابت و معدل إخراج ثابت و مستقل عن حالة الشبكة، و بما ان المرمرز يولد خرجا ثابتا من معدل البتات، ففي حالة عدم توفر نطاق ترددي سيحصل ازدهام، و يؤدي ذلك إلى تأخير أو إسقاط الحزم.

لذلك، عندما يتم تقليل معدل النقل، فان المرمرز ذي معدل البت العالي يسبب الازدهام بينما في نفس الوضع المرمرز ذي معدل البت المنخفض يمكن أن يعمل بشكل طبيعي [9]



الشكل (4) تكيف المرمرز

### . المرمرزات ذات الصيغة الموجية:

تحاول المرمرزات ذات الشكل الموجي ترميز وفك شيفرة اشارة دون معرفة كيفية إنشائها ، إذا كان المصدر إنسانا أم لا. وعادة ما يتم تشغيل المرمرزات الموجية بمعدلات بتات أعلى من مرمرزات المصدر ، يمكن أن تستهلك المزيد من عرض النطاق الترددي للشبكة. ومع ذلك، فإنها غالبا ما تنتج الأداء الأكثر دقة ومطابقة للإشارة الأصلية.

من هذه المرمرزات:

### . G.711 :

ان تدفق الصوت المشفر عبر المرمرز G.711 يكون على هيئة دقات من البتات بحجم 64 كيلوبت في الثانية. يتم ترميز كل عينة من الإشارة الأصلية في 8 بت (مجموعات ثمانية). ويتكون إطار البيانات المشفرة للمرمرز G.711 ، 1 ميلي ثانية و يمكن للمرمرز G.711 أن يحقق عادة درجة رضا للزبائن (MOS) 4.2، وهو معدل رضا عالي حسب الجدول المذكور سابقاً.

**G.726 :**

يشفر المرمز G.726 البيانات عند 16 أو 24 أو 32 أو 40 كيلوبت في الثانية باستخدام تعديل موقع النبض التفاضلي التكيفي Adaptive differential pulse-code modulation (ADPCM) لتشفير G.711 في بنتين أو ثلاث أو أربع بتات. إن إطارا من البيانات المشفرة في G.726 هو أيضا 1 ميلي ثانية .

**مرمzat المصدر :**

تستخدم مرمزات المصدر نموذجا يأخذ في الاعتبار مصدر الإشارة الأصلية، على سبيل المثال، المسالك الصوتية البشرية. حيث أن الكلام البشري معقد جدا، ويجب أن يأخذ النموذج في الاعتبار الحالة الديناميكية للأوتار الصوتية، وحركة الفم واللسان، وأصوات الكلام.

و تعتبر النماذج أن المسلك الصوتي مرشح زمني متغير يأخذ بعين الاعتبار مصدر الضجيج الابيض لقطاعات الكلام الصامتة، أو قطارا من النبضات مفصولة بفترة اهتزازات لقطاعات الكلام التي تم التعبير عنها.

تشفر الخوارزميات مواصفات المرشح الذي يحدد flag (يغير قيمة بت لتبين ما هو المسموع وما هو الصامت)، والتباين في إثارة الاشارة، وفترة الاهتزاز للكلام المعبر عنه.

G.723.1 و G.729 هي مرمزات مصدر شائعة.

**G.723.1 :**

يشفر المرمز G.723.1 30 ميلي ثانية من الكلام في أحد اسلوبين (5.3 كيلو بت في الثانية أو 6.4 كيلوبت في الثانية)، والذي يمكن أن يتغير ديناميكيا على أساس كل اطار يستخدم المرمز نموذج التجزئة 6.4 kpbs المتعددة النبض ذات الاحتمال الأعلى (MP-MLQ) MultiPulse-MultiLevel Quantization لنموذج إشارة صوتية والذي يحقق نسبة رضا للزيائن 3.9 MOS. اما نموذج 5.3 Kbps فيستخدم التنبؤ الخطي الجبري ويمكنه تحقيق نسبة رضا للزيائن تصل ل 3.7 MOS. يستخدم G.723.1 خوارزمية "lookahead" ، التي "تتطلع إلى الأمام" أي تنظر في العينات مباشرة بعد العينات المشفرة حاليا وتضيف 7.5 ميلي ثانية من وقت المعالجة. ويبلغ مجموع وقت المعالجة للإطار الواحد 37.5 ميلي ثانية.

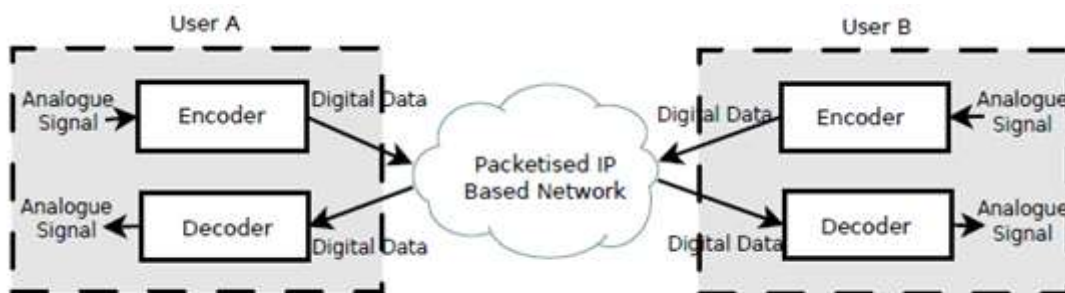
**G.729 :**

يرمز G.729 10 ميلي ثانية من الكلام بمعدل 8 كيلوبت في الثانية مع lookahead من 5 مللي ثانية.

G.729 يستخدم هيكل متزامن للتنبؤ الخطي الجبري لنموذج إشارة الصوت ويمكنه تحقيق نسبة رضا للزيائن

4.0 MOS. ويكون تأثير خسارة الرزم على G.729 مشابها لتأثيره على G.723.1 والشكل (5) يوضح عملية تشفير وفك تشفير

المرمز [10] :

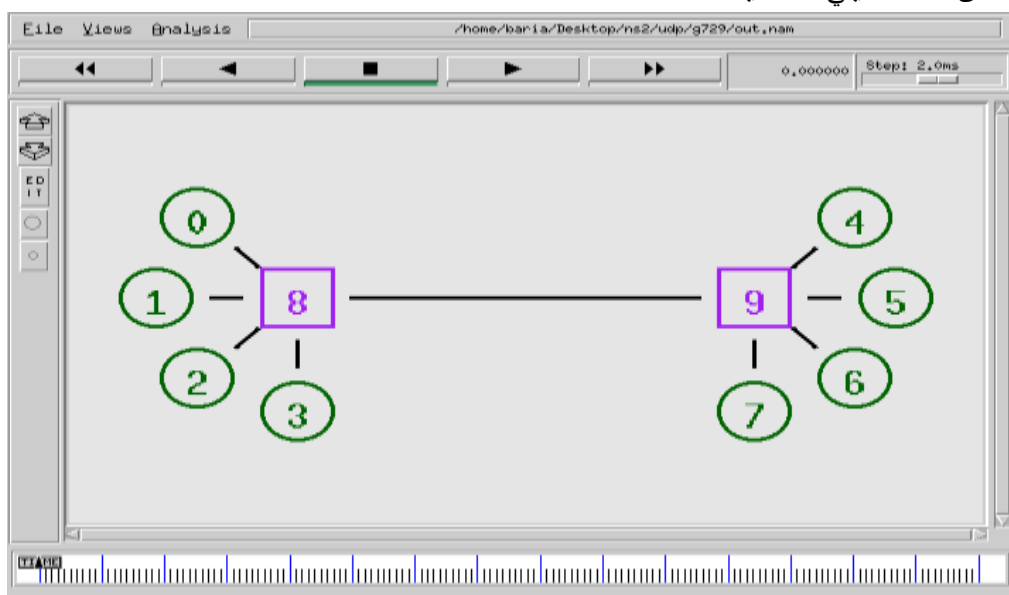


الشكل (5) تشفير و فك تشفير المرمز

## السيناريوهات:

قمنا بإجراء عدة سيناريوهات لتحليل أداء المرمزات (G.711, G.723.1, G.729) عند نقل تطبيقات VOIP استخدمنا برنامج المحاكات ns2 على نظام تشغيل Ubuntu 16.04 32 bit لتنفيذ شبكة voip مؤلفة من مجموعة عقد عددها (8) على جانبي جهازي راوتر ونستخدم مصدر إشارة من النوع exponential لإعادة انشاء محادثة voip صوتية نموذجية مع مجموعة مختلفة من البروتوكولات لإرسال المعلومات الصوتية بين الأطراف بدءا ببروتوكول UDP وبروتوكول التحكم بالنقل TCP وبروتوكول النقل في الزمن الحقيقي RTP ونقوم بعدها بقياس التأخير Delay وفيما إذا كان البروتوكول يسمح بالتذبذب بالتأخير Jitter .

سنستخدم في البحث المرمز ذي الشكل الموجي G.711 والمرمزين المصدريين G.723.1 و G.729. حيث يقوم المرمز G.711 بنقل المعلومات بمعدل 64 kbps وتم اختيار حجم الحزم المنقولة لتكون 128 bytes من أجل UDP وتكون حمولة TCP 1040 bytes وحزم ACK عبارة عن 40 bytes، وتنفذ المكالمات الهاتفية بين العقدتين 0 و 4 العقدة 0 تنقل البيانات بنموذج "on/ off" بزمن on من 1200 ميلي ثانية وزمن ضائع من 800 ميلي ثانية، وتمت تهيئة العقدة 4 لتتقل حزم أقل عبر ال 60 ثانية من المحاكاة بزمن on من 800 ميلي ثانية وزمن ضائع off من 1200 ميلي ثانية .



الشكل (7) محاكاة VoIP باستخدام nam

والأمر سيان بالنسبة للمرمزين الباقين مع الاختلاف أن المرمز G.729 يقوم بنقل المعلومات بمعدل 8 kbps وتم اختيار حجم الحزم المنقولة لتكون 16 bytes والمرمز G.723.1 بوضعية 6.3 kbps وحجم الحزم سيكون 12.6 . تم اختيار مقياس المحاكاة ليكون على نطاق البلد وبالتالي تم تمثيل الرابط بين ال routers من قبل العقدتين 8 و 9 وهذا الرابط عبارة عن حامل بصري من المستوى 1 (OC-1) والذي عرضه نطاقه الترددي 25.92 Mbps لي مطابق بشكل مناسب ال OC-1 مع تأخير 35 ميلي ثانية والذي يمثل التأخير بإرسال الرنين.

إشارة الخلفية للشبكة يتم تزويدها من قبل العقد 1 و 2 و 3 و 5 و 6 و 7 وفق معدل بت ثابت عندما تبدأ المحاكاة تنتشئ العقدتان حركة الخلفية بمعدل 25.89 Mbps لكل منهما حيث تكون كل مصادر حركة الخلفية الاخرى بالوضعية (off) مزودين حملا جزئيا بحده الأقصى للرابط المزدوج بين الموجهين.

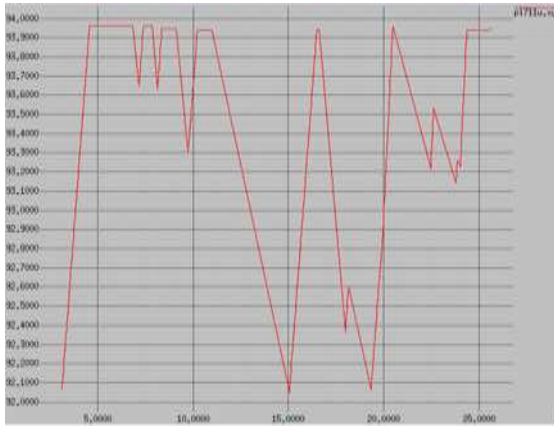
يتم تشغيل العقدتين 2 و 6 بين الزمنين 20 ثانية و 40 ثانية بينما تكون العقدتان 1 و 5 بحالة (off) لتزويد حركة الخلفية ب 25.91 Mbps لكل منهما. وتم اختيار ذلك من أجل التحميل الزائد لطاقة الروابط وبالتالي التسبب بازديح ضمن الشبكة.

وأخيرا عندما يصل زمن المحاكاة ل 40 ثانية يتم أخذ العقدتين 3 و 7 لتزويد حركة الخلفية بمعدل 25.92 Mbps لكل منهما متجاوزين عرض النطاق الترددي للشبكة بشكل كبير وعند هذه النقطة تمتلئ الأرتال الأمر الذي يؤدي لإسقاط العديد من الحزم.

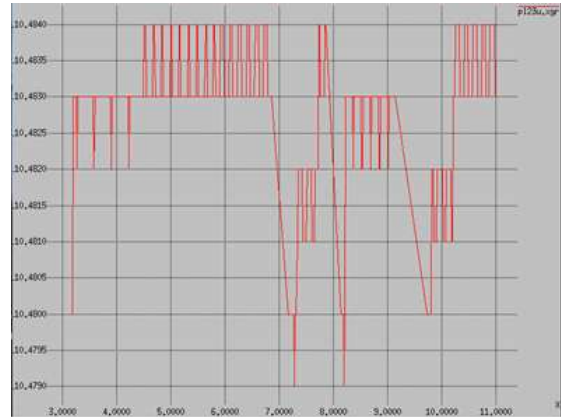
كما قمنا بتوصيل الوكلاء UDP و TCP و RTP الى العقد 0 و 4. من أجل حركة مرور الخلفية استخدمنا البروتوكول UDP من أجل السيناريوهات الثلاثة بالإضافة الى أن لون حركة المرور من العقدة 0 الى العقدة 4 هو الأحمر أما لون الحركة من العقدة 4 إلى العقدة 0 هو اللون الأزرق. ويتم عرض المحاكاة باستخدام NAM ، أما رسم المخططات البيانية فقد تم باستخدام Xgraph : الذي هو عبارة عن برنامج رسم للبيانات x-y مع أزرار تفاعلية للاستدارة العمودية والافقية، والتكبير، والطباعة، واختيار خيارات العرض. سيتم رسم البيانات من أي عدد من الملفات على نفس الرسم البياني ويمكن التعامل مع أحجام مجموعة بيانات غير محدود وأي عدد من ملفات البيانات.

## النتائج والمناقشة :

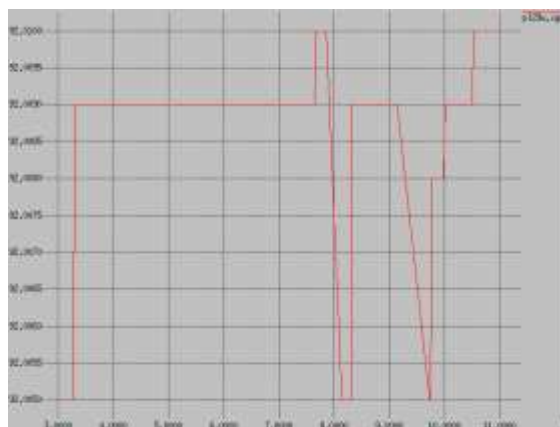
نتائج المحاكاة لدينا في هذا العمل للرموزات الثلاثة G.711, G.729, G.723.1 مع البروتوكول UDP.



الشكل (9) التأخير للرمز G.711



الشكل (8) التأخير للرمز G.723.1



الشكل (10) التأخير للمرمز G.729

## شرح وتحليل المخططات:

تمثل المخططات أعلاه في الأشكال 8 ، 9 ، 10 اختلاف التأخيرات لكل مرمز على طول المحاكاة حيث يمثل المحور X الزمن المنقضي من المحاكاة بالميلي ثانية والمحور Y يمثل كمية التأخير مقاسة بالميلي ثانية أيضا . ونستنتج أن:

- 1- ترميز الصوت في المرمز G.723.1 يظهر الحد الأدنى من تأخير الحزمة الصوتية بمقدار وصل في أقصاه ل 10.48 ميلي ثانية.
  - 2- التأخير ل G.711 يبين الحجم الأقصى للتأخير عن المرمزين الآخرين بمقدار تأخير 93.95 ميلي ثانية.
  - 3- ويقع حجم التأخير في ترميز الصوت للمرمز G.729 بين مرمز الصوت G.723.1 و G.711 بتأخير 92.01 ميلي ثانية .
- وعند مقارنة الرسوم البيانية نلاحظ أن التأخير الأعلى من بين الرموز الثلاثة كان من نصيب G.711 و الأدنى كان ل G.723.1 وتقع نتيجة G.729 بين نظيريه السابقين وبالتالي، النتيجة الأفضل من حيث التأخير الأخفض هنا كانت لصالح المرمز G.723.1.

أن تأخير UDP هو حوالي 90 ms وهو أقل من الحد المسموح من 150 ms. نلاحظ أن التأخير يختلف قليلا بغض النظر عن زيادة حركة مرور الخلفية.

بعد أن تصل المحاكاة إلى حوالي 10 ثوان، نبدأ في رؤية بعض الخسائر في الرزم بسبب الازدحام المفاجئ الناجم عن مزيج من حركة المرور الخلفية وكل من المستخدمين الذين يتحدثون في نفس الوقت. وتزداد حركة المرور الخلفية في 20 ثانية ونبدأ في رؤية العواقب في حوالي 30 ثانية مع الزيادة الهائلة في الحزم المفقودة. في هذه المرحلة، تتزايد الارتال بشكل كبير جدا مما يتسبب في إسقاط العديد من الحزم. عندما كانت حركة مرور الخلفية لا تزال ثابتة، لم يكن لدى الارتال الوقت للتخفيف من حملتها وكلما تمت زيادة حركة مرور الخلفية، يتم إسقاط المزيد من الحزم باستمرار. وتنفق ما مجموعه نحو 900 رزمة في طريقها من العقدة 0 إلى العقدة 4 وتنفق ما مجموعه 300 من العقدة 4 إلى العقدة 0. ويتم ارسال ما مجموعه 3603 رزمة من العقدة 0 إلى العقدة 4 و ما مجموعه 2008 من العقدة 4 إلى العقدة 0.

## الاستنتاجات و التوصيات:

قمنا في هذا البحث، بتقييم أداء الصوت عبر بروتوكول الإنترنت باستخدام المحاكى NS2. حيث تتأثر قدرة هذه الأصوات بدرجة كبيرة بالتأخير والتقلقل والإنتاجية وفقدان الحزم، وحجم الحزم أيضا. وكانت النتائج كما يلي:

1- باستخدام G.723.1، يمكن لمعدل البت المنخفض تحقيق عدد كبير من المكالمات إذا كان مطلوباً تخديم عدد كبير من المستخدمين مع عرض نطاق ترددي منخفض، بحيث يكون G.723.1 أفضل خيار لمعالجة العديد من المكالمات.

2- يمكن استعمال G.729 وهو مرمز معدل بت منخفض وضغط عال في تحقيق سعة عالية للمكالمات مقارنة مع G.711 ولكن مع انخفاض جودة الصوت.

3- من ناحية أخرى، G.711 هو النهج المفضل عندما تكون جودة عالية من الصوت مطلوبة مع تجنب فقدان البيانات، إلا إذا لم يكن مطلوباً تخديم العديد من المكالمات لأنها تحتاج إلى عرض النطاق الترددي العالي لحزمها المتعددة.

4- بما أن بيئات العالم الحقيقي ليست مثالية، سوف يختلف أداء الصوت عبر بروتوكول الإنترنت مع اختلاف المسافات. لذلك فإن نتائج برامج المحاكاة لن تكون واقعية مئة بالمئة كما هو الحال في البيئة الحقيقية. ويمكن في الأعمال المستقبلية القيام بالبحوث التالية:

1- تطبيق نفس المحاكاة باستخدام WLAN على سبيل المثال تطبيق تكنولوجيا شبكة x 802.11 لنرى كيف ستؤثر نفس العوامل على الأداء مع الشبكة اللاسلكية.

2- تطبيق بروتوكول SIP (Session Initiation Protocol) بين وسائل الاتصال المختلفة، أي ليس فقط الاتصالات بين IP إلى IP ولكن أيضا القدرة على الاتصال بين الهاتف الخليوي مع IP، أو العكس بالعكس.

3- دراسة أداء العوامل نفسها والجديدة أيضا منها عند تطبيق الاتصالات عبر بروتوكول الإنترنت أثناء التنقل أو في بيئة الإصدار IPv6.

## المراجع:

- [1] *Performance Analysis of VoIP Codecs over WIMAX*, KHALED ALUTIBI 2016
- [2] H. KAZEMITABAR, A. MD. SAID University Technology PETRONAS [hanieh80@gmail.com](mailto:hanieh80@gmail.com) ، *Adaptive QoS Control Approaches for VoIP Over Multi-Rate WLAN's*. 2015
- [3] J.D. GIBSON, T. BERGER, T. LOOKABAUGH, D. LINDBERGH, R.L. BAKER, *Digital Compression for Multimedia: Principles and Standards (Morgan-Kaufmann, San Francisco)*.2009
- [4] Y. HIWASAKI, "ITU-T G.711.1: extending G.711 to higher-quality wideband speech," *IEEE*, 2013.
- [5] Y. HIWASAKI, "A wideband speech and audio coding candidate for ITU-T G.711WBE standardization," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 2008. ICASSP 2008. , 2008.
- [6] R. COX, "Standardization and Characterization of G.729," *IEEE*. 2014

- [7] R. SALAMI, “Description of ITU-T Recommendation G.729 Annex A: reduced complexity 8 kbit/s CS-ACELP codec,” *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 2015
- [8] X. KONG, “Implementation of G.729 Codec Based on DaVinci Technology,” *International Conference on MultiMedia and Information Technology*, 2008. MMIT '08., 2008.
- [9] *The Network Simulator - ns-2*, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [10] WILLIAM, C. W. *VoIP Service Quality Measuring and Evaluating Packet-Switched Voice*. 1st edition. United States of America: McGraw-Hill Networking Professional. 2014
- [11] J. LIU, “Packet-Level Integration of Fluid TCP Models In Real-Time Network Simulation”, *Proceedings of the 38th Conference on Winter Simulation*, pp. 2162-2169. 2015