

## تقييم جودة نقل الصوت عبر شبكات UMTS

رنيم سينو\*

(تاريخ الإيداع 18 / 12 / 2016. قُبل للنشر في 27 / 2 / 2017)

### □ ملخص □

تعتبر شبكات الجيل الثالث من أكثر الشبكات انتشاراً اليوم نظراً للخدمات المميزة التي تقدمها للمستخدم، من أهم مزايا الجيل الثالث من تقنية الاتصالات النقالة هي القدرة على دعم عدد أكبر من مستخدمي الصوت والبيانات في وقت واحد وبمعدلات نقل بيانات سريعة جداً، ومن أشهر تطبيقات شبكات الجيل الثالث تقنية "UMTS" النظام العالمي للاتصالات المتنقلة التي تؤمن وصول المستخدمين لشبكة الانترنت في أي وقت، ومع النمو المتزايد لتكنولوجيا الانترنت وازدياد عدد المستخدمين كانت التوجهات إلى أي مدى يمكن تحسين هذه التكنولوجيا، فتم إيجاد نظام UMTS الخليوي بالإضافة إلى وجود عدد من التطبيقات التي تعتمد على هذا النظام والتي تتطلب دفع كبير للمعطيات ونقلها بالزمن الحقيقي كالتطبيق الذي قمنا بدراسته وهو نقل الصوت عبر الانترنت VOIP، تأتي أهمية هذا البروتوكول كونه يحل مكان تقنية الـ TDM حيث أنه ينقل رزم الإشارة الصوتية بعد ترميزها عبر الـ IP. وكون كلفته منخفضة هذا ما أدى لانتشاره بشكل واسع في شبكات الـ UMTS.

تقدم تقنية الـ VOIP خدمات الهاتف العادي، بالإضافة إلى خدمات أخرى مثل القدرة على إنشاء محادثة متعددة الأطراف والبريد الصوتي، وإمكانية تخصيص النغمات وإضافة تفاصيل الأشخاص المتصل بهم وحفظها، والقدرة على التحكم في الأرقام مثل منع الاتصال برقم معين أو استقباله، كما تمكن من ارسال واستقبال البيانات مثل الصور والمستندات أثناء إجراء المحادثة الصوتية.

يهدف البحث إلى تقييم جودة نقل الصوت VOIP عبر شبكة UMTS خاصة افتراضية مكونة من شبكتين فرعيتين في موقعين مختلفين يبعدان عن بعضهما مسافة قدرها 80 Km، وذلك بدراسة سيناريوهات نقل الصوت باستخدام بروتوكول الإنترنت ضمن شبكة UMTS المستخدمة لنقل البيانات من خلال قياس التأخير والضياح باستخدام برنامج المحاكاة OPNET الذي يوفر بيئة تحاكي تماماً واقع الشبكة المدروسة، وقد مكنت النتائج التي تم التوصل إليها إضافة إلى تقييم جودة خدمة نقل الصوت من تحديد عرض الحزمة اللازم، ونوع ترميز الصوت الواجب استخدامه.

الكلمات المفتاحية: تقنية UMTS، نقل الصوت عبر الإنترنت VOIP، جودة خدمة نقل الصوت، OPNET.

\* ماجستير - قسم النظم والشبكات الحاسوبية - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Evaluation of Quality of VOIP over UMTS networks

Ranim Sino\*

(Received 18 / 12 / 2016. Accepted 27 / 2 / 2017)

### □ ABSTRACT □

The third generation of network systems is the prevalent today because of special services provided by the user, the most important third-generation advantages of mobile communications technology is the ability to support a greater number of voice users and data at one time and the rate is very fast data transfer, the most famous applications third-generation networks is "UMTS" technology global system for mobile Communications, which provides users access to the internet at anytime and anywhere, as it is with the increasing growth of internet technology and the increasing number of users were trends to what extent can we improve the technology, and was finding UMTS cellular system, plus to the emergence of a number of applications that rely on this system, which requires a large stream of data such as voice transmission over the internet (VOIP) and transfer of data in real time, the importance of this protocol solves the technology being the place where it transports TDMA voice signal packets after coding across the IP and the fact that low cost is what has led to spread widely in the UMTS networks.

VOIP technical Provides regular phone services, as well as other services such as the ability to create a multilateral conversation, voice mail, and the ability to customize ringtones and add details of people their caller and saved, was also able to send and receive data such as images and documents during a voice conversation.

The research aims to assess the quality of the sound VOIP transmission over a private UMTS virtual network made up of two networks subgroups in two different locations are within about each other a distance of 80 Km, by examining VoIP scenarios using IP within the UMTS network used to transfer data through the delay and loss using simulation OPNET measurement program which It provides an environment perfectly mimic "the reality of the studied network, has enabled the results that have been reached in addition to evaluating the quality of voice transmission determine the width required service package, the type of audio encoding to be used.

**Key Words:** UMTS technology, VOIP, QOS, OPNET.

---

\*Master-Department of Systems and computer networks- Faculty of Information Technology-Tishreen University- Lattakia- Syria.

**مقدمة:**

مع انتشار الإنترنت انتشاراً واسعاً وازدياد استخدامه بشكل مطرد، ظهرت الكثير من التطبيقات والخدمات الشبكية الحديثة فلم يعد الأمر مقتصرًا على البريد الإلكتروني والتصفح، بل ظهرت خدمات جديدة كالاتصال الصوتي عبر الإنترنت (VOIP (Voice Over IP وتطورت أجيال الاتصالات الخلوية وخصوصاً الجيل الثالث من تقنية الاتصالات النقالة الذي أصبح أكثر شيوعاً في الوقت الحالي ويتميز بالقدرة على دعم عدد أكبر من مستخدمي الصوت والبيانات في وقت واحد، وبمعدلات نقل بيانات سريعة جداً، توفر خدمات الجيل الثالث القدرة على نقل كل من البيانات الصوتية (مثل المكالمات الهاتفية) والبيانات غير الصوتية (مكالمات الفيديو) وتحميل المعلومات والموسيقى والصور والرسائل الفورية وولوج الإنترنت وتبادل الرسائل الإلكترونية كل هذا في وقت واحد، ويعد النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (UMTS (Universal Mobile Telecommunication System من أهم تقنيات الجيل الثالث تم تطويره في أوروبا وتم الاعتراف به من قبل معهد معايير الاتصالات الأوروبي (ESTI (European Telecommunication Standards Institute كمعيار للاتصالات الجيل الثالث ووضع المواصفات التقنية له، ويؤمن وصول المستخدمين لشبكة الإنترنت في أي وقت، ومع النمو المتزايد لتكنولوجيا الإنترنت أصبحت شبكة اتصالات عامة تستطيع نقل البيانات، الصوت والفيديو، كما أن إجراء المكالمات الصوتية باستخدام بروتوكول الإنترنت VOIP يوفر الكثير من التكلفة لذلك يجب أن تؤمن شبكات UMTS خدمات نقل الصوت بجودة عالية، وهذه النجاحات التي حققتها تقنية نقل الصوت VOIP عبر شبكات UMTS دفعت الدول لبناء بنية تحتية قوية لشبكات UMTS تربط المدن بالضواحي مما يؤهلها لتقديم خدمات VOIP عالية الجودة [1][2].

**أهمية البحث وأهدافه:**

تأتي أهمية هذا البحث من ضرورة تطبيق شبكات الـ UMTS في مؤسسات الجمهورية العربية السورية ودوائرها واستثمارها بشكل أمثل حيث توجد لدى الدولة رؤية مستقبلية تسعى لاستخدام شبكات UMTS في المصارف الكبيرة عن طريق وصل فروعها وصرافاتها الآلية إلى مكتبها الإقليمي باستخدام شبكة UMTS، مع العلم أن وصل المكتب الإقليمي يحتاج إلى سرعات عالية يمكن لـ UMTS توفيرها إلى جانب معاملات جودة الخدمة إضافة إلى مستوى الحماية العالي والضروري لخصوصية المعطيات المتناقلة بين المصارف [3]، كما يهكّن للشركات الكبيرة والمؤسسات الصناعية والجامعات في الجمهورية العربية السورية الاستفادة من هذه التقنية لربط مواقع متعددة أو مكاتب في أماكن متباعدة، وتؤمن للمستخدمين خدمات الألعاب بوجود عدة أطراف وذلك في الزمن الحقيقي وغيرها من الخدمات والخصائص المتعددة التي توفرها للمستخدم، لذلك هدف البحث هو تقييم جودة نقل الصوت VOIP عبر شبكة UMTS، من خلال قياس التأخير والضياح، وذلك بدراسة سيناريوهات نقل الصوت باستخدام بروتوكول الإنترنت لنقل البيانات ضمن شبكة UMTS المستخدمة والمكونة من شبكتين فرعيتين في موقعين جغرافيين مختلفين يبعدان عن بعضهما مسافة قدرها 80 Km [4] [5].

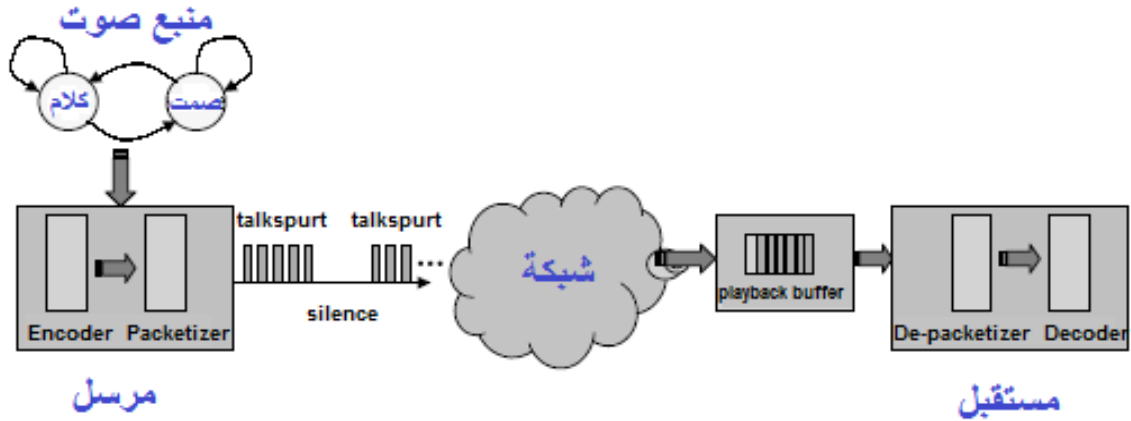
**طرائق البحث ومواده:**

تمثل أسلوب البحث في دراسة واستعراض الأسلوب النظري لمفهوم نقل الصوت VOIP عبر شبكات UMTS وتحديد العوامل التي تؤدي إلى تخفيض جودة نقل الصوت، ويعتمد أسلوب الدراسة بالنسبة للجانب التطبيقي من أجل معالجة هذه العوامل على بناء شبكة UMTS باستخدام برنامج المحاكاة OPNET 14.5 [19]، والذي يعطي نتائج

جيدة وموثوقة وهو بيئة العمل ذات الانتشار الأوسع في مجال نمذجة ومحاكاة الشبكات، وسنقوم باستخدام المحاكي بقياس البارامترات التي تؤدي إلى تدهور جودة الصوت مثل التأخير والضياح، عن طريق إرسال إشارة اختبار معروفة بين المباني المتصلة مع شبكة UMTS ومع الإنترنت، وتتضمن الدراسة إنشاء ثلاثة سيناريوهات مختلفة باستخدام OPNET مع رسم المنحنيات المعبرة وتلخيص النتائج ضمن جداول مع الأخذ بعين الاعتبار مشاكل مختلفة لجودة نقل الصوت [6] [20].

## طرائق البحث:

### 1- نظام نقل الصوت VOIP بواسطة بروتوكول الإنترنت عبر شبكات UMTS:



الشكل (1) مكونات نظام نقل الصوت VOIP باستخدام بروتوكول الإنترنت.

يبين الشكل (1) مكونات نظام VOIP المكون من مرمر Encoder يقوم بتقطيع إشارة الصوت الأصلية بشكل دوري إلى عينات مكونة من عدد ثابت من البتات لكل عينة فنحصل في خرجه على سلسلة نبضات بمعدل ثابت ، ويمكن أن يمدج الكلام كإجرائية تقوم بالتبديل بين رشقات الصوت (silence) [7]، ويأتي بعد المرمر مايسمى بمشكل الرزم packetizer الذي يقوم بتغليف عدد معين من عينات الكلام أو عدد محدد من الإطارات ليعطي رزم ذات أحجام متساوية، وتخضع رزم الصوت حالما يتم إرسالها عبر الشبكة لقيم تأخير متغيرة ولضياحات عشوائية، ويأتي مخزن البيانات المؤقت Buffer ليشكل جزء هام في طرف الاستقبال وظيفته التغلب على مشكلة قيم التأخير المتغيرة حيث يعطي خرجاً منتظماً، يمكن أن يعمل مخزن البيانات المؤقت ضمن أحد النمطين التاليين: ثابت أو متكيف [8].

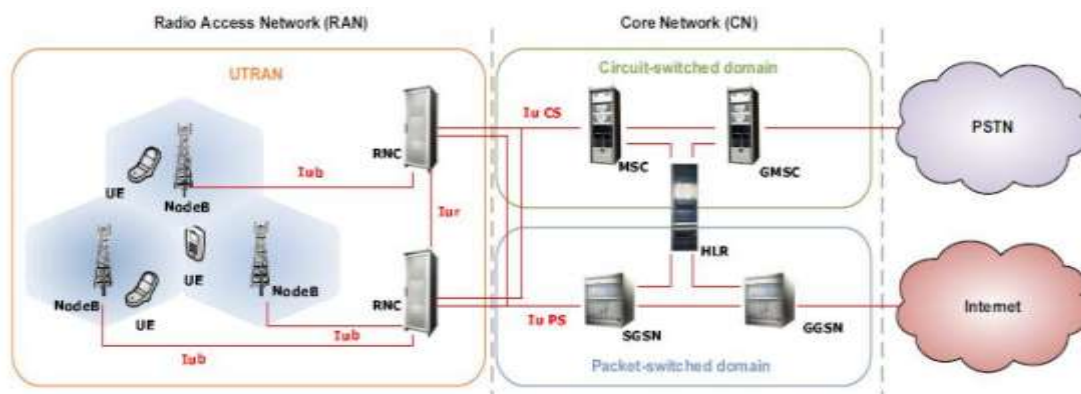
النمط الثابت يجدول إرسال الرزم بعد تأخير ثابت عن زمن الإرسال السابق وقيمه متماثلة من أجل كل الرزم، قيمة هذا التأخير الثابت مهمة ويجب ضبطها بدقة ويحتاج نمط مخزن البيانات المؤقت الثابت تزامناً بين المرسل والمستقبل بغية ضمان قيمة ثابتة للتأخير End-to-End.

إن النماذج المتكيفة التي تستخدم خوارزمية كشف القمة spikedetection تتعلم من التأخير الذي واجهته الحزم السابقة، حيث تحسب المتوسطات المتحركة للمتوسط  $d_{av}$  والانحراف المعياري  $v$  لتأخير الشبكة [9]، ثم تكيف زمن الإرسال عند بداية كل رشقة talkspurt ليصبح  $P = d_{av} + 4v$  وفي هذه المعادلة لن نسمح بتناقص زمن الإرسال

لرشقة الصوت talkspurt لأن نقصانه يؤدي إلى الكتابة فوق الرشفة المخزنة ضمن الـ Buffer، ليس الهدف من هذا البحث تصميم نموذج جديد لمخزن بيانات مؤقت، إنما استخدام نموذج واقعي لتقييم أداء الـ VOIP. يقوم مخزن البيانات المؤقت بتسليم سلسلة مستمرة من الرزم إلى مفكك الرزم depacketizer الذي بدوره يقوم بتسليمها إلى فاك الترميز ليقوم بإعادة بناء الإشارة الصوتية، يقوم فاك الترميز Decoders عادة بعملية استرداد للحزم المفقودة (Packet Loss Concealment) PLC عن طريق استنتاج حزم مشابهة للحزم المفقودة ويتم بناء الحزم المفقودة بالاعتماد على الحزم المجاورة لها [10]، وقد يقوم كل عنصر من العناصر أو المكونات المذكورة سابقاً على طول المسار بإدخال تأخير أو ضياع، فالتأخير من نهاية إلى نهاية يتكون من مجموع مايلي: إما تأخير الرموز ومشكل الرزم عند المرسل، أو تأخير النقل وانتظار الدور queuing ضمن الشبكة، أو تأخير انتظار البيانات ضمن المخزن المؤقت، وقد تنشوه إشارة الصوت الأصلية بسبب إما معدل الترميز المنخفض عند المرسل أو ضياع رزم ضمن الشبكة، وأيضاً هناك عامل آخر يؤدي إلى تشوه إشارة الصوت وهو الصدى Echo وقد تم إهماله في الشكل (1) من أجل التبسيط، والصدى عبارة عن انعكاس لإشارات الصوت أو بسبب الانعكاسات المتعددة التي يلتقطها الميكروفون عند جهاز المستخدم ويتم التحكم به بواسطة حاذف الصدى Echo Canceller بوضعه قرب منبع الصدى.

## 2- معايير تقييم جودة نقل الصوت عبر شبكات UMTS:

تهدف الدراسة إلى تقييم جودة نقل الصوت ضمن بيئة UMTS ويظهر الشكل (2) بنية نظام UMTS بمكوناته الأساسية وأهمها الشبكة المركزية (Core Network) CN، ترتبط الشبكة المركزية بالشبكات الأخرى مثل شبكة الهاتف العمومية (Public Telephone Switched Network) PTSN وشبكة الإنترنت والشبكات الأخرى الخليوية وتكون الشبكة المركزية مسؤولة عن عمليات التجوال والتوثيق وعمليات تحديد المسار وتتصل مع الشبكة الراديوية الأرضية (Radio Access Network) RAN التي تقوم بإدارة عملية النقل وتخزين الرزم المرسل إلى معدات المستخدم [11] [12].



الشكل (2) معمارية نظام UMTS.

ولتقييم جودة نقل الصوت تم أولاً اختيار معايير الجودة المتعلقة بنقل الصوت، هناك عدة معايير تؤدي إلى تدني جودة نقل الصوت تم ذكرها في الفقرة السابقة، مع العلم أنه يتم الحكم على أداء الشبكة من خلال إحصائيات التأخير والضياع .

عادة ما يستخدم مقياس شائع جدا" يطلق عليه **Mean Opinion Score** واختصاره **MOS** حيث يعبر عنه بمقياس مدرج من 1 حتى 4.5 كما يظهره الشكل (3) ومقسم إلى مجالات قياسية موحدة [13].

R	User Satisfaction	MOS	
100		4.5	
94.3	Very Satisfied	4.4	Desirable
90	Satisfied	4.3	
80	Some users dissatisfied	4.0	Acceptable
70	Many users dissatisfied	3.6	
60	Nearly all users dissatisfied	3.1	Not acceptable for toll quality
50	Not recommended	2.6	
0		1	

الشكل (3) تصنيف جودة المكالمات في شبكات UMTS التي تنقل الصوت باستخدام مقياس MOS والعامل R.

لقد أجريت العديد من الدراسات خلال السنوات الماضية من أجل اختبار تأثير كل عامل يؤدي إلى التقليل من جودة المحادثة الهاتفية، وبلا حظ من الشكل (3) أنه إذا كانت قيمة معيار MOS أكبر من 3.6 فإن جودة الصوت تكون مقبولة، وعندما تكون أكبر من 4 فإن جودة الصوت تكون ممتازة [14].

#### معايير جودة الصوت:

والتقييم المحسوس لجودة الكلام وحده لا يمكن أن يكفل نوعية صوت شاملة ويستخدم النموذج  $E_{model}$  الذي توفره التوصية (ITU-T) (International Telecommunication Union) من أجل إجراء تقييم كامل لنوعية الصوت وهو يستخدم لحساب عامل معدل الإرسال، وتحسب قيمة R على النحو التالي:

$$R = (R_0 - I_s) - I_d - I_e + A \quad [15]$$

المصطلح  $R_0$  يرمز إلى نسبة الإشارة الأصلية إلى الضجيج عند المستقبل والمصطلح  $I_s$  يمثّل الحمل على شبكة الاتصال، وهذان المصطلحان يرتبطان بإشارة الصوت الأصلية ولا يعتمدان على الإرسال ضمن الشبكة، بينما يجمع المصطلح  $I_d$  كل العوامل التي تؤدي إلى حدوث التأخير والصدى، أما المصطلح  $I_e$  فيجمع تأثير كل العوامل التي تؤدي إلى تشوه الإشارة بسبب خلل في المكونات المادية مثل معدل الترميز المنخفض بالإضافة إلى ضياع الرزم بسبب التوزيع العشوائي، ويسمى الرمز  $A$  بعامل الأفضلية.

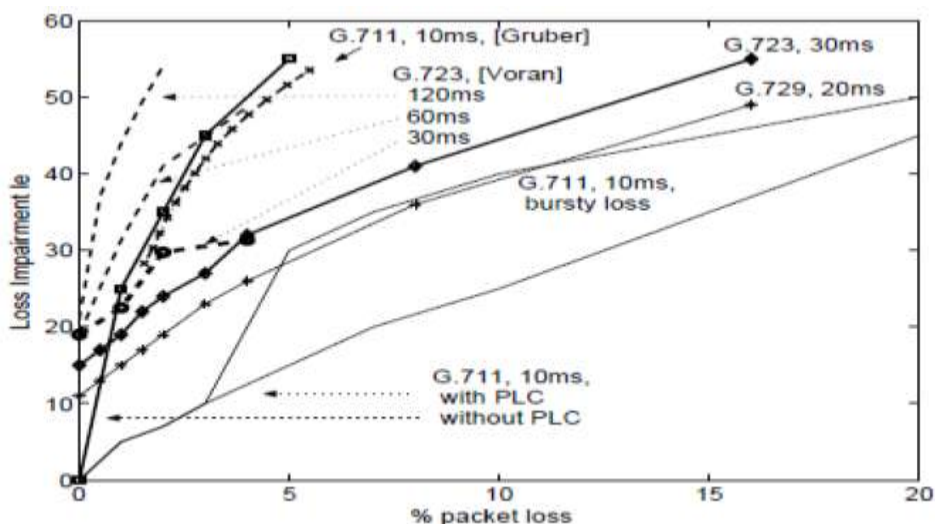
1-دراسة عامل الفقد ( $I_e$  الخسارة) :

تقييم خسارة الرزم ضروري لتقييم نوعية الصوت، وتزداد خسارة الرزم عندما تؤدي ظروف الشبكة إلى أن تتجاوز حركة الرزم طاقة التصميم لقدرات أداء الشبكة ،ويحدث هذا الطرف في كل من الأنظمة السلكية واللاسلكية ، يدعى الرمز  $I_e$  في المعادلة السابقة بعامل الخسارة ويعبر عن تشوه إشارة الصوت الأصلية بسبب انخفاض معدل الترميز وضياح الرزم في الشبكة ومخزن البيانات المؤقت، يبين الجدول (1) قيم  $I_e$  في حال عدم وجود ضياح في الرمز لمختلف أنواع المرمزات، المعيار G.711 ذو الترميز PCM(Pulse-code modulation) يدعى التضمين النبضي الشفري يعطي أفضل جودة فعلية مساوية إلى 94.3، بينما تحقق الترميز الحديثة كذاك المستخدمة في G.729 و G.723.1 ضغط أكبر للبيانات مقابل جودة فعلية أقل لأنها تدعم خوارزميات ضغط متطورة [16].

الجدول (1) ترميز معيارية، مع قيم معلومة لعامل الفقد  $I_e$ .

المعيار	نوع الترميز	معدل النقل (Kbps)	$I_e$ (loss=0)	$R_{intr}$
G.711	PCM	64	0	94.3
G.729	CS-ACLEP	8	10	84.3
G.723.1	ACLEP	5.3	19	75.3
G.723.1	MP-MLQ	6.3	15	79.3

يبين الشكل (4) ازدياد قيمة المخمد بازدياد معدل ضياح الرزم من أجل أنواع ترميز مختلفة، أحجام رزم مختلفة، والمنحنيات التي تم الحصول عليها باستخدام نموذج Emodel [17] تم رسمها بخط مستمر، تم تشكيل الرزم باعتبار أن G.711 تحوي كلام ضمن فترة 10ms ، ورزمة G.729-a تحوي إطاران كل إطار مدته 10ms ، ورزمة G.723.1 تحوي إطار واحد مدته 30ms.



ال

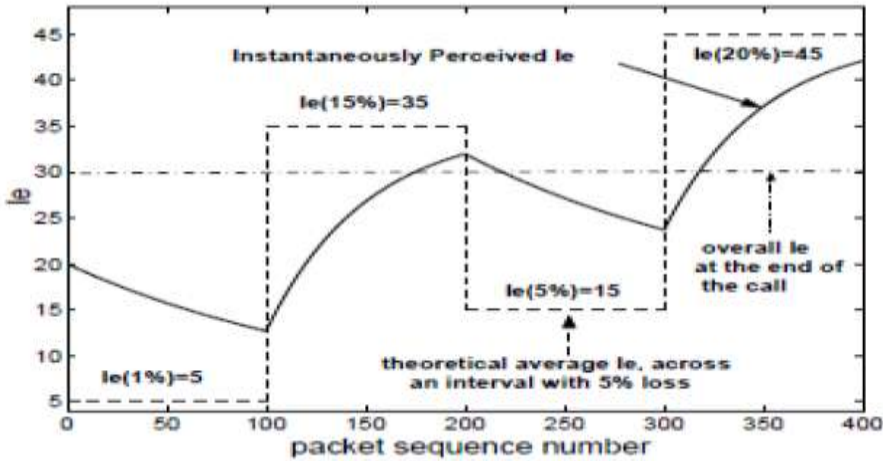
شكل (4) ازدياد قيمة عامل الفقد  $I_e$  Loss Impairment بازدياد معدل ضياح الرزم % Packet Loss .

بجانب كل منحنى من المنحنيات المبينة في الشكل (4) مجموعة من البارامترات تشمل: المعيار المستخدم (G.711, G.729, G.723.1)، ومدة الكلام ضمن الرزمة الواحدة مقدره بال ms، واستخدام عملية استرداد

الرمز المفقودة PLC أو عدم استخدامها، حيث قام Voran [17] بتطبيق عوامل متنوعة (معدلات وفترات وانقطاعات زمنية بقيم مختلفة) على الكلام المرّم بواسطة G.723.1 مع استخدام تقنية PLC وإطار frame مدته 30ms ومعدل 5.3kbps حيث ترجم التدهور الحاصل في قيمة MOS إلى قيمة المخمد  $I_e$ ، تم رسم قيمة هذا المخمد  $I_e$  من أجل الترميز G.723.1 وهو يوافق من الناحية الكمية منحنى Emodel مع معدلات ضياع ضمن المجال [0-4%]، كما تم تحويل قيم MOS وتم رسمها بشكل منقطع كما يظهره الشكل (4). [17]:

**جودة المحادثة الصوتية المنقولة باستخدام بروتوكول الإنترنت:**

تم دراسة قطعة segment من الكلام المرّم تعرضت لمقدار معين من الخسارة بسبب التأخير والضياع، هذه الدراسة مناسبة لتصنيف عينات صغيرة من الكلام كالمستخدمة في الاختبارات الذاتية التي أدت إلى المنحنيات في الأعلى أي حوالي 1sec من أجل  $I_e$  وحوالي 1min من أجل  $I_d$  إن هذا الأسلوب لا ينطبق على المحادثات الصوتية التي تستغرق عدة دقائق، [16] بحساب متوسط نسبة الفقد ومتوسط التأخير خلال المحادثة الصوتية نحصل على تخمين غير دقيق وتقريبي لذلك تم تقسيم زمن المكالمات إلى فترات زمنية ثابتة ومحددة من أجل تقييم جودة كل فترة زمنية بشكل مستقل، تقييم كل فترة فيما يتعلق بـ  $I_e$  يؤدي إلى الانتقال بين قيم الجودة كما هو مبين بخط منقطع في الشكل (5).



الشكل (5) الانتقال بين فترات الضياع الأعظمي والأصغري، القيم النظرية المقابلة للقيم اللحظية العملية.

مع ذلك يشعر مستخدم الهاتف بالانتقالات بين فترات الضياع الأعظمي والأصغري مع بعض التأخير بدلاً من التغيرات المفاجئة بين القيم بالإضافة إلى ذلك ليس هناك ما يضمن أن فرضية القيمة الثابتة للخسارة الكامنة ضمن منحنيات  $I_e$  منطبقة عبر البيانات المنقولة عبر شبكة الإنترنت، تم اقتراح استخدام فترات ذات طول متغير من أجل حساب  $I_e$  ضمنها وذلك من أجل التعامل مع طبيعة الرشقة burstiness للرمز المفقودة. [9]

بحسب عرض الحزمة اللازم لنقل الصوت وفق العلاقة التالية:

$$\text{Bandwidth} = [(\text{Layer2 header}) + (\text{IP/UDP/RTP header})] * (\text{Codec bitrate}) / (\text{Voice payload size}) \quad [16]$$

تم تصميم شبكة VOIP ضمن شبكة UMTS باستخدام برنامج OPNET حيث تم دراسة ثلاثة سيناريوهات مختلفة موضحة في الجدول (2).



الجدول (2) توصيف كل سيناريو.

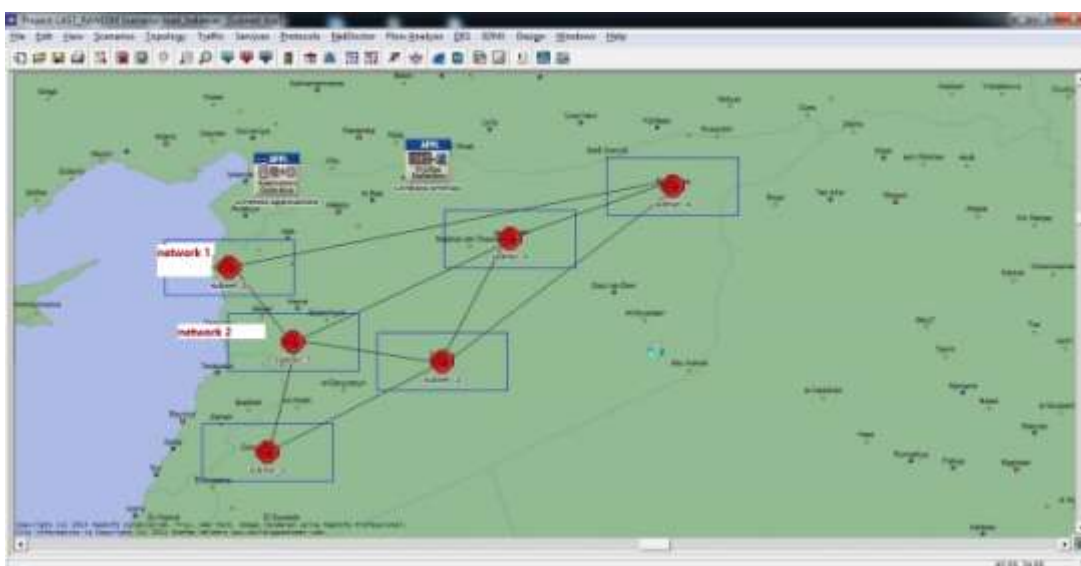
المقارنة بين أداء شبكة VOIP مشغولة وبين أداء شبكة VOIP غير مشغولة	السيناريو الأول
مراقبة جودة الصوت المنقول باستخدام بروتوكول الانترنت من أجل نسب ضياع مختلفة (Internet Qos)	السيناريو الثاني
دراسة تأثير نوع ترميز الصوت المستخدم على جودة الصوت	السيناريو الثالث

تم توضيح البارامترات المقاسة في كل سيناريو بشكل مختصر في الجدول (3).

الجدول (3) البارامترات المقاسة من أجل كل سيناريو.

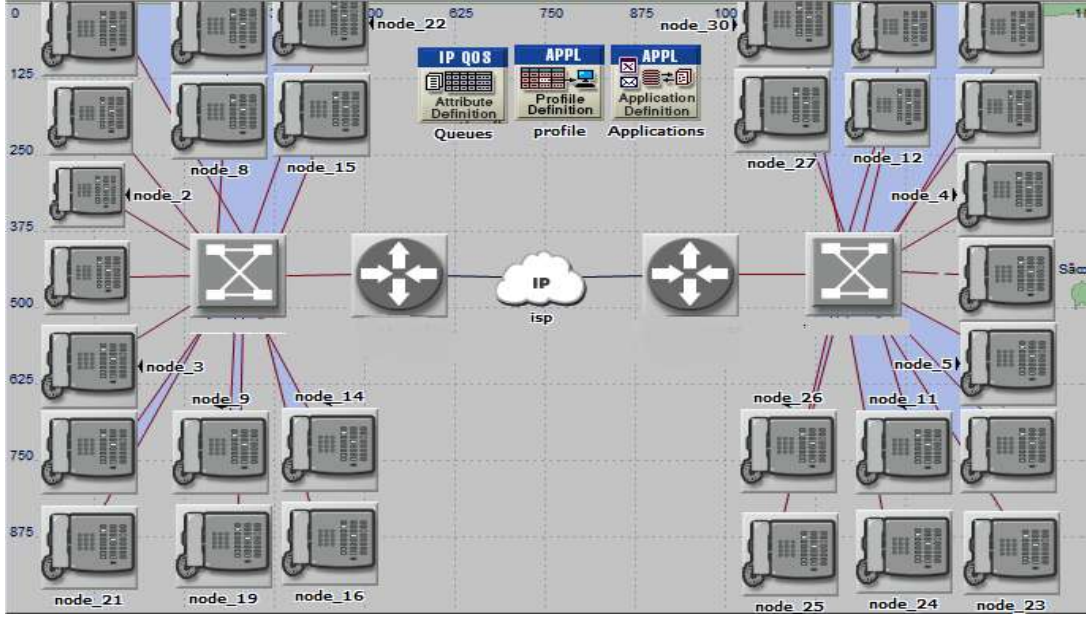
اختلاف زمن وصول الرزمة	Jitter
الزمن الممتد من لحظة قيام المنبع بإرسال الرزمة ، حتى لحظة استلامها من قبل المستقبل.	End-to-End delay
النسبة المئوية لرزم الصوت المفقودة ضمن الشبكة	Packet loss
يعبر هذا المعيار عن رأي المستخدم بجودة الصوت. كلما كانت قيمة المعيار أكبر، كانت جودة الصوت أفضل.	MOS

إن الشبكة المدروسة مكونة من موجه router موجود في مركز إدارة الشبكة الأولى Network 1، وملتصلاً مع شبكة الانترنت بكبل نوع serial [16]، ويستخدم عرض حزمة مقداره 2Mbps بالإضافة لذلك يوجد router في Network 2 متصل مع شبكة الانترنت بكبل نوع serial كما يبينه الشكل (6).



الشكل (6) شبكة UMTS المولفة من شبكتين فرعيتين يبعدان جغرافياً مسافة 80Km.

لقد تم توصيل الشبكة باستخدام برنامج المحاكاة OPNET كما يبدو توصيل الشبكة في الشكل (7).



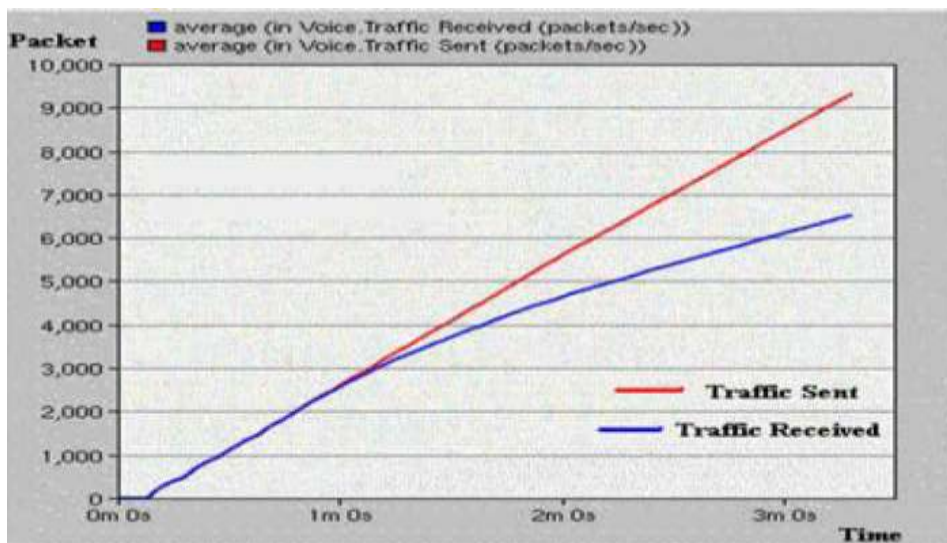
الشكل (7) طبولوجيا الشبكة المدروسة باستخدام برنامج المحاكاة OPNET .

كما تم ضبط بارامترات البرنامج ووضع الإعدادات اللازمة لعمل الشبكة الموضحة بالشكل (7) فكانت النتائج كما هو موضح ضمن السيناريوهات الثلاثة التالية:

#### السيناريو الأول: المقارنة بين أداء شبكة VOIP مشغولة وبين أداء شبكة VOIP غير مشغولة.

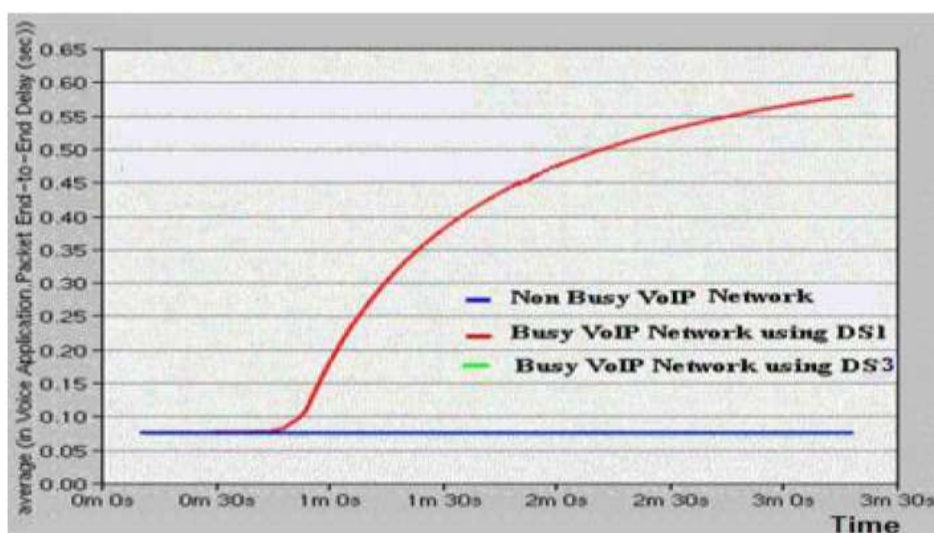
الهدف من هذا السيناريو هو المقارنة بين أداء الشبكة عندما تكون في حالة حمل زائد، وبين أداء الشبكة عندما تكون الحمولة طبيعية وذلك من أجل البارامترات التالية: تغير زمن وصول الرزم jitter ، تأخير نهاية إلى نهاية، ضياع الرزم، وقيمة MOS ، بالإضافة لذلك تم استخدام وصلات ذات ساعات مختلفة في شبكة VOIP مشغولة لتحديد أثرها على البارامترات المذكورة مسبقاً.

لنجعل شبكة الـ VOIP مشغولة، نقوم بجعل 15 طرفية في الشبكة المصممة باستخدام OPNET في الشبكة الفرعية الأولى تجري 15 مكالمات هاتفية مع 15 طرفية في الشبكة الفرعية الثانية بعد 10 ثواني من بدء المحاكاة، ثم إجراء مكالمات هاتفية إضافية كل عشر ثواني، كما نستخدم لوصول مركز إدارة الشبكة في مع شبكة الانترنت وصلة DS1 ، ثم سنستبدل هذه الوصلة بوصلة DS3 مع وجود نفس الحمل على الشبكة، مع العلم أن سعة وصلة DS1 تساوي 1.544 Mbps بينما سعة وصلة DS3 تساوي 44.736 Mbps ، يبين الشكل (8) البيانات المرسل والمستقبل من أجل شبكة VOIP مشغولة باستخدام وصلة DS1 ، نلاحظ بعد مرور دقيقة على بدء تشغيل المحاكاة يصبح معدل البيانات الكلية المستقبل أقل من معدل البيانات المرسل بسبب كون وصلة DS1 محملة بالبيانات بشكل زائد ومفرط.



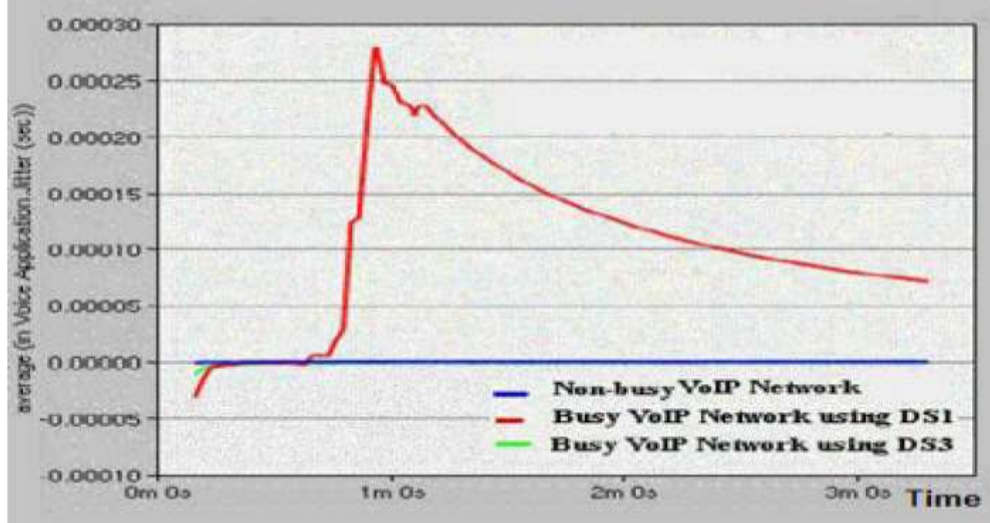
الشكل (8) يوضح معدل البيانات المرسل والمستقبل في شبكة VOIP مشغولة باستخدام وصلة DS1.

يؤدي الحمل الزائد على الشبكة إلى إنقاص معدل تدفق البيانات وبالتالي زيادة التأخير نهاية إلى نهاية للرزم كما هو مبين بخط أحمر في الشكل (9) ، بسبب ازدياد التأخير نهاية إلى نهاية تصل بعض الرزم إلى الوجهة خارج المجال الزمني 80ms لذلك يتم إهمال عدة رزم ، إن عدم التطابق بين منحنى البيانات المرسل ومنحنى البيانات المستقبل يدل ضمناً على وجود ضياع في الرزم. بعد ذلك تم استبدال وصلة DS1 بوصلة DS3 شبكة VOIP مشغولة، نلاحظ عند استخدام وصلة DS3 في شبكة VOIP مشغولة اختفاء ظاهرة الحمل الزائد بسبب السعة الكبيرة لهذه الوصلة والنتيجة لا يوجد تأخير نهاية إلى نهاية ولا يوجد ضياع بالرزم [17] .



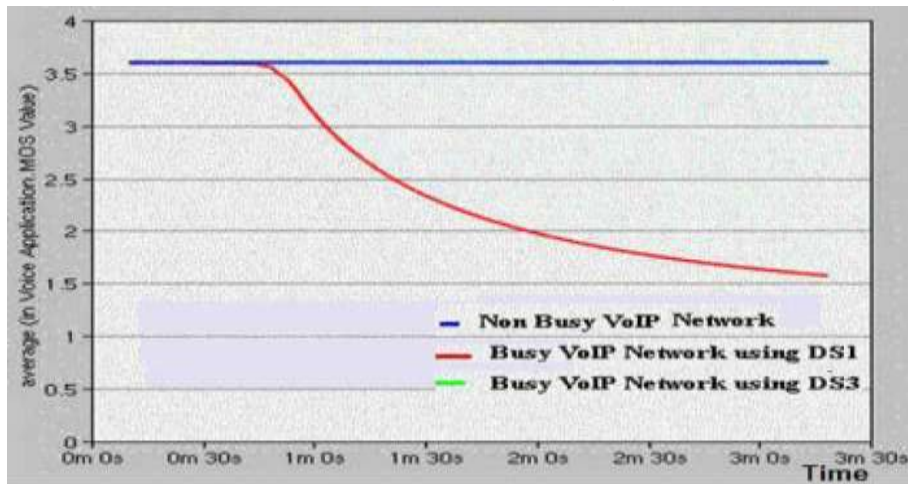
الشكل (9) يوضح تأخير نهاية إلى نهاية في شبكة VOIP غير مشغولة وفي شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS1 وفي شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS3.

نلاحظ من الشكل السابق أن اللون الأحمر يبين ازدياد التأخير نهاية إلى نهاية بشكل سريع في شبكة VOIP مشغولة وتستخدم وصلة DS1 بعد حوالي دقيقة واحدة تقريباً، لأن الحمل الزائد يؤدي إلى معدل تدفق بطيء، وتعتبر المنحنيات الحمراء والخضراء في الشكل (10) عن تفاوت التأخير في شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS1 و DS3 على الترتيب.



الشكل (10) تغير التأخير في شبكة VOIP غير مشغولة، وفي شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS1 وفي شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS3.

يبين الشكل السابق بوضوح أن تفاوت التأخير يزداد بشكل سريع بعد دقيقة تقريباً من بدء عملية المحاكاة عند استخدام ازدياد الحمل على وصلة DS1 في شبكة VOIP مشغولة ونلاحظ تطابق المنحنيين من أجل شبكة VOIP غير مشغولة وشبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS3.



الشكل (11) يبين قيمة MOS في شبكة VOIP غير مشغولة، وفي شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS1 وفي شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS3.

تؤدي الزيادة في قيمة التأخير نهاية إلى نهاية وقيمة الـ jitter إلى إنقاص قيمة MOS في شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS1 كما يبين المنحني الأحمر في الشكل (11)، لا يحدث تناقص سريع في قيمة MOS في

شبكة VOIP غير مشغولة وفي شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS3 بسبب عدم وجود حمل زائد على الشبكة، كما تم تلخيص البارامترات التي حصلنا عليها من أجل شبكة VOIP غير مشغولة وشبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS1 وشبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS3 في الجدول (4) .

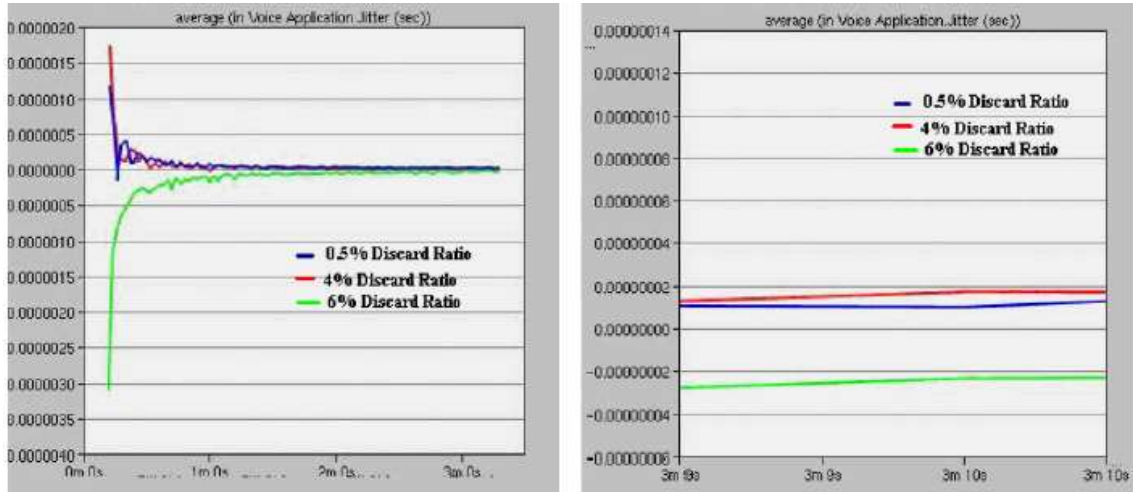
الجدول (4) النتائج التي تم الحصول عليها من السيناريو الأول.

الحالة المدروسة	Jitter	تأخير End-To-End	قيمة MOS	ضياح الرزم
شبكة VOIP غير مشغولة	يهمل	ثابت يساوي إلى 0.075sec	ثابت يساوي إلى 3.6	لا يوجد ضياح
شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS1	متغير بشكل لا يمكن إهماله	يزداد بشكل سريع عندما يزداد الحمل على الوصلة بشكل مفرط	تتناقص بشكل سريع عندما يزداد الحمل على الوصلة بشكل مفرط	يحصل ضياح بعد مرور دقيقة تقريبا"
شبكة VOIP مشغولة تستخدم وصلة DS3	يهمل	ثابت يساوي إلى 0.075sec	ثابت يساوي إلى 3.6	لا يوجد ضياح

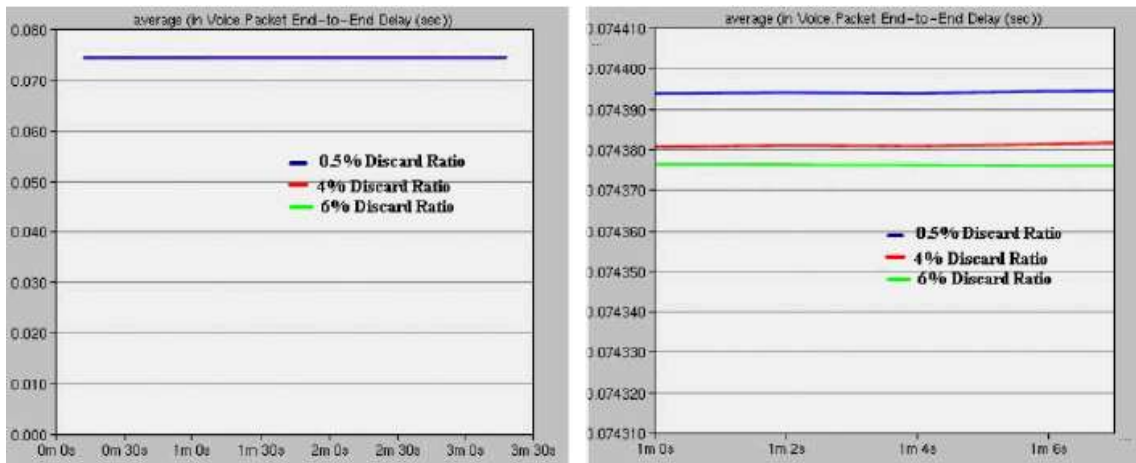
نلاحظ من النتائج التي تم تلخيصها في الجدول السابق بأن جودة الصوت تتدهور عندما تصبح شبكة VOIP مشغولة حيث أن الحمل الزائد يؤدي إلى تغير في زمن وصول الرزم وعوامل أخرى كما يبينها الجدول، ويمكن الحل في تغيير سعة الوصلة باستبدال وصلة DS1 بوصلة DS3 ويمكن في هذه الحالة التخلص من مشكلة الحمل الزائد لأن معدل نقل البيانات في DS1 أكبر من معدل نقل البيانات في DS3.

**السيناريو الثاني: مراقبة جودة نقل الصوت VOIP عبر شبكة UMTS من أجل نسب ضياح مختلفة (Qos).**

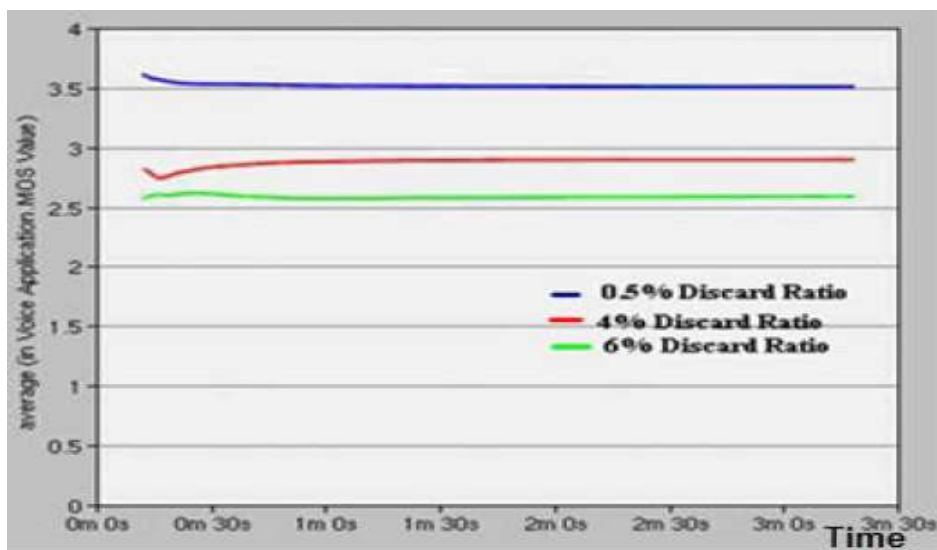
الهدف من هذا السيناريو هو دراسة تأثير جودة خدمة شبكة الانترنت على جودة الصوت، وتستخدم في هذا السيناريو نسبة الإهمال discard ratio لتغيير جودة خدمة شبكة الانترنت يتم التعبير في برنامج OPNET عن نسبة إهمال الرزم كنسبة مئوية من الرزم الكلية، وسنبدأ بتغيير نسبة فقد الرزم وفق التسلسل التالي: 0.5%, 4%, 6% وتبين الأشكال من (12) إلى (15) على الترتيب: تفاوت التأخير، التأخير نهاية إلى نهاية، قيمة MOS وضياح الرزم وفق نسب إهمال رزم مختلفة.



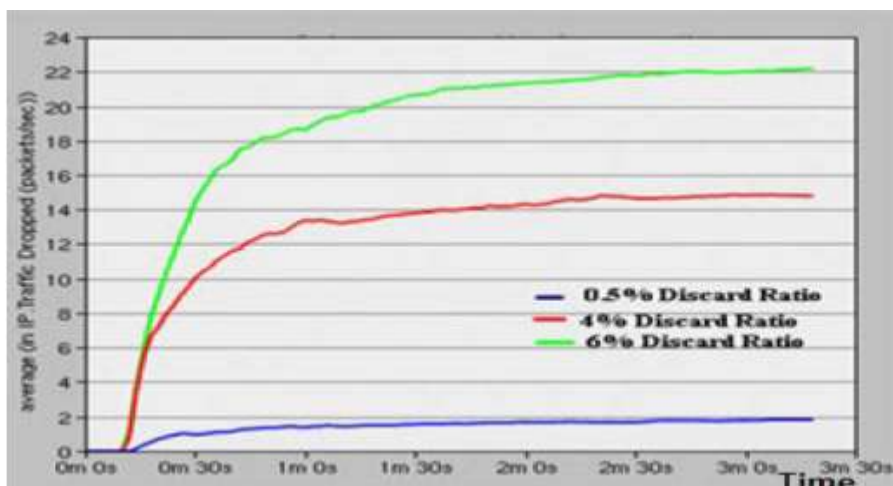
الشكل (12) يبين الـ jitter بوجود نسب فقد مختلفة على اليسار الشكل الطبيعي، على اليمين الشكل مقرب.



الشكل (13) يبين التأخير نهاية إلى نهاية بوجود نسب فقد مختلفة على اليسار الشكل الطبيعي، على اليمين الشكل مقرب.



الشكل (14) يبين قيمة MOS بوجود نسب فقد مختلفة.



الشكل (15) يبين الرزم المفقودة في كل ثانية بوجود نسب فقد مختلفة.

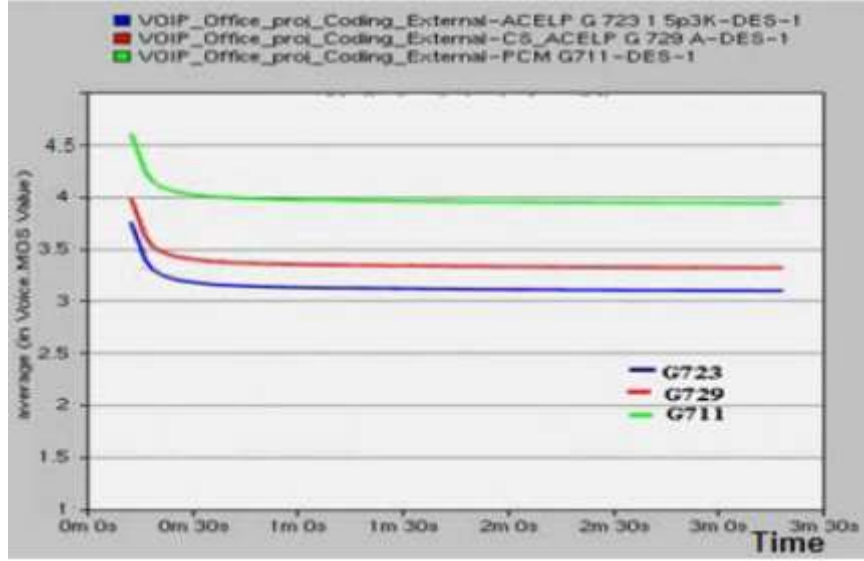
الجدول (5) يلخص النتائج التي تم التوصل إليها من المنحنيات الأربعة السابقة.

الحالة المدروسة	Jitter	تأخير نهاية-إلى-نهاية	قيمة MOS	ضياح الرزم
نسبة فقد 0.5%	يهمل	أطول	3.510	1.824
نسبة فقد 4%	متغير بشكل لا يمكن إهماله	أقصر	2.896	18.411
نسبة فقد 6%	يهمل	أقصر	2.584	22.024

من خلال السيناريوهات السابقة ومن الجدول يتبين أن تغير jitter حاد في شبكة VOIP ذات نسب فقد 6% المدروسة أما تأخير نهاية إلى نهاية فيكون الأقصر، وبالمقارنة مع الشبكات ذات نسب الفقد الأخرى يمكن استنتاج أن الشبكات ذات نسب الفقد الأعلى تخضع لزمّن تأخير نهاية إلى نهاية أقل لأنه كلما ازدادت نسبة الفقد سيتم إهمال رزم أكثر خلال عملية الإرسال مما يسرع معدل التدفق ضمن الوصلة [18]، وهذا التسرع يؤدي إلى وصول الرزم إلى المستقبل بزمن أقل من الزمن المتوقع مما يؤدي إلى تدهور جودة الصوت، كما يبين الجدول أن نسبة الفقد الأعلى في الشبكة تؤدي إلى فقد كبير في الرزم ضمنها وإلى أخفض قيمة MOS ضمن هذه الشبكة وهذا يتطابق مع الدراسات النظرية التي تبين أنه كلما ازدادت نسبة فقد رزم الصوت ضمن الشبكة قلت جودة الصوت بشكل كبير وبالتالي ستتناقص قيمة MOS.

#### السيناريو الثالث: دراسة تأثير نوع ترميز الصوت المستخدم على جودة الصوت.

في هذا السيناريو تمت دراسة تأثير ثلاثة ترميز على جودة الصوت وهي: ACELP G723 5.3k, Cs- PCM G 711 ACELP G729 A. كما يوضح الشكل (16) قيمة MOS للترميز الثلاثة المدروسة.



الشكل (16) يوضح قيمة MOS للترميز المدروسة (G711, G729, G723).

الجدول (7) يبين الترميز المدروسة وقيم MOS المقابلة لها.

الترميز المستخدم	قيمة MOS
ACELP G723 5.3k	2.097
CS-ACELP G729 A	2.316
PCM G 711	2.935

يتبين من الجدول (7) أن ترميز PCM G.711 يعطي أعلى قيمة لـ MOS بينما يؤدي استخدام ترميز ACELP G723 إلى أقل قيمة لـ MOS هذا يعني بأن ترميز PCM G711 يعطي أفضل أداء للصوت بالمقارنة مع الترميز المدروسة [18].

يلخص الجدول (8) التأخير ومعدل البت لترميز الصوت المدروسة، يتبين من هذا الجدول أن معدل البت الأسرع والتأخير الأقصر يؤديان إلى أفضل جودة للصوت المنقول عبر شبكة UMTS المدروسة.

الجدول (8) يوضح العلاقة بين الترميز المستخدم والبارامترات المتعلقة به.

الترميز المستخدم	معدل البت	التأخير	قيمة MOS
ACELP G723 5.3k	منخفض	مرتفع	منخفضة
CS-ACELP G729 A	متوسط	متوسط	متوسطة
PCM G 711	مرتفع	منخفض	مرتفعة



## الاستنتاجات والتوصيات:

تنتشر شبكات نقل الصوت باستخدام بروتوكول الإنترنت VOIP بشكل سريع وواسع بسبب الميزات الكثيرة التي تتمتع بها، تم في هذا البحث تصميم ومحاكاة شبكة VOIP في بيئة UMTS بالاعتماد على برنامج المحاكاة OPNET، وتتألف شبكة UMTS من شبكتين فرعيتين تبعدان عن بعضهما مسافة قدرها 80Km، وتم دراسة العوامل التي تؤدي إلى تدهور جودة الصوت مثل تفاوت التأخير، تأخير نهاية إلى نهاية، ضياع الرزم وجودة خدمة الإنترنت، حيث تم تحليل الشبكة من أجل ثلاثة سيناريوهات مختلفة وتحديد أثر العوامل التي تؤدي إلى تدهور جودة الصوت في كل سيناريو.

تمت دراسة الحمل الزائد على سعة الشبكة، عن طريق المقارنة بين شبكتي VOIP مشغولة وغير مشغولة ووجد أن جودة الصوت تتدهور كلما زاد الضغط على الشبكة، وتم معالجة هذه المشكلة من خلال زيادة سعة الوصلة واستخدام ساعات مثل DS3,OC24,OC48، وعند تخصيص عرض حزمة 2Mb فإنه يمكن إجراء 128 مكالمات في نفس الوقت وتأخير كلي لا يتجاوز 1ms وبالتالي يمكن الحصول على مكالمات ذات جودة عالية.

تم دراسة تأثير الترميز المستخدم على جودة الصوت بمقارنة ثلاثة ترميز مختلفة (G711,G723,G729) وتبين أن الترميز G711 يعطي أفضل قيمة لموس و تساوي إلى 4.

مما سبق يتبين أن شبكات الجيل الثالث وخصوصاً شبكات UMTS من أكثر الشبكات شيوعاً نظراً للخدمات المميزة التي تقدمها للمستخدم، لها القدرة على دعم عدد أكبر من مستخدمي الصوت والبيانات في وقت واحد وبمعدلات نقل بيانات سريعة جداً وبتكاليف أقل وبسعة أكبر وبفعالية طيفية كبيرة مما أدى لانتشار تقنية نقل الصوت عبر شبكات UMTS انتشاراً واسعاً في سوريا باستخدام الدارات المؤجرة.

## المراجع:

- [1] KAARANEN HEIKKI, etc, *UMTS Networks Architecture, Mobility and Services*, John Wiley & Sons, Ltd, England, 2015.
- [2] GIAMBENE.G, MONTEIRO .E,"*UMTS Architecture and Protocols*", Cambridge University Press, 2014.
- [3] FENG RUIJUN, SONG JUNDE. "*Some QoS Issues in 3G Wireless Networks*". In IEEE Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering. The Ninth IEEE International Symposium, Volume: 2,28-31,Oct. 2015 ,724-727.
- [4] KOLATE , V.S. PATIL, G.I. BHIDE, A.S. *Call Admission Control Schemes and Handoff Prioritization in 3G Wireless Mobile Network*, International Journal of Engineering and Innovative technology (IJEIT), Volume 1, Issue 3, 92-97, March 2014.
- [5] KOSTAS T, BORELLA M, SIDHU M, SCHUSTERG,GRABIEC J, *Realtime voice over packet switched networks IEEE Network*, January 2015.
- [6] SCALABRINO, N. DE PELLEGRINI, F. RIGGIO, R. MAESTRINI, A. COSTA, C.CHLAMTAC, I. "*Measuring the quality of VoIP traffic on a UMTS testbed*", IEE TridentCom, May. 2014.
- [7] H.V BALAN, L. EGGERT, S. NICCOLINI, M. BRUNNER, M., "*An experimental evaluation of voice quality over the Datagram Congestion Control Protocol*", Proc. IEEE INFOCOM 6-12, 2015.
- [8] JADHAV, S., ZHANG, H .; HUANG, Z. "*Performance Evaluation of Quality of VoIP in WiMAX and UMTS*" PDCAT 2015.

- [9] GEEVARGHESE, B., THOMAS, J. ; ANIL, M. ; FRANCIS, A. *Pre-processed back propagation neural networks for CDMA interference cancellation. IEEE International Conference on Emerging Trends in Computing, Communication and Nanotechnology (ICE-CCN)*. Baltimore, MD, USA. 7-9 Nov. 2015.
- [10] LALITHA, M. RAMAKRISHNAN, M. SHANMUGAVEL, S. "Selection of Effective Routing Protocol for Real Time Video Transmission over Mobile Ad- Hoc Networks" 350 IEEE Region 8 SIBIRCON2010, Irkutsk Listvyanka, Russia, July 11 - 15, 2015.
- [11] THERMOS, P. *Two attacks against VoIP*. Retrieved April, 2014 at <http://www.securityfocus.com/infocus/1862/1>.
- [12] GUHA, D.R.; PATRA, S.K. *Novel Approach to Co-channel Interference Mitigation Using Wilcoxon Generalized Radial Basis Function Network*. Proceedings of India Conference (INDICON)- An IEEE India Council Conference. India, 18-20 Dec. 2015.
- [13] FENG RUIJUN, SONG JUNDE. "Some QoS Issues in 3G Wireless Networks". In IEEE Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering. The Ninth IEEE International Symposium, Volume: 2, 28-31, Oct. 2015, 724-727
- [14] HOLMA HARRI, TOSKALA ANTTI, *WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications*, 07 March, 2015, ISBN: 0471486876.
- [15] TIPPER, D. DAHLBERG, T. SHIN, H.; CHARNSRIPINYO, C. "Providing fault tolerance in wireless access networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 1, Jan. 2014, 58–64.
- [16] ITU-T Rec. P.800.2 (2015) *Mean Opinion Score (MOS) interpretation and reporting*.
- [17] SHEETAL VORAN, HAIBO ZHANG, ZHIYI HUANG, "Performance Evaluation of Quality of VoIP in UMTS," in Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT), 2015. [Online] <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6118553>.
- [18] VICTOR Y. H. KUEH, RAHIM TAFAZOLLI, AND BARRY G. EVANS, "Performance analysis of session initiation protocol based call set-up over satellite-UMTS network," Computer Communications, vol. 28, no. 12, pp. 1416-1427, July 2015. [Online] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366405000502>.
- [19] OPNET Technologies Inc. [http://www.opnet.com/TCP Throughput.pdf](http://www.opnet.com/TCP%20Throughput.pdf).
- [20] OPNET, "Making Networks and Applications Perform", OPNET Technologies Inc, <http://www.opnet.com/>.