تقنية الصوت عبر معيار إنترنت

الصوت عبر معيار إنترنت Voice Over Internet Protocol يمكن تعريفه بالتقنية التي يتم فيها نقل الصوت عبر بيانات بمعيار إنترنت وبما يوفر للمستخدم النهائي اتصالاً صوتياً آنياً.

وعند سماع مصطلح الصوت عبر معيار إنترنت يتبادر إلى ذهن الكثيرين أن ذلك يعني الاتصال عبر شبكة الإنترنت (الشبكة العنكبوتية)، مع ذلك فالصوت عبر معيار إنترنت هي تقنيات يمكن استخدامها في شبكة حاسب خاصة تستخدم معيار إنترنت لربط شبكات فرعية.

ومع أن التقنية يشار إليها بأنها الصوت عبر معيار إنترنت إلا أنها تتسع للصوت والوسائط المتعددة Multimedia عبر شبكة عاملة بمعيار إنترنت، وبذلك فإن الوسيطتين تحتاجان إلى خدمات اتصالات آنية مثل المؤتمرات المصورة عن بُعد.

تاريخ الصوت عبر معيار إنترنت

معيار إنترنت يعود إلى ابتكار شبكة إنترنت منذ ما يصل إلى 40 عاماً إلا أن الصوت عبر معيار إنترنت انتظر إلى حين توافر التقنيات اللازمة لتنفيذه.

ولتحقيق ذلك هناك حاجة لتوافر التقنية في ثلاثة مجالات هي سرعة التشفير، وإزالة التشفير Coder/Decoder، وسرعة المودم Modem Speed، وقدرات المعالجة Processing Power.

ففي عام 1995م طُوّر جهاز المودم ليصل إلى سرعة 14.4 كيلو بت/ ثانية وأصبح بالإمكان استخدام المشفر Codec منخفض السرعة (الذي طُوّر لنظام GSM بسرعة 8 كيلوبت/ثانية) وعند ذاك أصبح بالإمكان نقل الصوت عبر شبكة عاملة بمعيار إنترنت.

وفي العام نفسه حصل استخدام محدود للصوت عبر معيار إنترنت وكان الاستخدام غير اعتيادي لكنه كان اللبنة الأولى لوضع مواصفات الصوت عبر معيار انترنت.

أسباب الاهتمام بالصوت عبر معيار إنترنت

جزء من الاهتمام بالصوت عبر معيار إنترنت يعود إلى أسباب غير تقنية، والجزء الآخر تقني يمكن إجمالها فيما يأتي:

1- بالنسبة لشركات الاتصالات الجديدة من السهولة استخدام أنظمة الصوت عبر معيار إنترنت بدلاً من التقنيات الخاصة بالخطوط الهاتفية الرقمية TDM؛ نظراً لكون الشركات الجديدة لا تملك أنظمة سابقة صرفت عليها مبالغ كبيرة وتنتظر استعادة ما استثمرته فيها.

2- إن تكاليف دوائر الإنترنت للمسافات البعيدة أقل من تكلفة الدوائر الصوتية، بالإضافة لكونها دوائر بيانات غير خاضعة لقواعد التحاسب الدولية[1].

3- طُوّرت الشبكات العاملة بمعيار إنترنت بما يسمح لها أن تنقل جميع أنواع خدمات الاتصالات، الأمر الذي يجعل شركات الاتصالات قادرة على تقديم خدمات جديدة ومتطورة.

مقاسم الدوائر الهاتفية ومقاسم رزم البيانات

لكي نفهم الفرق بين مقاسم الدوائر الهاتفية ومقاسم رزم البيانات يجب أن نشرح هذين النوعين من شبكات الاتصال وهما:

مقاسم الدوائر الهاتفية: يتم الاتصال في مقاسم الدوائر الهاتفية من خلال طريقة الربط المكرس Dedicated Link وهذا يعني أنه لكي يتم أي اتصال يتحتم إجراء ثلاث مراحل لتحقيق هذا الاتصال وهي:

أ- اختيار المسار: من خلال إشارات التحكم الهاتفية يتم تخصيص مسار ثابت بمعدل بيانات 64 كيلو بت/ثانية بالأنظمة التي طُوّرت منذ منتصف الستينيات بتقنية TDM.

ب - عندما يُخَصص المسار يمكن للاتصال أن يحدث.

ج - بعد انتهاء الاتصال يُحرر المسار والموارد المخصصة له.

فمن مزايا مقاسم الدوائر الهاتفية أنه في حال تحقق الربط تكون هناك دائرة بمعدل بيانات 64 كيلو بت/ ثانية مخصصة للربط إلى أن يقرر المتحدث إنهاء المكالمة وبهذا فإن جودة الاتصال معروفة[2].

إلا أن هذا النوع من الربط له مساوئ فكل ربط له عرض نطاق Bandwidth ثابت (64 كيلو بت/ثانية مثلاً) والمستخدم يشغل هذه

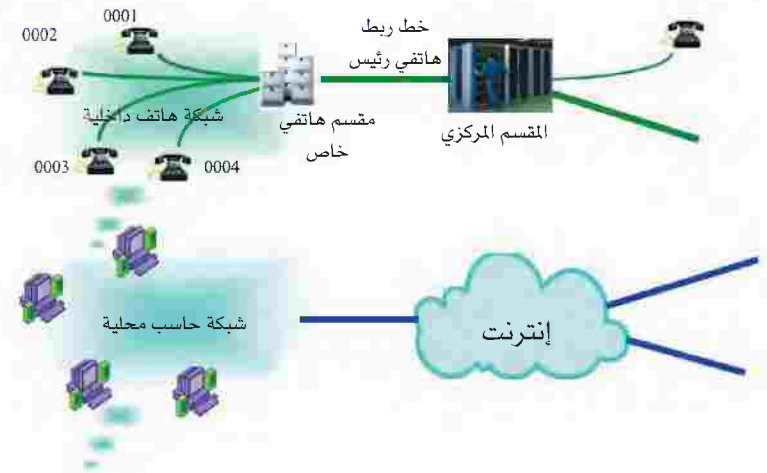
الدائرة حتى في مُدد السكوت عن الكلام؛ لذا فإن في هذا النوع من الدوائر تكون الموارد مستخدمة بالكامل، والأكثر من ذلك فإن الدوائر غير المستخدمة هي سعات غير مستخدمة.

وإجمالاً يمكن تلخيص ذلك بأن مقاسم الدوائر الهاتفية توفر جودة عالية ومتوقعة للاتصال ولكن بلا مرونة.

الشبكات العاملة بمعيار إنترنت

الشبكات العاملة بمعيار إنترنت تستخدم تقليدياً لنقل خدمات البيانات إلى المستخدم النهائي كما في المؤسسات والشركات المالية والتجارية.

فبينما تعمل شبكات الهاتف التقليدية اعتماداً على الرقم المتصل عليه من خلال شبكات الاتصالات داخل البلد، أو عن طريق شبكات الاتصال بين الدول من خلال أرقام متفق عليها كرمز اتصال دولي فإن الشبكات العاملة بمعيار إنترنت تنقل البيانات عن طريق مقسمات Switches أو موجهات Routers من خلال عنوان معيار إنترنت الموجود في بداية أو رأس أي إطار Frame[3] وتتضمن معلومات رأس أي إطار بمعيار إنترنت عدداً من المعلومات الخاصة بمحتويات الإطار بالإضافة إلى عنوان المصدر وعنوان الوجهة.بالإضافة إلى ذلك فإن شبكة الإنترنت ليس لها ربط ثابت يجب عمله كما في شبكات الهاتف أو Switch Circuit لذلك يطلق عليها اسم الاتصالات اللاربطية Connection less Communications.



الشكل (30-1) **مخطط يوضح الفرق بين شبكة الهاتف وشبكة الحاسب**

وأنصار تقنية الصوت عبر معيار إنترنت يقدمون المحاسن الآتية لهذه التقنية وهي:

1- ليس هناك ربط ثابت من المطلوب إعداده وهو أمر مفيد عندما يتم التعامل مع تدفق قليل للمعلومات.

2- يمكن أن تستخدم الشبكة عرض نطاق متغير من عرض نطاق محدود إلى كبير خلال مدة عملية الاتصال

3- السعة في الشبكة المستخدمة في استخدام آني يمكن استخدامها في عملية اتصال مرنة Elastic Traffic تستهلك ما تبقى من سعة الشبكة.

4- يمكن للمستخدم إجراء عدة عمليات في آن معاً (على سبيل المثال تنزيل ملف من شبكة الإنترنت وإجراء مكالمة هاتفية في الوقت نفسه)

إلا أن استخدام تقنية معيار إنترنت يجعلها تظهر أهم مساوئها وهي أنها ليست مصممة لاتصالات آنية، وهو ما تتطلبه المكالمات الهاتفية بالإضافة إلى أن الصوت حساس لفقد رزم البيانات.

لذا فإن الشبكات العاملة بمعيار إنترنت بحاجة إلى إضافة العديد من المزايا والمتطلبات لجعلها قادرة على ضمان نقل آني بالإضافة إلى إجراءات حماية من فقد رزم البيانات وعكس ذلك فإن جودة المكالمات الهاتفية لا يمكن توقعها.

بروتوكولات الصوت عبر معيار إنترنت

لشرح بروتوكولات الصوت عبر معيار إنترنت من الأفضل تقسيم هذه البروتوكولات إلى مجالين هما:

1- مستوى التحكم Control Plane: ويتعلق بإشارات التحكم في المكالمات وإشارات التحكم المطلوبة لإجراء ربط المكالمات وفصلها عند انتهائها، وهناك عدة بروتوكولات اقتُرحت من جهات منظمة وصناعية وسوف نتطرق للبروتوكولات المهمة منها.

2- مستوى البيانات: وهو المعيار المستخدم للتعامل مع إرسال رزم الصوت عبر معيار إنترنت خلال المكالمة وتجمع جميع الجهات المنظمة والصناعية على اختيار البروتوكول نفسه لهذا المستوى.

بروتوكولات مستوى التحكم

هناك معايير متعددة في مستوى التحكم لكن هناك (3) معايير رئيسة هي:

1- H.323: وهو أول معيار تم تبنيه من مستخدمي الصوت عبر معيار إنترنت وطُوّر من الاتحاد العالمي للاتصالات ITU ويُعد معيار H.323 مظلة للمواصفات التي توضح التصميم الكامل والتشغيل لأنظمة المؤتمرات المصورة عن بُعد Video Conferencing باستخدام شبكة معتمدة على التحكم في رزم البيانات.

2- SIP: وهو مختصر لمعيار بدء المقطع Session Initiation Protocol وهو المعيار الأحدث الذي طُوّر عن Internet Engineering Task Force وهو معيار خادم-مستفيد Client-Server مشابه لـ http.

كلا المعيارين H.323 و SIP يتعاملان مع مكالمات الصوت عبر معيار إنترنت بين نهايتين ذكيتين ومعنى ذلك أن نهايتي الاتصال تحتاج إلى أجهزة وبرامج لفهم الإشارات المرسلة خلال ربط المكالمة وإنهائها بالإضافة إلى المحافظة على حالة المكالمة.

ونظراً لكون هذه المعايير طُوّرت على افتراض أن متطلبات سوق الاتصالات ستتطور من خلال شركات تسعى لاستخدام المؤتمرات المصورة عن بُعد في شبكاتهم العاملة بمعيار إنترنت، وهذا لن يؤدي إلى أي مشكلة؛ نظراً لأن الأجهزة الطرفية هي أجهزة حاسب ذكية (أجهزة حاسب تعمل ببرامج الصوت عبر معيار إنترنت تحتوي كل قوة المعالجة والبرامج المطلوبة).

مع ذلك فإن اهتمام السوق باتصالات آنية عبر شبكة عاملة بمعيار إنترنت جاء أيضاً من اتجاه آخر وهو شركات الهاتف الجديدة

التي ترغب في الحصول على عوائد من خدمات صوتية أساسية، ونظراً لكون هذين المعيارين غير كافيين لتلبية بعض متطلباتها فقد بدأت هذه الشركات في البحث عن معايير جديدة لتلبية متطلباتها في سعات كبيرة من اتصالات هاتفية تستخدم فيها أجهزة هاتف اعتيادية وهذا المعيار أطلق عليه اسم Media Gateway To Media Controller أو ما عرف لاحقاً اختصاراً بـ MGCP.

3- MGCP: وقد طُوّر من بلكور و Level3 والمعيار هو نتيجة لجمع معيار SGCP وهو معيار طُوّر من بلكور و IPDC وهو معيار طُوّر من عدة شركات صناعية مثل Level3 و نورتل ولوسنت وأريكسون وألكاتيل وسيسكو. ثم اتُفق على أن يطلق على المعيار اسم H.248/MEGACO.

ويتم استخدام هذا المعيار في حالة كون الشبكة العاملة بمعيار إنترنت تصل بين بوابتين صوتيتين، وهو ما يهم شركات الهاتف التي تملك شبكات هاتفية واسعة Circuit Switch Network وترغب في استخدام عمود فقري Backbone يعمل بمعيار إنترنت.

والبوابة الصوتية Voice Gateway لها وظيفتان هما:

1- تقوم بتوصيل المكالمة Control Plane

2- تحويل إشارات PCM إلى رزم IP (Coded Voice/RTP/UDP/IP-Data plane) وإرسال هذه الرزم عبر شبكة عاملة بمعيار IP إلى الوجهة الصحيحة.

بروتوكول مستوى البيانات

يدعى هذا البروتوكول RTP/RTCP وهو مختصر Real Time Transport Protocol/ Real Time Control Protocol بالإصدار رقم 2.

RTP : وقد صُمم هذا البروتوكول للسماح لأجهزة الاستقبال بالتعويض عن الاهتياج Jitter، واختلاف ترتيب الرزم الذي يسببه انتقال رزم البيانات في الشبكة العاملة بمعيار انترنت ويمكن استخدام RTP لأي نوع من أنواع الاتصالات مثل الصوت والصورة المتحركة.

RTCP : وكثيراً ما يستخدم بالمشاركة مع RTP ويسمح بإرسال تغذية عكسية Feed Back عن جودة الإرسال (مقدار الاهتياج Jitter ومعدل الرزم الضائعة، ويمكنه أيضاً حمل بعض المعلومات الشخصية عن المشتركين في المكالمة)

العوامل المؤثرة في جودة الصوت في شبكة عاملة بمعيار إنترنت

أهم العوامل المؤثرة في جودة الصوت في شبكة عاملة بمعيار إنترنت هي:

1- **المشفر Codec**

قبل إرسال الصوت التناظري Analog عبر شبكة عاملة بمعيار إنترنت يجب أولاً تحويلها رقمياً، والمعايير الأكثر استخداماً في التشفير هي في الجدول أدناه:

معيار التشفير	اللوغاريتم	معدل البيانات
G.711	التضمين الشفري النبضي PCM	64 كيلو بت/ثانية
G.726	Adaptive Deferential Pulse Code Modulation	16 و 24 و 32 و 40 كيلو بت/ثانية
G.728	LD-CELP(Low Delay Code (Exited Liner Prediction	16 كيلو بت/ثانية
G.729	CS-ACELP(Conjugate Structure Algebra Code (Exited Liner Prediction	8 كيلو بت/ثانية
G.723.1	MP-MLQ (Multi-Pulse Maximum Likelihood (Quantization	6.3 و 5.3 كيلو بت/ ثانية
	ACELP(Algebra Code Exited (Liner Prediction	6.3 و 5.3 كيلو بت/ ثانية

وهناك علاقة بين جودة الصوت ومعدل البيانات، وزيادة معدل البيانات تعني زيادة جودة الصوت كما سيوضح ذلك لاحقاً.

2- فقد الإطار Frame Loss

إن أُطر الصوت عبر معيار إنترنت عليها الانتقال عبر شبكة عاملة بمعيار إنترنت وهي عملية غير مأمونة، فربما تضيع بعض الأُطر نتيجة ازدحام الشبكة Network Congestion أو فساد البيانات Data Corruption والأكثر من ذلك الاتصالات ذات الطبيعة الآنية Real Time مثل الاتصالات الصوتية فإن إعادة الأُطُر المفقودة في طبقة النقل مسألة غير عملية بسبب التأخير الإضافي، ومع ذلك

فالأجهزة الطرفية الصوتية عليها التعامل مع الأُطُر المفقودة Frame Erasures، وتأثير فقد الأُطُر على جودة الصوت تعتمد على كيفية تعامل الأجهزة الطرفية مع الأُطُر المفقودة.

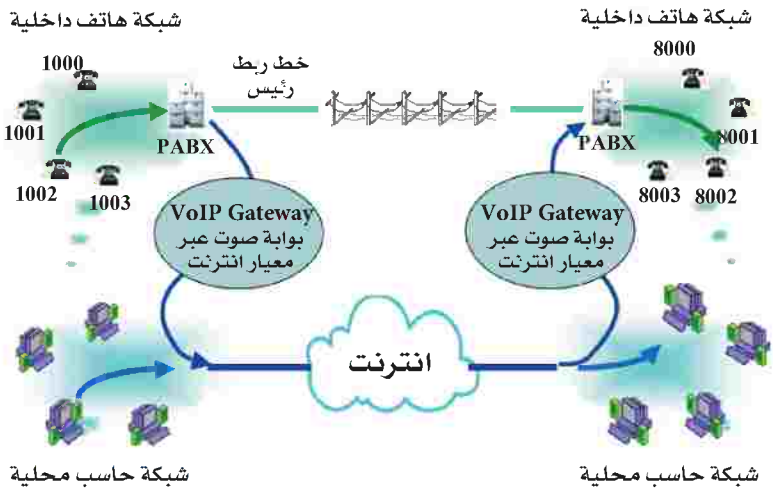
في الحالات السهلة فإن الجهاز الطرفي يترك فجوة في تدفق الصوت في حال كون العينة الصوتية مفقودة وفي حالة وجود الكثير من الأُطُر المفقودة فإن الصوت يبدو متقطعاً مع مقاطع أو كلمات مفقودة.

وأحد وسائل الإصلاح لهذه الحالات هو إعادة إرسال المقاطع السابقة، ويعمل جيداً في حالة كون المقاطع المفقودة قليلة، وهناك وسائل أخرى للتصحيح تتم من خلال جعل جهاز حل الشفرة يتوقع المقطع المفقود اعتماداً على المقطع السابق وتدعى هذه التقنية تقنية إخفاء الرزم المفقودة Packet Loss Concealment (PLC).

على سبيل المثال بالنسبة لمعيار ITU-T G.711 يعمل نظام إخفاء الرزم المفقودة على الإبقاء على 48.75 ملّي ثانية من عينة الصوت السابقة، وعندما يتم استشعار فقد الإطار فإن العينة السابقة المحفوظة تستخدم لتقدير مدة الرزم الضائعة، وهذه المعلومة سوف تستخدم لاحقاً في توليد إشارة مصطنعة لتحل محل الفجوة.

وعند استخدام تقنية إخفاء الرزم المفقودة فإن خارج الصوت يتأخر زمناً إضافياً هو 3.75 ملّي ثانية ليوفر انتقالاً سلساً بين الإشارات الحقيقية والمصطنعة كما أن المعايير الأخرى مثل G.723.1

و G.726 و G.728 و G.729 لها أنظمة إخفاء الرزم المفقودة، وبصورة عامة: إذا كانت الرزم الضائعة ليست طويلة، فإن الإشارات لا تتغير بدرجة كبيرة، ولا تؤثر على جودة الصوت المسموع بعد إلغاء الرزم المفقودة.



الشكل (30-2) يوضح ربط مقسمي هاتف خاص عبر بوابتي صوت

3- التأخير Delay

هناك أمر آخر يجب أخذه في الحسبان عند تصميم شبكة صوت عبر معيار إنترنت هو التأخير، فعدم المواءمة بسبب التأخير يشمل الصدى وتداخلات المتحدث Talker Overlap.

وقبل تقييم تأثير التأخير فإنه من المفيد تحديد مصادر التأخير التي يمكن إجمالهافيما يأتي:

التأخير اللوغارتمي وهو التأخير الناشئ عن المشفر المرتبط بالتشفير اللوغارتمي والجدول الآتي يجمل ذلك

معيار التشفير	التأخير اللوغارتمي (ملّي ثانية)
G.711	0.125
G.726	1
G.728	5-3
G.729	15
G.723.1	37.5

تأخير الرزم Packet Delay

كما أشرنا سابقاً فإن استخدام Real Time Protocol RTP هو استخدام مشترك على مستوى البيانات في أنظمة الصوت عبر معيار إنترنت وفيه تُجَمّع عينات الصوت قبل وضعها في أُطُر الإرسال لتقليل مقدار التنظيم الإضافي Overhead، فالمواصفة RFC1890 تحدد مدة عمل رزم الصوت الأساسية بـ 20 ملّي ثانية وبالنسبة لمعيار G.711 يعني هذا أن 160 عينة سوف تُجمّع ثم ترسل في إطار واحد أما بالنسبة لمعيار G.723.1 الذي يولد إطاراً صوتياً كل 30 ملّي ثانية، وكل إطار صوتي يرسل عادةً كرزمة RTP واحدة.

تأخير التسلسل Serialization Delay

وهو الزمن اللازم لإرسال رزمة IP فعلى سبيل المثال عند استخدام

معيار G.711 حيث مدة إعداد الرزم 20 ملّي ثانية (يعني هناك 160 بايت في حمولة RTP) مما يعني وجود 206 بايت في الإطار فلإرسال الإطار يحتاج 1.1 ملّي ثانية على خط بيانات بسرعة T1 و 3.2 ملّي ثانية في خط بيانات 512 كيلوبت/ثانية و 25.8 ملّي ثانية في خط بيانات بسرعة 64 كيلو بت/ثانية.

يضاف إلى ذلك فإن تأخير التسلسل يحدث عند مرور البيانات في أجهزة الخزن والإرسال (Store- Forward Devices) مثل الموجهات Routers والمقسمات Switches وبهذا فإن الإطار الذي يمر بـ 10 موجهات سيواجه هذا النوع من التأخير (10) مرات.

تأخير الانتشار Propagation delay

وهو الوقت المطلوب للإشارة الكهربائية أو البصرية للانتقال عبر وسط الإرسال، وهو يعتمد على المسافة الجغرافية وسرعة الانتقال في الكيبل هي حوالي 4-6 مايكرو ثانية لكل كيلو متر، أما التأخير في الإشارة عند استخدام الأقمار الصناعية على ارتفاع 36 ألف كيلومتر فيصل إلى 260 ملّي ثانية.

تأخير المكونات Components Delay

وهو نوع من التأخير ناشئ عن مرور أُطُر البيانات عبر مكونات الأجهزة التي تعمل بخط النقل مثل البيانات المارة من المدخل إلى خارج الموجة Router.

إلغاء الصدى Echo Cancellation

أول تأثير يسببه التأخير هو تأثير الصدى، فالصدى يمكن أن ينشأ في شبكات الصوت نتيجة الربط السيء بين السماعة والحاكية في يد الهاتف ويسمى الصدى السمعي Acoustic Echo.

ويمكن أن يحدث أيضاً إذا كان جزء من الطاقة الكهربائية ينعكس مرةً أخرى إلى السماعة من خلال الدائرة الهجينة Hybrid Circuit في شبكات الهاتف العادية PSTN ويدعى بالصدى الهجين.

وعندما يكون التأخير بين نهايتي الاتصال قليلاً، أي صدى يمكن توليده من الدوائر الصوتية سيعود للسماعة بسرعة كبيرة، ولن يكون محسوساً، في الحقيقة، المواصفات القياسية تشير إلى عدم ضرورة دوائر إلغاء الصدى عند تأخير أقل من 25 ملّي ثانية.

من جهة أخرى إذا كان الصدى في حدود 50 ملّي ثانية فلن يكون محسوساً ونظراً لكون التأخير في دوائر الصوت عبر معيار إنترنت أكثر من 25 ملّي ثانية لذا فدوائر إلغاء الصدى مطلوبة فيه دائماً.

تداخلات المتحدثين Talker Overlap

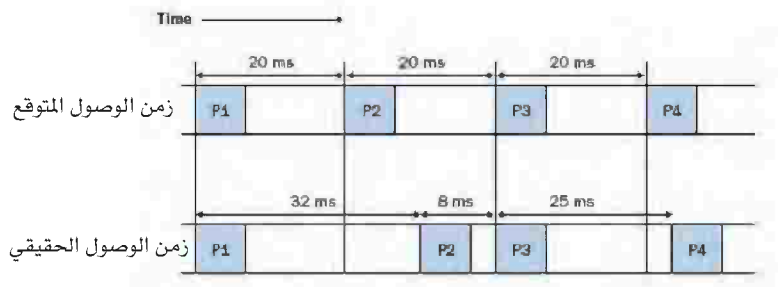
حتى في حالات إلغاء الصدى المتقنة فإن نقل المحادثات في اتجاهين تصبح صعبة عندما يكون التأخير كبيراً بسبب تداخل المتحدثين وهذه المشكلة تحدث عندما يقاطع أحد طرفي المكالمة حديث الآخر بسبب

التأخير الطويل والمواصفة G.114 توفر المواصفات القياسية الآتية لحدود التأخير في اتجاه واحدة وهي :

0-150 ملّي ثانية	مقبول في معظم الحالات
150-400 ملّي ثانية	مقبول في حالة كون إدارة الشبكة على علم بتأثير زمن الإرسال على جودة الإرسال
أكثر من 400 ملّي ثانية	غير مقبول في أغراض تخطيط الشبكات العامة

تغير التأخير (Jitter)

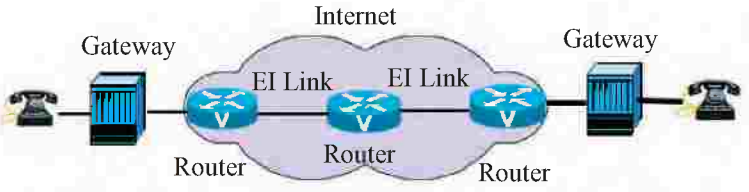
عند إرسال الأُطُر عبر شبكة عاملة بمعيار إنترنت فإن مقدار التأخير الذي تواجهه الأُطُر يمكن أن يختلف، وهذا بسبب أن تأخير التسلسل Queuing Delay وزمن المعالجة يمكن أن يعتمد على الحمل الكامل على الشبكة، وحتى بكون البوابة الصوتية المصدر تولد الصوت بأزمان محددة (20 ملّي ثانية على سبيل المثال) فإن البوابة الصوتية النهائية عادة لا تستلم أُطُر الصوت بأزمان متتابعة بسبب الاهتياج Jitter كما هو موضح في الشكل (30-3).



الشكل (30-3) يوضح عدم انتقال رزم الصوت بالسرعة نفسها أو ما يسمى بالاهتياج

بصورة عامة الاهتياج Jitter ينشأ عن تكتل فجوات في تدفق البيانات الواردة والأسلوب المعتاد في التعامل مع الاهتياج هو الإمساك بالأطر الواردة في ذاكرة عازلة Play out Buffer بما فيه الكفاية للسماح للأطر الأبطأ للوصول في وقت التشغيل في التسلسل الصحيح وعندما يزداد الاهتياج يعني زيادة وقت الإمساك بالأطُر القادمة في الذاكرة العازلة وهو ما يعني تأخير أكبر.

والشكل (30-4) يوضح مثالا لشبكة VOIP ومصادر التأخير

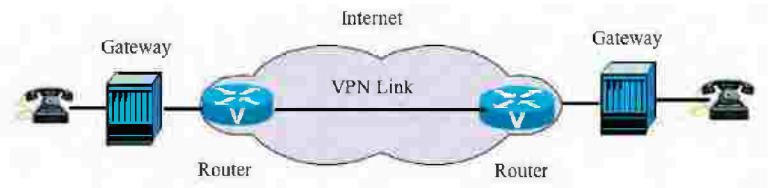


الشكل (30-4) مخطط لبوابات صوتية تربط بينهما شبكة انترنت عادية

G.723.1 Algorithmic Delay	37.5 ملِّي ثانية
G.723.1 Processing Delay	30 ملِّي ثانية
G.723.1 Serialization Delay	2 ملِّي ثانية
Propagation Delay (ألياف بصرية مسافة 5000 كيلومتر)	25 ملِّي ثانية
Components Delay	3 ملِّي ثانية
مجموع التأخير	96.5 ملِّي ثانية

وحد التأخير المتغير هو 150-96.5 = 53.5 ملِّي ثانية وفي هذا المثال فإن الحد الأقصى للاهتياج هو 53.5 ملِّي ثانية.

أما المثال في الشكل رقم (30-5) فإن التصميم يختلف عن التصميم الأول الذي يشمل شبكة عادية تعمل بمعيار إنترنت، ففي هذا المثال البوابات ترتبط بشبكة خاصة تخيلية Virtual Private Network وهو الأسلوب الأكثر استخدماً حالياً في نقل المكالمات الهاتفية بشبكة بمعيار إنترنت؛ وذلك لأن مقدم خدمة VPN يضمن فيه مستوى جودة محدد من الخدمة.



الشكل (30-5) يوضح ربط مقسمي هاتف خاص عبر بوابتي صوت

(1)- قواعد التحاسب للمكالمات الدولية: هي أجور بالدقيقة تستوفيها شركة الهاتف في البلد المتصل عليه من شركة الهاتف المتصل منها ويتم دفعها بأسلوب المقاصة في نهاية كل عام.

(2)- ينطبق ذلك على شبكات الهاتف سواء أكان مقسماً عمومياً Central Office Exchang (CO) أو مقسماً هاتفياً خاصاً PABX من خلال قناة رقمية تدعى DS-O.

(3)- يمكن القول إن جميع الشبكات العاملة بمعيار إنترنت حالياً تعمل بتقنية Ethernet لذلك يتم فقدُ بعض الأطر عند انتقالها عبر الشبكة؛ لذلك فإن الوجهة المرسل إليها البيانات تطلب إعادة إرسال الأطر المفقودة.