دليل مهندسي الشبكات الحاسوبية

لاختيار برتوكول نقل الصوت VOIP بكفاءة

(الطبعة الأولى لعام 2009)

إعداد: المهندس :محمد عبدالفتاح على قايد – اليمن –

مراجعة الدكتور المهندس: محمد أنس طويلة –كندا–

الحقوق الملكية الفكرية®

جميع الحقوق الفكرية لعام 2009 للمهندس محمد قايد .

يسمح بطباعة هذه النسخة وتعديلها وإعادة توزيعها ضمن تراخيص اتفاقية GPL للمصادر المفتوحة "GNU Free Documentation" .

أهداف هذا الدليل

بعد قراءة هذا الدليل ستكون قادرا على:-

- التعرف على حزمة برتوكولات نقل الصوت VOIP وإسقاطها على نموذج OSI.
- كيفية اختيار برتوكول نقل الصوت VOIP ؟
- **كيفية اختيار المرمز** Codec لتحويل الصوت من إشارة تماثلية الى إشارة رقمية؟
- كيف تستطيع حساب عرض الحزمة الذي يستهلكها برتوكول نقل الصوت VOIP ؟
- كيف تستطيع حساب عدد قنوات الاتصال المتزامنة الذي يمكن أن يفتحها برتوكول VOIP على عرض حزمة ما؟
- فهم تطبيق شبكة نقل صوت على شبكات Ethernet بشكل أمثل ؟

المقدمة:

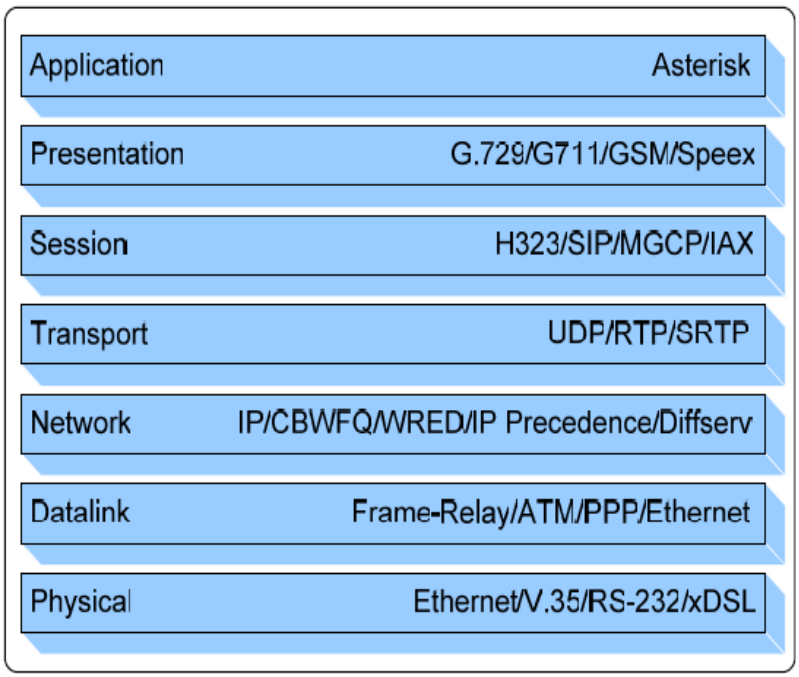
من المسائل الهامة التي تواجهه مصممي شبكات أنظمة الوسائط (الصوت,الفيديو,...) هي كيف نعطي لتصميمنا الجودة في تقديم خدمة نقل الوسائط QOS , لا شك أن الجواب على هذا التساؤل يحتاج الى التعمق ببنية كل برتوكول نقل الوسائط والقيام ببعض الحسابات واختيار ما هو مناسب. ما قمنا به في هذا الدليل هو تقديم طريقة بسيطة لكيفية تصميم شبكات وسائط أمثلية على شبكات ايثرنت Ethernet، وكانت حالة دراستنا فقط على الصوت Voice فقط لتبسيط تقديم هذا الدليل كنموذج لبقية تصميم بقية الوسائط مثل الفيديو وغيره. يعتبر هذا الدليل الأول من نوعه في تقديم مادة علمية عملية بسيطة مدعومة بالأمثلة، سائلين المولى عزوجل التوفيق والسداد وأن يجعل أعمالنا خالصة لوجه الكريم والحمد لله رب العالمين.

محمد عبدالفتاح على قايد

Mab802@hotmail.com

2009-12-27

1 . إسقاط حزمة برتوكولات نقل الصوت VOIP على نموذج OSI



الشكل أعلاه يشرح التقابل بين تقسيم الوظائف Tasks في حزمة برتوكولات VOIP وبين حزمة وظائف OSI. وتفصيل ذلك كالتالي :

- **طبقة التطبيقات Application**

تستخدم برتوكولات VOIP كأي برتوكول تطبيق لإدارة عمل البرتوكول وتقديم الخدمات للمستخدم End User , ومثال على ذلك مقسم Asterisk[1] المفتوح المصدر.

- **طبقة تقديم البيانات Presentation**:

من خلال هذه الطبقة نجد الوظائف tasks الخاصة بالترميز وتقديم البيانات(اخذ البيانات من التطبيق End user) , وعملها تحويل البيانات من شكل Format يفهمها المستخدم User الى شكل Format تفهمها برتوكولات الطبقة السفلى في حزمة برتوكولات VOIP، ومن أشهر المرمزات Codec في برتوكولات VOIP (G.711- PCM,G.729,Speex ,GSM) وغيرها من المرمزات. . سنفصلها لاحقا إن شاء الله تعالى.

- **طبقة بناء الجلسة Session** :

وتضم وظائف الحفاظ على حالة قناة التواصل بين طرفين , وأيضا من وظائفها تهيئة الاتصال والتفاوض وغيرها من الوظائف ومن أشهر البرتوكولات SIP,IAX,H.323 . سنفصلها لاحقا إن شاء الله.

- **طبقة نقل البيانات Transport** :

من أهم وظائف هذه الطبقة المسئولية في نقل البيانات بين طرفي الاتصال ومن أشهر برتوكولات VOIP في هذه الطبقة RTP وهو برتوكول نقل الصوت مدعوم بالآليات التنسيق بالزمن الحقيقي, وأيضا SecureRTP و UDP .

[1] لمزيد من المعلومات عن هذا التطبيق www.Asterisk.org

- **طبقة التشبيك Network**:

من أهم وظائف الشبكة توجيه البيانات على الشبكة ومن أهم برتوكولاتها IP .

- **طبقة وصلة البيانات Data link** :

من أهم برتوكولاتها Ethernet والتي توصف كيفية تجميع البيانات من الوصلة الفيزيائية. من برتوكولات أيضا (Frame-Relay و PPP).

- **الطبقة الفيزيائية Physical**:

طبقة نقل البيانات فيزيائياً، من أشهر برتوكولاتها V.35 و xDSL و Ethernet.

في الفقرات التالية سنتعرف أكثر عن برتوكولات VOIP في هذه الطبقات وكيفية التنسيق والعمل فيما بينها لتقديم خدمة نقل الصوت عبر شبكات Ethernet . وسنبدأ بشرح كيفية اختيار برتوكولات كل طبقة من الطبقات السابقة حسب ترتيب الشكل السابق.

2. كيفية اختيار برتوكول الترميز Codec

في هذه الفقرة سنتعرف على برتوكولات طبقة التقديم Presentation، وكيف نختار البرتوكول المناسب لتصمم شبكة الوسائط.

قبل البدء بسرد استراتيجية اختيار المرمز Codec لنقدم تعريف المرمز. المرمز Codec: هو المسئول عن تحويل الإشارة الصوتية من شكلها التماثلي Analogue الى الشكل الرقمي Digital , فشبكات الهاتف التقليدية تنقل الصوت عبر إشارات تماثلية.

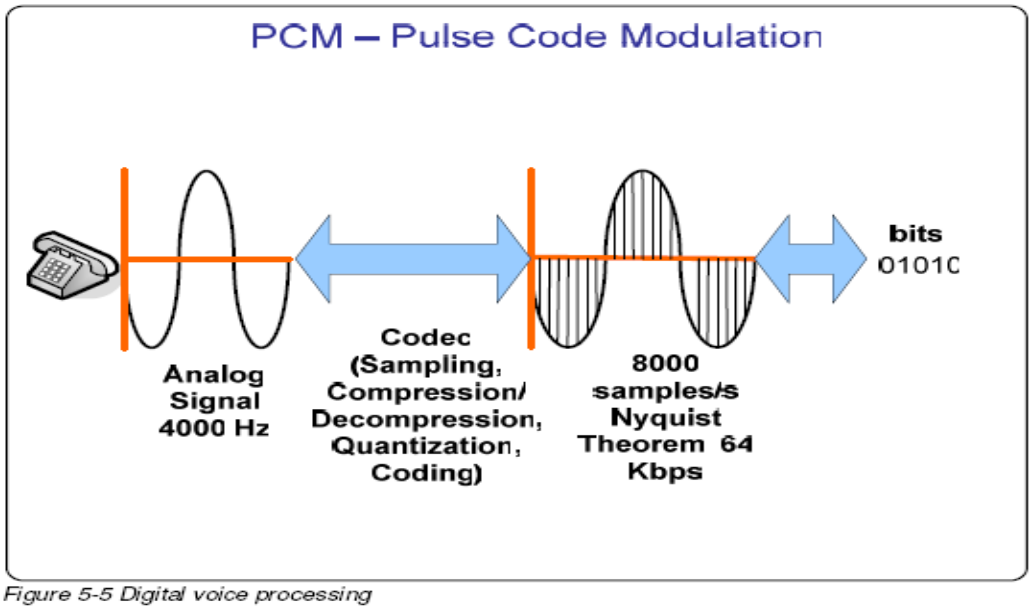


Figure 5-5 Digital voice processing

في الحقيقة توجد عدة مرمزات تقوم بهذا التحويل مثل :

- GSM : 13 كيلوبت في الثانية .
- ILBC : 13.3 كيلوبت في الثانية .
- ITU G.711 : 64 كيلوبت في الثانية .
- ITU G.723.1 : 5.3 أو 6.3 كيلوبت في الثانية .
- ITU G.726 : 16 \24\32\40 كيلوبت في الثانية .
- ITU G.729 : 8 كيلوبت في الثانية .
- Speex: 2.15 الى 44.2 كيلوبت في الثانية .
- LPC10 : 2.5 كيلوبت في الثانية .

لكن السؤال الآن, ماذا اختار من المرمزات السابقة ؟

في الحقيقة عملية اختيار الترميز تعتمد على الخصائص التالية :

- جودة الصوت .
- تكاليف تراخيص استخدام المرمز.
- قدرة المعالجات CPUs في ترميز coding أكثر من اتصال بشكل متزامن .
- متطلبات عرض الحزمة للنقل الشبكي (القيود في عرض حزمة الشبكة).
- مقياس فقد lost طرود الشبكة.

الجدول التالي بين أهم الخصائص لأنواع الترميز والتي تمكنك من اختيار ترميز يناسب متطلباتك .

Codec	g.711	g.729A (20 ms)	iLBC (30 ms)	GSM 06.10 RTE/LTP
bandwidth (Kbps)	64	8	13.33	13
Costs	Free	US$10.00 (per channel)	Free	Free
Resistance to Frame Erasure[1]	No mechanism	3%	5%	3%
Complexity MIPS [2]	~0.35	~13	~18	~5

1 - مصطلح Resistance to Frame Erasure : مقياس يشير الى معدل الذي نتقارب فيه الى حالة التردي في الصوت، أو بمعنى أخر المعدل الذي نتقارب فيه الى قيمة 0.5 من مقياس MOS (حالة تردي الصوت وعدم فهمه). ويدرس هذا المقياس على أساس وجود آليات عمل في معالجة فقد الطرود Packets Loss أو ظهور أثر Jitter وما هنالك من المعوقات التي تظهر في شبكات نقل الوسائط (أيضا مشكلة ظهور الصدى).

2 - Complexity MIPS :

يشير الى كميات التعليمات بالملايين التي تعالج في الثانية التابعة لعمليات الترميز code وفك الترميز decode، وهذا المعيار يربط بعلاقة بين كمية التعليمات بالملايين وبين سرعة المعالج (التردد frequency) في معالجة التعليمة الواحدة.

ملاحظة : القيم في الجدول السابق لا تمثل بالضرورة القيم الحقيقية بدقة، ولكن يمكن أن تستخدم الجدول في عملية المقارنة بين أنواع المرمزات. الجدول السابق استخدمنا أشهر أنواع المرمزات المستخدمة.

3. كيفية اختيار برتوكول تهيئة الاتصال

في هذه الفقرة سنتحدث عن طبقة الجلسة Session Layer، وسنتحدث أيضا عن أهم برتوكولات VOIP في هذه الطبقة.

من أشهر برتوكولات VOIP في هذه الطبقة[2] :

- **برتوكول تهيئة جلسة الاتصال Session Initiated Protocol –SIP** :

برتوكول SIP معيار مفتوح وصفته منظمة IETF ، وهو معرف بشكل موسع في وثيقة RFC3261 . أكثر مزودي خدمة نقل الصوت عبر الانترنت يستخدمون برتوكول SIP , وفي المستقبل سيصبح هو المسيطر على برتوكولات VOIP. وهو خفيف مقارنة ببرتوكول H.323 . أحد أهم نقاط الضعف فيه هي قدرته على تجاوز خدمات ترجمة الشبكة NAT Traversal، بمعنى من أحد متطلبات الاتصال ببرتوكول SIP هو امتلاك طرفي الاتصال عناوين محددة طوال جلسة الاتصال، واستخدام مفهوم NAT لا يعطي لبرتوكول SIP أي معنى. منظمة IETF لم تأخذ طريقة الفوترة Billing في الحسبان، ولكن في العادة تكون مهمة الفوترة من مسؤوليات مزودي خدمة نقل الصوت VOIP.

- **برتوكول التبادل الداخلي الخاص بمقاسم Asterisk IAX** :

برتوكول IAX مفتوح عرفتَه Digium وحاليا موضوع ضمن مسودة Draft . تستطيع تنزيل كامل التوصيف من الموقع التالي www.ietf.org/internet-drafts/drafts-guy-iax00.txt . تكمن قوة هذا البرتوكول في استخدامه لحزمة نقل أقل مقارنة بكل برتوكولات نقل الصوت، وسهل التعامل مع مسائل NAT Firewall Travels, لذا يستخدم عادة في بناء Trunks بين مقاسم Asterisk .

جدول المقارنة بين برتوكولات نقل الصوت :

يوضح الجدول التالي أهم الاستخدامات التي ينصح بها عند اختيارك لأحد برتوكولات نقل الصوت VOIP .

Protocol	Standard body	It is used for:
IAX2	IETF draft	Asterisk trunks IAX2 phones Connection to IAX service providers
SIP	IETF standard	SIP Phones Connection to SIP service providers
MGCP	IETF/ITU standard	MGCP Phones Currently does not support connecting to a MGCP gateway or service provider
H.323	ITU standard	H.323 Phones H.323 gateways Currently does not support being a gatekeeper, but can connect to an external gatekeeper.
SCCP	Cisco Proprietary	Cisco Phones

[2] طبعا هناك عدة برتوكولات VOIP في هذه الطبقة مثل H.323 والذي عرفته منظمة ITU-T , وأيضا برتوكول MGCP وهو اختصار Media Gateway Control Protocol , وغيرها من البرتوكولات. لكن اكتفينا بذكر SIP,IAX لشهرتهما الواسعة في تقنيات نقل الصوت عبر الانترنت.
ملاحظة : برتوكول IAX معرف كمسودة Draft في وثائق RFC .

4. التحميل الزائد الذي تضيفه ترويسات Headers حزمة برتوكولات VOIP

في هذه الفقرة والفقرات الآتية، سنقوم ببعض الحسابات لتحديد عرض الحزمة التي تستخدمها برتوكولات VOIP . لننظر الي الشكل التالي :

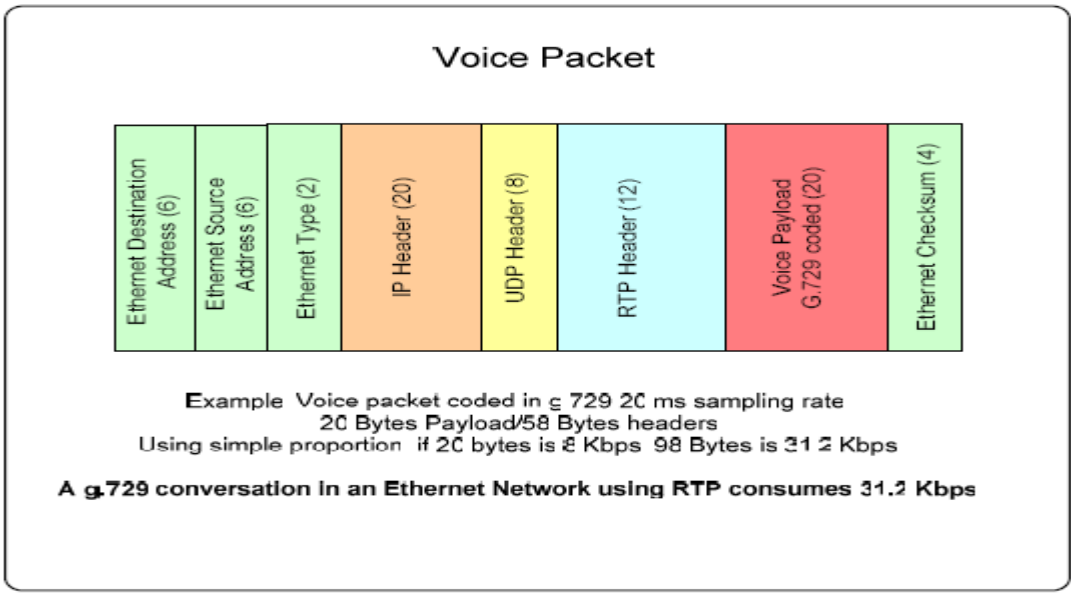


Figure 5.6 overhead caused by network headers.

في الشكل أعلى, نلاحظ أن المرمز codec يستخدم مساحة من عرض الحزمة كما وضحنا سابقا, في المقابل أيضاً يجب الأخذ بعين الاعتبار المساحات التي تأخذها ترويسات البرتوكولات المساعدة في نقل الصوت من عرض الحزمة الكلي, مثل Ethernet,IP UDP RTP, وغير ذلك. الجدول التالي يلخص عرض الحزمة الكلي لكل برتوكول نقل صوت يمكن أن نستخدمه :

Codec g.711(64 Kbps)		Codec g.729(8Kbps)	
Network Type	Bandwidth	Network Type	Bandwidth
Ethernet {Ethernet+IP+UDP+RTP+G.711)	95.2 Kbps	Ethernet {Ethernet+IP+UDP+RTP+G.729)	31.2 Kbps
PPP {PPP+IP+UDP+RTP+G.711)	82.4 Kbps	PPP {PPP+IP+UDP+RTP+G.729)	26.4 Kbps
Frame-Relay {FR+IP+UDP+RTP+G.711)	82.8 Kbps	Frame-Relay {FR+IP+UDP+RTP+G.729)	26.8 Kbps

ملاحظة :

يمكنك بكل سهولة حساب متطلبات الحزمة لكل نوع من برتوكولات نقل الصوت VOIP باستخدام الحاسبة الموجودة على الموقع التالي:

http://www.packetizer.com/voip/diagnostics/bandcalc.html

5. هندسة المرور Traffic Engineering [3]

المسألة الهامة عند تصميم شبكات الوسائط المتعددة هى كيف تحدد عدد خطوط الاتصال الذي تتطلبه عرض حزمة ما للاتصال بمكتب بعيد أو مزود خدمة نقل صوت وغير ذلك. سيكون من المستحسن عليك كمصمم معرفة تحديد عدد الخطوط التي يمكن تحميلها على عرض حزمة ما لتقديمها الى زبونك . وأيضاً سيكون عليك تحديد عدد المكالمات التي يمكن أن تعمل بشكل متزامن على المقسم البرمجي مثل Asterisk . في هذه الفقرة سنتحدث عن بعض المصطلحات التي تساعدك في فهم آليات التحديد.

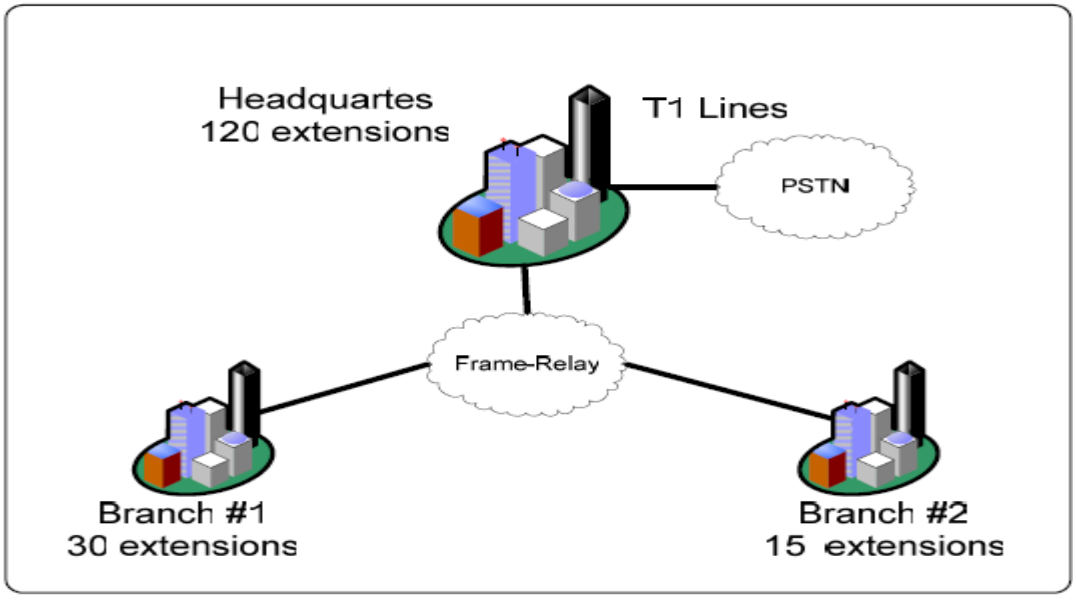
1.5 التبسيط Simplification

التبسيط المستخدم بشكل كبير جدا هو الحساب التقريبي للمكالمات لكل نمط مستخدم . يمكن التقريب والقول ما يلي :

1–المقاسم المستخدمة في الأعمال Business (نقول اتصال آني Simultaneous واحد لكل خمسة مداخل خطوط هاتفية extensions, بمعنى أخر كل خط Trunk يقابله خمس مداخل خط هاتف) .

2–المستخدمين المقيمين Residential (نقول اتصال آني Simultaneous واحد لكل ستة عشر مستخدم) .

مثال :



الشكل أعلى, هو مخطط لشبكة نقل صوت لشركة لديها مقر يملك 120 مدخل خط Extensions و لديها فرعين، الفرع الأول لديه 30 مدخل خط، والفرع الثاني لديه 15 مدخل خط. هدفنا الآن كيفية تحديد عرض الحزمة وتحديد عدد E1 Trunk لوصل شبكة Frame-Relay مع شبكة PSTN باستخدام خطوط E1 ؟

[3] لأول وهلة قد يذهب تفكيرك الى الطرقات والمرور ! , في الحقيقة عملية مرور البيانات على الشبكة تشبه عملية مرور السيارات على الطرقات, لذا من هنا أتت التسمية.

الخطوة الأولى : تحديد عدد خطوط T1

عدد مداخل الخطوط الهاتفية الكلي في جميع فروع الشركة التي تستخدم خطوط T1=120 +30 +15 = 165 خط.

باستخدام مبدأ كل خط مجمع Trunk واحد يقابل خمسة خطوط extensions في المقاسم لشركات الاعمال نجد :

عدد T1 Trunks الكلي = 33 تقريبا 2xT1 خط.

الخطوة الثانية : حساب متطلبات عرض الحزمة

سنختار المرمز G.729 لسبب ما مثل متطلبات المعالج, جودة الصوت, متطلبات عرض الحزمة المتوفر لدينا, في الموقع[4] التالي تستطيع حساب كم عرض كل حزمة وفق مدخلات لقيم وفق ما ذكرنا سابقا لمفهوم التبسيط .

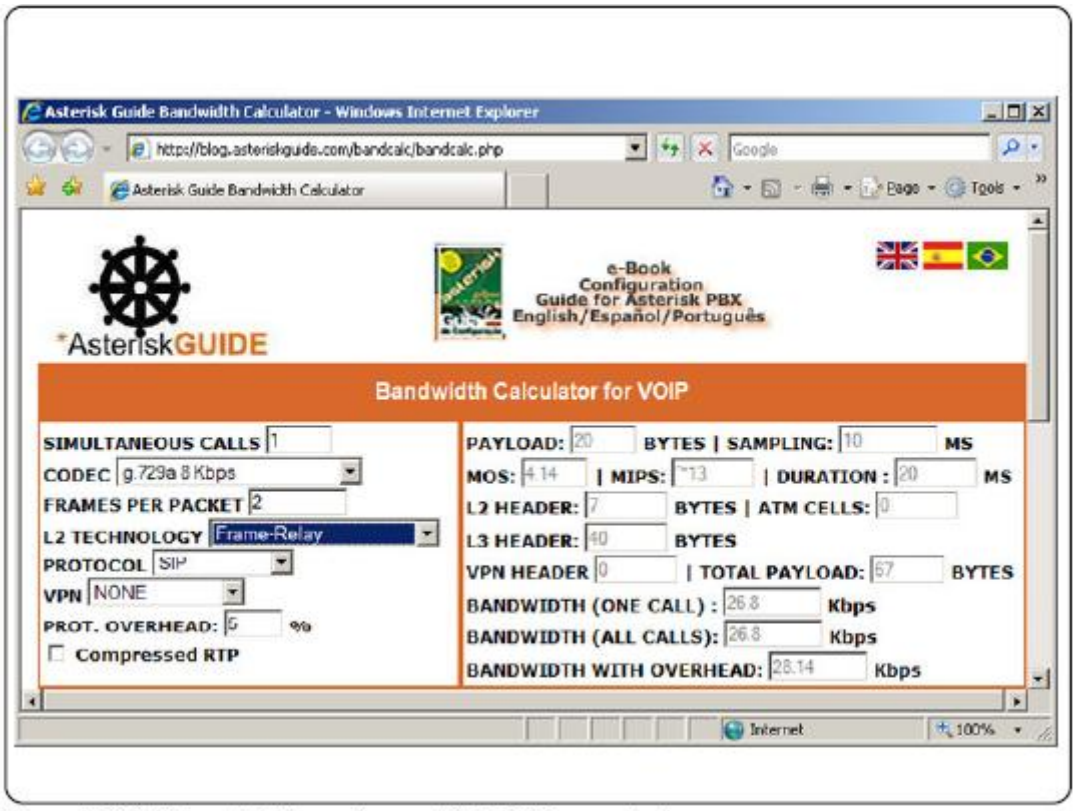


Figure 5.8 VoIP bandwidth requirement (g.729, Frame-relay)

وبالتالي نجد أن : بفرض كل خط مجمع Trunk يقابل خمسة مداخل خط هاتف Extension

عرض الحزمة المطلوبة للفرع الأول #1 = 26.8 * 6 = 160.8 كيلوبت بالثانية.

عرض الحزمة المطلوبة للفرع الثاني #2 = 26.8 * 3 = 80.8 كيلوبت بالثانية.

[4] موقع الصفحة الظاهرة هو http://blog.asteriskguide.com/bandcalc/bandcalc.php , وهو موقع مفيد جدا ولا يمكن أن يستغني عنه مصمم الشبكات للوسائط المتعددة MultiMedia .

6 . التقليل من عرض الحزمة المطلوبة لبرتوكولات VOIP

في هذه الفقرة سنقدم مجموعة حلول لكيفية تقليل التأثير من كمية البيانات التي تضاف الى برتوكول نقل الصوت للتقليل من عرض الحزمة المطلوبة لنقل الصوت واستثمار الشبكة بشكل جيد.

توجد ثلاث طرق لتقليل عرض الحزمة المطلوبة(بمعنى تقليل اثر Overhead لكل مكالمة تستخدم برتوكول VOIP :

1- ضغط Compression ترويسة Header برتوكول RTP

2-تجميع خطوط IAX – IAX Trunked

3-زيادة حمل Payload لمعلومات برتوكول VOIP

1.6 ضغط ترويسة RTP

في شبكات Frame-Relay, PPP, تستطيع استخدام ضغط ترويسة برتوكول RTP. طريقة ضغط ترويسة RTP موصفة ضمن الوثائق RFC2508 . وهو معيار وصفته IETF ويستخدم[5] في كثير من الموجهات Routers .

تأثير طريقة ضغط ترويسة RTP على كمية المساحة المطلوبة من عرض الحزمة يعتبر جيداً، في مثالنا طريقة الضغط تقلل عرض الحزمة المطلوبة من 26.8 كيلوبت بالثانية لكل اتصال الى 11.2 كيلوبت بالثانية : بمعنى نسبة التقليل من عرض الحزمة 50.2% !!!!!

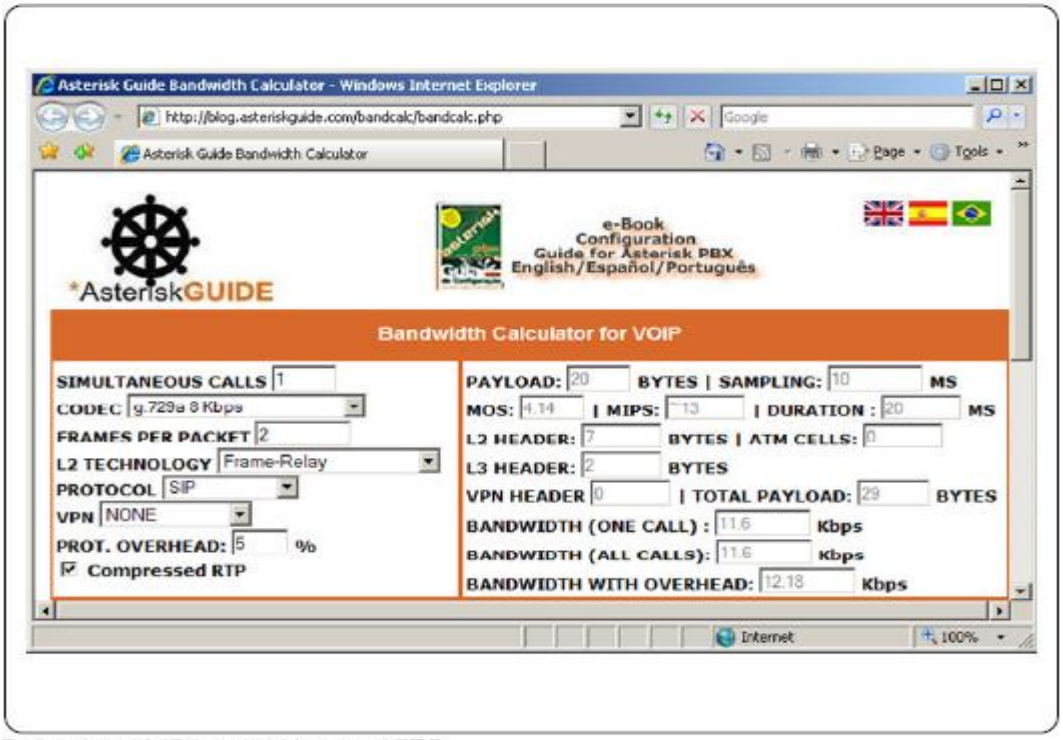


Figure 5.10 VoIP bandwidth using cRTP

[5] كن حذراً لأن بعض الموجهات تتطلب خصائص مختلفة لتتيح استخدام طريقة الضغط هذه، وربما لا تناسب طريقة عمل برتوكول VOIP .

2.6 استخدام خطوط التجميع Trunk في برتوكول IAX

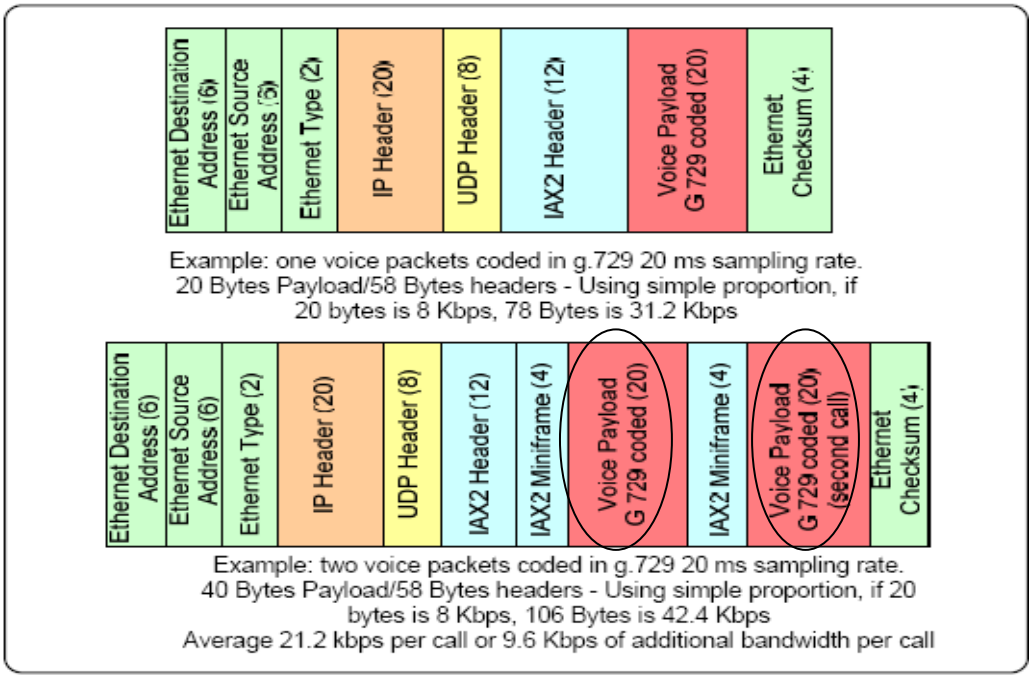


Figure 5.11 IAX2 trunk mode bandwidth reduction

اذا وصلت بين مقسمين من نوع Asterisk, بإمكانك استخدام مفهوم التجميع Trunk على برتوكول IAX . هذه الثورة التقنية العظيمة لا تتطلب منك شراء موجهات Routers خاصة، يمكن استخدامها على نوع من خطوط البيانات DataLinks . استخدام وضع IAX Trunk يمكنك من استخدام ترويسة Header واحدة لبرتوكول IAX لأكثر من مكالمة تنقل على هذا البرتوكول ,انظر الشكل أعلى. بمعنى، استخدام برتوكول IAX لنقل مكالمة واحدة يحتاج 30 كيلوبت بالثانية، وباستخدام هذا النمط في التجميع المكالمة الثانية ستحتاج فقط 9.6 كيلوبت بالثانية لأنها تستخدم نفس ترويسة برتوكول IAX للمكالمة الأولى. يمكن الرجوع الى دراسة لـــ John Todd متعلقة بهذا الموضوع على الموقع :

. www.voip-info.org/wiki-Asterisk+bandwidth_iax2

باستخدام حساب عرض الحزمة باستخدام وضع IAX Trunk نجد أن :

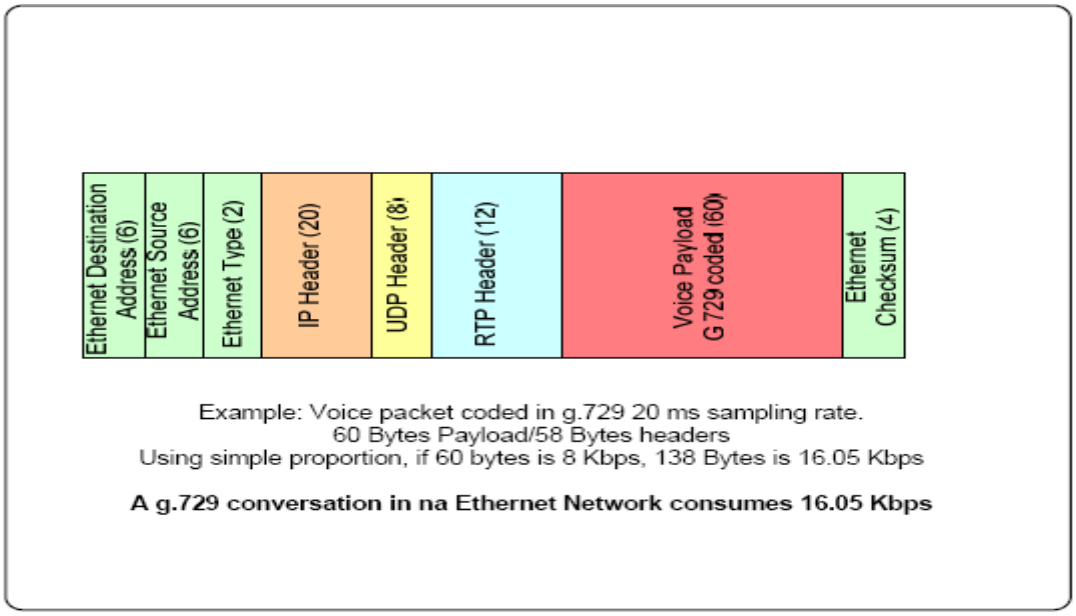
الفرع الاول (11 خط)

عرض الحزمة = 9.6 Kbps * (11-1)+ 31.2 = 127.2 كيلوبت بالثانية .

الفرع الثاني (8 خط)

عرض الحزمة = 9.6 Kbps * (8-1)+ 31.2 = 98.4 كيلوبت بالثانية .

3.6 زيادة كمية معلومات الصوت Payload في برتوكول VOIP



igure 5.11 increasing the voice payload to reduce bandwidth

زيادة كمية حمل البيانات Data Payload مفهوم مستخدم بشكل شائع في البوابات gateways على الانترنت. استخدام كمية معلومات صوت كبيرة، ربما يكون تضحية منك بوجود التأخير على حساب زيادة في حمل معلومات الصوت لتقليل استهلاك عرض حزمة أقل. في النسخة 1.4 من Asterisk بإمكانك التحكم بكمية بيانات الصوت المراد نقلها في الطرد الواحد لبرتوكول نقل الصوت RTP باستخدام التعليمة التالية :

```
allow=ulaw:30
```

يمكنك التحكم بكمية بيانات الصوت على الطرد الواحد بالبايتات bytes[6] وفق القيم المسموحة في الجدول التالي :

Name	Min	Max	Default	Increment
g723	30	300	30	30
gsm	20	300	20	20
ulaw	10	150	20	10
alaw	10	150	20	10
g726	10	300	20	10
ADPCM	10	300	20	10
SLIN	10	70	20	10
lpc10	20	20	20	20
g729	10	230	20	10
speex	10	60	20	10
ilbc	30	30	30	30

[6] ULAW هو نفسة G.711 يستخدم في امريكا . ALAW هو نفسه G.711 ويستخدم في أوربا .