تطبيقات الند للند: بت تورنت وسكايب
P2P Applications: BitTorrent & Skype

العنوان	رقم الصفحة
1. تطبيق BitTorrent	2
1.1. مثال	4
2.1. واجهة بت تورنت	5
3.1. نشر المحتوى	5
4.1. تمارين	6
2. تطبيق سكايب	7
1.2. المكونات الأساسية لبرمجيات سكايب	9
2.2. آلية عمل سكايب	11
3.2. مثال	15

تعتمد التطبيقات الشبكية التي درسناها سابقاً مثل الوب والبريد الالكتروني ومخدمات الأسماء ومخدمات نقل الملفات على بنية من نوع زبون–مخدم أو بشكل آخر تعتمد اعتماداً كبيراً على مخدم ذو إمكانيات كبيرة في البنية التحتية للتطبيقات. أما في حالة استخدام بنية من نوع P2P فإن الاعتماد على مخدمات مخصصة ومراكز معلومات لاستضافتها يصبح ضئيلاً جداً إذا لم يكن معدوماً. تعتمد هنا التطبيقات على الاتصال المباشر بين زوج من المضيفين، يدعى كل منهما "ند"، دون أن تحتاج هذه العقدة للعمل بشكل دائم Always-on مثلها مثل المخدمات. تستضيف عادةً حواسيب مكتبية أو محمولة موجودة في المنازل أو الجامعات هذه التطبيقات.

إن أهم التطبيقات الشائعة وكثيرة الاستخدام والتي تولد حركات مرور هائلة على الإنترنت هي من نوع P2P. نذكر، من أهم هذه التطبيقات، تطبيق "بت تورنت BitTorrent لمشاركة الملفات، وتطبيق Xunlei لتسريع تحميل الملفات، وتطبيق سكايب للهتف عن طريق الإنترنت إضافة إلى تطبيقات IPTV مثل Kankan وPPstream.

تجدر الإشارة هنا إلى أن بعض تطبيقات P2P تكون من النوع الهجين، أي تعتمد على البنية زبون–مخدم لتحقيق وظيفة ما مثل متابعة تواجد المستثمرين وتسجيل عناوين IP المخصصة لهم بينما يكون التواصل بين المستثمرين من نوع P2P مثل بعض تطبيقات الرسائل الفورية Instant Messaging.

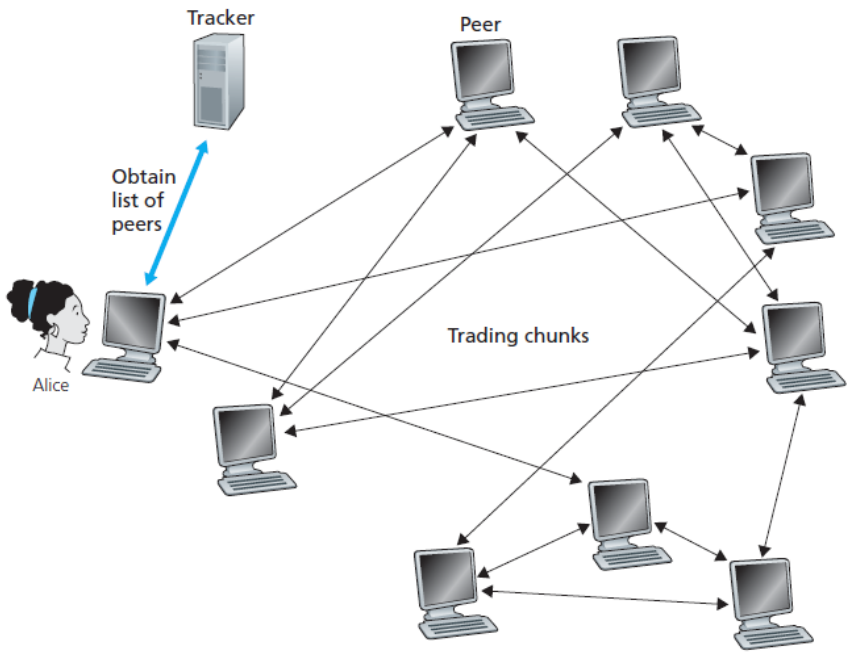
سندرس ضمن هذا الفصل تطبيقين شائعي الاستخدام وهما بت تورنت للمشاركة في الملفات وسكايب للدردشة والهاتف عن طريق الإنترنت.

1. تطبيق BitTorrent

حسب مصطلحات بت تورنت فإنه يطلق على مجموعة العقد التي تتشارك في توزيع ملف ما اسم "تورنت". تحمل كل عقدة (أو ند)، مشاركة ضمن تورنت، أجزاء Chunks متساوية الطول من الملف. يكون عادة طول الجزء 256 Kbytes. لا تملك العقدة عندما تنضم إلى التورنت أي جزء من الملف لكن مع مرور الوقت تبدأ بمراكمة الأجزاء لديها وبمشاركة هذه الأجزاء مع غيرها. يمكن أيضاً لكل عقدة أن تغادر التورنت في أي لحظة حتى قبل انتهاء تنزيل الملف المطلوب والعودة لاحقاً لمتابعة التحميل.

يمتلك كل تورنت عقدة ثابتة تدعى المتعقب Tracker. عندما تنضم عقدة إلى التورنت فإنها تسجل نفسها عند المتعقب وتعلم المتعقب بشكل دوري عن بقائها ضمن التورنت. يمكن أن يتراوح عدد العقد المشاركة ضمن التورنت الواحد بين العشرة والعدة آلاف حسب نوع الملف وانتشاره.

عندما تريد عقدة ما، لتكن Alice، الانضمام إلى التورنت فإن المتعقب يختار مجموعة عقد عشوائية (عادةً 50 عقدة) من العقد المشاركة في التورنت في اللحظة نفسها ويرسل عناوين IP إلى Alice كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل 1 – توزيع الملفات باستخدام BitTorrent

تحاول Alice الآن فتح ارتباطات TCP مع جميع هذه العقد. لندعو مجموعة العقد التي نجحت Alice في فتح ارتباط معها بالجيران Neighboring peers. يبين الشكل السابق 3 جيران للعقدة Alice. مع مرور الزمن، تغادر بعض العقد ولا تعود جارة للعقدة Alice كما يمكن أن تنضم عقد جديدة من خارج العقد الخمسين إلى جيران Alice عن طريق محاولة فتح ارتباط معها.

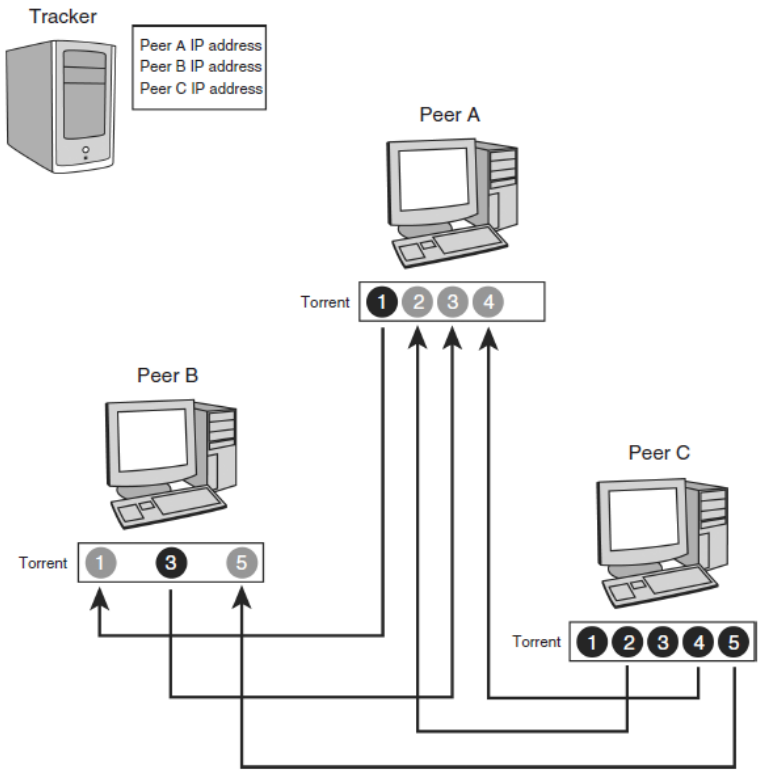
تمتلك كل عقدة في لحظة ما مجموعة جزئية من الأجزاء Chunks المكونة للملف، وكل عقدة تمتلك مجموعة مختلفة عن المجموعة التي تمتلكها غيرها. تسأل Alice جيرانها دورياً عن الأجزاء التي تمتلكها. بهذه الطريقة، ستقوم Alice بطلب الأجزاء التي لا تمتلكها من الملف من جيرانها. ينبغي هنا على Alice اتخاذ قرارين أساسين للحصول على ما ينقصها من الأجزاء: (1) ما هي الأجزاء التي يجب طلبها أولاً؟ و(2) ممن يجب طلب هذه الأجزاء؟. تعتمد Alice هنا على طريقة الأندر أولاً rarest first. أي تطلب Alice الأجزاء النادرة أو الموجودة عند أقل عدد من الجيران أولاً الأمر الذي يسمح بزيادة عدد النسخ من الأجزاء النادرة وتحقيق نوع من المساواة بعدد النسخ من كل جزء من الملف بين العقد.

أما فيما يتعلق بالطلبات التي تستجيب لها Alice فإن بت تورنت يستخدم الخوارزمية التالية: تعطي Alice الأولوية للعقد التي تزودها بالأجزاء بأسرع معدل لنقل المعطيات. أي أن Alice تقيس باستمرار معدل نقل المعطيات التي تستقبلها من كل جار من جيرانها وتحدد العقد الأربع الأسرع. تقوم Alice عندئذ بالمعاملة بالمثل، أي تجاوب فقط هذه العقد الأربعة. تعيد Alice حساب معدلات النقل كل 10 ثوانٍ وتعدل على أساس النتيجة ترتيب العقد الأربعة الأسرع. يطلق بت تورنت اسم Unchoked peers على العقد الأربعة هذه. أضف إلى ذلك أن Alice تختار كل 30 ثانية عقدة عشوائية من الجيران وترسل لها الأجزاء. لندعو هذه العقدة Bob وهي تعرف باسم Optimistically unchoked peer. بما أن Alice ترسل لـ Bob الأجزاء فإنه من الممكن أن تصبح Alice من بين أفضل أربع مزودين لـ Bob أي بما معناه أن Bob سيرسل الأجزاء إلى Alice. إذا كان معدل نقل معطيات Bob مرتفع فيمكن أن يصبح Bob من بين أفضل أربع عقد مزودة لـ Alice. يكمن الهدف من هذه الطريقة في أن لا تبقى العقد الأربعة مغلقة إلى اللانهاية وأنه يجب تجريب بقية العقد، عقدة في كل جولة، لعل إحدى هذه العقد تصبح أسرع في تزويد الأجزاء. أما بالنسبة لبقية جيران Alice خارج مجموعة 1+4 فهم Chocked أي أنهم لا يتلقون أي جزء من Alice.

يوجد حالياً الملايين من العقد التي تستخدم بت تورنت وتتشارك على مئات الآلاف من الملفات الأمر الذي أدى إلى نجاح بت تورنت وانتشاره الكبير. لعل خوارزمية تحفيز المشاركين ضمن التورنت على تزويد الأجزاء الموجودة لديهم بأعلى سرعة ممكنة حتى يصبحون قادرين على استقبال بقية الأجزاء (تعرف هذه الخوارزمية باسم Tit-for-tat) هي سبب انتشار بت تورنت وعدم تحول المستثمرين إلى "ركاب بالمجان Freeriders".

1.1. مثال

يبين الشكل التالي آلية تحميل ورفع ملف بين مجموعة من العقد. أسماء العقد هي A, B, and C. يدل المستطيل تحت كل عقدة على عدد الأجزاء المكونة للملف (وهي 5) إضافة إلى الأجزاء الموجودة باللون الأسود ضمن كل عقدة والأجزاء الناقصة باللون الرمادي. هنا A تملك الجزء الأول فقط بينما C تملك جميع الأجزاء أي أنها بذرة. نجد أيضاً أن العقدة A قيد إرسال الجزء رقم 1 إلى العقدة B وقيد طلب الجزأين 2 و 4 من C والجزء 3 من B.



الشكل 2– نقل ملف بين العقد

2.1. واجهة بت تورنت

إن طريقة تحميل الملفات وفق بت تورنت بسيطة جداً. يضغط المستثمر على رابطة Hyperlink للملف الذي يرغب بتحميله ومن ثم يظهر له صندوق حوار Save-as المعروف ثم تبدأ عملية التحميل ويظهر معها سرعة التحميل وسرعة الرفع Upload.

حتى نستطيع تحميل ملف وفق تطبيق بت تورنت، يجب أولاً إعداد برنامج زبون BitTorrent. لاحظ أن شبكة بت تورنت لا تزود إمكانيات البحث عن الملفات حيث يجب العودة إلى محركات البحث التقليدية مثل Google للبحث عن ملفات باللاحقة torrent.

3.1. نشر المحتوى

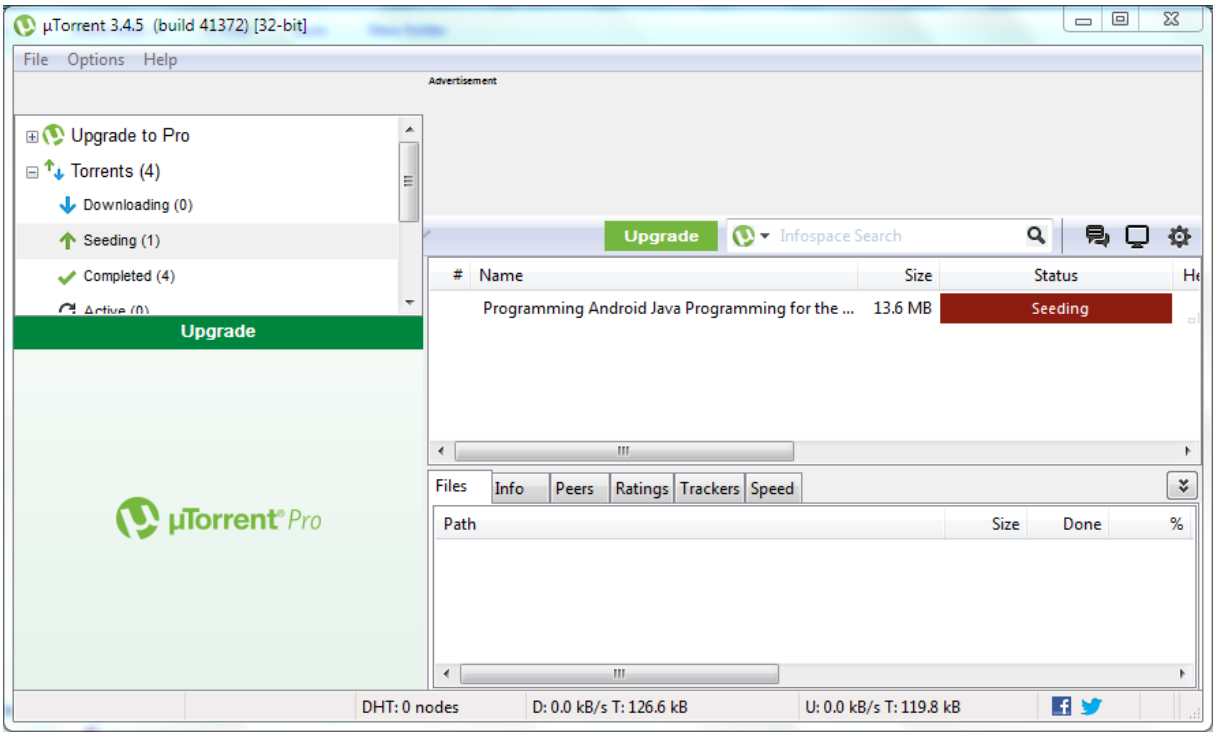
حتى نستطيع نشر ملف، يجب أولاً توليد ملف ساكن بنهاية من نوع torrent. ووضعه على مخدم وب. يحوي ملف torrent. معلومات عن الملف وطوله واسمه ومعلومات خاصة بالتهشير SHA-1 لجميع الأجزاء ورابط إلى المتعقب URL of the tracker. يساعد المتعقب محملي الملفات downloaders على إيجاد بعضهم البعض. تجري هذه المساعدة باستخدام تطبيق بسيط يعمل فوق HTTP، حيث يرسل محمل الملفات معلومات مثل اسم الملف الذي يحمله ورقم البوابة التي يتنصت عليها وغيرها من المعلومات المفيدة

بينما يجيب المتعقب بعناوين العقد التي تحمل الملف نفسه. يستطيع الآن محملي الملفات الاتصال ببعضهم. حتى يصبح الملف متاحاً، يجب على أحد العقد المحملة التي تمتلك كامل الملف (تعرف بالبذرة Seed) أن تبدأ برفع نسخة كاملة على الأقل من الملف.

ملاحظة: يمكن المشاركة على مجلد يحوي مجموعة ملفات لكن لا يمكن تغيير محتوى المجلد لاحقاً لأن الهاش الذي يولد للمجلد لا يمكن تغييره.

4.1. تمارين

1. تحميل وتنصيب برنامج الزبون (سنعمل مع البرنامج uTorrent 3.4.5). بعد التنصيب ستشاهد نافذة شبيهة بالشكل التالي:



الشكل 3 – نافذة برنامج الزبون utorrent

2. البحث عن ملف torrent. الخاص بملف ما. أدخل على google وابحث عن العبارة التالية:
   `programming android ebook filetype:torrent`
3. اختر الموقع torrentcd.pw
4. أضغط على download torrent ثم open with µTorrent
5. أضغط OK عند طلب موقع الحفظ

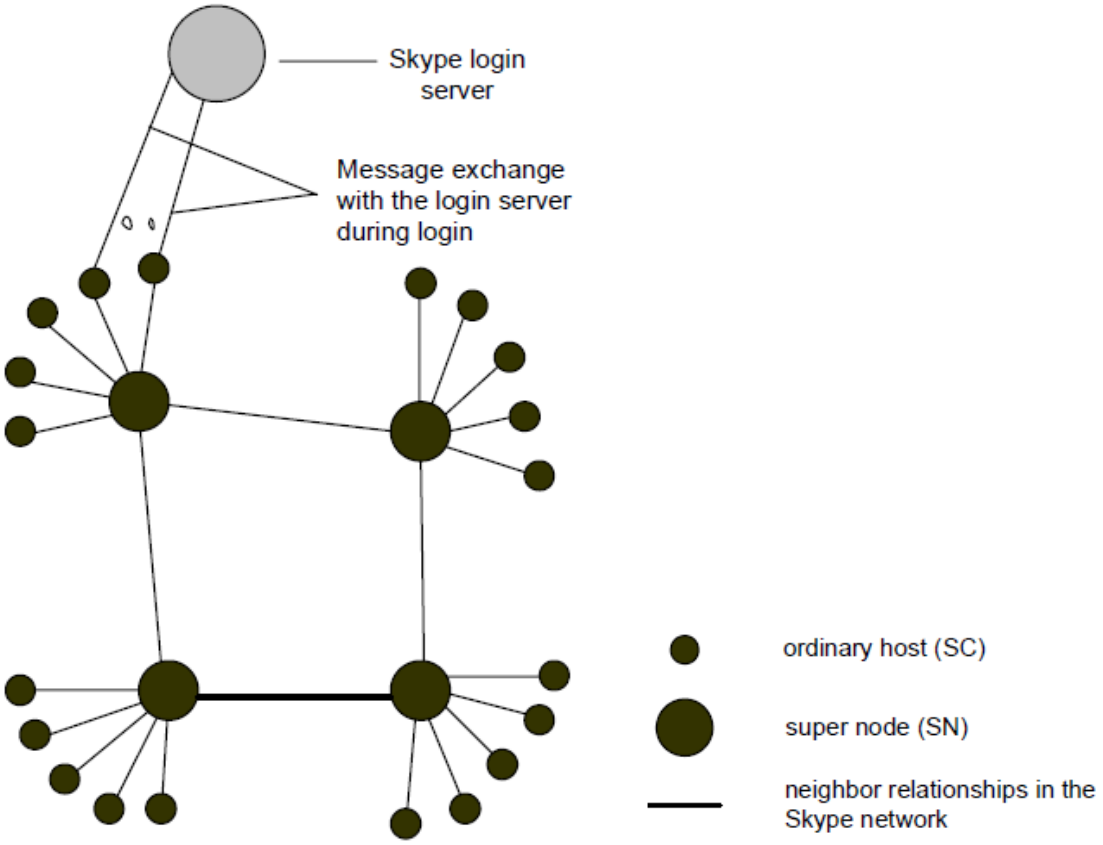
المطلوب:

البحث عن الكتاب التالي: Home Networking for Dummies 3rd 4th Ed E-Book ومن ثم البدء بتحميله والإجابة على الأسئلة التالية:

1. ماعدد الملفات التي يحويها هذا التورنت؟
2. ما هو طول الملف الكلي؟
3. ما عدد الأجزاء المكونة للملف الكلي وما طول كل جزء؟
4. ما نوع البروتوكول المستخدم TCP or UDP؟ وما هو رقم Destination port التي يطلبها الزبون؟

2. تطبيق سكايب

سكايب هو تطبيق لنقل الصوت عبر الإنترنت VOIP من نوع P2P. يسمح سكايب بالاتصال عبر الإنترنت وبالدردشة الفورية إضافةً إلى المكالمات المرئية Video Conferencing. يستخدم سكايب نوعين من العقد: العادية والمتقدمة (SN) Super node. العقدة العادية هي العقدة التي تستخدم سكايب للاتصال الصوتي أو الدردشة. العقدة المتقدمة هي حاسب مضيف موجود على شبكة سكايب. يمكن لأي عقدة مزودة بعنوان IP عام Public IP address وموارد كافية من المعالجة CPU والذاكرة ومعدل نقل المعطيات أن تصبح عقدة متقدمة. يجب أن تتصل العقدة العادية بعقدة متقدمة كما يجب أن توفر معلومات الاستيقان Authentication مع مخدم النفاذ Skype Login Server الذي يخزن أسماء المستثمرين وكلمات المرور. يجري أيضاً تخزين لائحة الأصدقاء Buddy List ضمن هذا المخدم. يوضح الشكل التالي العلاقات بين العقدة العادية والعقدة المتقدمة ومخدم النفاذ.



الشكل 4 – العلاقات بين العقد ومخدم النفاذ في سكايب

يجري ربط شبكة سكايب مع شبكة الهاتف العادية عن طريق مخدمات SkypeIn and SkypeOut اللذين لا يعتبران من مكونات شبكة P2P الخاصة بسكايب. نلاحظ هنا أن المخدم المركزي الوحيد هو مخدم النفاذ. أما بالنسبة للمعلومات عن كون المستثمرين على الخط Online أو خارج الخط Offline فيجري تخزينها و تبادلها بطريقة غير مركزية.

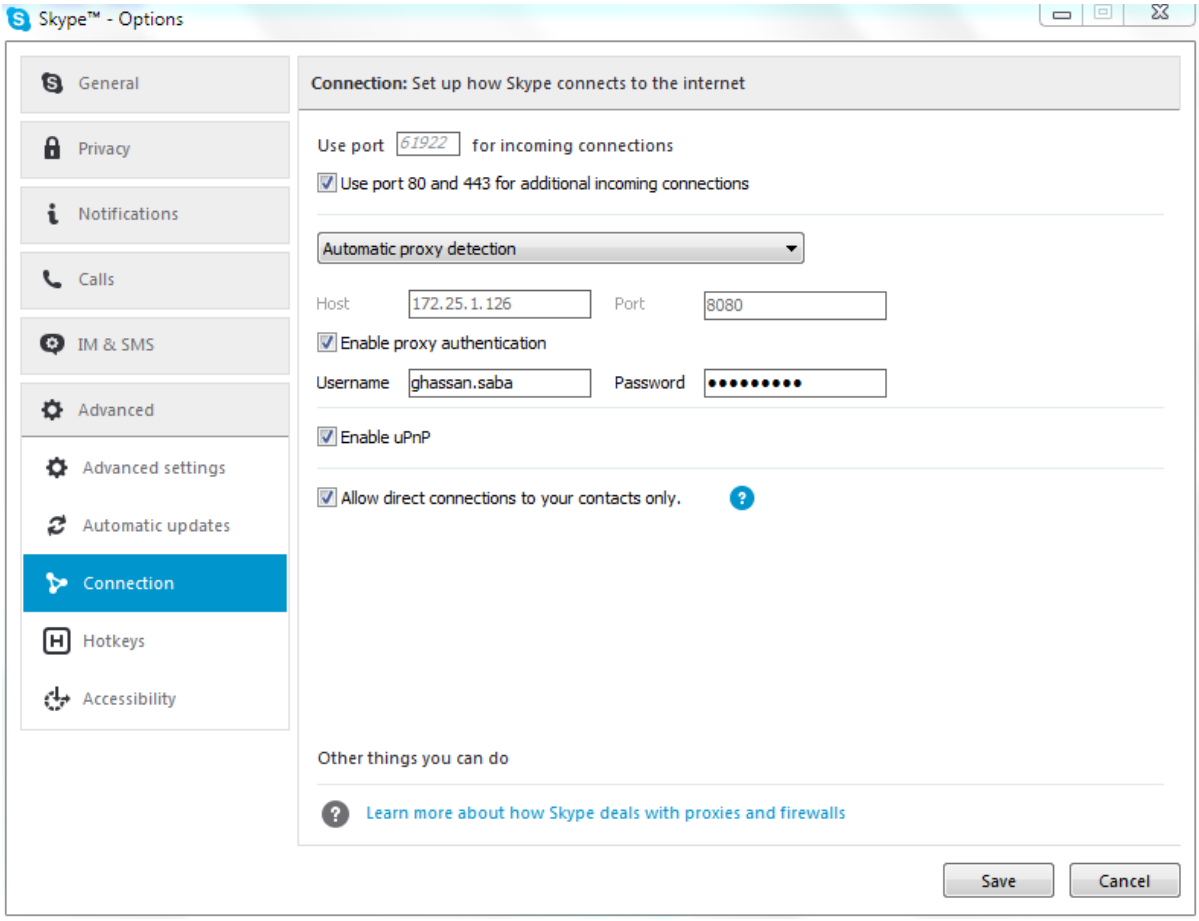
تستخدم عقد سكايب أحد أشكال بروتوكول Session Traversal Utilities for NAT (STUN) لتحديد نوع تحويل العناوين وجدار النار المستخدمين للوصول إلى الإنترنت. تعتبر شبكة سكايب من الشبكات الغطائية Overlay network حيث تحتاج كل عقدة (SC) Skype Client لبناء وتحديث جدول بالعقد التي تستطيع الوصول إليهم Reachable nodes. يدعى هذا الجدول بخابية المضيف Host Cache وهو يحوي عناوين IP وأرقام بوابات العقد المتقدمة. عادةً يجري تخزين HC ضمن ملف XML. يستخدم سكايب خوارزميات ضغط Codecs متقدمة قادرة على المحافظة على جودة عالية للمكالمات بمعدل معطيات 32 Kbps. كما يستخدم TCP للتأشير Signaling بينما يستخدم UDP و TCP لنقل حركات مرور المكالمات وغيرها.

1.2. المكونات الأساسية لبرمجيات سكايب

يتنصت زبون سكايب على بوابة خاصة للمكالمات الواردة ويدير على جدول ببقية عقد سكايب يعرف بخابية المضيف ويستخدم خوارزميات ضغط متقدمة ويتابع لائحة الأصدقاء ويشفر الرسائل من نهاية لنهاية كما يحدد فيما إذا كان خلف جدار نار أو NAT.

1.1.2. البوابات Ports

يتنصت زبون سكايب على بوابة TCP وأخرى UDP حسب ما هو معرف ضمن إعدادات الزبون. يجري اختيار رقم البوابة عشوائياً عند التنصيب. بالإضافة إلى هاتين البوابتين، يتنصت الزبون على البوابتين HTTP port 80 و HTTPS port 443. يوضح الشكل التالي التنصت على البوابات ضمن سكايب.



الشكل 5– البوابات التي يتنصت عليها سكايب

2.1.2. خابية المضيف Host Cache (HC)

تعتبر خابية المضيف التي تحوي لائحة بعناوين وأرقام بوابات العقد المتقدمة التي تتجدد باستمرار هامة لعمل سكايب. يجب أن تحوي هذه الخابية، في النسخة v0.97 مدخل واحد على الأقل يحوي عنوان IP ورقم بوابة عقدة متقدمة على الخط. أثناء عملية النفاذ login، يحاول الزبون تأسيس ارتباط TCP مع أحد العقد الموجودة ضمن الخابية ومن ثم يتبادل معها المعلومات. إذا لم ينجح في تأسيس الارتباط فإنه يرسل تقرير فشل نفاذ. أما في النسخ الحديثة من زبون سكايب، أي v1.2 فما فوق، ففي حال عدم النجاح في تأسيس ارتباط مع جميع العقد الموجودة ضمن الخابية فإنه يحاول تأسيس ارتباط وتبادل المعلومات مع أحد عقد الإقلاع السبعة Bootstrap IP and ports المرمزة ضمن برنامج سكايب التنفيذي Hardcoded in the Skype executable. توجد الخابية في Windows 7 ضمن لمسار:

C:/Users/<username>/ AppData/Roaming/Skype/shared.xml)

بعد تشغيل سكايب ليومين متواصلين، يمكن أن يصل عدد المداخل ضمنه إلى 200.

```
<HostCache>
41C80105004105020059A9FF2F9DC20001040002DCCDF0DE
040003DCCDF0DE04000400050041050200
...
04000400050041050200
D5F0C7F6DE02
0001010002
A2A4E5DE
040003
D6E2E5DE
04000400050041050200
...
0400040005004105020 05D7B32BFF593000104000280CCF0DE
04000380CCF0DE04000400
</HostCache>
```

لاحظ أن القيمة باللون الأحمر إذا حولت إلى عنوان IP ورقم بوابة تصبح 213:240:199:246 والبوابة 5683.

3.1.2. لائحة الأصدقاء Buddy list

توجد لائحة الأصدقاء في Windwos 7 غير مشفرة ضمن المسار
C:\Users\<username>\AppData\Roaming\Skype\Skype_User_ID/config.xml

مثال: C:\Users\GS\AppData\Roaming\Skype\ghassansaba1/config.xml

كما يوجد نسخة مركزية مخزنة على أحد مخدمات سكايب. يبين الشكل التالي جزء منها:

```
<CentralStorage>
<LastBackoff>0</LastBackoff>
<LastFailure>0</LastFailure>
<LastSync>1135714076</LastSync>
<NeedSync>0</NeedSync>
<SyncSet>
<u>
<skypebuddy1>2f1b8360:2</skypebuddy1>
<skypebuddy2>d0450f12:2</skypebuddy2
```

4.1.2. التشفير Encryption

يستخدم سكايب خوارزمية التشفير Advanced Encryption Standard (AES) مع مفتاح تناظري بطول 256 bits لتشفير المحادثات والرسائل الفورية. كما يستخدم خوارزمية RSA مع مفتاح غير تناظري بطول 1024 bits لتبادل المفاتيح التناظرية. يجري اعتماد التوثق من المفتاح العام Public key للمستثمر من قبل مخدم نفاذ سكايب باستخدام شهادات رقمية RSA بطول 1536 bite أو 2048 bits.

2.2. آلية عمل سكايب

1.2.2. الإقلاع Startup

عند تشغيل زبون سكايب بعد التنصيب، فإنه يرسل رسالة HTTP Get للمخدم skype.com حيث يحوي السطر الأول من الرسالة الكلمة "installed".

2.2.2. النفاذ Login

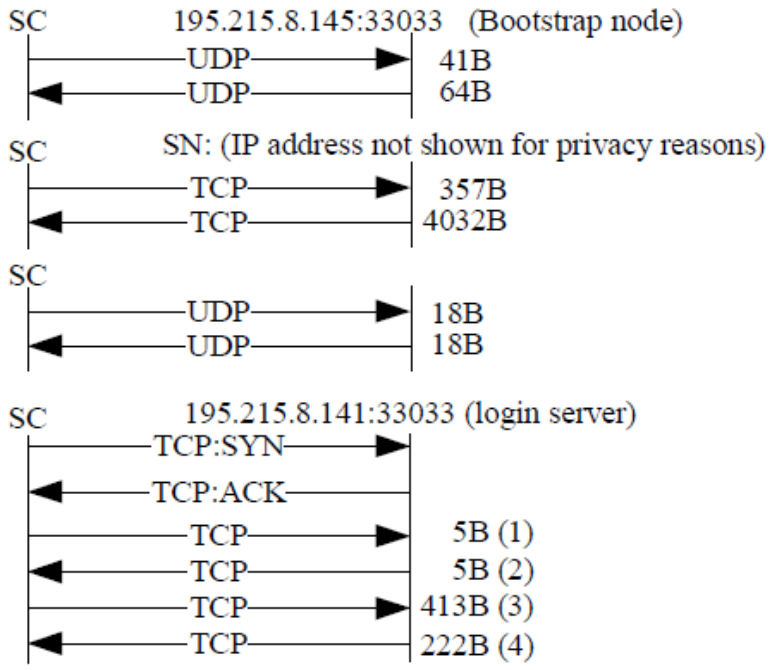
يعد النفاذ من أهم أعمال سكايب لأنه يجري خلاله الاستيقان من المستثمر، والإعلان عن تواجد المستثمر على الخط لبقية العقد والأصدقاء، وتحديد نوع NAT وجدار النار الذي يقف خلفها المستثمر، ويكتشف الأصدقاء الذين على الخط مع عناوينهم العامة ويتأكد من أن نسخة سكايب هي آخر تحديث موجود.

يبين الشكل التالي تسلسل طلبات دخول الزبون لأول مرة (أي دون استخدام الخابية).

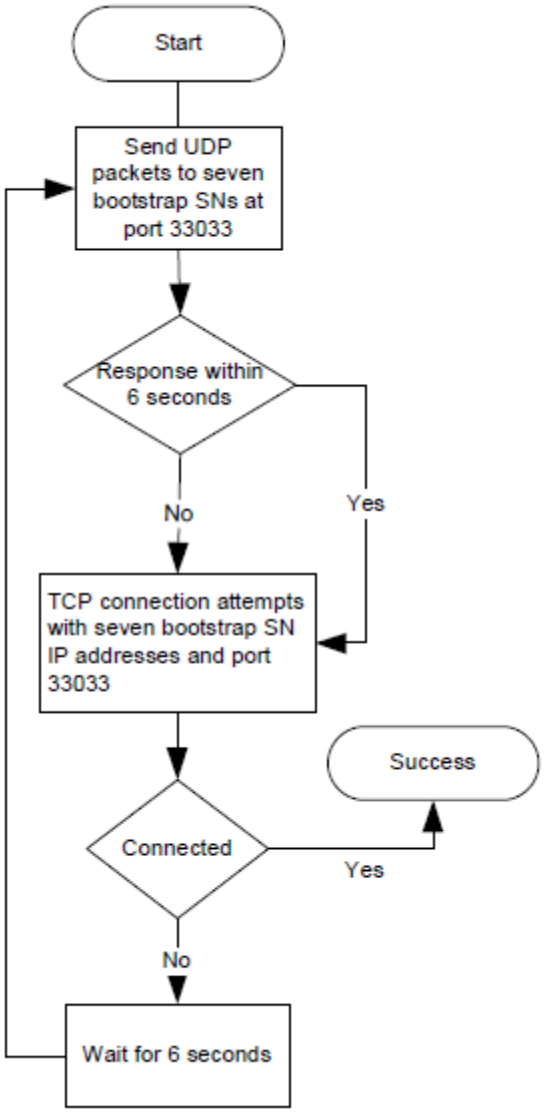
يحاول الزبون أيضاً الاتصال بمخدم سكايب عبر البوابتين 80 و 443 المخصصتين لبروتوكولي HTTP و HTTPS اللتين يفتحهما جدار النار عادةً.

يحاول الزبون أيضاً تأسيس اتصال TCP مع أحد العقد المتقدمة حتى يصبح متواجداً على شبكة سكايب وفي حالة عدم النجاح في تأسيس أي اتصال فإن سكايب يبلغ عن فشل نفاذ Login failure.

يبين الشكل التالي تسلسل عمليات النفاذ عندما تكون جميع بوابات TCP و UDP مفتوحة.

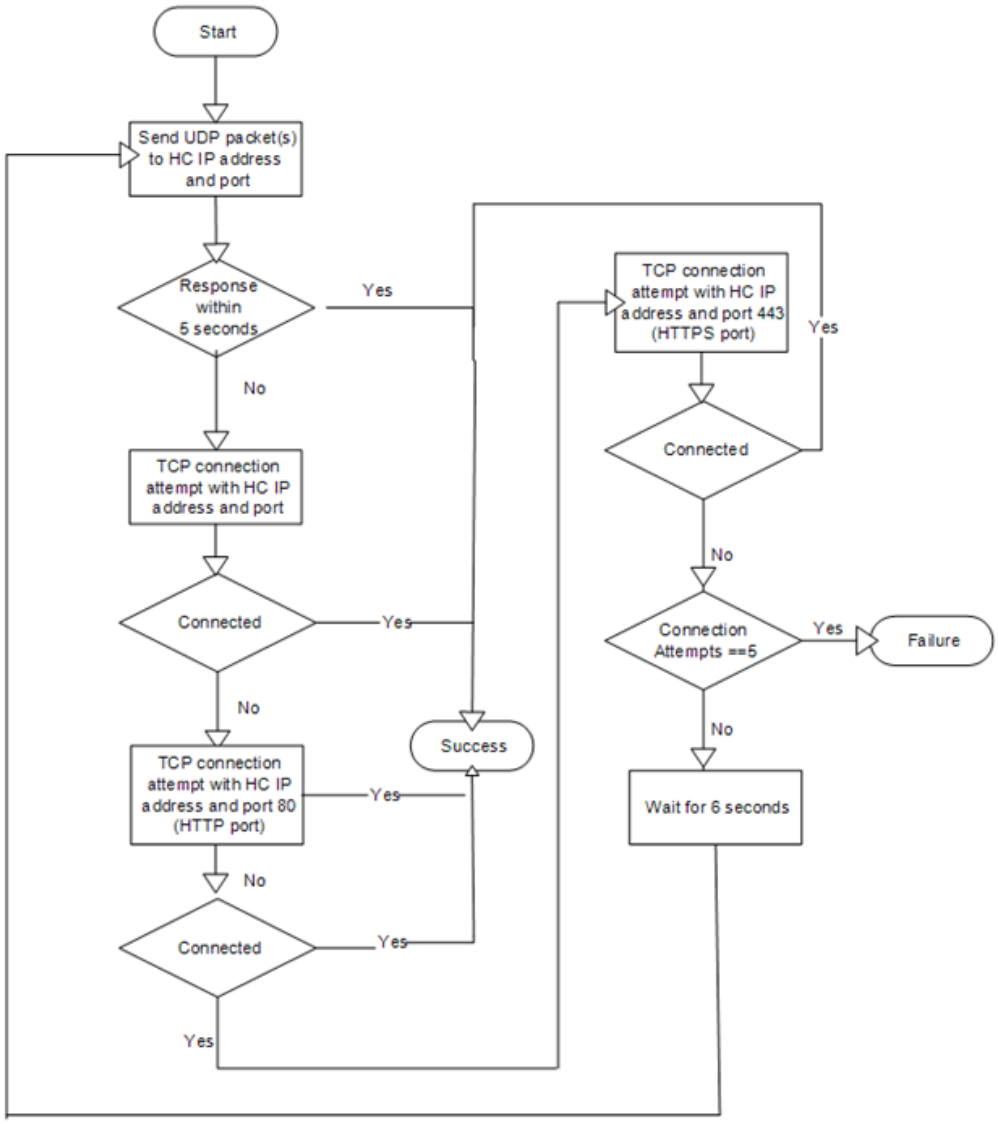


الشكل 6 – الرسائل المتبادلة بين الزبون والعقد المتقدمة ومخدم النفاذ



الشكل 7 – خطوات النفاذ إلى سكايب

أما في حال وجود معلومات ضمن الخابية وجرى تعريف الدخول عن طريق البوابات 80 و443 فيصبح النفاذ إلى سكايب كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل 8– خطوات النفاذ إلى سكايب

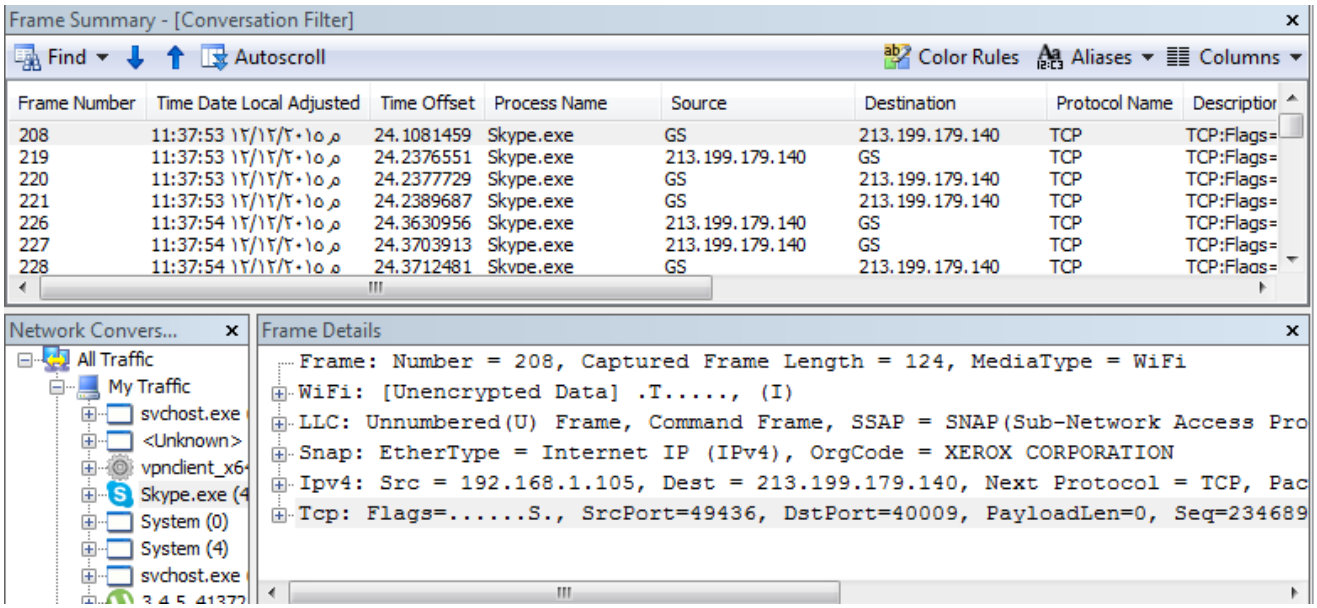
3.2.2. مخدم النفاذ Login server

بعد أن يتم الاتصال بين الزبون SC وعقدة متقدمة SN يقوم الزبون بالاتصال مع مخدم النفاذ لإرسال الاسم وكلمة المرور. يجري عادة الاستيقان من المستثمر باستخدام بروتوكول TCP مع عناوين IP لمخدمات سكايب.

3.2. مثال

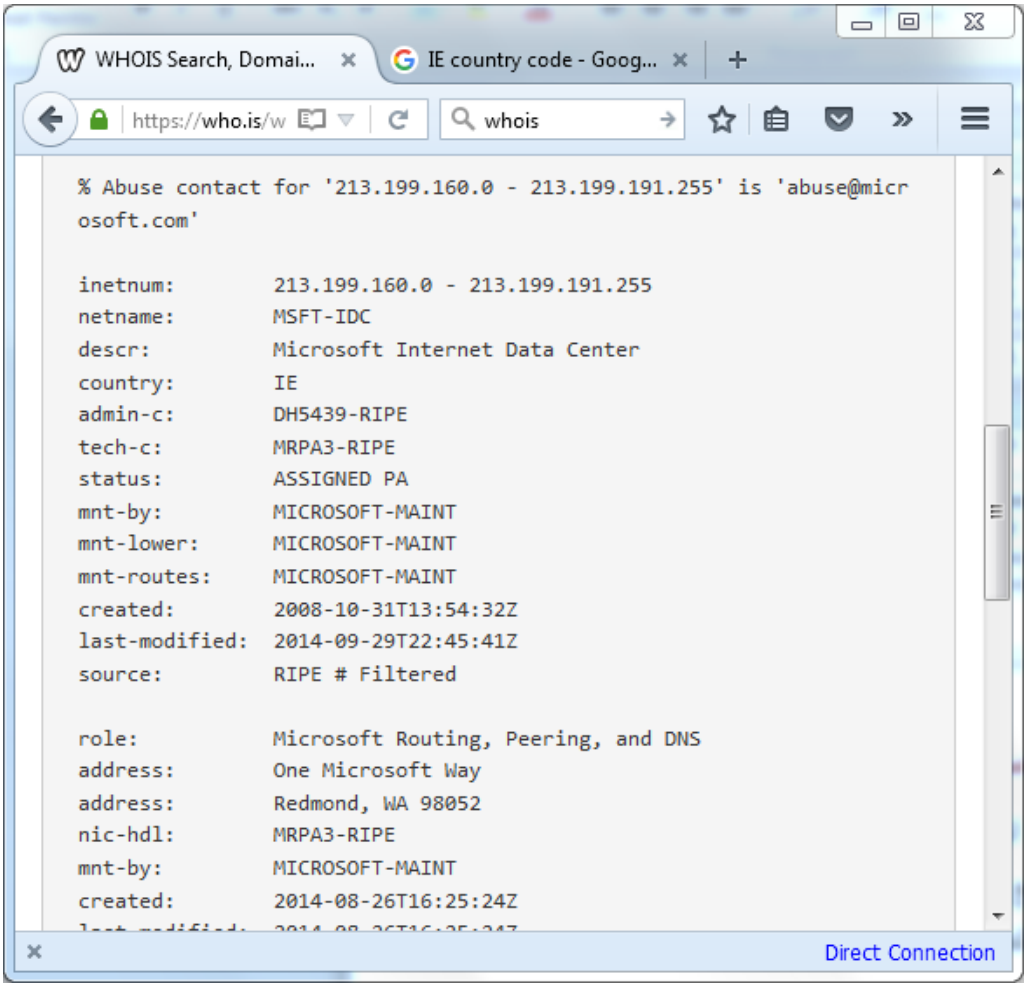
سنقوم في هذا المثال بتغيير اسم `Shared.xml` إلى `Shared_old.xml` للتعامل بدون الذاكرة الخابية ومن ثم نقوم بالخطوات التالية:

1. نخرج من سكايب `Skype logout`
2. نشغل البرنامج `Microsoft Network Monitor 3.4` لأنه قادر على تصفية الطرود حسب التطبيقات
3. نبدأ تحليل الطرود
4. ندخل إلى سكايب وفق الاسم وكلمة المرور
5. تظهر عندنا النتائج التالية:



الشكل 9– تحليل طرود سكايب باستخدام Network Monitor

6. لاحظ أن أول طرد مرسل من حاسبي GS إلى العنوان 213.199.179.140 هو طرد TCP إلى البوابة 40009 للتأكد من القدرة على التواصل مع هذه العقدة المتقدمة
7. أدخل على موقع www.who.is وأبحث عن مالك هذا العنوان فأجد أنه تابع لشركة مايكروسوفت في إيرلندة.



الشكل 10– اسم وموقع مالك عنوان العقدة المتقدمة

المطلوب:

أعد التجربة نفسها وأجب عن الأسئلة التالية:

1. ما هي البروتوكولات التي يستخدمها سكايب؟
2. ما هو أول عنوان يطلبه زبون سكايب؟
3. ما هو رقم البوابة التي يتصل إليها سكايب في أول اتصال له؟
4. أذكر أول ثلاث مواقع يتصل فيها سكايب باستخدام HTTP
5. ما هو عدد الطرود التي جرى تبادلها لفتح اتصال سكايب؟
6. حول العنوان الذي وجدته في الطلب الثاني إلى الصيغة الست عشرية ثم ابحث عن القيمة الناتجة ضمن الملف shared.xml. هل هي موجودة؟
7. حلل الطرود المتبادلة أثناء إقامة اتصال مع أحد الأصدقاء. ما هو عنوان IP للعقدة التي تخدمك أثناء إقامة الاتصال؟ ومن هو المالك؟ ومن أي دولة؟

ملاحظة: تجدر الإشارة هنا إلى أن شركة مايكروسوفت اشترت شركة سكايب عام 2011 وأجرت عليه لعض التعديلات من أهمها استخدام الحوسبة السحابية Cloud Computing ضمن مراكز المعلومات Data Centers لاستضافة العقد المتقدمة SN التي أصبح عملها مركزياً وليس P2P غير أن الاتصال بين الزبائن بقي P2P.