

ITRAINONLINE MMTK

الشبكات المعشقة – كراسة المتدرّب

إعداد: سيباستيان بويترخ، wire.less.dk
النسخة العربية: أنس طويلة، www.tawileh.net/anas

1	ITRAINONLINE MMTK
1	عن هذا المستند
1.1	1.1 معلومات حفظ الملكية الفكرية
3.1	3.1 المتطلبات المسبقة
3.1	3.1 درجة الصعوبة
2	2 مقدمة
3	3 تعريف الشبكات المعشقة
1.3	1.3 بنية وديناميكية الشبكات المعشقة
2.3	2.3 الفكرة العامة عن الشبكات المعشقة
3.3	3.3 البنية المعشقة – مثال نموذجي
4.3	4.3 البنية المعشقة – المصطلحات
4	4 الدوافع، التوقعات والحدود
1.4	1.4 ملائمة الواقع
2.4	2.4 الكلفة
3.4	3.4 التنظيم وأساليب العمل
4.4	4.4 السهولة والبساطة
5.4	5.4 ثبات الشبكة
6.4	6.4 القدرة
7.4	7.4 التكامل
8.4	8.4 البيئات الحضرية والنائية
9.4	9.4 المشاكل والحدود
5	5 أنواع ومقاييس بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة
1.5	1.5 عناصر توجيه الشبكة المعشقة
2.5	2.5 أنواع بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة
3.5	3.5 القياسات
6	6 بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة: أمثلة
1.6	1.6 MMRP (Mobile Mesh)
2.6	2.6 OSPF
3.6	3.6 OLSR
4.6	4.6 OLSR مع قياسات ETX
5.6	5.6 AODV
7	7 تجهيزات الشبكات المعشقة
8	8 برمجيات الشبكات المعشقة
1.8	1.8 MeshLinux
2.8	2.8 Zebra/Quagga
3.8	3.8 CUWin
4.8	4.8 Pebble
5.8	5.8 OpenWRT
9	9 دراسة حالات الشبكات المعشقة
1.9	1.9 ألمانيا: Freifunk OLSR Mesh، برلين، ألمانيا
2.9	2.9 الولايات المتحدة: شبكة The Champaign-Urbana Community Wireless Network (CUWiN)
3.9	3.9 الهند: شبكة Dharamsala Wireless-Mesh Community Network
4.9	4.9 جنوب أفريقيا: شبكة Mpumalanga Mesh Network, Meraka Institute, CSIR
10	10 مشاكل ومحدودية الشبكات المعشقة
1.10	1.10 التأخير Latecy
2.10	2.10 الأداء Throughput
3.10	3.10 إمكانية التوسع Scalability

1. عن هذا المستند

تشكّل هذه المواد التدريبية جزءاً من حزمة تدريب الوسائط المتعددة Multimedia Training Kit (MMTK). توفر هذه الحزمة مجموعة متكاملة من المواد التدريبية والموارد الداعمة للإعلام الاجتماعي، مراكز الوسائط المتعددة للمجتمعات، مراكز الولوج البعيد وغيرها من المبادرات باستخدام تقنيات المعلومات والاتصالات لتدعيم المجتمعات ودعم نشاطات التنمية.

1.1 معلومات حفظ الملكية الفكرية

لقد تم إصدار هذه الوحدة ضمن إتفاقية الترخيص Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.5. للحصول على المزيد من المعلومات عن كيفية استخدام هذه المواد يرجى الإطلاع على نص حماية الملكية الفكرية المضمن مع هذه الوحدة أو راجع <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

3.1 المتطلبات المسبقة

ننصحك بقراءة جميع الوحدات الأساسية عن الشبكات اللاسلكية قبل البدء بقراءة هذه الوحدة، خصوصاً وحدة "البنى التحتية للشبكات اللاسلكية". سيساعدك الإلمام بمعايير الشبكات اللاسلكية، المبادئ الفيزيائية للشبكات اللاسلكية والهوائيات على استيعاب هذه الوحدة بشكل أفضل.

3.1. درجة الصعوبة

درجة صعوبة هذه الوحدة: متقدّم.

2. مقدّمة

يمكن تعريف الشبكات المعشّقة باختصارٍ شديدٍ بأنها شبكاتٌ تمرّ ضمنها المعلومات من عدة نقاطٍ إلى عدة نقاط Many-to-Many ضمن هيكلية مسطّحة (غير هرمية)، على عكس الشبكات المركزية.

لقد حظيت الشبكات المعشّقة باهتمامٍ متزايدٍ في مجال الشبكات اللاسلكية في السنوات الماضية (منذ بداية العام 2000) من قبل مصنعي تجهيزات الشبكات اللاسلكية، مهندسي البرمجيات، الشركات التجارية ونشطاء المجتمع المدني.

يعود الفضل في هذا الإهتمام المتزايد إلى عدّة أسبابٍ منها الوثوقية وسهولة الاستخدام والعود بتخفيض النفقات وتقليل استهلاك القدرة إضافةً إلى إمكانية تركيب شبكاتٍ ضخمةٍ تغطي مدناً ودولاً بأكملها.

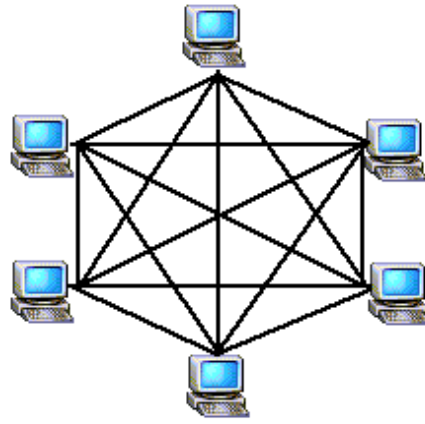
لقد أدت طبيعة الشبكات المعشّقة الخاصة Ad-hoc غير المركزية وغير الهرمية إلى لفت انتباه بعض العاملين في مجال التقنية والمهتمين بشبكات المجتمعات الشعبية نظراً للقيم الضمنية التي تحملها هذه الشبكات.

3. تعريف الشبكات المعشقة

فيما يلي تعريف بسيط لشبكة معشقة:

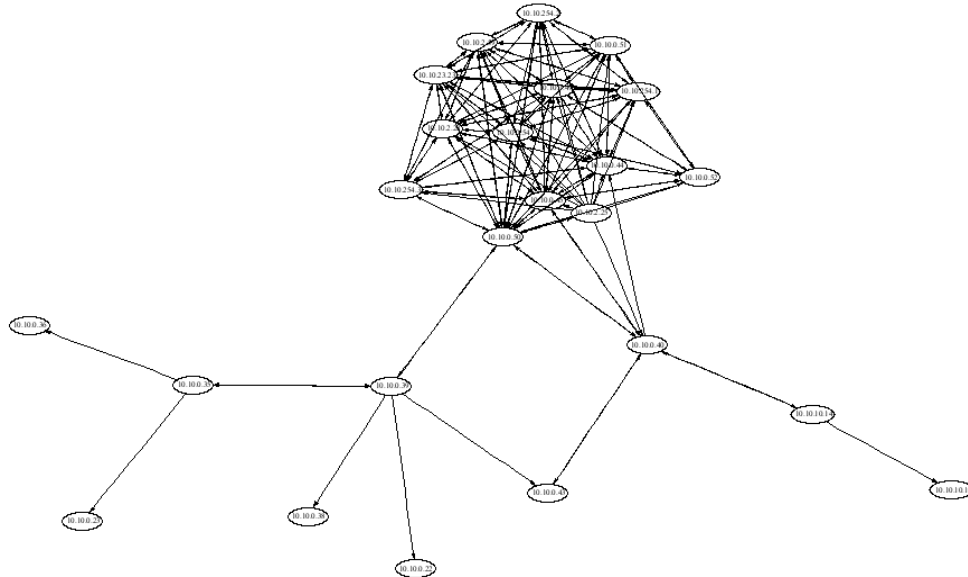
"تبنى الشبكة المعشقة بناء على أحد أسلوبين لترتيب الوصلات: بنية التشبيك الكلي أو بنية التشبيك الجزئي. تتصل كل نقطة في بنية التشبيك الكلي مباشرة بجميع النقاط الأخرى ضمن الشبكة. أما في بنية التشبيك الجزئي فتتصل كل نقطة ببعض (وليس جميع) النقاط الأخرى فقط."

يمكن توضيح هذه الفكرة باستخدام صورة لشبكة بسيطة معشقة بالكامل حيث تتصل جميع النقاط (الحواسب) مباشرة بجميع النقاط الأخرى:



شكل 1: شكل توضيحي لشبكة معشقة بالكامل

يوضح الشكل التالي أيضاً مخططاً لشبكة معشقة جزئياً (الأكثر شبيهاً بالشبكات اللاسلكية المعشقة جزئياً الحقيقية): تختلف نسبة توصيل النقاط فيما بينها، ففي حين تتصل بعض النقاط بعدد كبير من النقاط الأخرى، تتصل النقاط الموجودة عند الأطراف بعدد صغير من النقاط أو ربما بنقطة واحدة.



1.3. بنية وديناميكية الشبكات المعشقة

كما تلاحظ من التعريف المذكور آنفاً لا تحتوي الشبكات المعشقة بالضرورة على أية عناصر ديناميكية. إلا أنّ المصطلح "شبكة معشقة Mesh" قد استخدم في السنوات الأخيرة في مجال الشبكات اللاسلكية للدلالة على الشبكات "الخاصة Ad-hoc" أو "النقالة Mobile". يشكل دمج خاصيتي التعشيق والخصوصية دون شك إقتراحاً جديراً بالإهتمام.

على الرغم من أنّ البعض يرتأي بأنّ أهميّة الشبكات المعشقة تكمن في البيئات الديناميكية إلا أنّ غالبية مشاريع الشبكات اللاسلكية المعشقة المركّبة حتى الآن تعمل ضمن بيئة ساكنة، تحتوي على سبيل المثال نقاطاً أو هوائيات مركّبة على أسطح الأبنية.

راجع فقرة دراسة حالات الشبكات المعشقة في هذه الوحدة لاستيعاب هذه الفكرة بشكل أفضل.

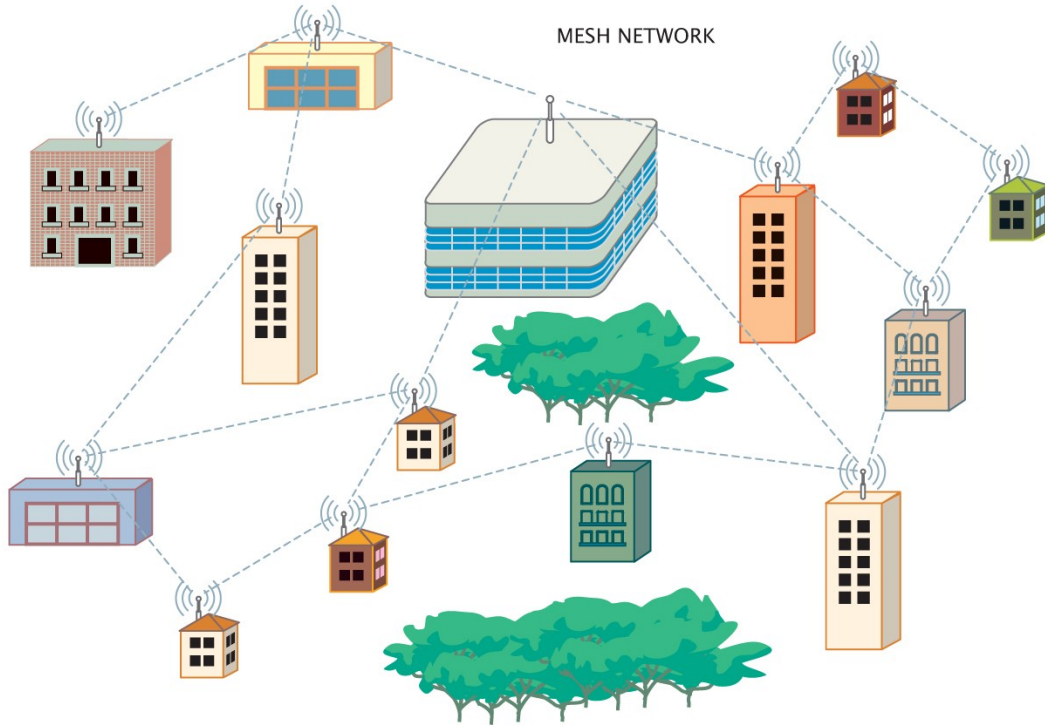
2.3. الفكرة العامة عن الشبكات المعشقة

على الرغم من الإختلاف في فهم فكرة الشبكات المعشقة وتطبيقها، من المفيد أن نتذكّر الفكرة العامة التالية عن هذه الشبكات:

الشبكات المعشقة هي الشبكات التي تتعامل مع الوصلات التي تربط عدّة نقاطٍ بعدّة نقاطٍ Many-to-Many والتي تملك القدرة على تعديل وتحسين هذه الوصلات بشكل تلقائيّ.

3.3. البنية المعشقة - مثال نموذجي

قد تبدو الشبكة المعشقة في بيئة حضرية على الشكل التالي، تربط هذه الشبكة بشكل رئيس بين أسطح المباني ولكنها قد تتضمن أيضاً مواقع أخرى للنقاط مثل أبراج الهوائيات، الأشجار، النقاط المتحركة (كالسيارات والأشخاص الذين يستخدمون الحواسيب، ...):



شكل 3: مثال نموذجي لشبكة معشقة.

4.3. البنية المعشقة - المصطلحات

ستصادف أثناء قراءتك عن الشبكات المعشقة عدداً من المصطلحات التي تستخدم أحياناً (ولا يعني ذلك أن هذا الاستخدام صحيح!) للدلالة على الشبكات المعشقة:

MANET (الشبكة النقالة الخاصة Mobile Ad hoc Network) - تجمع بين خاصيتي التنقل والديناميكية (والتي لا تتواجد بالضرورة في الشبكات المعشقة).

الشبكة الخاصة Ad-Hoc Network - تركز على الطبيعة الديناميكية والتلقائية للشبكة.

الشبكات متعددة المراحل Multi-Hop Networks - تركز على فكرة انتقال البيانات عبر عدة نقاط.

4. الدوافع، التوقعات والحدود

تتنامي تقنية الشبكات المعشقة تدريجياً لتصبح ناضجة بالدرجة التي لا يمكن معها تجاهل هذه التقنية أثناء تركيب الشبكات اللاسلكية. لقد أثبتت أولى التجارب الكبرى لشبكات المجتمعات المعشقة (والتي يصل عدد نقاطها حتى عدة مئات) بأن هذه التقنية قادرة على تقديم الكثير من المزايا والفوائد مما يشجع الإستمرار في تجربتها في مشاريع أخرى.

فيما يلي بعض الأسباب التي تجعل من الشبكات المعشقة خياراً جذاباً:

1.4. ملاءمة الواقع

نادراً ما يتلائم الواقع مع بنى الشبكات النجمية، الحلقية أو الخطية. من الممكن أن يتمكن المستخدم في التضاريس الصعبة من الإتصال بمستخدم آخر أو أكثر في موقع مجاور في حين يتعذر عليه الإتصال بنقطة أو عدة نقاط مركزية.

2.4. الكلفة

يؤدي استخدام كل نقطة ضمن الشبكة كزبون ومستخدم في آن واحد إلى تخفيض عدد أجهزة الإرسال والإستقبال اللازمة وبالتالي تخفيض الكلفة الكلية. الأهم من ذلك أنه وعلى الرغم من أن هذه الميزة قد بدأت تفقد جاذبيتها نظراً للإخفاض المتزايد في أسعار التجهيزات اللاسلكية فإن الشبكات اللاسلكية تقلل من الحاجة إلى الأبراج المركزية (باهظة التكاليف وسريعة العطب) والبنى التحتية المركزية الأخرى.

3.4. التنظيم وأساليب العمل

تتلاءم الطبيعة غير المركزية للشبكات اللاسلكية مع نموذج موزع للملكية حيث يملك كل مشترك في الشبكة تجهيزاته الخاصة ويقوم بصيانتها، مما يؤدي بالتالي إلى تبسيط الجوانب المادية والتنظيمية للنظام.

4.4. السهولة والبساطة

من السهل جداً إعداد جهاز لاسلكي يحتوي مسبقاً على برنامج الشبكة اللاسلكية المعشقة ويستخدم بروتوكولات الشبكات اللاسلكية المعيارية مثل 802.11b/g. بما أن تحديد وإعداد المسارات سيتم تلقائياً يكفي عادة توصيل الجهاز بالشبكة وربطه بالهوائيات المطلوبة ليتمكن من الإتصال بنقطة أو عدة نقاط مجاورة (على اعتبار أننا قادرون على حل مشكلة تخصيص عناوين الإنترنت IP).

5.4. ثبات الشبكة

توفر خصائص الشبكات المعشقة والتوجيه الخاص Ad-hoc للشبكة مزيداً من الثبات في مواجهة تغير الظروف أو فشل نقطة ما، وهي احتمالات واردة جداً في البيئات القاسية والتجريبية.

6.4. القدرة

يمكن بناء النقاط غير الرئيسية في الشبكة المعشقة (جميع الشبكات باستثناء تلك المتصلة بالإنترنت) باستهلاك صغير جداً للقدرة، مما يعني إمكانية تشغيل هذه النقاط كوحدات مستقلة بالكامل تتم تغذيتها عبر الطاقة الشمسية، الرياح، الماء أو البطاريات.

قد تعتبر استراتيجية إحقاق نقاط الشبكة اللاسلكية المعشقة بمشاريع تهدف أساساً إلى توليد القدرة خياراً مناسباً (بحيث تتم إضافة نقطة إلى كل لوحة لتجميع الطاقة الشمسية أو مروحة لتوليد القدرة). تتصل وحدات توليد القدرة عادةً بنقاط تتواجد فيها البنية التحتية أو عمال التشغيل، مما يجعلها مواقع ممتازة لنقاط الشبكة. من الفوائد الأخرى لدمج نقاط الشبكة مع شبكات القدرة الحصول على إمكانيات أفضل للإدارة والمراقبة.

7.4. التكامل

تتمتع تجهيزات الشبكات اللاسلكية المعشقة بجميع ميزات تقنية الدمج Embedded: فهي عادةً صغيرة الحجم، عديمة الضوضاء ويمكن تركيبها بسهولة ضمن علب مقاومة للظروف الجوية. مما يعني أنها سهلة التركيب في البيئات الخارجية بالإضافة إلى داخل المباني.

8.4 البيئات الحضرية والنائية

لقد تم استخدام الشبكات المعشقة حتى الآن في شبكات المناطق الحضرية وشبكات المحافظات، إلا أنها تملك الكثير من الإمكانيات التي يمكن استثمارها في حالات البيئات الريفية والنائية.

9.4. المشاكل والحدود

تتطوي تقنية الشبكات المعشقة (كما هو الحال في جميع التقنيات الأخرى) على بعض العقبات والحدود والتي يتعلّق جُلّها بمحدودية عرض الحزمة، قابلية التوسّع وصعوبات ضمان جودة الخدمة Quality of Service QoS. سنتم مناقشة هذه العقبات بالتفصيل في الفقرات الخاصة بكل منها.

من الضروري الإنتباه إلى أنه من غير الضروري أن تنعكس الهيكلية التنظيمية وبنية الإتصالات لمشروع ما - أي بنيته الهرمية ومستوى الديمقراطية ضمنه - على الهيكلية التقنية للشبكة، فكلٌّ منهما ينتمي إلى مجالٍ مختلفٍ.

5. أنواع ومقاييس بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة

بروتوكول توجيه الشبكات المعشقة Mesh Routing Protocol هو برنامج يقوم بإدارة التوجيه (الديناميكي) وتوصيل النقاط في الشبكة المعشقة.

1.5 عناصر توجيه الشبكة المعشقة

من أهمّ عناصر بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة ما يلي:

إكتشاف النقاط Node Discovery: لإيجاد نقاط الشبكة أثناء ظهورها واختفائها.

إكتشاف الحدود Border Discovery: لإيجاد حدود أو أطراف الشبكة.

مقاييس الوصلة Link Metrics: لقياس نوعية الوصلات بين النقاط.

حساب المسار Route Calculation: لإيجاد المسارات الأمثل بناءً على نوعية الوصلات.

إدارة عناوين الإنترنت IP Address Management: لتخصيص وإدارة عناوين الإنترنت IP ضمن الشبكة.

إدارة الوصلة الخارجية Uplink/Backhaul Management: للتعامل مع الوصلات إلى الشبكات الخارجية، كوصلات الإنترنت على سبيل المثال.

2.5 أنواع بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة

يمكننا التمييز بين نوعين رئيسيين من بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة تبعاً لكيفية تحكم البروتوكول بالوصلات وحالاتها:

إستباقي Pro-Active (يعتمد على الجداول Table-Driven)

تتميز هذه البروتوكولات بالفحص الإستباقي للوصلات لتعديل جداول التوجيه Routing Tables مما يؤدي إلى الكثير من التعقيد واستهلاك موارد المعالج CPU لكنه يؤدي أيضاً إلى تحسين الأداء.

إنفعالي Reactive (عند الطلب On-Demand)

يكون رد الفعل الخامل عند اكتشاف مشكلة ما (مسارات معطلة) أسوأ قليلاً من حيث الأداء إلا أنه يتطلب قدراً أقل من موارد المعالج CPU.

لا توجد فواصل واضحة بين هذين النوعين، وتتوفر بعض الحلول المختلطة والمختلفة.

إليك فيما يلي سرداً لأهم أمثلة بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة:

بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة: الإستباقيّة Pro-Active (تعتمد على الجداول Table-Driven):

OLSR (بروتوكول توجيه حالة الوصلة المحسن، Optimized Link State Routing Protocol)

OLSR-EXT، QOLSR

TBRPF (بروتوكول توجيه الإرسال البنيوي المعتمد على إعادة توجيه المسار المعاكس Topology

(Broadcast based on Reverse-Path Forwarding Routing Protocol

HSLR (بروتوكول توجيه حالة الوصلة ضعيف البصر Hazy Sighted Link State Routing

Protocol

MMRP (بروتوكول توجيه الشبكة المعشقة المتحركة Mobile Mesh Routing Protocol

OSPF (بروتوكول التوجيه عبر المسار الأقصر أولاً المفتوح Open Shortest Path First Routing

Protocol

بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة: الإنفعاليّة Reactive (عند الطلب On-Demand):

AODV

3.5 المقاييس

يتعلق حساب المقاييس بجودة الوصلات والمسارات - نتحدث غالباً عن (الكلفة Cost) المخصصة لمسار معين. يجب ألا يتم إساءة فهم هذا المفهوم باعتباره كلفة مالية، بل التفكير بالكلفة على النحو التالي: "كم ستعاني بياناتي أثناء انتقالها ضمن هذا المسار (لأنّ المسار بطيء مثلاً)؟".

من حيث المبدأ، لا علاقة لبروتوكول التوجيه بحساب المقاييس - كل ما يتوجب على البروتوكول معرفته

هو مدى "جودة" المسار لا من أين أتت هذه القيمة.

مع ذلك تعتبر المقاييس الجيدة النواة الأساسية للشبكات المعشقة.

لتوضيح هذه الفكرة:

يضمن عدد النقاط الوسيطة الأصغري في الشبكات السلكية الوصلة الأمثل نظراً لأننا نعتبر بأن جميع الأسلاك تشكّل وصلاتٍ شبيهة ممتازة.

أمّا في عالم الشبكات اللاسلكية فقد تكون الوصلة القصيرة في النهاية أفضل من الوصلة الطويلة.

6. بروتوكولات توجيه الشبكات المعشّقة : أمثلة

فيما يلي استعراضٌ موجزٌ لبعض بروتوكولات توجيه الشبكات المعشّقة المتعلّقة بالشبكات اللاسلكية.

1.6 MMRP (Mobile Mesh)

- يحتوي بروتوكول الشبكة المعشّقة النقّالة Mobile Mesh ثلاثة بروتوكولاتٍ منفصلةٍ يقوم كلٌّ منها بوظيفةٍ محددةٍ.
- إكتشاف الوصلة: بروتوكول بسيط للتعرف Hello Protocol.
- التوجيه: بروتوكول حالة الوصلة.
- إكتشاف الحدود: يتيح استخدام القنوات الخارجيّة.

تم تطوير هذا البروتوكول من قبل Mitre.

يوزّع برنامج بروتوكول توجيه الشبكة المعشّقة النقّالة ضمن الإصدار الثاني من إتفاقيّة الترخيص العموميّة GNU General Public License.

ملاحظة: يعتبر بروتوكول توجيه الشبكة المعشّقة النقّالة Mobile Mesh منطلقاً جيداً للتجارب التعليميّة باستخدام حواسبٍ محمولةٍ تعمل بنظام التشغيل لينكس. يمكن الحصول على بعض التعليمات من الموقع التالي:

<http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2004/01/22/wirelessmesh.html>

2.6 OSPF

يعتمد بروتوكول المسار الأقصر أولاً المفتوح (Open Shortest Path First – OSPF) والمطوّر من قبل مجموعة عمل بروتوكول البوابة الداخلية (Interior Gateway Protocol – IGP) من مجموعة عمل هندسة الإنترنت IETF على خوارزمية SPF.

نشرت مواصفات بروتوكول OSPF كملكيّة عامّة ضمن الوثيقة RFC1247. يرسل بروتوكول OSPF طلباتٍ لإرسال إعلانات حالة الوصلة (LSAs) (Link State Advertisements) إلى جميع الموجهات الأخرى الموجودة ضمن نفس الشبكة. تتضمن هذه الإعلانات معلوماتٍ عن المنافذ الموصولة، القياسات المستخدمة وغيرها من المتغيّرات.

تقوم موجّهات OSPF بتجميع معلومات حالة الوصلات واستخدام خوارزمية المسار الأقصر أولاً SPF لحساب المسارات الأقصر.

يتنافس بروتوكول OSPF الذي يعتمد على حالة الوصلة مع بروتوكولي RIP و IGRP الذين يعتمدان على المسافة والإتجاه Distance-Vector. ترسل الموجّهات التي تعمل وفق خوارزميات المسافة والإتجاه جداول التوجيه الخاصة بها بالكامل أو أجزاءً منها ضمن رسائل تحديث معلومات التوجيه إلى الموجّهات المجاورة.

3.6 OLSR

OLSR هو اختصاراً لبروتوكول توجيه حالة الوصلة المحسّن Optimized Link State Routing Protocol والمشروح ضمن الوثيقة RFC3626.

يستخدم بروتوكول OLSR للشبكات الخاصة Ad-hoc النقالة، وهو بروتوكول إستباقي Pro-Active، يعتمد على الجداول ويستخدم تقنية تدعى التحويل متعدد النقاط (Multipoint Relaying (MPR) لنشر الرسائل. تعمل تطبيقات هذا البروتوكول حالياً ضمن أنظمة التشغيل لينكس، ويندوز، Max OS X، FreeBSD و NetBSD.

صمّم بروتوكول OLSR بالأساس ليكون بروتوكولاً مرتّباً و مبرمجاً بشكل جيد لتسهيل إدارته، توسيعه ونقله إلى أنظمة تشغيل أخرى. يتوافق التطبيق الحالي للبروتوكول مع الوثيقة RFC3626 فيما يتعلّق بكل من الوظائف الأساسية والإضافية.

يعتبر بروتوكول OLSR حالياً من أكثر البروتوكولات ثباتاً وقابلية للتطور.

4.6 OLSR مع قياسات ETX

لقد تم تطوير مقياس المسار (عدد الإرسال المتوقع - ETX Expected Transmission Count) في معهد ماساتشوستس للتقنية (MIT Massachusetts Institute of Technology).

عدد الإرسال المتوقع ETX هو مقياس بسيط ومجرّب لمسار الشبكة يفضّل الوصلات الموثوقة وذات الإستطاعة العالية. يحسب هذا المقياس من نسبة المرشحات Beacons التي أرسلت ولم يتم استقبالها في الإتجاهين ضمن وصلة لاسلكية، أي أنه يقوم ببساطة بحساب الخسائر.

يعتبر ثبات (أو عدم ثبات) جداول التوجيه أكثر العوامل أهمية في الشبكات اللاسلكية المعشّقة العملية (ما هو تواتر تغير هذه الجداول؟ ما هو تواتر تغيير البوابة المفضّلة؟).

تعتمد غالبية مبادئ حساب القياسات على "تخفيض عدد النقاط الوسيطة Hops"، وهو مبدأ موروث من الشبكات السلكية لا يلائم خصوصيات الشبكات اللاسلكية. تضيف قياسات ETX سلوكاً "معقولاً" أكثر ضمن

شروط الحياة الواقعية عبر اعتماد هذه القياسات على ضياع الحزم وبالتالي عدد الحزم المرسل لا على عدد النقاط الوسيطة.

لا تتعلق قياسات الوصلة (تماماً كما في جميع البروتوكولات الأخرى) ببروتوكول التوجيه والعكس صحيح (الشفافية)، لذلك يمكن استخدام قياسات ETX مع أي من بروتوكولات التوجيه الأخرى.

AODV 5.6

بروتوكول (Ad hoc On Demand Distance Vector) (AODV) هو بروتوكول توجيه مصمم للشبكات الخاصة Ad hoc النقالة. يتيح هذا البروتوكول التوجيه الديناميكي متعدد النقاط الوسيطة Multi-hop بين الحواسيب.

يتم حالياً العمل على اعتماد هذا البروتوكول كميّار من قبل IETF ويوزع حالياً ضمن وثيقة طلب الملاحظات RFC التجريبية.

أسس مشروع AODV@IETF نتيجة التعاون المشترك بين مختبرات MOMENT و NMSL في جامعة كاليفورنيا - سانتا باربارا UC Santa Barbara وقسم البحث والتطوير في شركة إنتل Intel R&D.

7. تجهيزات الشبكات المعشقة

يمكن أن تتكون نقاط الشبكة المعشقة من أي قطعة حاسوبية تقريباً. من الحواسيب المحمولة إلى الحواسيب القديمة المعاد استخدامها (ذات الكلفة المنخفضة جداً) إلى نقاط الولوج المنزلية المعدلة (بأسعار تعادل حوالي 50 دولار أمريكي) إلى البطاقات المدمجة Embedded Boards متوسطة الكلفة إلى التجهيزات الخاصة بمزودي الخدمة باهظة التكاليف (عدة آلاف من الدولارات).

سيتوفر في المستقبل المزيد من التجهيزات المحمولة مثل الحواسيب الكفية PDAs، الهواتف النقالة وخليط من كليهما والتي ستكون قادرة من حيث المبدأ على أن تصبح نقاطاً للشبكة المعشقة.

يتميز سوق تجهيزات الشبكات المعشقة بسرعة الحركة والديناميكية، وغالباً ما تتيح المواصفات والمعايير المفتوحة التطوير المفتوح خارج نطاق الأسواق التقليدية.

سنستعرض فيما يلي بعض الأمثلة عن تجهيزات الشبكات المعشقة المناسبة لشبكات التجمعات اللاسلكية.

أمثلة:



شكل 4: 4G AccessCube

4G AccessCube

لقد استخدم هذا الطراز (على الرغم من اختفائه من الأسواق عند كتابة هذه الأسطر - تشرين الثاني 2005) في الكثير من تجارب الشبكات المعشقة الناجحة وما زال يعتبر مثلاً جيداً على نقاط الشبكات المعشقة.

الأبعاد: مكعب صغير (7x5x7 سم)

استهلاك منخفض للقدرة (حوالي 4-6 وات)

منفذ إيثرنت بسرعة 100 ميغابت في الثانية

نقل القدرة عبر أسلاك الإيثرنت Power Over Ethernet

(معيار 802.3af)

حتى منفذين (4,6) شبكة لاسلكية تعمل بمعايير 802.11a/b/g

(بموصلات RP-SMA)

معالج MIPS سرعة 400 ميغاهرتز

ذاكرة Flash سعة 32 ميغابايت

ذاكرة مؤقتة RAM سعة 64 ميغابايت

منفذ USB

السعر التقريبي (2004) 200-400 يورو

MeshNode



شكل 5: MeshNode

<http://www.meshnode.org>

تتألف وحدة MeshNode من علبة مقاومة للعوامل الجوية وقابلة للتركيب خارج المباني تحتوي على نظام تشغيل يعتمد على توزيع ديبيان لينكس Debian Linux بالإضافة إلى بطاقتي شبكة لاسلكية تعمل ضمن الترددات (2.4 و 5.8 غيغاهرتز).

السعر التقريبي: حوالي 500 يورو.

Linksys WRT54G. GS. GL

مع أن نقطة الولوج المنزلية هذه لم تصمم بالأساس لتعمل ضمن الشبكات المعشقة أو خارج الأبنية إلا أنها أصبحت أحد أكثر الخيارات منخفضة الكلفة جاذبة بفضل انخفاض سعرها وتوفر برنامج تشغيلها ضمن إتفاقية ترخيص مفتوحة المصدر.

يتوفر العديد من توزيعات برنامج تشغيل سلسلة WRT:

OpenWRT, EWRT, Batbox, Sveasoft, FreifunkFirmware وغيرها.

مواصفات التجهيزات	الذاكرة المؤقتة RAM	ذاكرة Flash	سرعة المعالج CPU
WRT54G v2	16	4	200 ميغاهرتز
WRT54GS	32	8	200 ميغاهرتز

السعر التقريبي (2005): حوالي 60 يورو للطراز WRT54G / 70 يورو للطراز WRT54GS



شكل 6: وحدة Linksys WRT54G

Locustworld MeshAP

تنتج شركة Locustworld الإنكليزية نظام MeshAP المستخدم بكثرة في المشاريع التنموية.

تتضمن التجهيزات معالماً يعمل بسرعة 500 ميغاهرتز، ذاكرة مؤقتة RAM بسعة 128 ميغابايت، بطاقات شبكة لاسلكية مدمجة ضمن اللوحة الرئيسية، ذاكرة Flash بسعة 32 ميغابايت ولا تحتوي على أية أجزاء متحركة.

يعتمد برنامج Locustworld MeshAP على أحد أكثر منصّات الشبكات المعشّقة شعبية في مجال المشاريع التنموية MobileMesh.

السعر التقريبي (2005): حوالي £ 250 لكل وحدة أو حوالي £ 220 عند طلب عشر وحدات أو أكثر.



شكل 7: نظام Locustworld MeshAP

تجهيزات الشبكات المعشقة: الحواسيب المخصصة

يمكن استخدام أي حاسب شخصي أو محمول يحتوي على بطاقة شبكة لاسلكية كنقطة في الشبكة المعشقة.

يتعذر علينا ذكر جميع الإعدادات الممكنة نظراً لعددها الهائل، لكننا سنستعرض بعض حزم البرمجيات التي يمكن استخدامها لهذا الغرض (مثل Pebble Linux, MeshLinux).

8. برمجيات الشبكات المعشقة

سنستعرض فيما يلي تشكيلة من توزيعات لينكس، حزم ومجموعات البرمجيات المختلفة والتي تلائم الشبكات المعشقة. يشكّل كل من هذه البرمجيات نقطة بداية ممتازة للأغراض التعليمية والمشاريع الفعلية. سنركّز في هذا الاستعراض على البرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر.

1.8 MeshLinux

تطوير: إيكترأ Elektra في برلين، ألمانيا

يعتمد على توزيعة سلاكوير لينكس Slackware Linux ويوزع على شكل ملف بصيغة ISO حجمه يقارب 50 ميغابايت.

يهدف إلى تمكين إعادة استخدام الحواسيب المحمولة القديمة.

يتضمّن بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة التالية: MobileMesh, OLSR, BGP, OSPF, RIP, AODV

2.8 Zebra/Quagga

تطوير: كونيهيرو إيشيغورو Kunihiro Ishiguro

GNU Zebra هو برنامج حرّ يقوم بإدارة بروتوكولات التوجيه ضمن شبكات TCP/IP ويشكّل جزءاً من مشروع غنو GNU ويوزع ضمن شروط إتفاقية الترخيص العمومية GPL.

يتضمّن بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة التالية: BGP-4 (RFC1771, A Broader Gateway Protocol), RIPv1, RIPv2, OSPFv2 مع جاهزية التعامل مع بروتوكول الإنترنت - الإصدار السادس IPv6.

من المشاريع المشتقة: Ouagga والذي يضيف دعم بروتوكولات RIPv3 و OSPFv3.

3.8 CUWin

تطوير: مشروع مجتمع Champaign Urbana في الولايات المتحدة.

"يطلق مشروع Champaign-Urbana Community Wireless Network نظام تشغيل متكامل للشبكات اللاسلكية المعشقة. يبدأ المشروع بتوزيع مبسطة من نظام التشغيل NetBSD ومن ثم يقوم بإضافة برمجيات تعريف تجهيزات الشبكة اللاسلكية، برمجيات التوجيه بالإضافة إلى أنظمة مخصصة نتيج عمل النقاط بانسجام تام لتوجيه البيانات فيما بينها".

يستخدم بروتوكولات: HSLs, OSPF, ETX

Pebble .4.8

تطوير: مجموعة NYCWireless
"Pebble Linux هو توزيعاً مصغراً (أصغر من 64 ميغابايت، أكبر من 8 ميغابايت) من نظام التشغيل لينكس صممت خصيصاً للتجهيزات المدمجة Embedded كلوحات Soekris أو Stylistic 1000. تعتمد هذه التوزيعة على دبيبان لينكس Debian GNU/Linux وتعمل ضمن أنواع مختلفة من التجهيزات مثل حواسيب 486 القديمة أو لوحات mini-itx... إلخ".
يتضمن بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة التالية: OSPF و OLSR (في إصدارة Metrix).

OpenWRT .5.8

OpenWRT هي توزيعاً من نظام التشغيل لينكس مخصصة للعمل ضمن نقطة الولوج WRT54G تتألف من برنامج تشغيل صغير جداً يدعم إمكانيّة إضافة حزم البرمجيات.
تحتوي هذه التوزيعة على نظامين للملفات: جزء صغير للقراءة فقط يعمل بنظام الملفات squashfs وجزء أكبر قابل للكتابة يعمل بنظام الملفات jffs2.
تقوم نواة القراءة فقط بالوظائف التالية: بدء تشغيل الشبكة (الإيثرنت واللاسلكية)، الجدار الناري، مخدّم / زبون DHCP، مخدّم التخزين المؤقت لطلبات DNS، مخدّم Telnet وبيئة busybox.
يمكن إضافة ميزات SSH وواجهة الاستخدام المعتمدة على الوب عبر حزمة ipkg.
يتوفّر أيضاً عددٌ كبيرٌ من حزم البرمجيات المتوافقة، مثل ncat splash، PHP، و Asterisk.
يتضمن بروتوكولات توجيه الشبكات المعشقة التالية: OLSR، AODV ...

من البرمجيات التي تعتمد على OpenWRT:

Freifunk Firmware: المطور من قبل مجموعة Freifunk Group في برلين، ألمانيا.
يمكن تركيب برنامج التشغيل Freifunk Firmware ضمن نقاط الولوج WRT54G Linksys (الإصدارات 1.0 وحتى 2.2)، WRT54GS (الإصدارات 1.0 و 1.1)، WAP54G (الإصدار 2.0 فقط) أو أيّ جهازٍ متوافقٍ لإعداد نقطة OLSR بسرعةٍ وسهولةٍ.

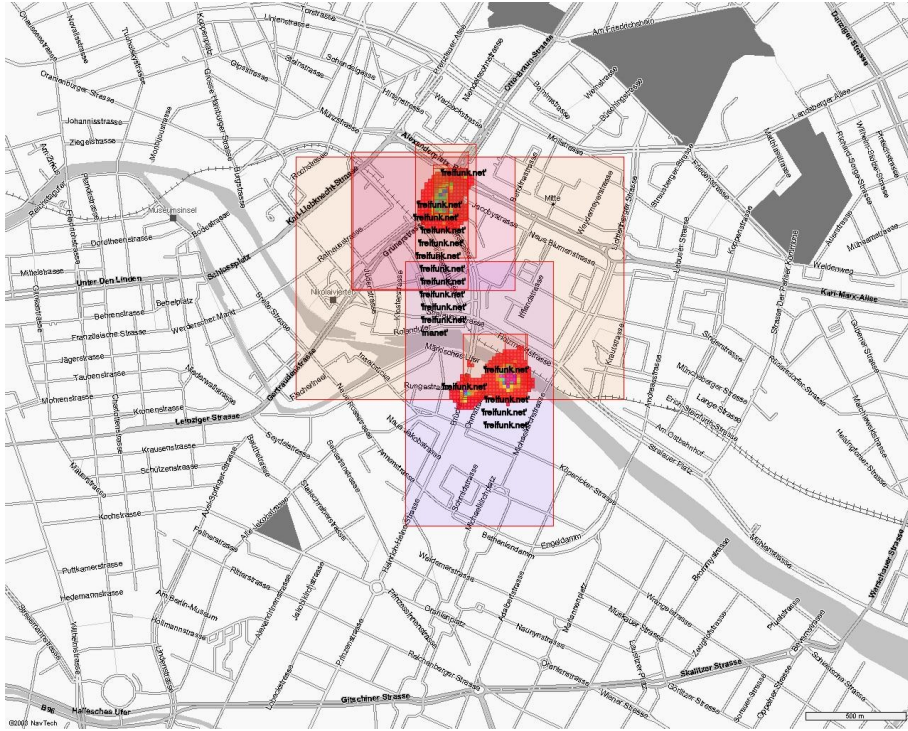
9. دراسة حالات الشبكات المعشقة

لا نهدف في هذه المساحة المحدودة إلى استعراض جميع مشاريع الشبكات المعشقة "الأكثر شهرة"، بل سنحاول التعرف على بعض الطرق المختلفة لتركيب هذه الشبكات في بيئات مختلفة - كتحفيز على المزيد من القراءة والإطلاع.

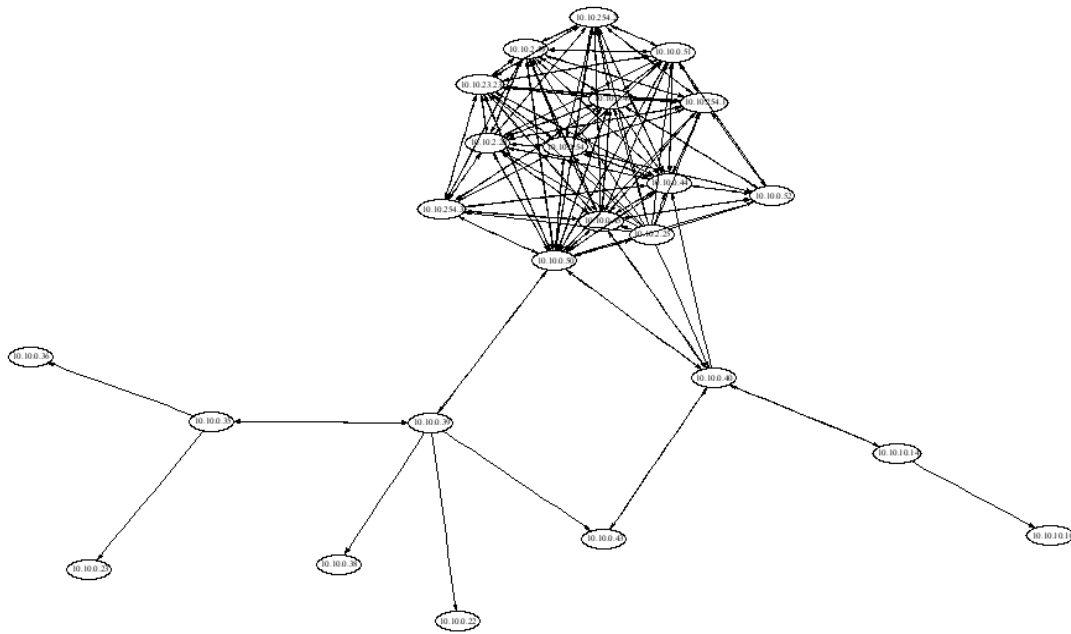
1.9 ألمانيا: Freifunk OLSR Mesh، برلين، ألمانيا

تتألف هذه التجربة لشبكات التجمعات الحضرية من حوالي 200 نقطة تعتمد على برنامج OLSR Freifunk Firmware. يستخدم هذا البرنامج بكثرة في المشاريع التنموية.

المصدر: <http://www.freifunk.net>

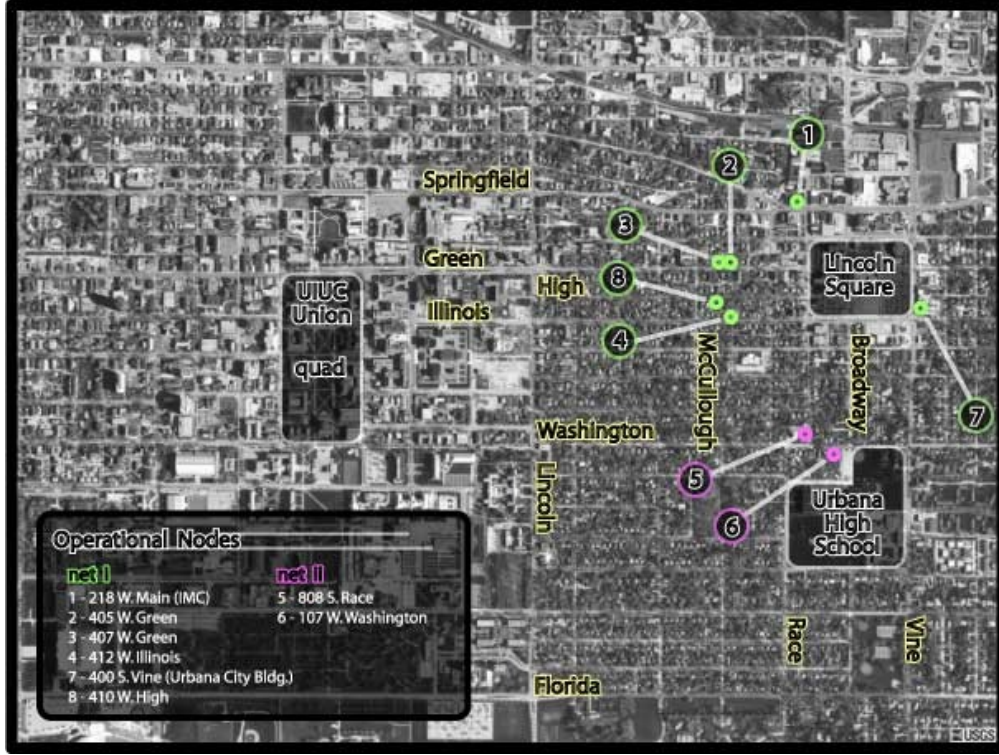


شكل 8: بنية الشبكة المشبكة Freifunk OLSR Mesh في برلين



شكل 9: مخطط تعشيق OLSR

2.9 الولايات المتحدة: شبكة CUWiN (The Champaign-Urbana Community Wireless Network)



شكل 10: شبكة CUWIN

المصدر: <http://cuwireless.net.whatiscuwin>

تقوم مبادرة CUWiN للأبحاث والتطوير ببناء تطبيق عملي مفتوح المصدر لبروتوكول توجيه حالة الوصلة ضعيف البصر Hazy Sighted Link State Routing Protocol والهادف إلى تمكين الشبكات اللاسلكية الخاصة Ad-hoc عالية الثبات والقابلة للتوسع.

3.9 الهند: شبكة Dharamsala Wireless-Mesh Community Network

لقد قامت حكومة التيببت السابقة بقيادة الدالايلاما الرابع عشر بإدارة حكومة منفي في دارامسالا Dharamsala في شمال الهند منذ العام 1959.

لقد ولدت شبكة تجمع دارامسالا اللاسلكية المعشقة في شباط من العام 2005 بعد تحرير الإستخدام الخارجي للشبكات اللاسلكية WiFi في الهند (29 كانون الثاني 2005). لقد نجحت الشبكة في توصيل ثمانية مواقع مع نهاية شهر شباط من العام نفسه. أظهرت التجارب المكثفة بأن الشبكات المعشقة تشكل الحل الأمثل لطبيعة التضاريس القاسية نظراً لأن الشبكات التقليدية التي تعتمد على التوصيل من نقطة إلى عدة نقاط لا تستطيع تخطي مشكلة عدم توفر خط للنظر بسبب المرتفعات الموجودة. كما توفر الشبكات المعشقة مساحة تغطية أكبر بكثير في حين أثبتت قدرات الإصلاح التلقائي Self-Healing للشبكات المعشقة ضرورتها الملحة في المواقع النثر يكثر فيها انقطاع التيار الكهربائي.

يتضمّن العمود الفقاري للشبكة المعشّقة حالياً (تشرين الثاني 2005) ما يزيد على 30 نقطة تتشارك جميعها في قناةٍ راديويةٍ واحدةٍ. منذ الثاني من شهر تشرين الثاني 2005 توفّرت خدمات الإنترنت السريعة لجميع أعضاء الشبكة المعشّقة، بعرض حزمةٍ كليٍ لوصلة الإنترنت يعادل 6 ميغابت في الثانية. يتصل حوالي 2000 حاسبٍ بهذه الشبكة منها حوالي 500 متصلةً بالإنترنت".



شكل 11: الشبكة المعشّقة في دارامسالا DHARAMSALA



شكل 12: تجهيزات الشبكة المعشّقة في دارامسالا DHARAMSALA

المصدر: <http://tibtec.org>

4.9 جنوب أفريقيا: شبكة Mpumalanga Mesh Network, Meraka Institute, CSIR



شكل 12: شبكة Mpumalanga Mesh

المصدر: <http://wirelessafrica.meraka.org.za>

"لقد قام معهد ميرাকা Meraka بتركيب هوائي العنبة Cantenna الأول بنجاح ضمن بيئة ريفية على سطح منزل موظف الصحة أغنيس مدلولي Agnes Mdluli في وادي بيبليز Peebles Valley قرب النهر الأبيض في Mpumalanga بتاريخ 6 تموز 2005. لقد تم تصنيع هذا الهوائي باستخدام عنبة معدنية (مثل علب البن) وجزء من إطار دراجة هوائية، ويمكن له الإتصال مع هوائي شبيه ضمن مسافة تصل حتى 5 كيلومتر. يشكّل مشروع وادي بيبليز Peebles Valley واحداً من بين عشرة مشاريع فرعية ضمن المشروع الأساسي (First Mile First Inch (FMFI) الممول من قبل المعهد الدولي لأبحاث التنمية The Meraka (International Development Research Centre (IDRC Community Owned Information Network Institute) يقوم معهد ميرাকা Meraka بمهام التطوير التقني كجزء من مبادرة COIN)) ضمن شعار مشروع "Wireless Africa".

الشبكات المعشقة - أكثر من التقية ... إتفاقية PicoPeering

تهدف إتفاقية PicoPeering إلى محاولة توصيل مشاريع شبكات التنمية المعزولة مع بعضها البعض عبر توفير قالب الأساسي لإتفاقيات الربط المشترك Peering بين مالكي نقاط الشبكة المستقلين.



شكل 14: شعار PicoPeer

تتضمن مبادئ الإتفاقية:

- مجانية العبور الوسيط
- إنفتاح الإتصالات
- لا وجود للضمانات
- شروط الإستخدام
- الملاحق المحلية

<http://picopeer.net>

10. مشاكل ومحدودية الشبكات المعشقة

تتطوي تقنية الشبكات المعشقة (كما هو الحال في جميع التقنيات الأخرى) على بعض العقبات والحدود والتي يتعلّق جُلّها بمحدودية عرض الحزمة، قابلية التوسّع وصعوبات ضمان جودة الخدمة Quality of Service QoS. غالباً ما تكون هذه المواضيع مثيرة للجدل وتتطوي أحياناً على تحيّر واضح تبعاً للغايات والأهداف الشخصية.

يتوجب علينا الإنتباه إلى أنّ التوقعات والمتطلبات تختلف بشكل كبير تبعاً للموقع ولظروف الشخص نفسه. ففي حين يصعب القبول بأيّ عرض للحزمة يقل عن بضعة ميغابت في الثانية في المناطق الحضرية المتطورة فإنّ الحصول على بضعة كيلوبت في الثانية يعتبر إنجازاً في مناطق أخرى.

ينطوي مفهوم جودة الخدمة المؤسّساتي Enterprise QoS على الكثير من التحديات لدى تطبيقه في البيئات الريفية والنائية.

1.10.1 التأخير Latency

يتزايد التأخير Latency (تأخر الحزم على الطريق) بتزايد عدد النقاط الوسيطة hops ضمن المسار.

يعتمد تأثير التأخير على طبيعة التطبيقات التي تستخدم الشبكة: لا يعاني البريد الإلكتروني على سبيل المثال من قيم التأخير العالية، في حين تتأثر خدمات نقل الصوت بشكل كبير بتزايد التأخير. يمكن تحسّن التأخير عندما يبدأ بتجاوز القيمة 170 ميلي ثانية، ولكن قد يكون توفّر خدمة الإتصال في بعض الأحيان مع تأخير مقداره 5 ثوانٍ أفضل بكثير من عدم توفّر هذه الخدمة على الإطلاق.

2.10.1 الأداء Throughput

تتواجد مشكلة الأداء Throughput في جميع الشبكات التي تحتوي على عدّة نقاط وسيطة.

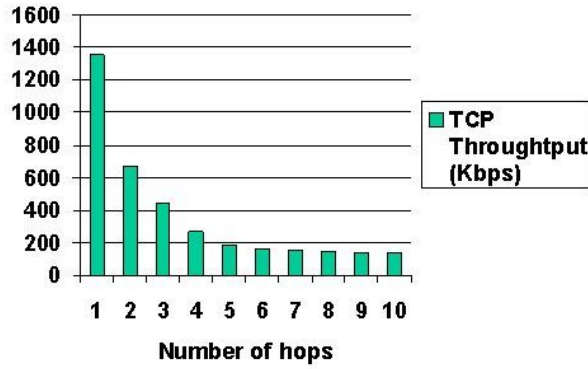
يعتمد الأداء على القيمة $n/1$ أو $n^2/1$ أو $n^{1/2}/1$ تبعاً للنموذج المستخدم (حيث n هو عدد النقاط الوسيطة).

تتحدد قيم الأداء في الشبكات اللاسلكية المتوافقة مع معايير IEEE 802.11 بجودة الإتصال الأحادي Half Duplex لتجهيزات الإرسال والإستقبال. تحسب قيمة الأداء في هذه الحالة على النحو التالي:

الأداء $c/n^a \sim$ حيث $a = 1 \dots 2$

إلا أن فكرة الشبكات المعشقة لا تقتصر فقط على المعيار 802.11 مما يعني أن بعض معايير الشبكات اللاسلكية في المستقبل (ويفضل أن تكون ثنائية الاتجاه) قد تتجاوز هذه المحدودية.

Impact of Multi-Hop Wireless Paths [Holland99]



TCP Throughput using 2 Mbps 802.11 MAC

527

شكل 15: أداء بروتوكول TCP عبر شبكات 802.11

3.10. إمكانية التوسع Scalability

لم تجرّب الشبكات المعشقة في الواقع بأعداد نقاط تزيد عن العشرات أو ربما بضعة مئات فقط:

شبكة MIT roofnet: 40 – 50 نقطة

شبكة Berlin OLSR: حوالي 200 نقطة

شبكة CUWiN: حوالي 50 نقطة

شبكة Dharamsala: أكثر من 30 نقطة

لا تتيح مشاريع تركيب الشبكات المعشقة التجارية الكبيرة (200 – 1000 نقطة) للآخرين إمكانية الوصول إلى الخبرات المكتسبة مما يجعل تقييم نتائجها صعباً للغاية.

4.10 الأمن Security

تحتاج الشبكات الخاصة Ad hoc إلى تحديد الزبائن ومخاطبتهم قبل التعرف عليهم، مما يشكل تحدياً أمنياً حقيقياً.

الشبكات المعشقة (نتيجة بنيتها التصميمية) معرضة على الدوام لهجمات إيقاف الخدمة Denial of Service – DoS.

5.10. توزيع عناوين بروتوكول الإنترنت IP Distribution

لا تعتبر مهمة توزيع عناوين بروتوكول الإنترنت IP في الشبكات المعشقة مهمة سهلة على الإطلاق، ففي حين يسهل توزيع عناوين الإنترنت IP عبر بروتوكول الإعداد التلقائي للمضيف DHCP في نطاقات عناوين الإنترنت IP الخاصة فإن الشبكات المعشقة معرّضة من حيث المبدأ للتلاقي مع الشبكات المجاورة في أي وقت، وبالتالي فإن مخاطر تكرار استخدام العناوين ستظهر بوضوح.

قد يؤدي استخدام الإصدار السادس من بروتوكول الإنترنت IPv6 إلى تجاوز هذه المشكلة، ولكن ذلك لن يحدث قبل مضي سنواتٍ عدّة لبناء شبكاتٍ كبيرةٍ تعتمد هذا البروتوكول.

11. الخلاصة

استعرضنا في هذه الوحدة أساسيات الشبكات المعشقة مع التركيز على شبكات المجتمع Community Networks والحلول الحرة ومفتوحة المصدر.

يمكن تلخيص الأمور الرئيسية التي ينبغي عليك تذكرها من هذه الوحدة بما يلي:

1. استيعاب ماهية الشبكات المعشقة: هي الشبكات التي تتعامل مع الوصلات التي تربط عدّة نقاطٍ بعدّة نقاطٍ Many-to-Many والتي تملك القدرة على تعديل وتحسين هذه الوصلات بشكلٍ تلقائيّ.
2. الميزات والعيوب الرئيسية للشبكات المعشقة.
3. استيعاب عناصر توجيه الشبكات المعشقة.
4. ماهي التجهيزات التي يمكن استخدامها في بناء الشبكات المعشقة.

نأمل من الآن فصاعداً أن تساعدك المصطلحات والمنطلقات المشروحة في هذه الوحدة في الحصول المزيد من المعلومات والتواصل مع الأشخاص الراغبين بالمساعدة.