بروتوكول توجيه ديناميكي للهواتف الذكية
A Dynamic Routing Protocol for Smartphones

د. جمال كمال حيدر
د. وليد علي فحص
كلية الهندسة/الجامعة الإسلامية في لبنان

الملخص

الهاتف الذكي هو جهاز هاتف نقال، وظائفه متقدمة على تلك التقليدية، مثل إجراء المكالمات الهاتفية وإرسال الرسائل النصية. إقتصر إستعماله في البداية على رجال الأعمال، ثم أصبح خياراً لمعظم المستخدمين، خاصةً وأن معظم الهواتف الذكية لديها القدرة على عرض الصور وتشغيل ملفات الفيديو، ومراجعة وإرسال البريد الإلكتروني، وتصفح الانترنت[١]. ويمكن للهواتف الذكية الحديثة، مثل الآي فون والهواتف المستندة إلى نظام التشغيل الأندرويد، تشغيل تطبيقات توفر وظائف لا حدود لها. ومع التطور التكنولوجي، أصبحت الهواتف الذكية الحديثة أصغر حجماً وأرخص ثمناً، وأصبح بإمكان المستخدمين الإختيار من ضمن مجموعة واسعة من الهواتف الذكية. وفي حين أن شركة بلاكبيري سيطرت على سوق الهواتف الذكية لسنوات عديدة، إلا أن غيرها من الشركات المصنعة مثل آبل، آتش تي سي، وسامسونج طرحت في السنوات الأخيرة خيارات أوسع من الأجهزة.

ولأن الهواتف الذكية تقوم بمجموعة واسعة من الوظائف، فإنها تتطلب إستخدام برامج متقدمة، على غرار نظام التشغيل في جهاز الكمبيوتر، فهو نظام ذكي يعالج المكالمات الهاتفية ويدير التطبيقات ويوفر خيارات التكوين للمستخدم (Configuration). وتحتوي معظم الهواتف الذكية على وصلة USB التي تتيح للمستخدمين مزامنة البيانات (Synchronization) مع أجهزة الكمبيوتر الخاصة بهم وتحديث البرامج الخاصة بالهاتف الذكي (Update).

(١) "Smartphone definition", http://www.techterms.com/definition/smartphone, n.p., n.d.

لذلك فإن نظام تشغيل الهاتف الذكي مصمم مع واجهة يتم التحكم بها عبر شاشات اللمس الصغيرة التي تغني عن إستخدام لوحة المفاتيح.

المصطلحات التقنية المستخدمة في البحث

المصطلح	التعريف
Application Layer	طبقة المستخدم وهي الطبقة السابعة من نموذج OSI المرجعي
Cisco	شركة رائدة في صناعة أجهزة التوجيه ومعدات ربط الشبكات
Convergence	تقارب الشبكة البينية
Destination IP Address	عنوان IP الوجهة
Distance Vector Algorithm	خوارزمية متجه المسافات
hops	عدد القفزات
HotSpot	البقعة الساخنة، نسبةً إلى WiFi Hotspot، وهي خاصية تسمح للجهاز أن يصبح مثل مودم الإنترنت تماماً، أي يقوم بتوزيع الإنترنت لاسلكياً
IETF : Internet Engineering Task Force	المنظمة العالمية للإنترنت
IOS: Internetwork Operating System	نظام الشبكات البينية
IP	بروتوكول الإنترنت
ISO	المنظمة العالمية للمقاييس
LAN	الشبكة المحلية
Link State Algorithm	خوارزمية حالة الربط
Metric	المسافة
Multimedia	الوسائط
Network topology	هيكلية الشبكة
Operating System	نظام التشغيل
OSI	نظام الاتصال المتبادل بين الأنظمة المفتوحة وهو نموذج مرجعي لطريقة عمل الشبكات

المصطلح	التعريف
router	جهاز التوجيه
Routing Algorithm	خوارزمية التوجيه
routing table	جدول التوجيه
shortest path	المسار الأقصر
Update	التحديثات
WAN	الشبكة الواسعة
WiFi	شبكة محلية لاسلكية

موضوع البحث وهدفه

يناقش هذا البحث إقتراح وتنفيذ بروتوكول توجيه ديناميكي للهواتف الذكية على أساس نظام التشغيل «أندرويد» (Android)، ومن ثم تطبيقه على مجموعة من الهواتف الذكية. وهذا التطبيق يتيح لجهاز الهاتف الذكي التصرف كجهاز توجيه (Router) يسمح للمستخدمين تبادل وسائط إعلام خاصة، أو إرسال رسالة من جهاز إلى آخر دون أن يتم توصيله إلى شبكة GSM أو الإنترنت أو حتى إلى شبكة لاسلكية WiFi. وهذا البروتوكول يسمح للرسائل النصية، وعلى سبيل المثال، أن تنتقل من المصدر إلى الوجهة المحددة عن طريق مجموعة من الأجهزة التي تعتمد على هذا التطبيق الذي يمكن الإستفادة منه وإستخدامه في حالات غير إعتيادية، كإنقطاع تغطية الشبكة الخليوية نتيجة زلازل أو حروب، وبالتالي مساعدة فرق الإنقاذ على التواصل فيما بينها، وتبادل المعلومات ضمن نطاق عمليات البحث والإنقاذ.

كما يهدف المشروع إلى تطوير تطبيق يستند إلى «نظام التشغيل أندرويد» الخاص بالهواتف النقالة[1]، والإستفادة من قدرات «الهواتف الذكية» وميزاتها المتقدمة، لا سيما تلك المتعلقة بالواي فاي (Wi-Fi) والهوت سبوت (HotSpot). وقد أطلقنا على هذا البروتوكول إسم بروتوكول توجيه الهاتف الذكي الخاص بالأندرويد.

والفكرة الرئيسة لهذا المشروع تكمن في السماح لكل مستخدم يثبّت هذا التطبيق

(١) "Tutorials on Andoid", www.helloandroid.com/tutorials, n.p., n.d.

انظر أيضاً: C. Collins, M. Galpin, M. Kaeppler, "Android in Practice", 1st edition, Manning Publications, October 2011.

الخاص على جهازه المحمول، بمشاركة الوسائط (رسائل نصية وصوتية،...) مع الآخرين. وللإستفادة من هذا التطبيق، ينبغي أن يكون بروتوكول التوجيه دقيقاً، ولذلك يجب أن يعمل الجهاز المحمول في وضعين، وضع التوجيه ووضع المستخدم النهائي، أي أن جزءاً من التطبيق سيستخدم ميزات نظام التشغيل لأغراض التوجيه، والجزء الأخر يتيح للمستخدم إرسال بيانات إلى الوجهة النهائية بالإعتماد على بروتوكول التوجيه المذكور آنفاً. وقد تم تصميم التطبيق ليتلاءم مع الشبكات التي تقل حركة مستخدميها بما يتكيف مع هوائيات إرسال (Antenna) الهواتف المحدودة التغطية.

أولاً: جهاز التوجيه

جهاز التوجيه (router) هو نوع خاص من أجهزة الكمبيوتر ويحتوي، على غرار الكمبيوتر الشخصي، على وحدة معالجة مركزية، وذاكرة، ونظام ناقل، والعديد من واجهات الإدخال والإخراج. إلا أن أجهزة التوجيه مصممة لأداء بعض الوظائف الخاصة جداً، والتي لا يمكن إجراؤها بواسطة أجهزة الكمبيوتر الشخصية. فعلى سبيل المثال، تقوم أجهزة التوجيه (Router) بتوصيل شبكتين وإتاحة الاتصال بينهما وتحديد أفضل مسار لنقل البيانات من خلال الشبكات المتصلة.

وتحتاج أجهزة التوجيه إلى نظام تشغيل خاص، يسمى نظام الشبكات البينية (IOS: Internetwork Operating System)، لتشغيل ملفات التكوين (configuration files) التي تحتوي على إرشادات ومعلومات تتحكم في تدفق حزم المعلومات (packets) من خلال هذه الأجهزة بالإعتماد على بروتوكولات توجيه خاصة لتحديد أفضل مسار للحزم.

١- المكونات الأساسية لجهاز التوجيه

أ - الذاكرة (memory) وهي أنواع عدة: ذاكرة الوصول العشوائي (RAM)، وذاكرة الوصول العشوائي غير المتطايرة (NVRAM)، والذاكرة المؤقتة (flash)، والذاكرة التي تُقرأ ولا يُكتب فيها (ROM).

ب- الواجهات التي تستخدم في عملية تواصل أجهزة التوجيه بعضها بالبعض الأخر، كواجهات الشبكة المحلية (LAN) والشبكة الواسعة WAN))، وتلعب أجهزة التوجيه دوراً أساسياً في ربط شبكات الإنترانت الكبيرة والإنترنت، وتحتوي على وظائف الطبقة الثالثة (Network Layer) من ضمن نموذج OSI (الاتصال المتبادل بين الأنظمة المفتوحة) وهو النظام القياسي لعمل الشبكات ولنقل المعلومات من خلالها، وقد تم وضعه من قبل المنظمة العالمية للمقاييس (ISO).

٢- انتقال الحزم عبر الأجهزة

في جهاز التوجيه، يتم إتخاذ قرارات إختيار الطريق الصحيح إلى الوجهة النهائية للحزم إستناداً إلى عنوان الشبكة المقصودة، حيث ان كل حزمة تحتوي على معلومة تمثل عنوان المصدر وعنوان الوجهة. لذلك فإن عمل جهاز التوجيه الأساسي ينحصر بوظيفتين رئيستين: تحديد أفضل مسار للحزم، ومن ثم توجيهها إلى وجهتها الصحيحة. وللقيام بذلك، تُنشئ أجهزة التوجيه جداول توجيه (routing table) وتتبادل المعلومات الخاصة بالشبكة مع أجهزة التوجيه الأخرى.

ويمكن للمسؤول عن إدارة الشبكة تكوين مسارات ثابتة وتسجيلها في جداول التوجيه. وعلى الرغم من ذلك، يتم بناء معظم جداول التوجيه بشكل ديناميكي، من خلال إستخدام بروتوكول توجيه يقوم بتبادل معلومات عن هيكلية الشبكة (Network topology) مع أجهزة التوجيه الأخرى.

وتوفر الشبكات البينية التي تم تكوينها بشكل صحيح ما يلي:

- عنونة مباشرة ثابتة.
- عناوين تمثل هيكلية الشبكات.
- تحديد أفضل مسار.
- التوجيه الديناميكي أو التوجيه الثابت

ثانياً: التوجيه بنوعيه: الثابت والديناميكي

يوجّه جهاز التوجيه الحزم المستلمة من أجهزة التوجيه الأخرى أو من الشبكات المتصلة به بشكل مباشر، بإتجاه الشبكة الوجهة، ويتخذ القرارات الخاصة بذلك إستناداً إلى عنوان بروتوكول الإنترنت (IP) العائد إلى وجهة الحزمة. كما تستخدم كافة الأجهزة عنوان IP الوجهة (Destination IP Address) لإرسال الحزمة بالشكل الصحيح حتى تصل إلى وجهتها النهائية. ولإتخاذ القرارات الصحيحة، يجب أن تتوفر لأجهزة التوجيه معلومات عن كيفية الوصول إلى الشبكات البعيدة عنها. والتوجيه ليس أكثر من إرشادات للإنتقال من شبكة إلى أخرى. ويمكن تبادل الإتجاهات (المسارات) ديناميكياً بين أجهزة التوجيه المتجاورة، أو تعيينها بشكل ثابت في جهاز التوجيه من قبل مسؤول الشبكة الذي قد يختار بروتوكول توجيه ديناميكي إستناداً إلى العديد من الإعتبارات، منها: حجم الشبكة، طاقة

المعالج المركزي لأجهزة التوجيه وماركاتها التجارية وطرازاتها، والبروتوكولات الجاري إستخدامها في الشبكة[١].

وعندما يتم تكوين المسارات الثابتة يدوياً، على مسؤول الشبكة إضافتها أو حذفها تبعاً لأية تغييرات في هيكلية الشبكة. ففي الشبكات المتسعة والكبيرة، تستنفذ الصيانة اليدوية لجداول التوجيه وقتاً إدارياً كبيراً، أما على مستوى الشبكات الصغيرة أو الشبكات المحدودة في التغييرات التي تطرأ عليها، فإن المسارات الثابتة لا تتطلب سوى صيانة ضئيلة جداً، وفي هذه الحالة ينصح بإستخدام التوجيه الثابت. والجدير بالذكر أن قابلية التوجيه الثابت للتوسعة (Scalability) ليست على الدرجة نفسها للتوجيه الديناميكي، وهذا يرجع إلى المتطلبات الإدارية الزائدة. حتى في الشبكات الكبيرة، فإن المسارات الثابتة المعدة لإنجاز غرض معين، يتم تكوينها غالباً بالترابط مع بروتوكول توجيه ديناميكي[٢].

يعمل بروتوكول التوجيه المنصَّب على أجهزة التوجيه لإتاحة التواصل في ما بين هذه الأجهزة، ويسمح لها أن تتشارك المعلومات حول الشبكات ومدى قرب بعضها من البعض الأخر. ومن ثم تستخدم أجهزة التوجيه هذه المعلومات في بناء وصيانة جداول التوجيه.

وفيما يلي تعريف بعدد من بروتوكولات التوجيه:

- بروتوكول التوجيه RIP: وهو بروتوكول قياسي، تم وضعه من قبل المنظمة العالمية للإنترنت[٣] (IETF : Internet Engineering Task Force).
- بروتوكول التوجيه IGRP: بروتوكول خاص بشركة Cisco (وهي شركة رائدة في صناعة أجهزة التوجيه ومعدات ربط الشبكات).
- بروتوكول EIGRP: وهو بروتوكول خاص بشركة Cisco ومحسَّن عن البروتوكول IGRP.
- بروتوكول التوجيه OSPF ويسمى بروتوكول فتح أقصر مسار أولاً: وهو بروتوكول قياسي، وضع من قبل المنظمة العالمية للإنترنت[٤].

---

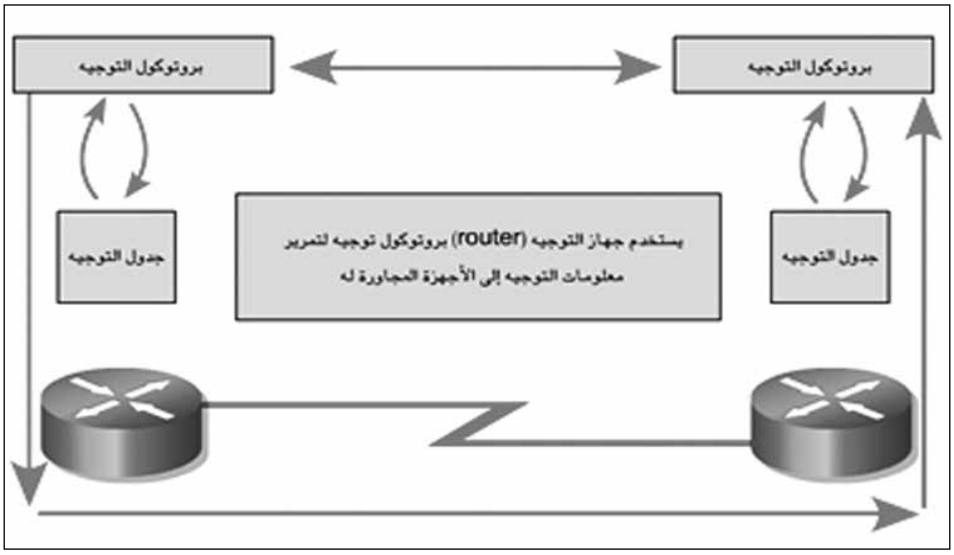
(١) Cisco Networking Academy: "CCNA Exploration Course Booklet Routing Protocols and Concepts, Version 4.0", Paul Boger Indianapolis, IN 46240 USA 2010.

(٢) J. Doyle, "Routing TCP/IP", volume I, 2nd edition, cisco press, October 2005.
أنظر أيضاً: J. Doyle, "Routing TCP/IP", volume II, cisco press, April 2001.

(٣) G. Malkin, "RIP Version 2", Internet RFCs, ISSN 2070-1721, RFC 2453, November 1998.

(٤) J. Moy, "OSPF Version 2", Internet RFCs, ISSN 2070-1721, RFC 2328, November 1998.

إن الهدف من بروتوكول التوجيه هو بناء وصيانة جدول التوجيه الذي يحتوي على معلومات عن الشبكات المعروفة للجهاز والمنافذ المقترنة بتلك الشبكات. وتستخدم أجهزة التوجيه بروتوكولات التوجيه لإدارة المعلومات المستلمة من أجهزة التوجيه الأخرى عبر واجهات التواصل، هذا بالإضافة إلى المسارات التي يتم تكوينها يدوياً[1]. ويتم التعرف عبر بروتوكول التوجيه على كل المسارات المتاحة، ووضع أفضل المسارات في جدول التوجيه، وإزالة المسارات التي لم تعد صالحة. ويستخدم جهاز التوجيه المعلومات الموجودة في جدول التوجيه لإعادة توجيه حزم المعلومات (شكل رقم ١).



شكل رقم ١: كيفية عمل بروتوكول التوجيه

ثالثاً: خوارزميات التوجيه

تعد خوارزمية التوجيه (Routing Algorithm) أمراً أساسياً بالنسبة للتوجيه الديناميكي. فعندما تتغير هيكلية الشبكة بسبب نموها أو إعادة تكوينها أو فشل مسار ما، يجب بالمقابل أن تتغير قاعدة معارف الشبكة لتعكس بالتالي الهيكلية الجديدة. وعندما تعمل أجهزة التوجيه كلها في شبكة بينية بالمعرفة نفسها ، يُقال حينئذٍ إن الشبكة البينية قد تقاربت (Convergence). والتقارب السريع أمر مرغوب فيه حيث يقصّر من الفترة الزمنية التي إن طالت تتخذ أجهزة التوجيه خلالها قرارات توجيه غير صحيحة.

(١) S. Halabi, "Internet Routing Architectures", 2nd edition, Cisco press, September 2000.

والخوارزميات المستخدمة في تطبيق بروتوكولات التوجيه نوعان:

أ - خوارزمية «حالة الربط» (Link State)، وهي تعتمد على تحسس حالة الخط (link) وعليه يتم اختيار المسار الأقصر (shortest path) للإرسال، فتتم بالتالي دراسة حالة الخط (up or down) وسرعته وغيره من المحددات (Parameters)، وعليه يتم تحديد الطريق الأفضل. من البرتوكولات التي تعمل على هذه الخوارزمية OSPF وIS-IS.

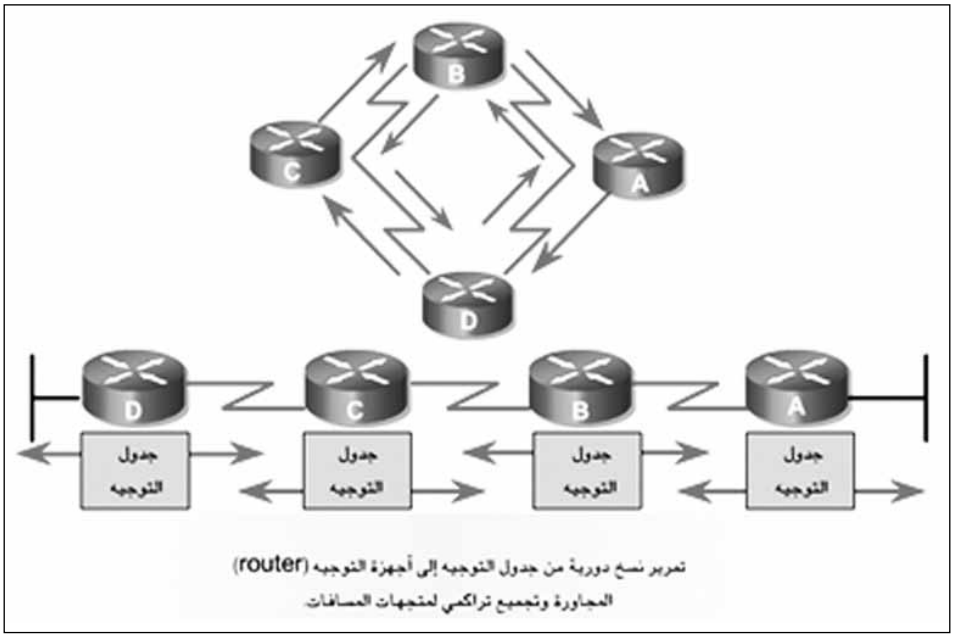
ب- خوارزمية «متجه المسافات» (Distance Vector) وتعرف أيضاً بإسم خوارزمية «Bellman-Ford»، وهي تعتمد على حساب عدد القفزات (hops) التي ستمر عليها الرسالة حتى تصل إلى الوجهة، وبالتالي سيتم اعتماد الطريق الذي يحوي عدد قفزات أقل، ويتم هنا مشاركة جدول التوجيه لجهاز توجيه ما مع كل الأجهزة المجاورة، أي أن جميع الأجهزة المتجاورة تمتلك جداول التوجيه نفسها[١]. من البروتوكولات التي تعمل بهذه الخوارزمية الـ RIP بإصداريه والـ IGRP.

وبما أن التطبيق المقترح والمنفذ يعتمد على خوارزمية «متجه المسافات»، لذلك سيتم التركيز على عرض كيفية عمل وإستخدام هذا النوع من بروتوكولات التوجيه.

تمرر هذه الخوارزمية تحديثات منتظمة (نُسخاً) دورية لجدول التوجيه من جهاز توجيه إلى جهاز توجيه آخر. وتقوم هذه التحديثات المنتظمة بين أجهزة التوجيه بتبادل المعلومات حول تغييرات هيكلية الشبكة، حيث يستلم كل جهاز توجيه جدول توجيه من الأجهزة المجاورة له والمتصلة إتصالاً مباشراً معه. الشكل ٢ يبين كيف تتبادل أجهزة التوجيه (A, B, C, D) التحديثات. في نهاية الأمر، تقوم الخوارزمية بتجميع مسافات الشبكة بحيث يمكنها الإحتفاظ بقاعدة بيانات بمعلومات هيكلية الشبكات[٢]. ومع ذلك لا تسمح خوارزمية «متجه المسافات» لجهاز التوجيه بمعرفة الهيكلية الكاملة للشبكة البينية طالما أن كل جهاز توجيه لا يرى إلا أجهزة التوجيه المجاورة له فقط.

(١) J. Steele, N. To, "The Android Developer's Cookbook Building Applications with the Android SDK", 1st edition, Addison-Wesley Professional, October, 2010.

(٢) D. Johnson, Y. Hu, D. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4", Internet RFCs, ISSN 2070-1721, RFC 4728, February 2007.



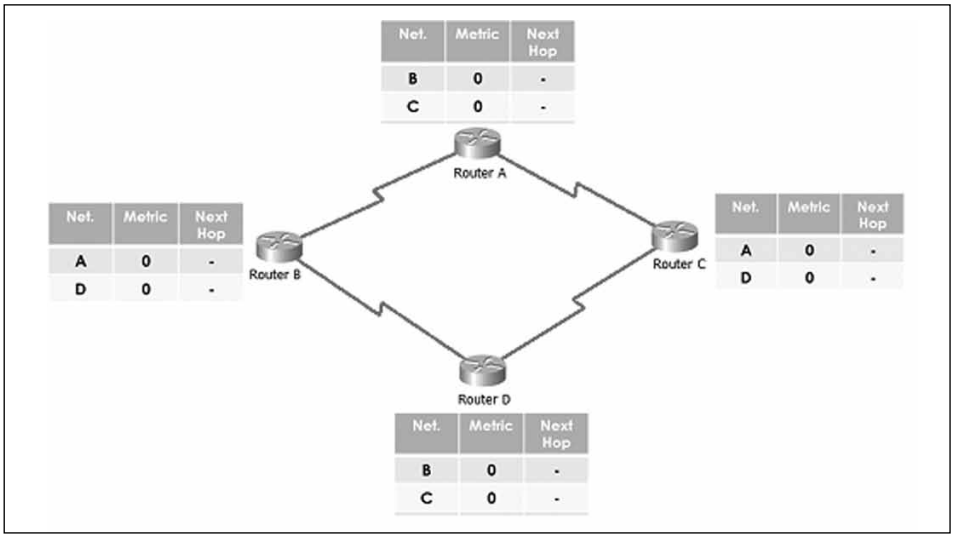
شكل رقم ٢: التحديثات الدورية

كل جهاز توجيه ـ يستخدم خوارزمية متجه المسافات ـ يقوم بالتعرف أولاً على الأجهزة المجاورة له كما هو مبين في الشكل ٣، ويحفظ المعلومات الخاصة بها في جدول التوجيه الخاص به، أي أن عملية بناء جدول التوجيه للجهاز X مثلاً، تبدأ بإضافة معلومات عن الأجهزة والشبكات المتصلة مباشرةً به، حيث تشكل المعلومات المتعلقة بوجهة ما مدخلاً في جدول التوجيه (بشكل أفقي)، وتشمل هذه المعلومات الحقول التالية:

عنوان شبكة الوجهة (Network Destination): أي عنوان شبكة الوجهة الأخيرة للحزمة، والذي تتم مقارنته مع العنوان الذي تحمله حزمة المعلومات ليتم تحديد المسار الذي يجب أن تسلكه الحزمة.

المقياس (Metric) : وهو عبارة عن عداد رقمي، يدل على مدى بعد الشبكة الوجهة عن جهاز التوجيه.

واجهة الإرسال أو الخطوة التالية (Next Hop): وهي عبارة عن عنوان جهاز التوجيه التالي الذي سيتم إرسال الحزم إليه ليرسلها بدوره إلى وجهتها الأخيرة.

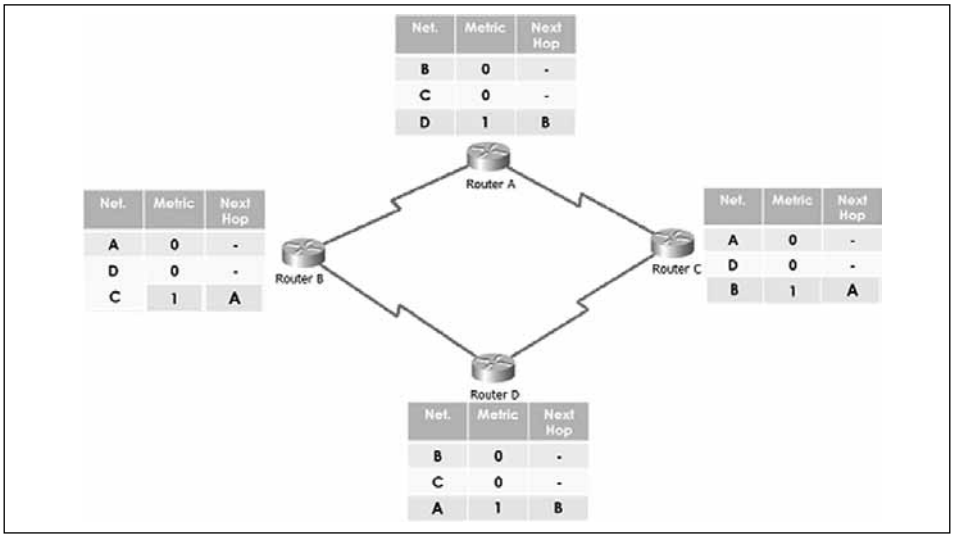


شكل رقم ٣: الخطوة الأولى من بناء جدول التوجيه: التعرف على الأجهزة المجاورة

كل شبكة متصلة اتصالاً مباشراً مع جهاز التوجيه تبعد عنه إفتراضياً مسافة قدرها صفر. وأثناء تتابع خطوات إستكشاف شبكة متجه المسافات، تحدد أجهزة التوجيه أفضل مسار يؤدي إلى الشبكات الوجهة إستناداً إلى المعلومات التي تستلمها من الأجهزة المجاورة. فجهاز التوجيه A يتعرف على الشبكات الأخرى إستناداً إلى المعلومات التي يستلمها من جهاز التوجيه B. وتشكل كل شبكة مدخلاً في جدول التوجيه، يحتوي على مجمّع (تراكمي) لإظهار مدى بُعد تلك الشبكة في اتجاه معين، وتحصل تحديثات جدول التوجيه عندما تتغير هيكلية الشبكة. وكما هو الحال مع عملية استكشاف الشبكة، فإن تحديثات تغييرات هيكلية الشبكة تتقدم خطوة خطوة من جهاز توجيه إلى جهاز توجيه آخر، كما هو مبين في الشكل ٤. وتقوم خوارزميات متجه المسافات، تبعاً لذلك، بتحفيز كل جهاز توجيه لإرسال جدول التوجيه الكامل الخاص به إلى كل من أجهزة التوجيه المجاورة. وتتضمن جداول التوجيه معلومات حول إجمالي تكلفة المسار وفقاً لما هو معرّف في المقياس الخاص بها، والعنوان المنطقي لجهاز التوجيه التالي على مسار كل شبكة من الشبكات التي يحتويها الجدول.

ويمكننا تشبيه عمل خوارزمية متجه المسافات باللافتات التي توضع عند تقاطع الطرق السريعة، حيث تشير لافتة إلى الوجهة وتعرض المسافة المتبقية للوصول اليها. وبعد قطع مسافة على الطريق السريع، تظهر لافتة أخرى تشير إلى الوجهة، لكنها تعرض هذه المرة مسافة أقصر. وطالما أن المسافة تقصر، فيعني هذا أن حركة المرور تتم على أفضل مسار[١].

(١) Doyle, «Routing TCP/IP», volume I, op. cot. also, J. Doyle, «Routing TCP/IP», volume II, op. cit.



شكل رقم ٤: إضافة التحديثات المرسلة من الأجهزة المجاورة على جداول التوجيه

رابعاً: البروتوكول المقترح

١- تعريفه وكيفية عمله

يعتمد البروتوكول على إستخدام التقنيات الحديثة، الواي فاي (WiFi) والهوت سبوت (Hotspot)، المتوفرة في الهواتف الذكية والمستعملة للإتصال بالشبكات، ويقوم هذا البروتوكول بإعداد جدول لإستخدامه في عمليات التوجيه وإيصال الحزم إلى وجهتها الأخيرة[1].

نستطيع تشغيل أي جهاز من الأجهزة المستخدمة بوضعيتين: وضعية المستخدم وتستعمل لإرسال الرسائل والبيانات إلى جهاز آخر، ووضعية التوجيه وهي الوضعية الإفتراضية للجهاز، والتي تستخدم لنقل معلومات الأجهزة الأخرى، ويظهر الجهاز في هذه الحالة عند باقي الأجهزة كشبكة مستقلة (Hotspot) يتم تجميع معلومات عنها ووضعها في جدول التوجيه.

ولإستكشاف الشبكات المجاورة له، يستخدم الهاتف الذكي تقنية الواي فاي التي تخوله القيام ببحث سريع عن الأجهزة الموجودة ضمن نطاق التغطية للهوائي المركب داخل الهاتف، فتؤدي هذه العملية إلى التعرف على الهواتف القريبة وحفظ عناوينها داخل جدول التوجيه.

(١) D. Uckelann, M. Harison, F. Michahelles, «Architecting the Internet of Things», Springer, 2011.
انظر أيضاً: S. Misra, I. Woungang, C. Subhas, «Guide to Wireless Ad Hoc Networks», springer, 2009.

وكما بينَا سابقاً، إن جدول التوجيه هو عبارة عن جدولٍ محفَّظ داخل ذاكرة الرام RAM يزود الهاتف (جهاز التوجيه) بمعلومات تفيده في عمليات البحث عن المسار الذي تحتاجه الحزم للوصول إلى وجهتها الأخيرة. أما جدول التوجيه المستخدم في البروتوكول المقترح فيكون على الشكل التالي:

شبكة الوجهة	تعداد الخطوات	واجهة الإرسال	اسم المستخدم	الفترة الزمنية

- **شبكة الوجهة:** هي الوجهة الأخيرة للحزمة، والتي على أساسها يُحدد المسار الذي يجب أن تسلكه هذه الحزمة.
- **تعداد الخطوات:** هو عبارة عن تعداد رقمي، يدل على مدى بعد الجهاز المذكور في شبكة الوجهة عن الجهاز المستلم.
- **واجهة الإرسال أو الخطوة التالية:** وهي عبارة عن عنوان جهاز التوجيه التالي الذي سيتم إرسال الحزم إليه فيرسلها بدوره للوجهة الأخيرة.
- **اسم المستخدم:** ويستعمل لربط شبكة الوجهة بمستخدم الهاتف.
- **الفترة الزمنية:** تعداد زمني يُستخدم لحذف شبكة الوجهة من جدول التوجيه في حال عدم وصول تحديثات عنها خلال فترة زمنية محددة.

١- المميزات الأساسية للبروتوكول:

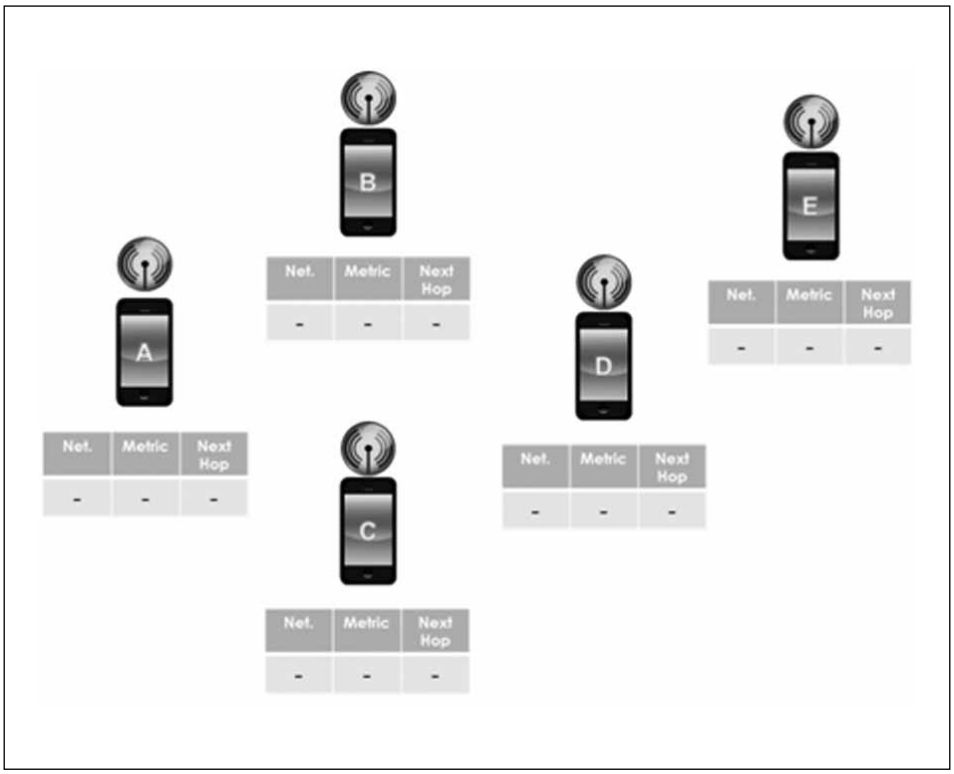
- إنه يعمل بأسلوب خوارزمية «متجه المسافات».
- يستخدم تعداد الخطوات كوحدة قياس لتحديد طول المسار.
- يستخدم تعداد خطوات بقيمة قصوى تصل إلى عشرة.
- من خلاله، يتم إفتراضياً بث تحديثات التوجيه كل ٥ دقائق.

٢- التحديثات (Update)

يتم من خلالها التعرف على الشبكات والأجهزة الموجودة داخلها، والتي تبعد عن الجهاز المستقبِل بما يزيد عن نطاق تغطية الهوائي الذي بداخله، مما يجعله غير قادر على إستكشاف الأجهزة البعيدة من خلال عملية البحث الأولى. ومن خلال هذه التحديثات يقوم كل جهاز بإرسال جدول التوجيه الخاص به إلى الأجهزة المجاورة، أي تلك التي تملك تعداد قياس صفر داخل الجدول. وبهذه الطريقة يتم التعرف على كامل الأجهزة الموجودة في

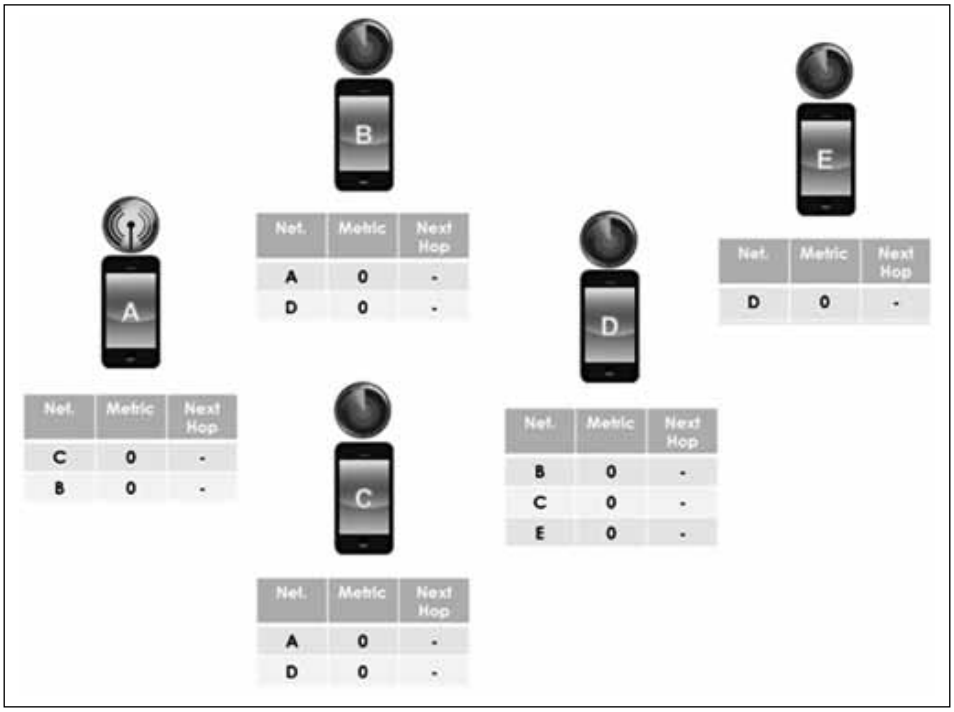
الشبكة، ويجب أن لا ننسى أيضاً أن إرسال التحديث من جهاز إلى آخر يزيد تعداد الخطوات بالتتالي. للتعرف على هذه العملية ومضمونها أنظر الأشكال ٥، ٦ و٧.

ففي الشكل ٥ نرى مجموعة من أجهزة الهواتف الذكية، لكل منها جدول توجيه خاص به، بحيث يكون فارغاً عند تشغيل هذا التطبيق في مرحلته الأولى.



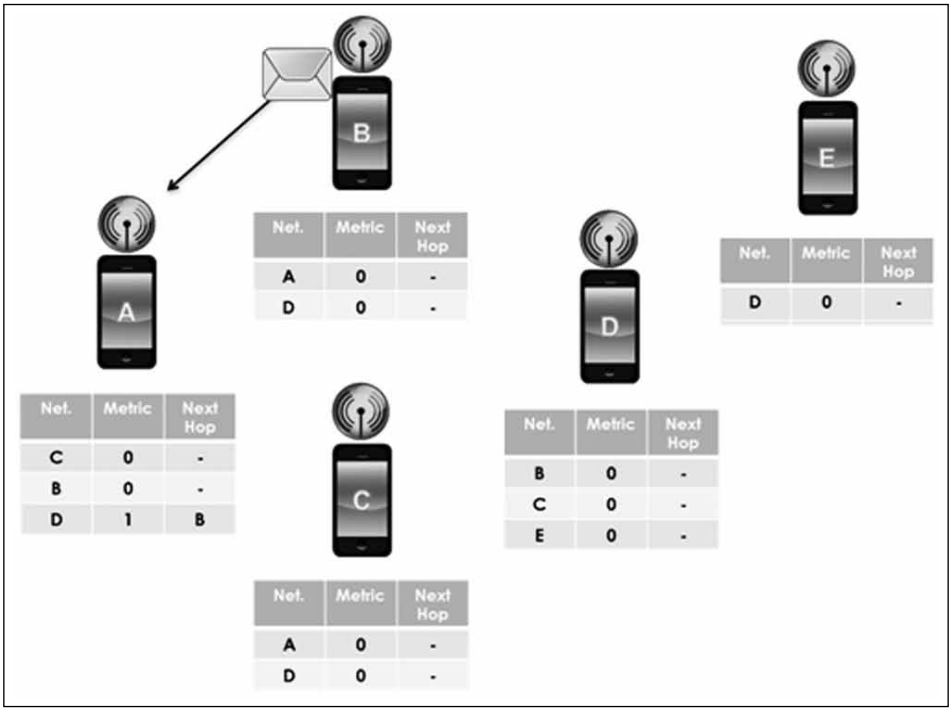
شكل رقم ٥: بدء عملية الإستكشاف للأجهزة المجاورة

ثم تتم عملية البحث الأولى لإستكشاف الأجهزة الموجودة ضمن نطاق تغطية الهوائي. فأثناء عملية بحثه، فإن الجهاز A يتصل بالجهازين B و C المجاورين له، مما يعني أن تعداد الخطوات للوصول إليهما هو صفر. وكذلك بالنسبة لباقي الأجهزة، فكل منها يمكنه الإتصال بالأجهزة التي تجاوره، وتخزين المعلومات المتعلقة بها ضمن جدول التوجيه (شكل رقم ٦). في هذه المرحلة لا يمكن للحزمة التي تنطلق، مثلاً، من الجهاز A أن تصل إلا إلى الجهازين B و C فقط وذلك لعدم توافر المعلومات عن الأجهزة الأخرى، كون عملية التحديث بين مختلف الأجهزة لم تنطلق بعد.



شكل رقم ٦: ملء جداول التوجيه بعد عملية الإستكشاف الأولى

في الشكل ٧، نرى أن عملية التحديث قد بدأت عند الأجهزة كلها، وذلك بإرسال جداول التحديث الخاصة بكلٍ منها إلى الأجهزة الأخرى الموجودة في جداولها والتي تمتلك التعداد الرقمي صفر، ويتم ذلك بعد ٥ دقائق من إنتهاء عملية البحث الأولى. ونرى أيضاً أن الجهاز B قد أرسل جدوله التحديثي إلى الجهاز A، ومن خلال هذه العملية أصبح بإمكان الجهاز A إرسال حزم المعلومات إلى الجهاز D من خلال الجهاز B وبتعداد خطوات ١. هذه العملية تبقى مستمرة طالما أن التطبيق يعمل، وبشكلٍ متتالٍ كل ٥ دقائق، وذلك كي لا تُستنفذ طاقة الجهاز من جهة، وتمكينه من العمل بشكلٍ طبيعي وبدون ضغط من جهة ثانية. هذه التحديثات ستسمح لكل الأجهزة بالتعرف بعضها على البعض الآخر، وتكوين جداول كاملة تمكنها من إيصال الحزم إلى الوجهة المبتغاة.



شكل رقم ٧: إرسال التحديثات إلى الأجهزة المجاورة

٣- أنواع الحزم:

بما أن التطبيق الذي قمنا بإنجازه يعمل ضمن تطبيقات أجهزة الأندرويد، ولأنه لا يمكن أن نصل إلى قلب نظام التشغيل «أندرويد» إلا بعملية إختراق أو هاكر، فإننا بنينا عملية التوجيه على أساس الطبقة السابعة (Application Layer) من النموذج المرجعي OSI. أما عملية إرسال الحزم أو ما يسمى بـ (IP Forwarding) فهي تتم من خلال الطبقة الثالثة الخاصة ببروتوكول الإنترنت IP. لذلك تم إستخدام نوعين من الحزم هما:

أ – الحزمة الكبسولة، وهي عبارة عن الحزمة المستعملة في بروتوكول وَحدة بَيانات المستَخدم (UDP) وتتضمن:

– Source/Destination Port: رقم خاص بمنافذ الإتصال المرتبطة ببروتوكول UDP ومؤلف من ١٦ بت (bit)، ويُستخدم لتحديد التطبيق المصدر والتطبيق الوجهة للمعلومات المرسَلة.

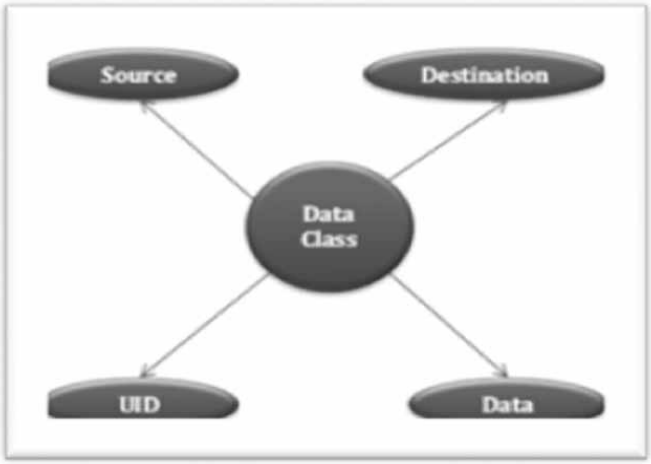
– Message Length: وهو عبارة عن طول الرسالة الذي يُحدد بعدد البايت (Bytes) المرسَلة في حزمة واحدة.

- Checksum: حقل اختياري للتأكد من إستلام المعلومات بشكل صحيح.
- Data: وهي عبارة عن الحزمة المغلَفة أو البيانات التي تم تمريرها إلى بروتوكول UDP.

ب- الحزمة المغلفة وتحتوي على:

- البيانات المنوي إرسالها.
- المُعرِّفات (Parameters) المُستخدَمَة في عملية التوجيه، وهي:
  - Source SSID: الوجهة المرسِلة/المصدر.
  - Destination SSID: الوجهة المستقبِلة.
  - Data: البيانات التي يتم نقلها، وهي في حالتنا الرسائل النصية.
  - UID: عبارة عن رقم تسلسلي خاص بالهاتف.

أنظر الشكل رقم ٨.

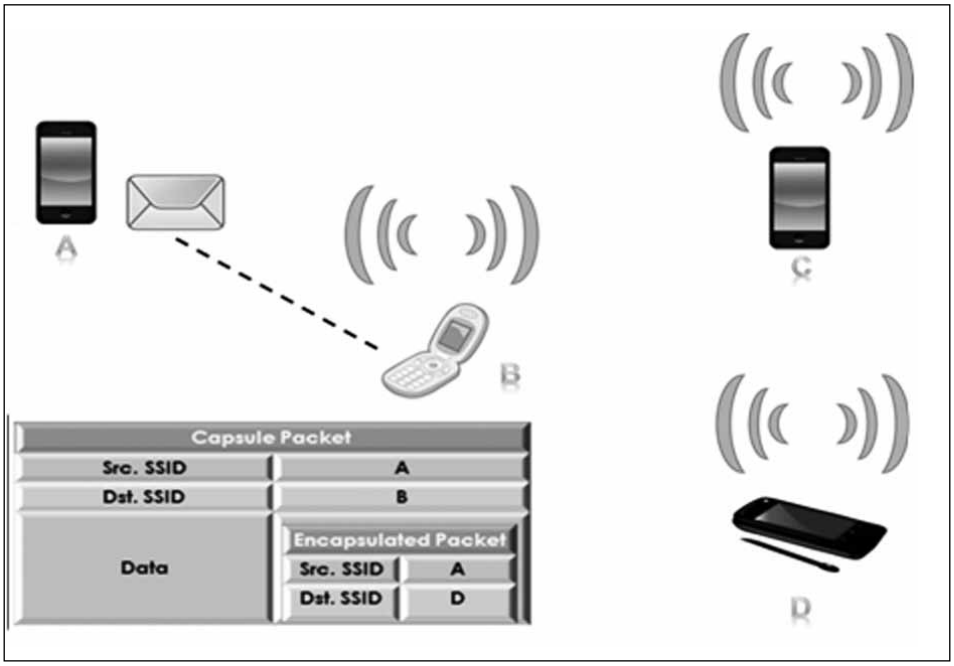


شكل رقم ٨: الحزمة المغلفة

٤- نموذج تطبيقي للبروتوكول المقترح:

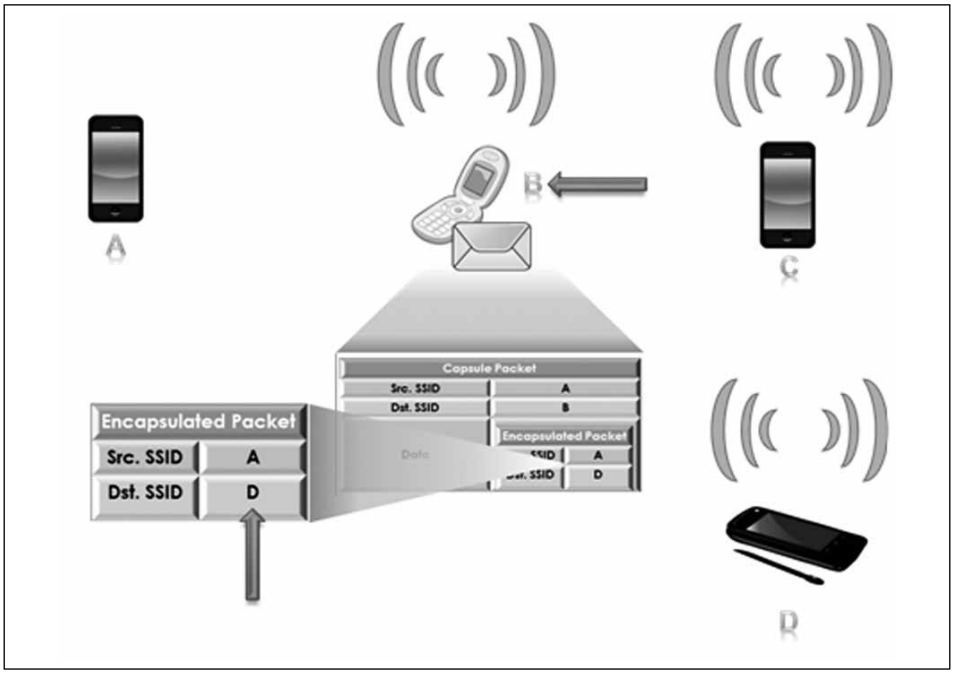
لنفترض أننا بصدد إرسال رسالة نصية من الجهاز A إلى الجهاز D الذي هو خارج نطاق التغطية، حينئذٍ يقوم الجهاز A بإرسال الرسالة إلى الجهاز B الذي بدوره يرسلها إلى

الجهاز D. يضع الجهاز A رمزه كمصدر «Src.(Source) SSID» ورمز الجهاز D كوجهة «Dst.(Destination) SSID» في الحزمة المغلَفة. ثم يضع رمزه كمصدر، ورمز الجهاز B كوجهة في الحزمة الكبسولة، وبعد أن يضع بداخلها الحزمة المغلَفة، يقوم بإرسالها إلى الجهاز B. أنظر: الشكل رقم ٩.

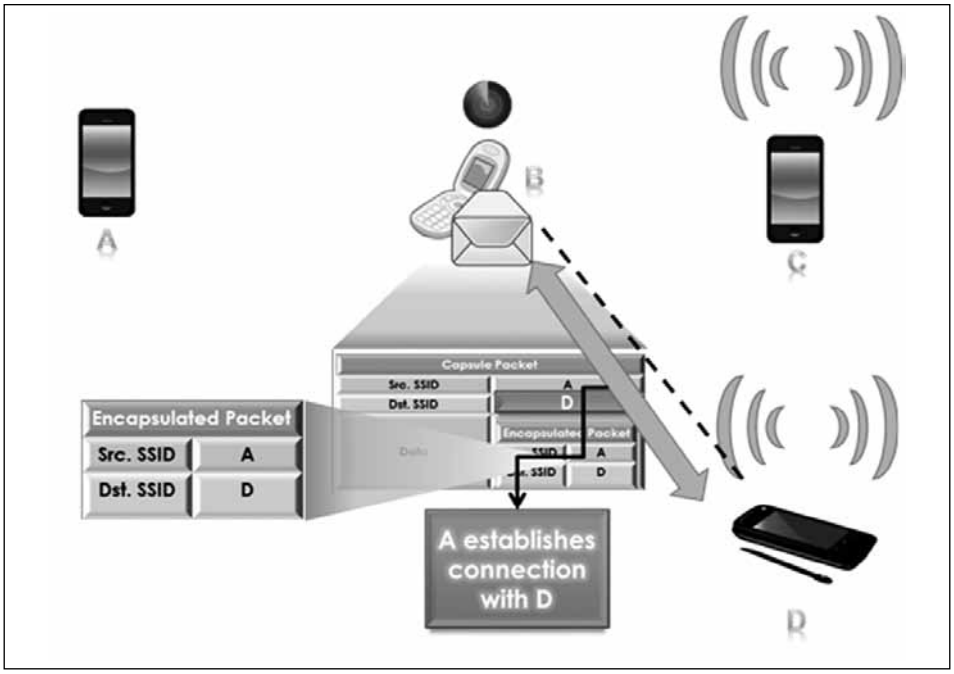


شكل رقم ٩: إنشاء الرسالة عند المصدر

إذا تعرف الجهاز B من خلال قيمة الحقل Dst. SSID بأن الحزمة الكبسولة موجهة له، يقوم بتفكيكها وإستخراج الحزمة المغلَفة. ثم يقوم بمقارنة قيمة حقل الحزمة المغلَفة Dst. SSID بإسم الشبكة الخاصة به، أي مقارنة القيمة B بـ D، فيجد أنهما غير متطابقتين، أي أن الحزمة ليست مخصصة له (شكل رقم ١٠). وبدوره يقوم الجهاز B بعملية بحث داخل جدول التوجيه فيجد المسار المناسب للوصول إلى الجهاز D، فيعيد بناء الحزمة الكبسولة من جديد ويضع القيمة D داخل الحقل Dst. SSID الخاص بها، ثم يقوم بإرسال الحزمة الكبسولة إلى الجهاز D كما في الشكل رقم ١١.



شكل رقم ١٠: تفكيك الرسالة ومقارنة المعرفات



شكل رقم ١١: إعادة توجيه الرسالة

الخلاصة والتوصيات

نفَّذنا من خلال هذا البحث عملية التوجيه بين مجموعة من الأجهزة الذكية لتشكيل كافة المسارات التي تؤدي إلى وجهات متعددة، فاستخدمنا تقنيات الواي فاي والبقعة الساخنة (HotSpot) دون أن نلجأ إلى إستخدام شبكة GSM، أو الإتصال بشبكة منفصلة منشأة بواسطة الواي فاي (التي تستخدم Access point). وقد هدف مشروع البروتوكول هذا إلى إتاحة المجال للمستخدمين بإستخدام تطبيقات وسائط الإعلام الخاصة بالأجهزة، وإرسال وإستقبال الرسائل النصية بينها عبر أجهزة وسيطة في حال كان الجهاز المقصود خارج نطاق التغطية المباشرة. ولقد ركز البحث على عملية التوجيه، وكيفية تحديث جدول التوجيه من أجل إيجاد الطريق الأقصر إلى وجهة محددة. ونحن نتطلع إلى إضافة المزيد من الخصائص على تطبيق البروتوكول المقترح، مما يتيح للمستخدم إرسال الوثائق والرسائل الصوتية فضلاً عن الرسائل النصية. كما وأننا نطمح إلى تطبيق وسائل الأمان خلال تبادل تحديثات التوجيه من أجل حماية بيانات المستخدمين المتبادَلة من السرقة أو التجسس. وكذلك سنعمل على تحسين البروتوكول المقترح وتعزيز أدائه خلال عملية التوجيه التي يقوم بها. ولما كانت عملية التوجيه في التطبيق الحالي تتم في الطبقة العليا (Application Layer) حسب نظام OSI، الأمر الذي يبطىء من إيصال المعلومة، خصوصاً إذا كان قطر الشبكة كبيراً، ولما كان تطبيق هذا البروتوكول يعيد تغليف حزم المعلومات بوضعها داخل حزم أخرى، فإننا نأمل أن نستطيع مستقبلاً الإنتقال إلى داخل نواة نظام التشغيل الخاص بالأجهزة، وتعديل بعض ميزاته لتسهيل وتسريع عملية التوجيه بشكل أفضل.