

تصميم وتحليل وتنفيذ وصلة لاسلكية باستخدام نقطة النفاذ اللاسلكية AP Design, Analysis and Implementation Wireless Link Using the AP Wireless Access Point

محمد سعيد قاسم

1st Mohammed saeed Kasem

الاتصالات و الشبكات

Communications and Networks

أكاديمية السودان للعلوم

Sudan Academy of Sciences

الخرطوم، السودان

Khartoum, Sudan

haidary70@gmail.com

البروفسور خالد حميد بلال

2nd Prof. Khalid Hamid Bilal

رئيس قسم الاتصالات

Head of Communication Departement

جامعة العلوم و التكنولوجيا

University of Science & Technolgy

الخرطوم، السودان

Khartoum, Sudan

khalidhamidk9@gmail.com

الملخص

في هذه الدراسة قد تم تقديم و انجاز تخطيط وتصميم وصلة لاسلكية (جسراً لاسلكياً)، بما يماثل خط ميكروبي ، مع الأخذ بالاعتبار تحليل العوامل المؤثرة على تخطيط وإنشاء هذه الوصلة. بالاعتماد على طرق علمية دقيقة من أجل إجراء الحسابات وتحليل الوصلة اللاسلكية العملية، تبين إمكانية وصل عدة شبكات WLAN/LAN من خلال استخدام (AP) Access Point وسيطة تعمل بنمط (Br) Bridge Mode. على الرغم من أن Throughput يتناقص بشكل ملحوظ مع زيادة طول الوصلة. ولكن طالما أنه يبقى مقبولاً وكافياً لتبادل المعطيات، فإن المنافع التي يمكن الحصول عليها باستخدام APs تكون أكبر بكثير. تقدم الدراسة تصميم الوصلات اللاسلكية بطريقة علمية ومثالية متناولة جميع الجوانب المؤثرة واستخدام جميع الأدوات المتوفرة، كما تم تقديم مقترح حول إمكانية إنشاء وصلات لاسلكية لمسافة كبيرة ، يتمثل المقترح باستخدام تجهيزات إضافية لتنفيذ عملية تحويل الحزمة الترددية إلى أخرى أدنى (لاسلكياً فقط) مع استخدام الهوائيات المناسبة مما يساعد في تحقيق وصلات لاسلكية بعيدة.

كلمات مفتاحية: جسر لاسلكي، معدل النقل الأعظمي، نقطة نفاذ لاسلكية، التكرار في الشبكات اللاسلكية، الشبكات المحلية اللاسلكية.

Abstract

In this study a Planning and designing of a wireless link (wireless bridge), like a microwave link has been introduced and performed. The wireless link is the optimum solution to connect wide separate sites. Hence, all factors to be taken into account in the establishment of wireless link have been analyzed.

A practical model based on accurate and scientific method for carrying out calculations and analyzing links has been performed. Results showed the ability to connect multiple WLAN/LAN networks upon the utilization of intermediate Access Point (AP) in Bridge Mode (Br). Also, throughput decreases considerably depending on the distance. However, as long as acceptable, benefits of using such networks will be much more.

Although, the available wireless networking devices allow about ten Kilometer or little more distances as a direct link between two places, it is possible to sketch and implement a wide range through the using of additional devices that are responsible for changing the bandwidth in addition to appropriate external antennae.

Keywords: WLAN, Throughput, Wireless Link, Radiomobile, Wireless Bridge, Ixchariot, AP, IEEE802.11.

1. مقدمة

في كثير من الحالات يكون استخدام الشبكات اللاسلكية الحل الأمثل لربط عدة مواقع جغرافية أو خاصة متباعدة، حيث يكون إقامة شبكة الاتصال السلكية متعزراً. نظراً للتطور التكنولوجي السريع في صناعة التجهيزات الشبكية اللاسلكية والاستخدام المتزايد لهذا النوع من الشبكات، لما تمتلكه من إمكانيات وميزات عديدة، فإنه من الممكن - مع الاستخدام المناسب - إنشاء شبكات لاسلكية محلية لربط مواقع ووحدات عسكرية (على سبيل المثال)، تؤمن عملية تبادل المعلومات بشكل سريع وبدرجة أمن مقبولة وفقاً للإعداد المناسب لهذه الشبكات. لا يقتصر استخدام الشبكات اللاسلكية المحلية على الوحدات والمواقع المذكورة سابقاً، وإنما يمكن استخدامه في مشاريع صناعية وتطبيقات كبيرة خاصة (Osama et al., 2014).

تتناول هذه الدراسة دراسة و تحليل و تصميم و تقييم نموذجي لإنشاء الشبكات اللاسلكية المحلية باستخدام التجهيزات الشبكية، و بشكل خاص نقطة النفاذ اللاسلكية (AP)Access Point، تشمل الدراسة على النقاط التالية:

1. تحليل مناطق فرينل و حسابها .
2. تحليل مسار اتصال (الوصله اللاسلكية الموجهة).

3. دراسة مخبرية لكيفية إعداد و تركيب نقاط النفاذ اللاسلكية AP عند استخدامها لتعمل كجسر لاسلكي Wireless Bridge (BR).
4. إجراء عمليات الحساب و التقييم لمعدلات نقل المعطيات الأعظمية في الوصلات اللاسلكية الموجهة و العوامل المؤثرة عليها.
5. تحديد و تصميم و حساب مسار اتصال لاسلكي، ليكون كنموذج لاجراء الدراسة و التصميم و الحسابات للشبكة الكلية و حساب معدلات نقل المعطيات الأعظمية لأهداف المقارنة و تقييم النتائج.
6. إنشاء وصلة لربط مناطق متباعدة باستخدام برنامج RadioMobile.

1.1 أهمية الدراسة

توفر الدراسة أسلوب علمي لإنشاء جسر ربط لاسلكية بأسلوب علمي يأخذ في الاعتبار معدلات النقل الفعلية و كذلك كيفية أخذ التضاريس و خاصة فالمناطق الجبلية بما يضمن تصميم وصلة لاسلكية بدون عوائق و الاستفادة من خرائط المسح الراداري لوكالة ناسا.

1.2 منهجية الدراسة

تمت الدراسة بطريقة عملية و استخدام أجهزة حقيقية في إنشاء الجسر اللاسلكي و نقاط التكرار ثم تسجيل القيم باستخدام برامج القياس و من ثم مقارنتها و دراسة تأثير الحالات المختلفة

2. تخطيط الوصلة اللاسلكية Link Planning

تتكون الوصلة اللاسلكية في أبسط صورها من جهازي إرسال واستقبال بينهما مسار محدد، بحيث تكون نسبة استطاعة الإشارة المستقبلية كافية لتبادل المعطيات فيما بينهما. من أهم العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار عند تخطيط الوصلة اللاسلكية – ضمن شبكة لاسلكية تعتمد معيار Wi-Fi – ما يلي:

1. استطاعة الإرسال: ويعبر عنها بـ mW أو dBm. إن dBm هي وحدة ديسيبل نسبية مقارنةً بـ 1 mW. تأتي استطاعة المرسل ضمن مواصفات الجهاز من الشركة المصنعة ولكن يجب قياسها فعلياً باستخدام أجهزة القياس أو البرامج المتوفرة لذلك.
2. ربح الهوائي: يعطى ربح الهوائي بوحدة الديسيبل الايزوتروبي (dBi).
3. حساسية الاستقبال: كلما كانت قيمة حساسية المستقبل بالقيمة السالبة مقدرة بـ dBm كبيرة (Stallings, 2001) ، فإن جهاز الاستقبال اللاسلكي أفضل. مع أنّ الإشارة المستقبلية في جهاز الاستقبال قد تتجاوز حساسية الاستقبال، ينبغي أن تحتوي على هامش معين بين الضجيج والإشارة الفعلية لتحقيق سرعة نقل المعطيات المطلوبة. لتقييم ذلك، يعتمد بارامتر نسبة الإشارة الفعلية إلى الضجيج (Signal To Noise Ratio (SNR). على سبيل المثال يجب الحصول على قيمة SNR تعادل 16 dB كقيمة مثالية لوصلة تعمل بسرعة 11 Mbps.

3. خسارة (فقد) الكابلات والموصلات

خسارة (فقد) الوصلة اللاسلكية: يجب أخذ عدة عوامل بالاعتبار كفقد الفضاء الطلق (Free Space Path (FSPL) Loss والتوهين والتبعثر والتداخل وغيرها من العوامل المؤثرة على انتشار الإشارات اللاسلكية. خسارة الفضاء الطلق أو ما يعرف بتضاؤل قدرة الإشارة كنتيجة للانتشار الجغرافي لواجهة الموجة والذي يعتمد على المسافة بين جهازي الإرسال والاستقبال فقط. تتناسب فقد القدرة في الفضاء الطلق طردياً مع مربع المسافة ومربع التردد – ويقاس هذا الفقد بالديسيبل. يعبر عن فقد الفضاء الطلق بالعلاقة التالية:

$$FSPL (dB) = C + 20\log(D) + 20\log(F)$$

حيث أن D تمثل المسافة و F التردد بالميجاهرتز والثابت C يساوي 36.6 إذا تم تحديد المسافة D بالميل و 32.5 إذا تم تحديدها بالكيلومتر.

يحدث التوهين للإشارة كنتيجة لامتناسج جزء منها بسبب العوائق الصلبة كالأشجار والمباني والجدران وغيرها. تم الأخذ بالاعتبار العوامل التي تعيق الإشارة، لما لها من تأثير كبير على الحزمة الترددية 2.4 GHz، مع إهمال عامل التوهين. بمعنى أدق، تأمين خط نظر (Line-Of-Sight (LOS).

يبين الجدول (1) طريقة مثالية لتدوين وحساب جدوى الوصلات اللاسلكية. إذا كانت المحصلة الكلية باستثناء القيمة الأخيرة (حساسية الاستقبال) مساوية لحساسية جهاز الاستقبال أو أكبر منها، فهذا يعني أن الاستقبال محقق (Garg, 2007). ينصح بأن تكون المحصلة الكلية في الجدول بين 10-15 dB لضمان وصلة ثابتة وعالية الجودة ويمكن زيادة هذا الهامش إلى 20 dB.

الجدول (1) حساب جدوى الوصلة اللاسلكية

المصدر	الإشارة	وحدة القياس	
جهة الإرسال			
مواصفات جهاز الإرسال	+	dBm	قدرة الإرسال
من مواصفات الأسلاك	-	dB	خسارة الأسلاك والموصلات
مواصفات الهوائي	+	dBi	ربح الهوائي
الفضاء الطلق			
تحسب بالمعادلات الخاصة	-	dB	خسارة الفضاء الطلق FSL
جهة الاستقبال			
مواصفات الهوائي	+	dB	ربح الهوائي
من مواصفات الأسلاك	-	dB	خسارة الأسلاك
مواصفات جهاز الاستقبال	+	dBm	حساسية جهاز الاستقبال
			المحصلة الكلية

4. حساب مناطق فرينل

يعتبر توفر خط النظر شرطاً أساسياً للتمكن من تشغيل الوصلة اللاسلكية لكنه غير كافٍ. ويعود ذلك إلى خصائص انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية والتي لا تنتشر على شكل خط مستقيم فقط، بل على شكل واجهة للموجة. ولتشغيل الجسر اللاسلكي (الوصلة اللاسلكية) بين نقطتين، فإنه يجب ضمان خلو المساحة المحيطة من أي عوائق قد تعترض مسار الإشارة اللاسلكية، بالإضافة إلى وجود خط النظر. يعتمد في تحديد المساحة المحيطة بخط النظر البصري بين نقطتي الوصلة اللاسلكية على مبدأ مناطق فرينل، كما هو موضح في الشكل (1). ينص هذا المبدأ على وجود مجموعة من المناطق المحيطة بخط النظر البصري والتي تحتوي على نسبة كبيرة من الإشارة اللاسلكية المرسله بين نقطتي الوصلة. يتم حساب نصف قطر كل من هذه المناطق بالمعادلة التالية (IEEE 802.11 Working Group, 2016).

$$r = 17.31' \sqrt{(N \times (d1' d2)) / (f' d)}$$

حيث ان :

← r : نصف قطر منطقة فرينل بالمتر.

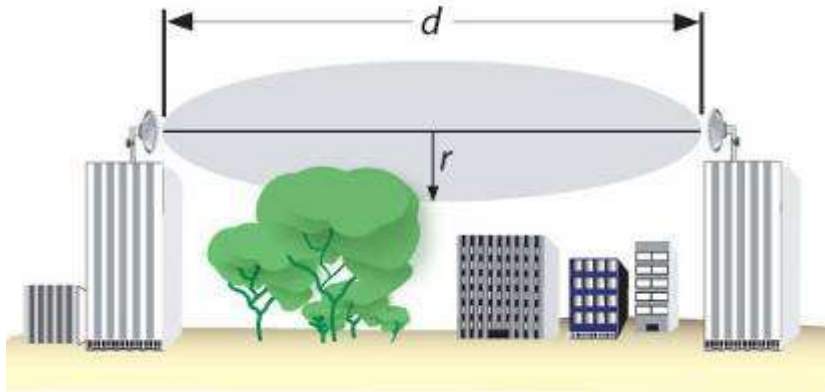
← N : رقم المنطقة المراد حسابها.

← $d1, d2$: المسافة بين العائق ونهايتي الوصلة.

← d : طول المسافة الكاملة بالمتر.

← f : تردد العمل.

يجب ضمان تأمين مساحة تقدر بـ 60% على الأقل من منطقة خلوص فرينل الأولى. إذا كان هناك أية عوائق خلالها، يجب تجنب هذه العوائق إما بزيادة ارتفاع الهوائيات أو تغيير نقاط توضع نقاط النفاذ اللاسلكية أو استخدام مواقع ثالث كمكرر للإشارة.

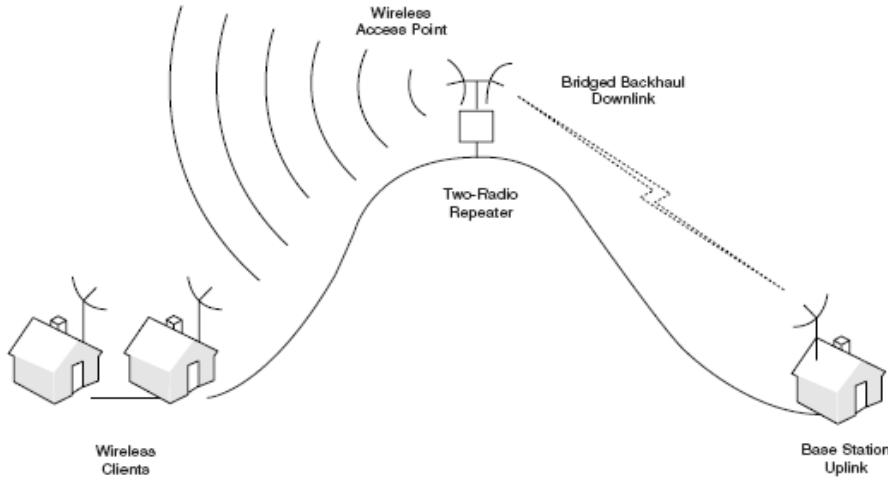


الشكل (1) مناطق فرينل

Source: IEEE 802.11 Working Group (2016)

5. المكررات (نقاط الربط اللاسلكية)

عند بناء الوصلات اللاسلكية بعيدة المدى، فإنه يجب تحقيق خط النظر (LOS) وذلك بسبب عدم مقدرة الإشارات المستخدمة في اختراق العوائق التي قد تظهر في مسارات الوصلة. يمكن تجنب هذه العوائق في حالة استحالة عدم إيجاد مسار بديل، باستخدام نقطة نفاذ لاسلكية أخرى تستخدم كمكرر. يبين الشكل (2) استخدام نقطة تكرار للوصول بين نقطتين لا يتوفر بينهما خط نظر.



الشكل (2) إنشاء نقطة تكرار لتفادي العوائق

6. تصميم الوصلة اللاسلكية

قبل إنشاء الوصلة اللاسلكية وتنفيذ عملية دراسة لا بد من تقييم للتجهيزات الشبكية وإمكاناتها والعوامل المؤثرة على مسار الوصلة وبعد ذلك يمكن تنفيذ هذه الوصلة اللاسلكية عملياً.

6.1 اختيار التجهيزات

لبناء وصلة لاسلكية لربط شبكتين على الأقل في منطقتين متباعدتين، فإن ذلك يتطلب استخدام نقطة نفاذ لاسلكية واحدة أو أكثر يتم إعدادها للعمل في نمط جسر لاسلكي BR (تختلف هذه الإعدادات بحسب الشركة المصنعة). يبين الجدول (2-1) جميع البارامترات الخاصة بـ APs المستخدمة في هذه الدراسة (وهي من نوع DWL-2100AP من شركة D-Link).

الجدول (2) بارامترات نقطة النفاذ اللاسلكية المستخدمة D-Link

type	BitRate	Moudlution		TR(dBm)	RX(-dBm)
802.11b/g	1Mbps	DSSS	DBPSK	18	94
802.11b/g	2Mbps	DSSS	DQPSK	18	90/91
802.11b/g	5.5Mbps	DSSS	CCK	18	88/89
802.11g	6Mbps	OFDM	BPSK	18	91
802.11g	9Mbps	OFDM	BPSK	18	90
802.11b/g	11Mbps	DSSS	CCK	18	85/86
802.11g	12Mbps	OFDM	QPSK	18	89
802.11g	18Mbps	OFDM	QPSK	18	87
802.11g	24Mbps	OFDM	16QAM	18	84
802.11g	36Mbps	OFDM	16QAM	18	80
802.11g	48Mbps	OFDM	64QAM	16	76
802.11g	54Mbps	OFDM	64QAM	15	73

تمتلك نقطة النفاذ اللاسلكية هوائي ديبولي ذو ربح مقداره 2 dBi. تم استخدام نقطتي نفاذ لاسلكيتين من النوع المذكور أعلاه بالإضافة إلى ربط جهاز حاسوب محمول عبر منفذ الايثرنيت بكل منهما لتمثيل الشبكتين المراد ربطهما. وبمعنى أدق ربط شبكتي LAN عبر وصلة لاسلكية.

2.6 اختبار التجهيزات وحساب معدلات النقل الفعلية

قبل تنفيذ الوصلة اللاسلكية، تم تنفيذ عملية الإعدادات اللازمة باستخدام واجهة التطبيق لنقطة النفاذ اللاسلكية، الوضحة في الشكل (3) واختبار معدلات نقل المعطيات وذلك على النحو التالي:

- ◀ توصيل كل نقطة نفاذ لاسلكية AP مع حاسوب محمول عبر منفذ ايثرنيت، كما هو موضح في الشكل (4).
- ◀ تفعيل عملية الاتصال بين نقطتي النفاذ اللاسلكيتين، عبر إدخال العنوان الفيزيائي MAC Address لكل نقطة نفاذ لاسلكية إلى النقطة الأخرى. لهذا النوع من نقاط النفاذ اللاسلكية لتعمل في نمط الجسر اللاسلكي، فإن هذا الإجراء يكون مطلوباً. بالإضافة إلى تحديد اسم معرف الخدمة SSID ليكون نفسه في كلا نقطتي النفاذ اللاسلكيتين.
- ◀ تحديد عنوان IP لكل AP يدوياً.
- ◀ تقييم وحساب معدل نقل المعطيات الأعظمي باستخدام برنامج IxChariot وأزمة الاستجابة للشبكة. ومن ثم تدوين قيم النتائج، والمشار إليها بـ Lab في الجدول (5).



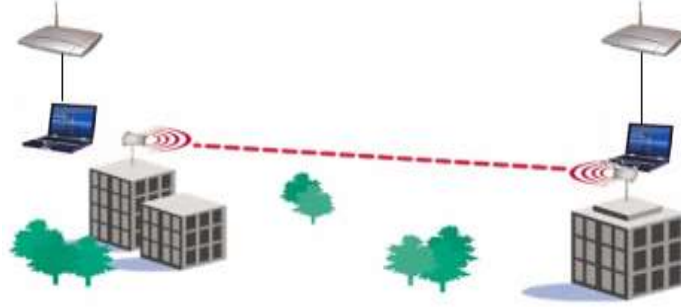
الشكل (3) واجهة التطبيق لنقطة النفاذ اللاسلكية D-Link المستخدمة في الدراسة



الشكل (4) التوصيل العملي لنقطة النفاذ اللاسلكيتين مع أجهزة الحاسوب عبر منفذ إيثرنت.

7. توصيل الشبكة الخارجية

تم اختيار المسار (الوصلة اللاسلكية) بين بنائين Two Buildings، تفصلهما مسافة مقدارها 270 m. ومن ثم تم تركيب نقطتي النفاذ اللاسلكيتين على المبنىين وتوصيل كل AP إلى جهاز حاسوب عبر منفذ الإيثرنت (كل جهاز سيمثل شبكة)، كما هو موضح في الشكل (5). وبحيث يكون خط النظر بين النقطتين مضموناً من خلال التأكد بأن منطقة خلوص فريزل المحسوبة في الجدول (3) محققة وخالية من العوائق، وإذا لم يكن كذلك فإن زيادة ارتفاع الهوائيات تكون مطلوبة.



الشكل (5) توصيل الوصلة الخارجية لربط شبكتين

الجدول (3) حساب مناطق فرينل

رقم المنطقة N	نصف قطر منطقة فرينل (متر) r
0.6	2.19
1.0	2.83
2.0	4.0
3.0	4.9

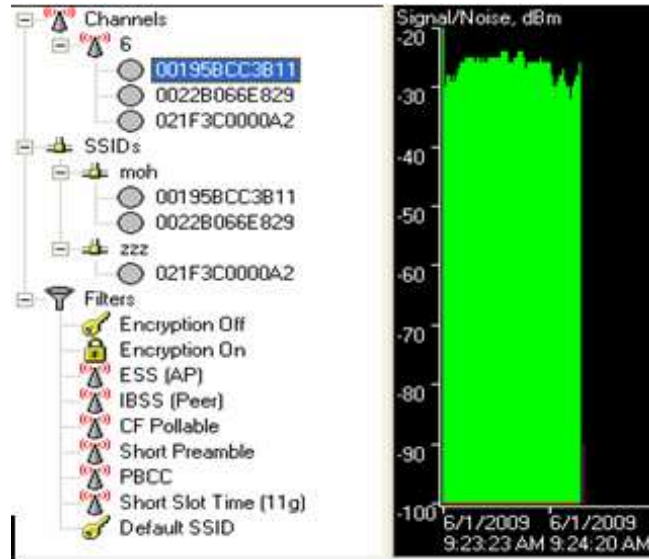
من معادلة فقد المسار، يتم حساب الفقد الناتج عن المسار والمحدد في هذه التجربة بـ 270 m. يتم إضافة بقية الخسائر الناتجة عن الكوابل والموصلات (تم تجاوزها هنا لأن الهوائي مرتبط مباشرة مع نقطة النفاذ اللاسلكية). ومن ثم يضاف إجمالي الفقد لحساب المحصلة الكلية للإشارة المستقبلية، كما هو مبين في الجدول (4).

الجدول (4) حساب خسارة المسار والهامش الكلي للوصلة

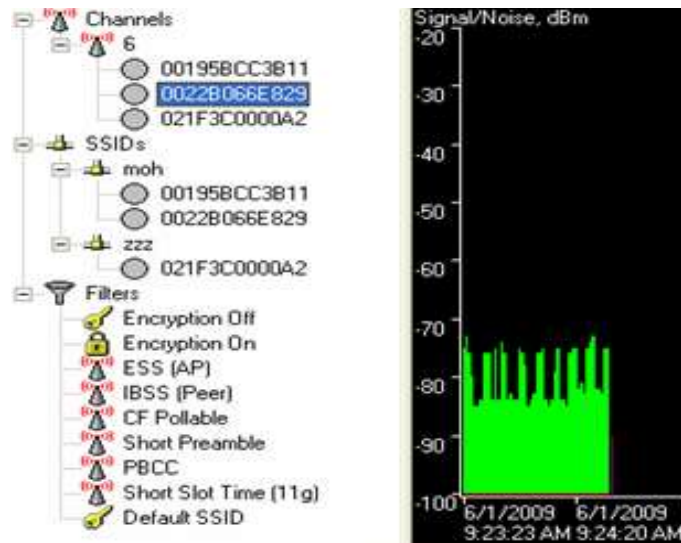
استطاعة المرسل (dBm)	كسب الهوائيات (dBi)	إجمالي الفقد (dB)	المحصلة (dBm)
15	4	88.53	-69.53
16	4	88.53	-68.53
18	4	88.53	-66.53

للتأكد من قيم الحسابات الناتجة لاستطاعة الإشارة المستقبلية والمبينة في الجدول (4)، تم استخدام برنامج Network Stumbler لتقييم وحساب استطاعة الإشارة المستقبلية فعلياً، عند تنفيذ الوصلة مخبرياً (داخل نطاق قاعة حدود 10 m) والوصلة الخارجية كما هو موضح في الشكل (6) والشكل (7) على الترتيب.

وقد تبين أنه يوجد فرقاً يتراوح ضمن المجال $[10 - 15\text{dBm}]$ إن السبب الرئيسي في هذا الاختلاف يعود إلى إهمال العوامل الأخرى التي لم يتم احتسابها والمتمثلة بالتداخل والانكسار والتخامد وغيرها من العوامل المؤثرة على انتشار الأمواج. مع الأخذ بالاعتبار تغيير وضعية نقطة النفاذ اللاسلكية إلى النمط المشترك (نقطة نفاذ مع نمط جسري WDS with AP)، لأنه لا يمكن كشف الإشارة باستخدام كروت الشبكة اللاسلكية عند اختيار النمط الجسري فقط.



الشكل (6) شدة الإشارة المستقبلية فعلياً للوصلة ضمن نطاق صغير باستخدام برنامج Network Stumbler



الشكل (7) شدة الإشارة المستقبلية فعلياً للوصلة الخارجية باستخدام برنامج Network Stumbler

عند هذه النقطة من الدراسة والتصميم الفعلي للشبكة، يعاد حساب معدل نقل المعطيات الأعظمي وأزمة الاستجابة للشبكة الحالية خلال المسار الجديد (نفذت عملية نقل المعطيات عبر بروتوكول TCP). يبين الجدول (5) القيم التي تم الحصول عليها سابقاً، والمشار إليها بـ Lab ومقارنتها مع القيم التي تم تسجيلها بعد ربط الشبكتين وفق المسافة المدروسة والمشار إليها بـ out.

8. النتائج المخبرية لقياس معدل النقل الأعظمي

يوضح الجدول (5) نتائج القياس في المخبر والوصلة الخارجية لمعدلات النقل الأعظمية

الجدول (5) نتائج القياس التي تم الحصول عليها في المخبر والوصلة الخارجية

BitRate	Throughput(Mbps)		Throughput/BitRate %		Response Time(sec)	
	lab	out	lab	out	lab	out
1Mbps	0.811	0.81	81.1	81	0.986	0.986
2Mbps	1.537	1.508	76.85	75.4	0.52	0.53
5.5Mbps	3.588	3.495	65.24	63.55	0.222	0.228
6Mbps	4.591	4.418	76.52	73.63	0.174	0.181
9Mbps	6.488	6.156	72.09	68.4	0.123	0.129
11Mbps	5.775	5.632	52.5	51.2	0.138	0.141
12Mbps	8.352	8.074	69.6	67.28	0.095	0.099
18Mbps	11.376	11.103	63.2	61.68	0.07	0.071
24Mbps	13.963	13.735	58.18	57.23	0.057	0.058
36Mbps	17.994	17.752	49.98	49.31	0.044	0.044
48Mbps	20.998	18.05	43.75	37.60	0.038	0.044
54Mbps	22.237	9.095	41.18	16.84	0.035	0.087

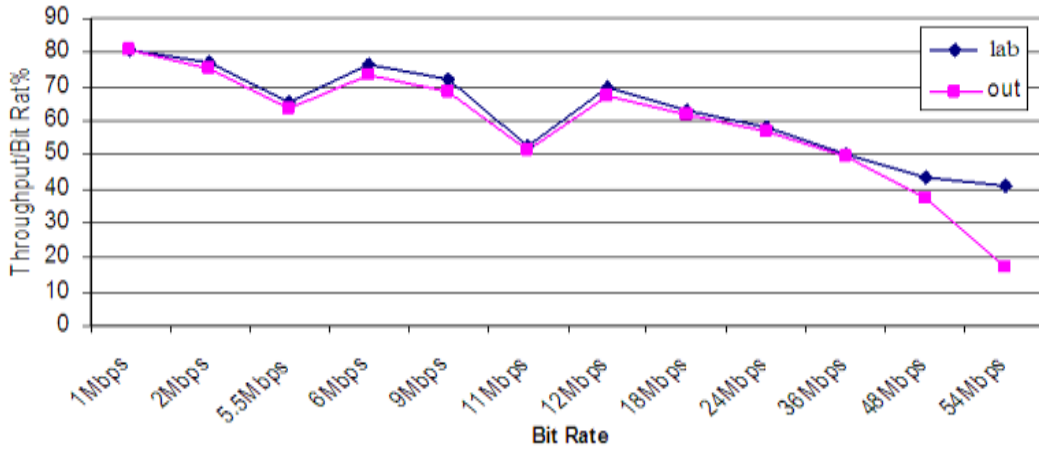
لتسهيل عملية الدراسة والمقارنة، تم تمثيل العلاقة كنسبة مئوية بين معدل النقل البتي Bit Rate المثالي وفق معيار IEEE 802.11 ومعدل نقل المعطيات الأعظمي Throughput، المبين في الجدول (5) كمنحنى بياني، كما هو موضح في الشكل (8) والشكل (9).

يمكن ملاحظة ما يلي من خلال الأشكال السابقة :

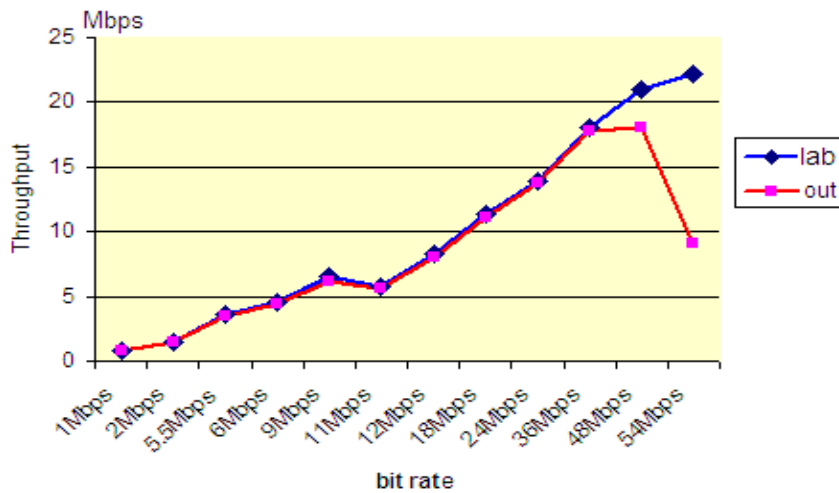
1. ينخفض معدل النقل الأعظمي مع ازدياد معدل النقل البتي (نسبة Throughput/Bit Rate).
2. يحدث انخفاض أكثر عند معدل النقل المثالي 5.5, 11 Mbps ويعود ذلك إلى طبيعة التقنيات المستخدمة في هذين النوعين (يستخدمان CCK).

3. أفضل معدل نقل معطيات أعظمي للشبكة أو الوصلة عند تحديد معدل نقل بتي مثالي بقيمة 36 Mbps. وبالتالي يجب أخذه بالاعتبار عند وضع الشبكة في العمل النهائي.
4. معدل النقل الأعظمي ينخفض بشكل كبير لمعدلات النقل العالية، كلما زادت المسافة. حيث أن معدل النقل الأعظمي انخفض إلى 9 Mbps عند استخدام 54 Mbps مثالية وهي أقل من معدل النقل الأعظمي عند استخدام معدل نقل 18 Mbps.

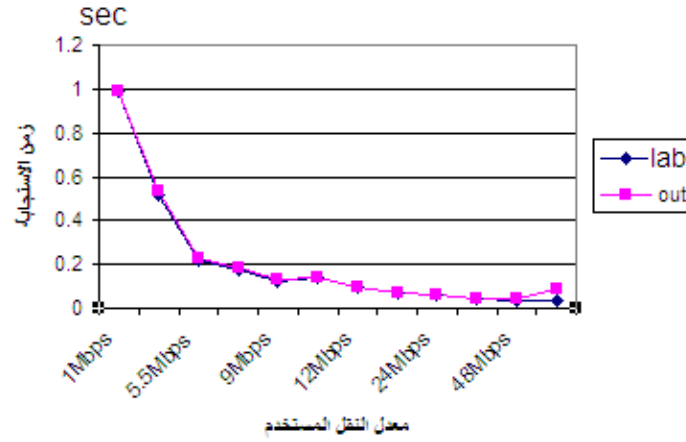
يمكن تحليل النتائج السابقة من خلال أن استطاعة الإشارة المستقبلية أقل من المستوى المطلوب، حيث تتطلب معدلات نقل المعطيات عالية السرعة استطاعة إشارة مستقبلية أكبر من غيرها. وهذا واضح بشكل جلي في الجدول (2). كما أنه يمكن التأكد من أن معدل نقل المعطيات له تأثير على زمن الاستجابة، كما هو موضح في الشكل (10) لكل من حالتي التنفيذ للشبكة اللاسلكية.



الشكل (8) النسبة المئوية لمعدل نقل المعطيات الأعظمي Throughput كتابع لمعدل النقل البتي المثالي Bit Rate



الشكل (9) معدل نقل المعطيات الأعظمي كتابع لمعدل النقل البتي المثالي لكتا حالتي التنفيذ للشبكة اللاسلكية



الشكل (10) زمن الاستجابة كتابع لمعدل نقل المعطيات البتي Bit rate

9. إنشاء الوصلات البعيدة

لربط مناطق متباعدة (5 - 30 Km أو أكثر)، فإنه يمكن استخدام نقاط نفاذ لاسلكية أخرى. على سبيل المثال نقاط النفاذ اللاسلكية Artem ComPoint طراز W2002/W3040 من إنتاج شركة Funkwerk ، تُمكن من إنشاء وتفعيل وصلة لاسلكية باستخدام نقطتي نفاذ لاسلكيتين متوافقتين مع معيار IEEE 802.11 وتعملان بنمط جسر لاسلكي (BR) بطول يصل حتى 12 Km بشكل مباشر، مع استخدام الهوائيات الخارجية الموجهة المناسبة ومراعاة الشروط الواردة في الفقرات السابقة.

ومن جهة أخرى، يمكن الاستفادة من تكنولوجيا تجهيزات الشبكات اللاسلكية المحلية وبشكل خاص نقاط النفاذ اللاسلكية APs والتجهيزات الملحقة بها في تحقيق وصلات لاسلكية موجهة بطول يصل إلى عشرات الكيلومترات، نظراً لصغر حجمها وتكلفتها القليلة وسهولة التنصيب والإعداد والخدمات الكبيرة التي يمكن أن تقدمها. ولكن لتحقيق ذلك لا بد من إدخال تجهيزات إضافية أخرى وبشكل خاص أجهزة تحويل ترددي لنقل مجال العمل الترددي من الحزمة 2.4 GHz إلى حزمة ترددية أدنى تتناسب مع تحقيق أطوال الوصلات المطلوبة (مع مراعاة أيضاً الهوائيات المناسبة لذلك).

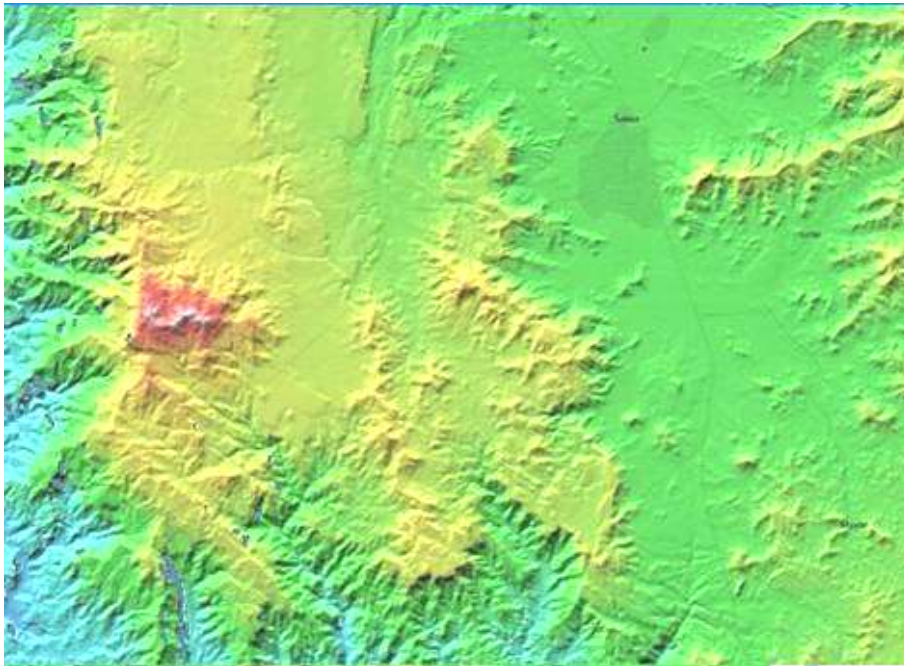
10. استخدام برنامج Radio Mobile

يساعد برنامج Radio Mobile في حساب المسارات وتحليلها ومعرفة العوائق الطبوغرافية، كما يمكن تحليل الخرائط الرقمية ودمجها مع صور جوية تؤخذ من Google.

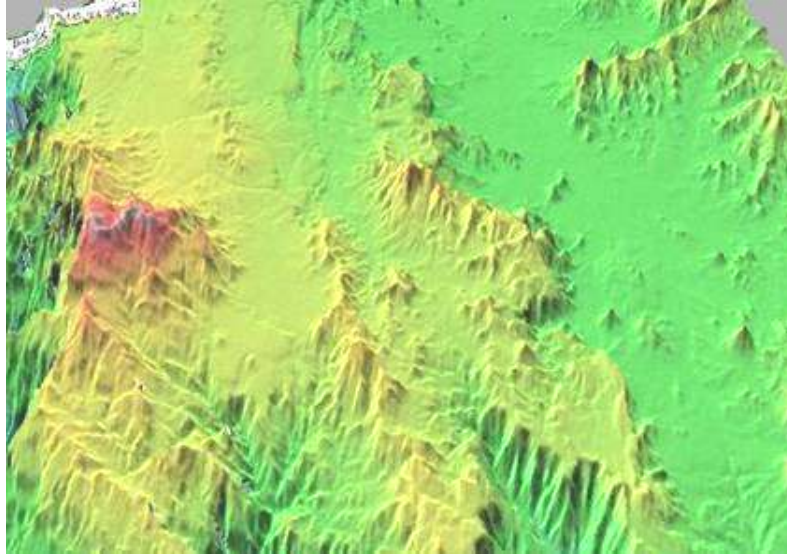
كمثال عملي لاستخدام البرنامج، نبين فيما يلي دراسة ربط منطقتين في الجمهورية اليمنية بمحافظة صنعاء بين مدينة صنعاء وجبل النبي شعيب. بعد تحديد المنطقة الخاضعة للدراسة من خلال إحداثيات الطول والعرض، وتحديد النقطتين المراد ربطهما بوصلة لاسلكية مسافة 28.5 Km.

1.10 تنفيذ الخطوات التالية للدراسة:

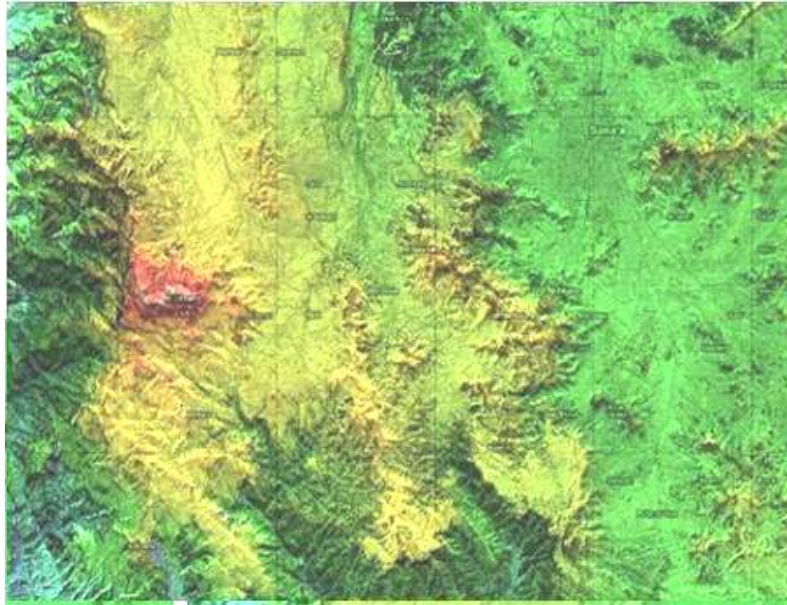
1. تحديد المنطقة المطلوبة للدراسة باستخدام الخرائط العادية وتحديد الإحداثيات، وبعد ذلك تُحتمل معلومات الخرائط الرقمية المطلوبة من موقع وكالة ناسا.
2. بناء الخارطة الرقمية باستخدام برنامج Radio Mobile، كما هو موضح في الشكل (11). كما تم استخدام SRTM، مهمة الرادار الموكي لتوصيف سطح الأرض Shuttle Radar Topology Mission وهو مشروع تقوم به وكالة الفضاء الوطنية الأمريكية (ناسا NASA) يوفر معلومات رقمية مجانية عن تضاريس سطح الأرض. تحتوي هذه المعلومات على نماذج من الارتفاعات التي يقوم الرادار بتجميعها بين كل 30 – 90 m (Garg, 2007) وتم الحصول على معلومات الموقع المحدد للدراسة من الموقع الرسمي لوكالة ناسا ومن ثم إدخالها للبرنامج.
3. تكوين صورة ثلاثية الأبعاد وذلك للمساعدة في إعطاء فكرة عن الموقع والعوائق بغية اختيار مسار خط نظر بين النقطتين المراد الربط بينهما، كما هو مبين في الشكل (12).
4. ربط البرنامج عبر الانترنت لتحميل صورة جوية لنفس موقع الدراسة (من موقع شركة Google و Yahoo). يبين الشكل (13) صورة جوية مطابقة لإحداثيات الصورة الرقمية.
5. إدخال بارامترات APs والهوائيات المستخدمة في بناء الوصلة وكذلك تردد العمل مع تحديد بيانات الموقع المحدد لتوضع المحطتين الأساسيتين، كما هو موضح في الشكل (14).
6. تنفيذ عملية الاتصال بين النقطتين. إذا لم ينجح الاتصال، فهناك خيارين: إما تغيير الهوائيات بأخرى ذات ربح أكبر أو إنشاء نقطة تكرار بين النقطتين.



الشكل (11) بناء الصورة الرقمية للمنطقة المحددة



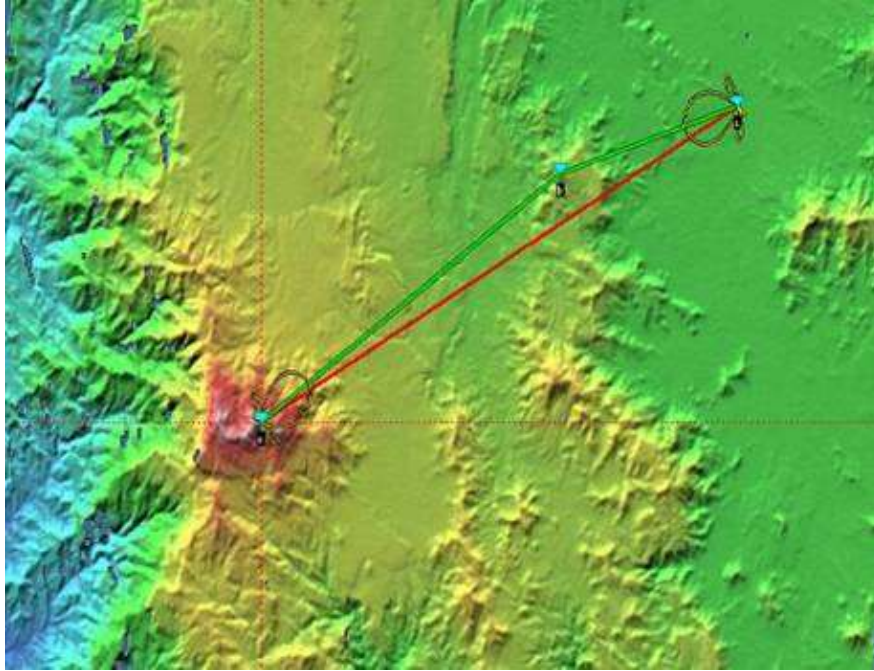
الشكل (12) خريطة ثلاثية الأبعاد للموقع المحدد للدراسة (جبل نقم – مدينة صنعاء)



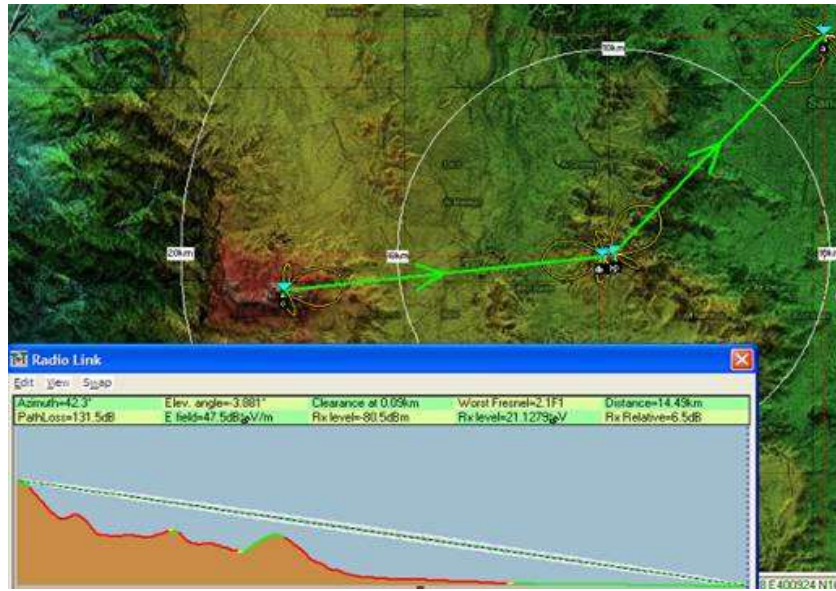
الشكل (13) دمج الخريطة الرقمية مع صورة جوية

عند اختيار نقاط التكرار، يجب التأكد من توافر مكان توضع مناسب من حيث توافر التغذية الكهربائية والتأمين الفيزيائي للنقطة. يوضح الشكل (15) المقترح النهائي لوصول الموقعين مع وجود نقطة تكرار في المكان المناسب مع استخدام هوائيات ذات ربح 15 dBi.

يعطي التصميم السابق فكرة مقارنة للتنفيذ على أرض الواقع، ولكن مع ذلك عند التنفيذ الفعلي يجب الأخذ في الاعتبار بعض العوامل مثل العوائق القريبة من أماكن التموضع (المباني والأشجار).



الشكل (14) تحديد أماكن توضع المحطات ونقطة التكرار



الشكل (15) تأمين الاتصال بين الموقعين المحددين للدراسة باستخدام برنامج

11. العوامل المؤثرة في المسافات البعيدة

هناك بعض العوامل المهمة التي يجب الانتباه لها أثناء إنشاء وصلات المسافات البعيدة بحيث يتم إعدادها بما يتناسب مع الوصلة اللاسلكية، أهمها:

1. تحدد مواصفات معايير 802.11 نوافذ نفاذ الوقت *time-out windows*: PCF, DIFS, SIFS... هذه النوافذ تعلم جهاز الإرسال بالفترة الزمنية التي يجب أن ينتظر خلالها الحصول على إشعار الاستلام ACK، قبل اتخاذ قرار ضياع الحزمة المرسل (Stallings, 2014). وهذا ما يتم ملاحظته عند حدوث ضياعات كبيرة للحزم على الرغم من وجود إشارة قوية.
2. في وصلات المسافات الطويلة، قد يتسبب زمن انتشار الإشارة الطويل إلى نفاذ وقت الانتظار وإلى تدنٍ في الأداء تبعاً لمواصفات التجهيزات المستخدمة، فإن هذه المشاكل قد تظهر عند مسافة تبلغ $2Km$ - فقط أو ربما تصل حتى $100Km$ ، وبالتالي يجب أخذ هذه التأثيرات بالاعتبار.
3. إذا احتوت الشبكة اللاسلكية على عددٍ محدودٍ من الزبائن ضمن مجال رؤية متوفرة، فإنه من الأفضل عدم تفعيل ميزة RTS/CTS. إن استخدام ميزة RTS/CTS في هذه الحالة سيزيد من الحمل الزائد على الشبكة بسبب إرسال إطارات RTS/CTS ويقال من استطاعة الشبكة الكلية.
4. يتضمن معيار IEEE 802.11 ميزة إضافية تتيح لبطاقات الشبكة ونقاط النفاذ اللاسلكية إمكانية تقسيم إطارات البيانات إلى أجزاء أصغر (Fragmentation) لتحسين أداء الشبكة عند وجود تشويشٍ أو مناطق ذات تغطيةٍ رديئةٍ -Ming (Chieh et al., 2007).
5. يؤدي إرسال إطارات أصغر حجماً إلى التقليل من مخاطر التصادم مع الإطارات الأخرى، مما يؤدي بدوره إلى زيادة اعتمادية إرسال الإطارات (إلا أن الحمل الإضافي سيزداد). يمكن للمستخدم أن يتحكم بقيمة التجزئة، كما هو موضح في الشكل (16) والتي تتراوح عادةً بين 2346 - 256 bytes.
6. تعمل ميزة التجزئة عندما تحاول نقطة النفاذ اللاسلكية أو بطاقة الشبكة اللاسلكية إرسال إطار يتجاوز حجمه قيمة التجزئة المحددة (Stallings, 2014). يتوجب بدايةً (كما في حالة ميزة RTS/CTS) اختبار الشبكة، فإذا كانت نسبة التصادمات عاليةً، يجب تغيير قيمة التجزئة المستخدمة. إذا لم تتجاوز نسبة التصادمات 5%، فإنه ينصح بعدم استخدام ميزة التجزئة لأن الحمل الإضافي الناتج عن تقسيم الإطارات سيتجاوز الحمل الناتج عن وجود هذه التصادمات (لأنها بالأساس قليلةً جداً) (Cox, 2009).



الشكل (16) التحكم بتجزئة المعطيات و الـ RTS لنقطة النفاذ المستخدمة

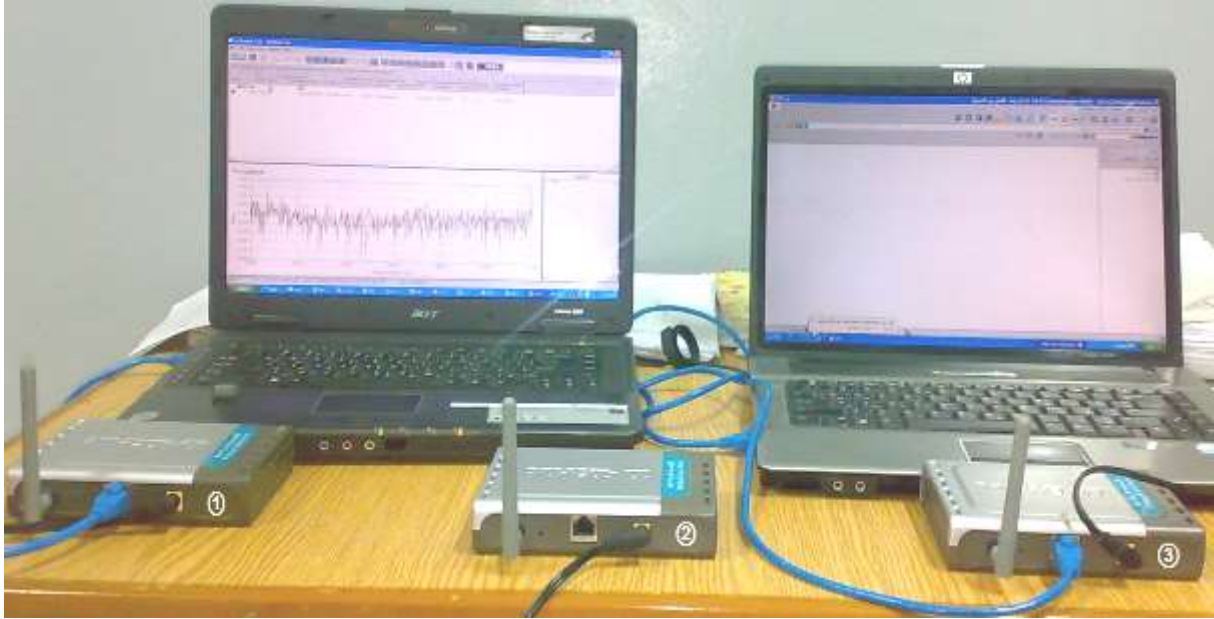
12. دراسة التكرار في الوصلات اللاسلكية

إن التجهيزات التي تم استخدامها لا تدعم التكرار في النمط الجسري. وبالتالي يتم اللجوء بدلاً عن ذلك إلى توصيل الشبكة بطريقة الشبكة المعشقة (تعشيق جزئي)، حيث يتم إدخال العنوان الفيزيائي لكل من نقطتي النفاذ اللاسلكيتين إلى نقطة النفاذ اللاسلكية الوسيطة بين نقطتي الشبكة. يوضح الشكل (17) عملية إدخال هذه العناوين.



الشكل (17) إدخال عناوين MAC لنقاط النفاذ اللاسلكية البعيدة

فيما يلي دراسة اختبار تأثير مثل هذا التوصيل على معدل نقل المعطيات. حيث تم توصيل ثلاثة نقاط نفاذ لاسلكية (نقطتي نفاذ لاسلكيتين عبر نقطة نفاذ لاسلكية وسيطة) في المختبر. يتم توصيل نقطة النفاذ اللاسلكية الأولى عبر منفذ الإيثرنت إلى جهاز الحاسوب الأول ونقطة النفاذ اللاسلكية وسيطة تصل كلاً من AP الأولى و AP الثالثة لاسلكياً. توصل نقطة النفاذ اللاسلكية الثالثة عبر منفذ الإيثرنت إلى جهاز الحاسوب الثاني، كما هو موضح في الشكل (18).



الشكل (18) التوصيل بين نقطتي APs من خلال AP وسيطة في المختبر

تم استخدام معيار IEEE 802.11g في هذه الشبكة ومعدل نقل المعطيات المثالي 54 Mbps. باستخدام برامج حساب معدل نقل المعطيات الأعظمي لهذه الشبكة، تبيّن أن هذا المعدل ينخفض بمعدل 50%، وزمن الاستجابة زاد بنفس النسبة بالمقارنة مع اتصال مباشر بين APs.

13 نتائج حساب معدل النقل

يبين الجدول (6) نتائج حساب معدل نقل المعطيات الأعظمي في كلتا الحالتين. لتلافي هذا التأثير يجب الاعتماد قدر الإمكان على زيادة ربح الهوائيات.

الجدول (6) مقارنة بين معدل النقل وزمن الاستجابة عند استخدام نقطة عبور وسيطة

conne.	Throughput(Mbps)	Response Time (sec)
2AP	21.713	0.036
3AP	11.052	0.072

14. الاستنتاج

1. من خلال هذه الدراسة تم إعطاء نموذج عملي لدراسة وبناء الشبكات اللاسلكية وبالذات عملية الربط بين مواقع متباعدة باستخدام تجهيزات شبكات WLAN المتوافقة مع معيار Wi-Fi.
2. استخدام النمط الجسري في ربط الشبكات المحلية المتباعدة لاسلكياً، يوفر حماية أمنية إضافية إلى بروتوكولات التشفير وذلك من خلال استخدام الهوائيات الموجهة وصعوبة استكشاف الشبكات العاملة بهذا النمط.
3. عامل المسافة له تأثير سلبي كبير على معدلات النقل الأعظمية، لذا يتوجب اختيار معيار نقل مناسب للوصلة اللاسلكية، إن اختيار معدلات نقل عالية قد يؤثر بشكل سلبي على الوصلة اللاسلكية.
4. استخدام نقاط نفاذ لاسلكية وبسيطة في الوصلات المتباعدة يؤدي إلى انخفاض كبير في معدلات النقل الفعلية للمعطيات، تبيّن أن هذا المعدل ينخفض بمعدل 50%، وزمن الاستجابة زاد بنفس النسبة (تأخير) بالمقارنة مع اتصال مباشر بين APs. لتلافي هذا التأثير يجب الاعتماد قدر الإمكان على زيادة ربح الهوائيات.

15. المقترحات

- يقترح الباحث إعادة الدراسة مع نقاط نفاذ لاسلكية ضمن المعايير الصادرة مؤخراً والتي تستخدم تقنية MIMO و MU-MIMO . و دراسة تأثير وجود أكثر من نقطة نفاذ ضمن شبكات أخرى مجاورة.

المراجع

- Osama, A., Porat, R. and Asterjadhi, A. (2014), "High Efficiency (HE) Wireless LAN Task Group", IEEE P802.11 Wireless LANs: 802.11 HEW SG proposed PAR," IEEE 802.11-14/0165r1, Retrieved from: <https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/14/11-14-0165-01-0hew-802-11-hew-sg-proposed-par.docx>.
- Stallings, W. (2001), IEEE 802.11: moving closer to practical wireless LANs. *IT Professional*. 3 (3), pp. 17- 23.
- IEEE 802.11 Working Group. (2016). Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Enhancements for high efficiency WLAN, IEEE P802.11ax, Draft1.0
- Stallings, W. (2014). *Data and Computer Communications*. 10th Edition, Upper Saddle River, NJ : Pearson Education.
- Cox, J. (2009), Timeline: 802.11n development milestonesSeptember. *NetworkWorld*. Retrived from: <https://www.networkworld.com/article/2248810/timeline--802-11n-development-milestones.html>
- Vasudevan, S. (2005). A Simulator for analyzing the throughput of IEEE 802.11b Wireless LAN Systems. Retrieved from: <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/31054>
- Garg, V. (2007), *Wireless Communications & Networking*. The Morgan Kaufmann series in networking. Elsevier Morgan Kaufmann.
- Ming-Chieh W., Bruce, H., Ming, Y. and Simon, F. (2007). A Comparison of Wi-Fi & WIMAX with case studies-2007. (Master thesis). Department of Electrical and Computer Engineering. Florida State University