أجهزة البنية التحتية

الأهداف التعليمية:

- التعرف على العقد الشبكية المستخدمة في الشبكات اللاسلكية المحلية وكيفية عملها وفهم كيفية تحقيق الاتصال من خلالها.
- الإلمام بأنواع الهوائيات والهدف من استخدام كل منها واكتساب القدرة على تحديد النوع الأمثل تبعاً للتطبيق.
- اكتساب المعرفة النظرية اللازمة بالأنظمة BYOD وكيفية تنفيذها عملياً.
- فهم الهدف من أنظمة أنترنت الأشياء وتطبيقاتها.

قائمة المصطلحات

Access Point	نقطة الوصول
half-duplex	اتصال نصف مزدوج
Root mode	نمط الجذر
Repeater mode	نمط المكرر
Bridge mode	نمط الجسر
Roaming	التجوال
re-association	إعادة الربط
upstream link	وصلة معطيات صاعدة
Throughput	الإنتاجية
antenna diversity	التنوع في الهوائيات
multipath	تعدد المسارات
Reciprocity	التناظر
radiation pattern	مخطط الإشعاع
waveguides	دلائل الموجة
coaxial cables	كوابل محورية
shield	الشيلد
skin effect	تأثير القشرة

١- العقد الشبكية في WLAN:

تغطي هذه الفقرة الفئات المختلفة لتجهيزات البنية التحتية للشبكات اللاسلكية والاختلافات فيما بين التجهيزات التابعة لنفس الفئة، فمن خلال دراسة هذه الفقرة فقط يجب أن تصبح قادراً على التنفيذ الفعلي للشبكات المحلية اللاسلكية من خلال إدراك جميع الأنواع المختلفة لأجهزة LAN اللاسلكية المتاحة لديك عندما تبدأ في إنشاء شبكة لاسلكية أو إضافتها إليها، تعتبر هذه التجهيزات الركائز المادية الأساسية لأي شبكة LAN لاسلكية.

بشكل عام ستتم تغطية كل من أنواع الأجهزة في هذه الفقرة وفقًا لما يلي:

- تعريف ودور الأجهزة على الشبكة
- الخيارات الشائعة التي قد يتم تضمينها مع الجهاز
- كيفية تثبيت الأجهزة وإعدادها

الهدف من هذه الفقرة هو جعلك على دراية بجميع أنواع الأجهزة المتوفرة للعديد من تكوينات شبكة LAN اللاسلكية المتنوعة.

١-١- نقاط الوصول Access Point:

تأتي نقطة الوصول أو "AP" في المرتبة الثانية بعد بطاقة الكمبيوتر الشخصي اللاسلكية الأساسية، فهي من أكثر أجهزة LAN اللاسلكية شيوعًا، وكما يوحي اسمها توفر نقطة الوصول للمستخدمين إمكانية الوصول إلى الشبكة للمستخدمين، وهي جهاز يؤمن اتصال نصف مزدوج half-duplex بطريقة تكافئ مبدلة إيثرنت المتطورة. يوضح الشكل (٢-١) مثالاً لنقطة وصول ويوضح الشكل (٢-٢) مكان استخدام نقطة وصول على شبكة LAN لاسلكية.

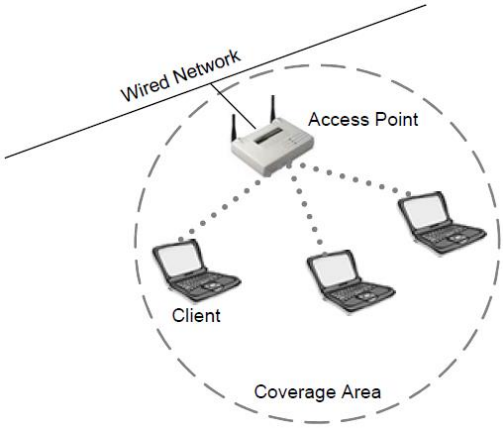
الشكل (٢-١): نقطة وصول بسيطة.

١-١-١- أنماط نقطة الوصول:

تقوم نقاط الوصول بتأمين الاتصال ما بين المستخدمين اللاسلكيين والشبكة السلكية ونقاط الوصول الأخرى، لتحقيق ذلك يوجد ثلاثة أنماط يمكن من خلالها إعداد نقطة وصول:

- نمط الجذر Root mode.
- نمط المكرر Repeater mode.
- نمط الجسر Bridge mode.

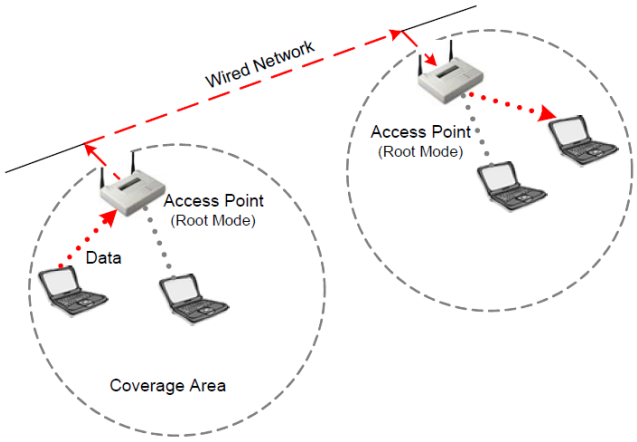
سيتم شرح كل من هذه الأنماط.



الشكل (٢-٢): شبكة LAN لاسلكية باستخدام نقطة الوصول.

١-١-١-١- نمط الجذر:

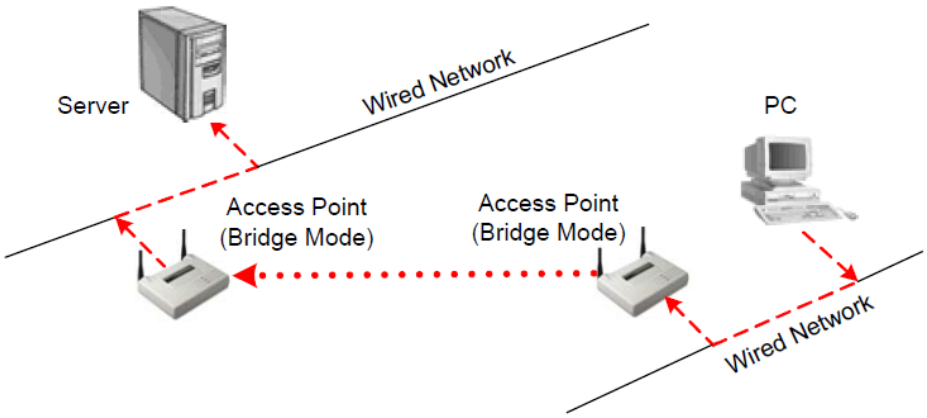
يُستخدم وضع الجذر عندما تكون نقطة الوصول متصلة بشبكة سلكية من خلال المنفذ السلكي المزودة به (عادة إيثرنت)، يتم إعداد معظم نقاط الوصول التي تدعم أوضاعًا بخلاف وضع الجذر ضمن وضع الجذر افتراضيًا، عند توصيل نقطة وصول بالمقطع السلكي عبر منفذ Ethernet الخاص بها يتم عادةً إعدادها ضمن وضع الجذر. عندما تكون نقطة الوصول في وضع الجذر يمكن لنقاط الوصول المتصلة بنفس نظام التوزيع السلكي التحدث مع بعضها البعض عبر المقطع السلكي، وتتخاطب نقاط الوصول مع بعضها البعض لتنسيق وظائف التجوال roaming كما في وظيفة إعادة الربط re-association. يمكن للمستخدمين اللاسلكيين التواصل مع المستخدمين اللاسلكيين الآخرين الموجودين في خلايا مختلفة من خلال نقاط الوصول الخاصة بهم عبر المقطع السلكي كما هو موضح في الشكل (٢-٣).



الشكل (٢-٣): نقاط الوصول ضمن نمط الجذر.

١-١-١-٢- نمط الجسر:

ضمن نمط الجسر تتصرف نقاط الوصول تماماً وكأنها جسر لاسلكي. لا تحتوي معظم نقاط الوصول على هذه الميزة كونها تسبب ارتفاع في سعر نقطة الوصول بشكل عام، يمكنك أن تلاحظ من الشكل (٢-٤) بأنه لا يسمح للمستخدمين بالاتصال المباشر مع الجسر اللاسلكي، فالجسور تستخدم فقط لتحقيق الوصل بين مقطعين سلكيين بشكل لاسلكي.

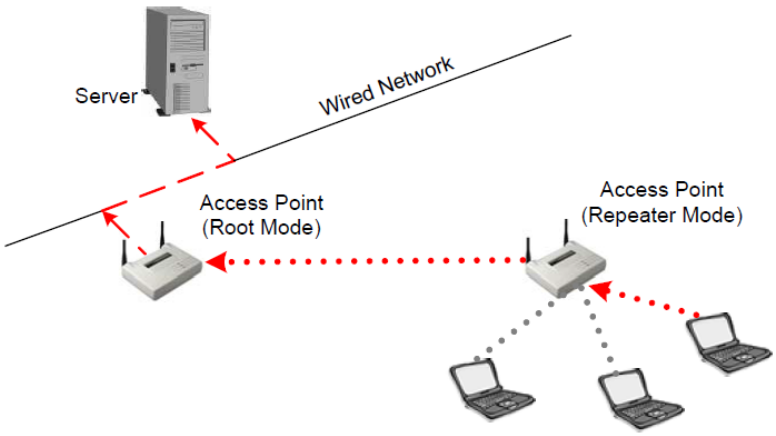


الشكل (٢-٤): نقاط الوصول ضمن نمط الجسر.

١-١-١-٣- نمط المكرر:

ضمن نمط المكرر تمتلك نقاط الوصول القدرة على تأمين وصلة صاعدة upstream link لاسلكية باتجاه شبكة سلكية كبديل عن الاتصال السلكي. كما هو واضح في الشكل (٢-٥) تستخدم احدى نقاط الوصول ضمن نمط الجذر وتستخدم الأخرى ضمن نمط المكرر، ترتبط نقطة الوصول التي تعمل ضمن نمط المكرر مع المستخدمين وتعمل كنقطة وصول عادية وفي نفس الوقت ترتبط مع نقطة الوصول التي تعمل ضمن نمط الجذر بوصلة معطيات صاعدة وتكون بمثابة مشترك لها. لا ينصح باستخدام نقطة الوصول بهذا النمط كون الخلايا المحيطة بكل نقطة وصول يجب أن تتداخل على الأقل بنسبة 50%، وهو ما يسبب انخفاض مدى الاتصال لدى المستخدمين. بالإضافة

إلى ما سبق، تقوم نقطة الوصل التي تعمل بنمط المكرر باتصالين في آن واحد: الاتصال مع المشتركين والاتصال مع نقطة الوصول التي تعمل بنمط الجذر، وكلاً من الاتصالين هو اتصال لاسلكي مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية throughput ضمن الوسط اللاسلكي، أي أنه سيعاني المشتركين المرتبطين بنقطة الوصول التي تعمل بنمط المكرر من انخفاض الإنتاجية وارتفاع التأخيرات الزمنية. يجب الانتباه إلى أنه من الإجراءات العملية الهامة أن يتم تعطيل منفذ إيثرنت السلكي ضمن نقطة الوصول عند وضعها ضمن نمط المكرر.



الشكل (٢-٥): نقاط الوصول ضمن نمط المكرر.

١-٢- الخيارات العامة:

تعتبر نقطة الوصول بمثابة بوابة كونها تؤمن الوصل ما بين شبكة 802.11 وشبكات 802.2 أو 802.3، وبالتالي تم تصنيع نقاط الوصول بالعديد من الخيارات سواء بالكيان الصلب أم بالكيان اللين، فيما يلي أشهر هذه الخيارات:

- هوائيات ثابتة أو هوائيات قابلة للتغيير.
- قدرات ترشيح متقدمة
- بطاقات راديوية قابلة للإزالة
- استطاعة خرج قابلة للتغيير.
- أنماط متعددة للوصل السلكي.

١-٢-١- هوائيات ثابتة أو قابلة للتغيير

تبعاً لاحتياجات المشتركين واحتياجات المؤسسة التي يتم تنصيب الشبكة اللاسلكية ضمنها، نحتاج إلى أن نقرر بين استخدام نقطة وصول بهوائيات ثابتة (بمعنى غير قابلة للإزالة) أو هوائيات قابلة للفصل، تتيح نقطة الوصول المزودة بهوائيات قابلة للفصل القدرة على توصيل هوائي مختلف بنقطة الوصول باستخدام طول للكبل يتناسب مع متطلبات العمل، فمثلاً عند الحاجة إلى تركيب نقطة الوصول في الداخل ومنح المستخدمين الخارجيين الوصول إلى الشبكة يجب توصيل كبل وهوائي خارجي مباشرة بنقطة الوصول وتركيب الهوائي بالخارج فقط.

تتيح معظم نقاط الوصول التنوع في الهوائيات antenna diversity، أي استخدام أكثر من هوائي على مدخل مستقبل راديوي واحد بهدف الحصول على عينات الإشارات التي تأتي من خلال كل هوائي، وبالتالي تستطيع نقطة الوصول استخدام الهوائي الذي يتيح الإشارة الأفضل حيث من الممكن أن تختلف إشارتي الهوائيين بالجودة بسبب ظاهرة تعدد المسارات multipath.

١-٢-٢- قدرات ترشيح متقدمة

من الممكن أن تتيح نقطة الوصول إمكانية الترشيح على مستوى البروتوكول أو على مستوى العنوان الفيزيائي MAC، حيث يستخدم الترشيح عملياً بهدف التخلص قدر الإمكان من الدخلاء على الشبكة اللاسلكية، فمن الإجراءات الأمنية الأساسية أن يتم إعداد نقطة الوصول بحيث تمنع دخول أي جهاز أو طرفية عنوانها الفيزيائي غير وارد ضمن قائمة ترشيح العناوين MAC التي يتم التحكم بها من قبل مدير الشبكة.

يتيح ترشيح البروتوكولات لمدير الشبكة اختيار البروتوكولات التي يسمح باستخدامها ضمن الشبكة اللاسلكية، فمثلاً يمكن لمدير الشبكة أن يسمح فقط بالبروتوكول http وبالتالي لا يمكن للمستخدمين في هذه الحالة سوى تصفح الأنترنت واستخدام البريد الإلكتروني المرتكز على الويب، وهو إجراء غالباً ما يتم تفعيله ضمن الشبكات العامة كما في شبكات الجامعات والمشافي وغيرها.

١-٢-٣- بطاقات راديوية قابلة للإزالة

يسمح بعض مصنعي نقاط الوصول بإضافة أو إزالة البطاقات الراديوية من خلال وجود أكثر من مسرى PCMCIA ضمن نقطة الوصول، حيث يتيح معظم المصنعين مسريين PCMCIA ضمن نقطة الوصول بحيث يمكن إضافة بطاقة راديوية تعمل كنقطة وصول وإضافة بطاقة راديوية أخرى لتعمل كجسر، كما يمكن أن يتم استخدام كل بطاقة لتكون نقطة وصول مستقلة، وهو ما يتيح إمكانية تأمين شبكتي LAN للمستخدمين ضمن نفس المنطقة الفيزيائية دون الحاجة إلى شراء نقطة وصول أخرى، وهو ما يخفض من التكاليف. في الحالة التي يتم فيها استخدام بطاقتين راديويتين ضمن نفس المنطقة الفيزيائية يجب الانتباه إلى ضرورة أن تعمل البطاقتين على قناتين غير متداخلتين كالقناة رقم ١ والقناة رقم ١١ مثلاً.

١-٢-٤- استطاعة خرج قابلة للتغيير

تتيح ميزة استطاعة الخرج القابلة للتغيير لمدير الشبكة اختيار قيمة استطاعة خرج نقطة الوصول (بالقيمة ميلي واط) التي يتم استخدامها لإرسال المعطيات، وهو الأمر الذي يصبح ضرورياً في بعض الحالات التي لا يستطيع فيها المستخدم البعيد التقاط نقطة الوصول والارتباط بالشبكة، كما أن هذه الميزة تتيح لمدير الشبكة التحكم بحجم منطقة التغطية الخاصة بنقطة الوصول، فكلما كانت استطاعة الخرج أعلى كلما استطاع المستخدمين الانتقال إلى مسافات أبعد عن نقطة الوصول دون خسارة الاتصال بها، أيضاً يتم استخدام هذه الميزة بحيث يتم تحديد حجم منطقة التغطية

الخاصة بنقطة الوصول بحيث لا تتجاوز حدود منطقة العمل المطلوبة وبالتالي تضمن عدم وجود دخلاء إلى الشبكة من خارج المنطقة المطلوبة.

الحالة الأخرى لنقطة الوصول هي أن تكون باستطاعة خرج ثابتة غير قابلة للتغيير، في هذه الحالة يقع على عاتق مدير الشبكة استخدام مجموعة من الطرفيات لحل المشكلات التي تم ذكرها سابقاً، كالمكبرات والهوائيات عالية الربح لزيادة حجم منطقة التغطية والمخمدات لتقليص حجم منطقة التغطية. يجب الانتباه عند القيام بعمليات ضبط استطاعة الخرج سواء من خلال ميزة التحكم بالاستطاعة أو من خلال استخدام المكبرات والهوائيات ذات الربح العالي أو المخدمات إلى عدم تجاوز القيود التي تفرضها FCC على الاستطاعة.

١-٢-٥- أنماط متعددة للوصل السلكي

من الخيارات التي تأتي مع نقاط الوصول بما يتعلق بإمكانية الربط كل من الوصل 10BaseTx و10/100BaseTx و100BaseTx و100BaseFx وشبكات token الحلقية وغيرها. من المهم جداً أن يقوم مدير الشبكة اللاسلكية بتحديد طريقة الوصل مع الشبكة السلكية ليتمكن مستخدمي الشبكة اللاسلكية من الوصول الصحيح إلى الشبكة السلكية وعادة ما يكون هذا الوصول هو الغرض الأساسي من بناء الشبكة اللاسلكية. بفرض أننا نرغب باستخدام نقطة وصول ضمن مؤسسة ما لوصل مستخدمين إلى شبكة سلكية مع إعطاء ميزة التنقل أثناء الاتصال لهم، وبفرض أنه تم وضع نقطة الوصول على بعد ١٥٠ متر عن أقرب منفذ للشبكة السلكية لضرورات الوصل اللاسلكي، في هذه الحالة لا يمكن استخدام كبل إيثرنت من الفئة Cat5 إذ أنه لا يتيح الوصل لمثل هذه المسافة (الوصل الأعظمي 100m للكوابل من الفئة Cat5)، في هذه الحالة يجب على مدير الشبكة استخدام نقطة وصول مع منفذ من نوع 100BaseFx الذي يتيح الوصل باستخدام كبل ضوئي لتحقيق مثل هذه المسافة.

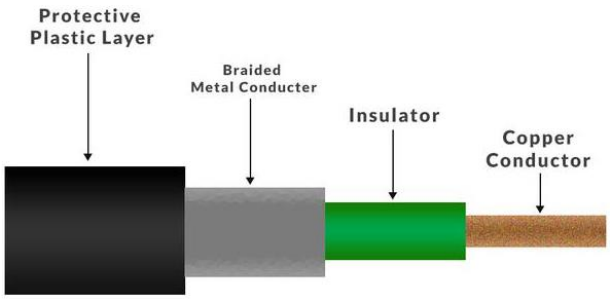
٢- الهوائيات وملحقاتها

تعتبر الهوائيات مكونًا مهمًا جدًا لأنظمة الاتصالات، بالتعريف الهوائي هو جهاز يستخدم لتحويل الإشارة الراديوية المنتقلة على موصل إلى موجة كهرومغناطيسية في الفضاء الحر، تُظهر الهوائيات خاصية تُعرف باسم التناظر reciprocity مما يعني أن الهوائي سيحتفظ بنفس الخصائص بغض النظر عما إذا كان يرسل أو يستقبل، معظم الهوائيات عبارة عن أجهزة طنين تعمل بكفاءة عبر عرض حزمة ترددية ضيقة نسبيًا، يجب ضبط الهوائي على نفس الحزمة الترددية الخاصة بنظام الراديو المتصل به وإلا سيتعطل الاستقبال والإرسال، عندما يتم تغذية إشارة في الهوائي فإن الهوائي سيبعث إشعاعًا موزعًا في الفضاء بطريقة معينة، يسمى التمثيل البياني للتوزيع النسبي للطاقة المشعة في الفضاء بمصطلح مخطط الإشعاع radiation pattern.

عادة ما يتم وضع جهاز الإرسال الذي يولد الاستطاعة الراديوية المقدمة إلى الهوائي على مسافة معينة من طرف الهوائي، ويطلق على الوصلة التي تربط ما بين الهوائي والمرسل مصطلح خط النقل، وهو عبارة عن نظام يقوم بنقل الاستطاعة الراديوية من مكان إلى آخر بأعلى فاعلية ممكنة. من جهة المستقبل يكون الهوائي مسؤولاً عن التقاط أي إشارات لاسلكية في الهواء وتمريرها إلى جهاز الاستقبال بأقل قدر من التشويه بما يتيح أعلى إمكانية لفك ترميز الإشارة المستقبلة، لهذه الأسباب يلعب الكابل الراديوي دورًا هاماً جدًا في الأنظمة الراديوية، حيث يجب أن يحافظ على سلامة الإشارات في كلا الاتجاهين. يمكن التمييز بين فئتين رئيسيتين لخطوط النقل، الكوابل ودلائل الموجة waveguides، ويعمل كلا النوعين بشكل فعال لنقل الاستطاعة الراديوية على مختلف الترددات المستخدمة ضمن الشبكات اللاسلكية.

٢-١- الكوابل:

غالباً ما تكون الكوابل الراديوية (التي تعمل في الترددات التي هي أعلى من الحزمة HF) كوابل محورية coaxial cables يطلق عليها اختصاراً المصطلح Coax المشتق من الكلمات common axis ويعني باللغة العربية ذات المحور المشترك، تحتوي الكوابل المحورية كما هو واضح في الشكل (٢-٦) على سلك ناقل مركزي محاط بمادة غير ناقلة تدعى العازل ومن ثم يُحاط العازل الكهربائي بغطاء شامل (يدعى الشيلد shield) غالبًا ما يكون مصنوعًا من أسلاك مضفورة، حيث يمنع العازل الكهربائي وجود اتصال كهربائي بين القلب والغطاء، أخيرًا تتم حماية الكابل بغلاف خارجي مصنوع بشكل عام من مادة PVC. يحمل الناقل المركزي الإشارة الراديوية ويمنعها الشيلد من الإشعاع إلى الغلاف الجوي كما يمنع الإشارات الخارجية من التداخل مع الإشارة التي يحملها الناقل المركزي، من المهم أيضاً الانتباه إلى أن الإشارة الكهربائية عالية التردد تنتقل دائمًا على طول الطبقة الخارجية للناقل، فكلما زاد حجم الناقل المركزي تتدفق الإشارة بشكل أفضل، وهذا ما يسمى بتأثير القشرة skin effect.



الشكل (٢-٦): الكابل المحوري.

بالرغم من أن البنية المحورية جيدة في احتواء الإشارة ضمن الناقل المركزي، إلا أن هناك بعض المقاومة للتدفق الكهربائي إذ تتناقص استطاعة الإشارة أثناء انتقالها على طول الناقل، ويُعرف هذا التناقص بالتخميد ويقاس بالنسبة لخطوط النقل بالواحدة ديسيبل بكل متر (dB/m). يتبع معدل التخميد لتردد الإشارة والتركيب الفيزيائي للكابل نفسه،

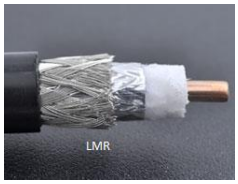
فكلما ازداد تردد الإشارة ازداد تخميدها، من الواضح أننا بحاجة إلى تقليل تخميد الكابل قدر الإمكان من خلال إبقاء الكابل قصيرًا جدًا واستخدام كوابل عالية الجودة. فيما يلي بعض النقاط التي يجب مراعاتها عند اختيار كابل لاستخدامه مع الأجهزة اللاسلكية:

- كلما كان الكابل أقصر كلما كان أفضل: القاعدة الأولى عند استخدام قطعة من الكابل هي محاولة إبقائها قصيرة قدر الإمكان، إذ أن فقدان الاستطاعة ليس خطيًا، لذا فإن مضاعفة طول الكابل يعني أنك ستفقد أكثر من ضعف الاستطاعة، وبالمقابل فإن تقليل طول الكابل بمقدار النصف يتيح أكثر من ضعف استطاعة الهوائي، الحل الأفضل هو وضع جهاز الإرسال في أقرب مكان ممكن من الهوائي حتى عند الاطرار لوضعه على برج.
- الأرخص هو الأسوأ، القاعدة الذهبية الثانية هي أن أي أموال تستثمرها في شراء كابل عالي الجودة تعتبر صفقة رابحة، تهدف الكوابل الرخيصة إلى استخدامها بترددات منخفضة كما في الكوابل المخصصة للحزمة VHF. تتطلب الأجهزة اللاسلكية أعلى جودة ممكنة من الكوابل، جميع الخيارات الأخرى تسبب تخميد في الاستطاعة.
- تجنب دائمًا النوعية RG-58، فهو مخصص لشبكات Ethernet أو VHF وليس للشبكات اللاسلكية.

- تجنب دائمًا النوعية RG-213، فهو مخصص للحزمة HF، وفي هذه الحالة لا يشير قطر الكابل إلى جودة عالية أو تخميد منخفض.

- في حال وجود الإمكانية استخدم الكوابل Heliax (وتسمى أيضًا Foam) لتوصيل جهاز الإرسال بالهوائي، وعند عدم توفر Heliax استخدم أفضل كابل LMR يمكنك العثور عليه. تحتوي كوابل Heliax على ناقل مركزي صلب أو أنبوبي مع ناقل خارجي صلب مموج لتمكينها من الانثناء، يمكن بناء Heliax بطريقتين: باستخدام الهواء أو الرغوة كعزل كهربائي، تعتبر Heliax التي تستخدم الهواء للعزل هي الأغلى ثمناً وتضمن الحد الأدنى من التخميد إلا أنه من الصعب جدًا التعامل معها، تعتبر كوابل Heliax التي تستخدم الرغوة للعزل أكثر تخميداً قليلاً إلا أنها أقل تكلفة وأسهل في التركيب، يتطلب لحام الموصلات إجراءات

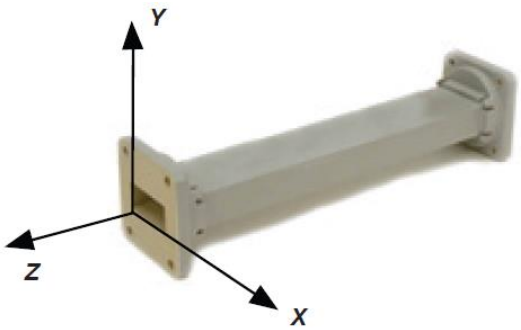
خاصة من أجل الحفاظ على عازل الرغوة جافًا وغير تالف، LMR هي علامة تجارية لكوابل coax متوفرة بأقطار مختلفة تعمل بشكل جيد في الترددات الراديوية، يعد LMR-400 وLMR-600 بديلاً شائعًا عن الكوابل Heliax.



- في حال كان متاحاً، استخدم الكوابل التي تم ثنيها مسبقًا واختبارها في مخبر مناسب، يعد تثبيت الموصلات بالكابل عملاً صعبًا، ويصعب القيام به بشكل صحيح حتى باستخدام الأدوات المناسبة، ما لم يكن لديك وصول إلى المعدات التي يمكنها التحقق من الكابل الذي تصنعه بنفسك (مثل محلل الطيف ومولد الإشارة أو مقياس انعكاس في المجال الزمني) فقد يكون من الصعب اكتشاف أخطاء الشبكة التي تستخدم كابل محلي الصنع.
- لا تسيء استخدام خط النقل الخاص بك، لا تخطو فوق الكبل مطلقًا أو تثنيه كثيرًا أو تحاول فصل موصل عن طريق سحب الكابل مباشرةً، قد تؤدي كل هذه السلوكيات إلى تغيير الخصائص الميكانيكية للكابل وبالتالي ممانعته أو إلى قصر الموصل الداخلي مع الشيلد أو حتى كسر الخط، يصعب تتبع هذه المشاكل والتعرف عليها ويمكن أن تؤدي إلى سلوك غير متوقع على الوصلة اللاسلكية.

٢-٢- دلائل الموجة waveguides:

يكون الطول الموجي عند الترددات الأعلى من 2GHz قصيرًا بما يكفي للسماح بنقل عملي وفعال للاستطاعة بوسائل مختلفة، الدليل الموجي هو أنبوب موصل تنتقل من خلاله الطاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية، يعمل الأنبوب كمحدد تحصر الأمواج في فضاء مغلق، يمنع تأثير قفص فاراداي ظهور التأثيرات الكهرومغناطيسية خارج الدليل، تنتشر المجالات الكهرومغناطيسية من خلال الدليل الموجي عن طريق الانعكاسات على الجدران الداخلية، والتي تعتبر موصلات مثالية، تكون شدة الحقول أكبر في المركز على طول البعد X (الشكل (٢-٧))، ويجب أن تقل إلى الصفر عند الجدران النهائية لأن وجود أي حقل موازٍ للجدران على السطح من شأنه أن يتسبب في تدفق تيار غير محدود في موصل مثالي، لا يمكن لأدلة الموجة بالطبع حمل الترددات الراديوية بهذه الطريقة. يمكن رؤية الأبعاد X وY وZ للدليل الموجي المستطيل في الشكل (٢-٧).



الشكل (٢-٧): دليل الموجة.

هناك عدد لا حصر له من الطرق التي يمكن للمجالات الكهربائية والمغناطيسية ترتيب نفسها في دليل موجي للترددات فوق تردد القطع المنخفض، يُطلق على كل تكوين من هذه التكوينات الميدانية مصطلح النمط، يمكن فصل الأنماط إلى مجموعتين عامتين، مجموعة النمط TM (المغناطيسية)ومجموعة النمط TE.

يتم تحديد طريقة الانتشار من خلال أحرف المجموعة متبوعة برقمين، على سبيل المثال TE10 وTM11 وغيرها، يزداد عدد الأنماط الممكنة مع التردد لحجم معين من الدليل، ولا يوجد سوى نمط واحد ممكن يسمى النمط السائد عند أدنى تردد يمكن إرساله، في الدليل المستطيل يكون البعد الحرج X، يجب أن يكون هذا البعد أكثر من ٠.٥ من الطول الموجي عند أدنى تردد ليتم إرساله، من الناحية العملية عادة ما يكون البعد Y مساويًا لنصف X لتجنب إمكانية التشغيل في غير النمط السائد، يمكن استخدام أشكال مقطعية غير المستطيل وأهمها الأنبوب الدائري، تنطبق نفس الاعتبارات كما في الدليل المستطيل، يتم إعطاء أبعاد الطول الموجي للأدلة المستطيلة والدائرية في الجدول (٢-١) حيث X هو عرض دليل مستطيل وr هو نصف قطر الدليل الدائري، تنطبق جميع الأرقام على النمط المهيمن.

الجدول (٢-١): أبعاد دلائل الموجة.

نوع الدليل	المستطيل	الدائري
دليل بطول موجة القطع	2X	3.41r
دليل يؤمن نقل أكبر طول موجة بدون تخميد	1.6X	3.2r
دليل يؤمن نقل أقصر طول موجة قبل أن يصبح النمط التالي ممكناً	1.1X	2.8r

يمكن إدخال الطاقة أو استخراجها من الدليل الموجي عن طريق مجال كهربائي أو مغناطيسي، يحدث نقل الطاقة عادةً من خلال كابل محوري، هناك طريقتان محتملتان للوصل مع الكابل المحوري، وهما استخدام الموصل الداخلي للكابل المحوري، أو من خلال حلقة، يمكن توجيه المجس الذي هو مجرد امتداد قصير للموصل الداخلي للكابل المحوري بحيث يكون موازياً لخطوط القوة الكهربائية، يمكن ترتيب حلقة بحيث تحيط ببعض خطوط القوة

المغناطيسية، تعتمد النقطة التي يتم عندها الحصول على الحد الأقصى من الوصل على طريقة الانتشار في الدليل، يكون الوصل ضمن الحد الأقصى عندما يكون جهاز الوصل في أكثر المجالات كثافة.

إذا تم ترك الدليل الموجي مفتوحًا في أحد طرفيه فسوف يشع الطاقة (أي يمكن استخدامه كهوائي بدلاً من خط نقل)، يمكن تعزيز هذا الإشعاع عن طريق تعديل الدليل الموجي لتشكيل هوائي بوق هرمي، سنرى مثالاً لهوائي الدليل الموجي العملي لشبكة WiFi لاحقًا في هذا الفصل. فيما يلي جدول يبين أحجام خطوط النقل المشتركة المختلفة، اختر أفضل كابل يمكنك تحمله بأقل تخميد ممكن عند التردد الذي تنوي استخدامه للوصلة اللاسلكية الخاصة بك.

الجدول (٢-٢): أبعاد الكوابل.

نوع الكابل	القلب	العازل	الشيلد	الغطاء
RG-58	0.9mm	2.95mm	3.8mm	4.95mm
RG-213	2.26mm	7.24mm	8.64mm	10.29mm
LMR-400	2.74mm	7.24mm	8.13mm	10.29mm
3/8" LDF	3.1mm	8.12mm	9.7mm	11mm

٢-٣- الموصلات والمحولات connectors and adapters:

تسمح الموصلات بتوصيل كابل بكابل آخر أو بأحد مكونات الوصلة الراديوية، هناك مجموعة متنوعة من التركيبات والموصلات المصممة لتلائم أحجام وأنواع مختلفة من الكوابل المحورية، سنصف بعضًا من أكثرها شيوعًا:

- تم تطوير **موصلات BNC** في أواخر الأربعينيات، BNC تعني Bayonet Neill Concelman، حيث سميت على اسم الرجال الذين اخترعوها Paul Neill وCarl Concelman، BNC عبارة عن موصل توصيل/فصل سريع مصغر، وهو يتميز بعروة على الموصل الأنثوي، ويتحقق الوصل بربع دورة فقط من صمولة التوصيل، تعتبر BNC مناسبة بشكل مثالي لإنهاء الكابل المحوري المصغر إلى شبه المصغر (RG-58 إلى RG-179 وRG-316 وما إلى ذلك) ولديها أداء مقبول يصل إلى عدد قليل من GHz، تتواجد بشكل شائع في معدات الاختبار وكوابل 10Base2 المحورية Ethernet.

- تم اختراع **موصلات TNC** أيضًا بواسطة Neill وConcelman، وهي تباين مترابط من BNC، نظرًا للتوصيل البيني الأفضل الذي يوفره الموصل الملولب تعمل موصلات TNC بشكل جيد ضمن الترددات حوالي 12GHz، TNC هي اختصار لـ Threaded Neill Concelman.

- تم تطوير **موصلات النوع N** (مرة أخرى لنيل على الرغم من أنها تُنسب أحيانًا إلى البحرية) خلال الحرب العالمية الثانية، يمكن استخدامها حتى 18GHz، وهي شائعة الاستخدام لتطبيقات الميكروويف، وهي متوفرة لجميع أنواع الكوابل تقريبًا، كل من وصلات القابس/الكبل والقابس/المقبس مقاومة للماء مما يوفر وصل كابل فعال.

- **SMA** هو اختصار لـ SubMiniature النسخة A، وتم تطويره في الستينيات، موصلات SMA هي وحدات دقيقة وشبه مصغرة توفر أداءً كهربائيًا ممتازًا يصل إلى 18GHz، هذه الموصلات عالية الأداء صغيرة الحجم وتتمتع ميكانيكيًا بمتانة فائقة.

- اسم **SMB** مشتق من SubMiniature B، وهو ثاني تصميم صغير، SMB هو نسخة أصغر من SMA مع أداة توصيل إضافية، يوفر إمكانية النطاق العريض حتى 4GHz مع تصميم موصل سريع.

- تم تقديم **موصلات MCX** في الثمانينيات، بينما يستخدم MCX أبعادًا متطابقة للتلامس الداخلي والعازل مثل SMB إلا أن القطر الخارجي للمقبس أصغر بنسبة ٣٠٪ من SMB، وتوفر هذه السلسلة للمصممين خيارات في الحالات التي يكون فيها الوزن والمساحة المادية محدودة، يوفر MCX إمكانية النطاق العريض حتى 6GHz مع تصميم موصل إضافي.

بالإضافة إلى هذه الموصلات القياسية، تستخدم معظم أجهزة WiFi مجموعة متنوعة من الموصلات المسجلة الملكية، غالبًا ما تكون هذه موصلات ميكروية قياسية مع عكس أجزاء الموصل المركزي، غالبًا ما يتم دمج هذه الأجزاء ضمن نظام ميكروي باستخدام وصلة مرور قصيرة تسمى الضفيرة pigtail التي تحول الموصل غير القياسي إلى شيء أكثر قوة ومتوفر بشكل شائع، تتضمن بعض هذه الموصلات ما يلي:

- **RP–TNC**: وهو موصل TNC مع عكس الأجناس، وهي الأكثر شيوعًا في أجهزة Linksys كما في الموصل WRT54G.

- **U.FL** (المعروف أيضًا باسم MHF)، UFL هو موصل حاصل على براءة اختراع من صنع Hirose، في حين أن MHF هو موصل مكافئ ميكانيكيًا، ربما يكون هذا هو أصغر موصل ميكروي يستخدم حاليًا على نطاق واسع، عادةً ما يتم استخدام U.FL/MHF لتوصيل بطاقة راديو mini–PCI بهوائي أو موصل أكبر (مثل N أو TNC).

- **سلسلة MMCX**، والتي تسمى أيضًا MicroMate، هي واحدة من أصغر خطوط الموصلات الراديوية وتم تطويرها في التسعينيات، MMCX هي عبارة عن سلسلة موصلات صغيرة مصغرة مع آلية قفل تسمح بالدوران بزاوية ٣٦٠ درجة مما يتيح المرونة، توجد موصلات MMCX بشكل شائع على بطاقات الراديو PCMCIA كتلك التي تصنعها Senao و Cisco.

- تعد **موصلات MC-Card** أصغر حجمًا وأكثر هشاشة من MMCX، لها موصل خارجي منقسم ينكسر بسهولة بعد عدد قليل من الوصلات البينية، توجد بشكل شائع في منتجات Lucent/Orinoco/Avaya.

المحولات (والتي تسمى أيضًا المحولات المحورية) هي موصلات قصيرة ثنائية الجوانب تُستخدم لربط كبلين أو مكونين لا يمكن توصيلهما مباشرة، يمكن استخدام المحولات لتوصيل الأجهزة أو الكابلات بأنواع مختلفة، على سبيل المثال يمكن استخدام محول لتوصيل موصل SMA بموصل BNC، ويمكن أيضًا استخدام المحولات لتلائم موصلات من نفس النوع معًا ولكن لا يمكن ربطها مباشرة بسبب جنسها.

على سبيل المثال المحول المفيد للغاية هو المحول الذي يمكّن من ضم موصلين من النوع N، مع وجود موصلات مقبس (أنثى) على كلا الجانبين.

اختيار الموصل المناسب:

١- **جنس الموصل:** جميع الموصلات تقريبًا لها جنس محدد جيدًا يتكون إما من رأس (الطرف الذكر) أو مقبس (الطرف الأنثى)، عادةً ما تحتوي الكابلات على موصلات ذكر على كلا الطرفين، بينما تحتوي الأجهزة الراديوية (أي أجهزة الإرسال والهوائيات) على موصلات أنثى، قد تحتوي الأجهزة مثل الروابط الاتجاهية directional couplers وأجهزة قياس خطوط النقل على موصلات ذكر وأنثى، تأكد من أن كل موصل ذكر في نظامك يرتبط بموصل أنثى.

٢- **الأقل هو الأفضل**، حاول تقليل عدد الموصلات والمحولات في الوصلة الراديوية، يتسبب كل موصل في خسارة إضافية (تصل إلى بضعة ديسيبل لكل وصلة تبعاً للموصل).

٣- **اشتر ولا تبني**، كما ذكرنا سابقًا قم بشراء الكابلات التي تم إنهاؤها بالفعل بالموصلات التي تحتاجها كلما أمكن ذلك، موصلات اللحام ليست مهمة سهلة والقيام بهذه المهمة بشكل صحيح يكاد يكون مستحيلًا للموصلات الصغيرة مثل U.FL وMMCX، حتى إنهاء الكابلات "الرغوية" ليس بالمهمة السهلة.

٤- **لا تستخدم BNC مع التردد 2.4GHz أو أعلى**، استخدم موصلات من النوع (N أو SMA أو SMB أو TNC أو غيرها).

٥- الموصلات الميكروية هي أجزاء مصنوعة بدقة ويمكن أن تتلف بسهولة بسبب سوء الاستخدام، كقاعدة عامة يجب عليك تدوير الغلاف الخارجي لربط الموصل وترك باقي الموصل (والكابل) ثابتًا، إذا تم التواء أجزاء أخرى من الموصل أثناء الشد أو الفك فقد يحدث التلف بسهولة.

٦- لا تخطو أبدًا فوق الموصلات أو تسقط الموصلات على الأرض عند فصل الكابلات (يحدث هذا في كثير من الأحيان خاصة عند العمل على صاري فوق سطح).

٧- لا تستخدم أبدًا أدوات غير مخصصة لشد الموصلات، استخدم يديك دائمًا، وعند العمل بالخارج تذكر أن المعادن تتمدد في درجات حرارة عالية وتقلل من حجمها في درجات الحرارة المنخفضة، يمكن أن يتأذى الموصل المشدود جدًا في الصيف أو حتى ينقطع في الشتاء.

٢-٤- تعاريف:

ممانعة الدخل input impedance: من أجل النقل الفعال للاستطاعة يجب أن تكون ممانعة المرسل الراديوي والهوائي وكابل الإرسال الذي يربط بينهما هي نفسها، عادةً ما يتم تصميم أجهزة الإرسال والاستقبال وخطوط النقل الخاصة بها بممانعة ٥٠ أوم، إذا كان للهوائي مقاومة مختلفة عن ٥٠ أوم فهذا يعني أنه يوجد عدم توافق ويلزم وجود دارة موافقة للممانعات، عندما يكون أي من هذه المكونات غير متوافق فإن فعالية النقل ستتأثر.

فقد العودة return loss: وهي طريقة أخرى للتعبير عن عدم التوافق، وهي نسبة لوغاريتمية تقاس بالواحدة dB تقارن الاستطاعة المنعكسة عن الهوائي بالاستطاعة التي يتم تغذيتها في الهوائي من خط النقل، العلاقة بين SWR وفقد العودة هي: Return Loss [in dB] = 20*log10(SWR/(SWR−1)). في حين أن بعض الاستطاعة ستنعكس دائمًا في النظام فإن فقد العودة العالي سيؤدي إلى أداء هوائي غير مقبول.

عرض الحزمة Bandwidth: يشير عرض الحزمة الترددية للهوائي إلى مجال الترددات التي يمكن للهوائي أن يعمل عليها بشكل صحيح، عرض الحزمة الترددية للهوائي هو مجال الترددات الذي تكون فيه قيمة SWR للهوائي أقل من 2:1. يمكن أيضًا وصف عرض الحزمة من حيث النسبة المئوية للتردد المركزي للمجال: Bandwidth = 100*((FH−FL)/Fc). حيث FH أعلى تردد في المجال وFL أدنى تردد وFC التردد المركزي. بهذه الطريقة يكون عرض الحزمة ثابتًا بالنسبة للتردد، إذا تم التعبير عن عرض الحزمة الترددية بوحدات التردد المطلقة فسيكون مختلفًا اعتمادًا على التردد المركزي، أنواع مختلفة من الهوائيات لها قيود عرض حزمة مختلفة.

الاتجاهية Directivity: وهي قدرة الهوائي على تركيز الاستطاعة في اتجاه معين عند الإرسال أو استقبال الاستطاعة من اتجاه معين عند الاستقبال، في حال استخدمت الوصلة اللاسلكية مواقع ثابتة لكلا الطرفين فمن الممكن استخدام اتجاهية الهوائي لتركيز حزمة الإشعاع في الاتجاه المطلوب، في تطبيقات الهاتف المحمول حيث لا يكون جهاز الإرسال والاستقبال ثابتًا قد يكون من المستحيل التنبؤ بمكان جهاز الإرسال والاستقبال، وبالتالي يجب أن يشع الهوائي بشكل متماثل قدر الإمكان في جميع الاتجاهات، لذلك يتم استخدام هوائي متعدد الاتجاهات في هذه التطبيقات.

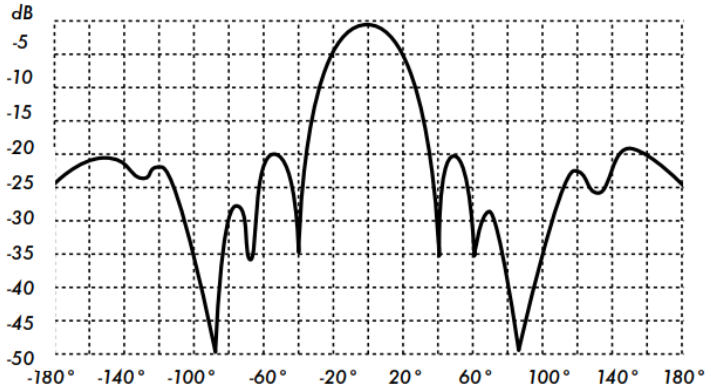
الربح Gain: ليس الربح كمية يمكن تحديدها مادياً مثل الواط أو الأوم، فهي نسبة بلا أبعاد، يتم إعطاء الربح بالإشارة نسبة إلى هوائي قياسي، الهوائيان المرجعيان الأكثر شيوعًا هما الهوائي متماثل المناحي isotropic والهوائي ثنائي القطب نصف الموجة half−wave dipole، يشع الهوائي متماثل المناحي بشكل متساوٍ في جميع الاتجاهات، لا توجد مثل هذه الهوائيات حقيقية إلا أنها توفر أنماطًا نظرية مفيدة وبسيطة للهوائيات يمكن مقارنة الهوائيات الحقيقية بها، أي هوائي حقيقي سيشع طاقة في بعض الاتجاهات أكثر من غيرها، نظرًا لأن الهوائيات لا يمكنها توليد الاستطاعة فإن الاستطاعة الإجمالية المشعة هي نفس استطاعة الهوائي متماثل المناحي، أي استطاعة إضافية تشع في الاتجاهات التي تفضلها يقابلها قدر أقل من الطاقة المشعة في جميع الاتجاهات الأخرى.

ربح هوائي في اتجاه معين هو مقدار الطاقة المشعة في هذا الاتجاه مقارنةً بالطاقة التي يشعها هوائي متماثل المناحي في نفس الاتجاه عند قيادته بنفس طاقة الدخل، عادة ما نهتم فقط بالربح الأقصى، وهو الربح في الاتجاه الذي يشع فيه الهوائي معظم الطاقة، يُكتب ربح هوائي قدره 3dB مقارنة بهوائي متماثل المناحي على الشكل3dBi ،

يمكن أن يكون ثنائي القطب نصف الموجة معيارًا مفيدًا للمقارنة مع الهوائيات الأخرى عند تردد واحد أو عبر حزمة ضيقة جدًا من الترددات، تتطلب مقارنة ثنائي القطب بهوائي على مجال من الترددات عددًا من ثنائيات الأقطاب ذات الأطوال المختلفة، يُكتب ربح هوائي قدره 3dB مقارنة بهوائي ثنائي القطب على الشكل 3dBd.

تُعرف طريقة قياس الربح بمقارنة الهوائي قيد الاختبار بهوائي قياسي معروف له ربح معاير من الناحية الفنية باسم تقنية تحويل الربح gain transfer، طريقة أخرى لقياس الربح هي طريقة الهوائيات الثلاثة، حيث تُقاس الطاقة المرسلة والمستقبلة عند أطراف الهوائي بين ثلاثة هوائيات عشوائية على مسافة ثابتة معروفة.

المخطط الإشعاعي Radiation Pattern: يصف المخطط الإشعاعي أو مخطط الهوائي القوة النسبية للحقل المشع في اتجاهات مختلفة من الهوائي على مسافة ثابتة، المخطط الإشعاعي هو أيضًا مخطط استقبال لأنه يصف أيضًا خصائص الاستقبال للهوائي، من الممكن أن يكون المخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد، إلا أنه عادةً ما تكون المخططات الإشعاعية المقاسة عبارة عن مقطع ثنائي الأبعاد من المخطط ثلاثي الأبعاد في المستوي الأفقي أو الشاقولي، يتم عرض قياسات المخطط ضمن المستوي الديكارتي أو المستوي القطبي، يوضح الشكل (٢-٨) المخطط الإشعاعي في المستوي الديكارتي لهوائي ياغي نموذجي مكون من عشرة عناصر، لاحظ أن التفاصيل واضحة إلا أنه من الصعب تبيان سلوك الهوائي في اتجاهات مختلفة.

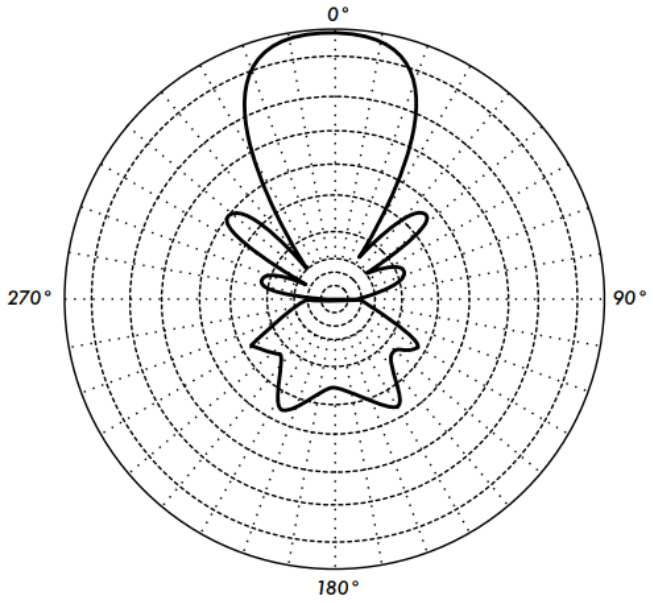


الشكل (٢-٨): المخطط الإشعاعي في المستوي الديكارتي للهوائي ياغي.

تُستخدم أنظمة الإحداثيات القطبية عالميًا تقريبًا، يتم إيجاد النقاط ضمن مخطط الإحداثيات القطبية عن طريق الإسقاط على طول محور الدوران (نصف قطر) بحيث يتم التقاطع مع واحدة من عدة دوائر متحدة المركز، يبين الشكل (٢-٩) مخطط قطبي لنفس هوائي Yagi ذو الـ ١٠ عناصر.

يمكن تقسيم أنظمة الإحداثيات القطبية بشكل عام إلى فئتين: الخطية واللوغاريتمية، في نظام الإحداثيات الخطية تكون الدوائر متحدة المركز متباعدة بشكل متساوٍ ومتدرجة، يمكن استخدام هذه الشبكة لإعداد مخطط خطي للطاقة

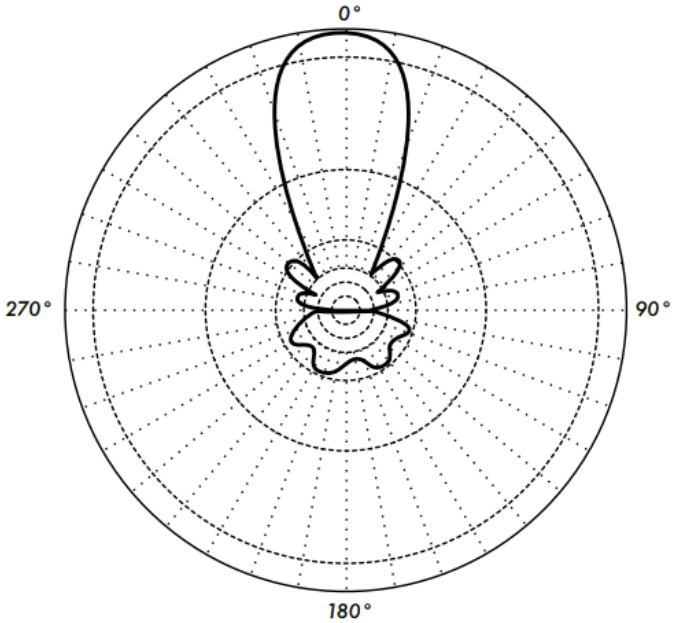
الموجودة في الإشارة، لسهولة المقارنة يمكن استبدال الدوائر متحدة المركز المتباعدة بشكل متساوٍ بدوائر موضوعة بشكل مناسب تمثل الاستجابة بالواحدة dB، المشار إليها بـ 0dB عند الحافة الخارجية للمخطط، في هذا النوع من المخططات يتم إهمال الفصوص الصغيرة، حيث تختفي الفصوص ذات القمم التي تزيد عن 15dB أو أقل من ذلك تحت الفص الرئيسي بسبب صغر حجمها، تدعم هذه الشبكة المخططات التي يكون فيها الهوائي ذو اتجاهية عالية وفصوص جانبية صغيرة، يمكن أيضًا رسم جهد الإشارة بدلاً من الطاقة على نظام إحداثيات خطي، في هذه الحالة أيضًا يتم تحسين الاتجاهية وإهمال الفصوص الصغيرة ولكن ليس بنفس الدرجة كما في شبكة الطاقة الخطية.



الشكل (٢-٩): المخطط الإشعاعي في المستوي القطبي للهوائي ياغي.

في نظام الإحداثيات القطبية اللوغاريتمية يتم تباعد خطوط الشبكة متحدة المركز بشكل دوري وفق لوغاريتم الجهد في الإشارة، يمكن استخدام قيم مختلفة للثابت اللوغاريتمي للتكرار، وسيكون لهذا الاختيار تأثير على مظهر الأنماط المرسومة، بشكل عام يتم استخدام المرجع 0dB للحافة الخارجية للمخطط، باستخدام هذا النوع من الشبكات لا يزال من الممكن تمييز الفصوص التي تقل عن 30dB أو 40dB تحت الفص الرئيسي، التباعد بين النقاط عند 0dB وعند 3dB- أكبر من التباعد بين 20dB- و 23dB-، وهو أكبر من التباعد بين 50dB- و53dB- وبالتالي فإن التباعد يتوافق مع الأهمية النسبية لهذه التغييرات في أداء الهوائي. يبين المقياس اللوغاريتمي المعدل شكل الحزمة الرئيسية أثناء ضغط الفصوص الجانبية منخفضة المستوى(30dB<) باتجاه مركز المخطط كما هو واضح في الشكل (٢-١٠).

هناك نوعان من أنماط الإشعاع: مطلق ونسبي، يتم تقديم مخططات الإشعاع المطلقة بوحدات مطلقة لشدة الحقل أو الطاقة، يشار إلى مخططات الإشعاع النسبية بوحدات نسبية لشدة الحقل أو الطاقة، وترتبط معظم قياسات المخطط الإشعاعي بالهوائي المتماثل المناحي، ومن ثم تُستخدم طريقة تحويل الربح لتحديد الربح المطلق للهوائي.

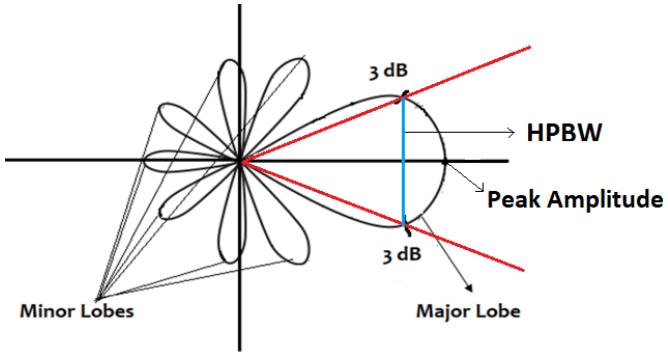


الشكل (٢-١٠): المخطط القطبي اللوغاريتمي.

يختلف المخطط الإشعاعي في المنطقة القريبة من الهوائي عن المخطط على مسافات كبيرة، يشير مصطلح المجال القريب إلى مخطط المجال الموجود بالقرب من الهوائي، بينما يشير مصطلح المجال البعيد إلى مخطط المجال على مسافات كبيرة، ويُطلق على المجال البعيد أيضًا اسم المجال الإشعاعي، وهو أكثر ما يثير الاهتمام حيث عادةً ما تكون الطاقة المشعة ذات الأهمية، ولذلك تُقاس مخططات الهوائي عادةً في منطقة المجال البعيد، لقياس المخطط من المهم اختيار مسافة كبيرة بما يكفي لتكون في المجال البعيد (بعيدًا عن المجال القريب)، تعتمد المسافة الدنيا المسموح بها على أبعاد الهوائي بالنسبة لطول الموجة، الصيغة المقبولة لهذه المسافة هي: $r_{min}=(2d^2/lambda)$ حيث r_{min} المسافة الصغرى عن الهوائي و d المسافة الأقصى عن الهوائي و lambda طول الموجة.

عرض الحزمة الزاوية Beamwidth: عادة ما يقاس عرض الحزمة الزاوية عند نقطة نصف الطاقة كما يبين الشكل (٢-١١)، حيث يتم إيجاد شدة ذروة الإشعاع ومن ثم يتم تحديد النقاط على جانبي القمة والتي تمثل نصف طاقة شدة الذروة، تُعرَّف المسافة الزاوية بين نقطتي نصف القدرة على أنها عرض الحزمة الزاوية. تساوي نقطة نصف الطاقة – 3dB، لذلك يُشار أحيانًا إلى عرض الحزمة الزاوية المعرفة عند نصف الطاقة بعرض الحزمة الزاوية 3dB، وعادة ما يؤخذ في الاعتبار كل من عرض الحزمة الأفقي والشاقولي. وبافتراض أن معظم الطاقة المشعة غير مقسمة إلى

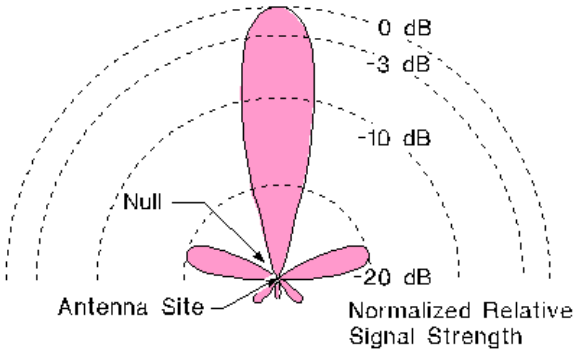
فصوص جانبية فإن الربح الاتجاهي يتناسب عكسياً مع عرض الحزمة الزاوية: مع انخفاض عرض الحزمة الزاوية يزداد الربح الاتجاهي.



الشكل (٢-١١): عرض الحزمة الزاوية والفصوص الجانبية.

الفصوص الجانبية Sidelobes: لا يوجد هوائي قادر على إشعاع كل الطاقة في اتجاه واحد مفضل، البعض يشع حتما في اتجاهات أخرى، يشار إلى هذه القمم الأصغر باسم الفصوص الجانبية، ويتم تحديدها عادةً بقيم بالواحدة dB أقل من الفص الرئيسي.

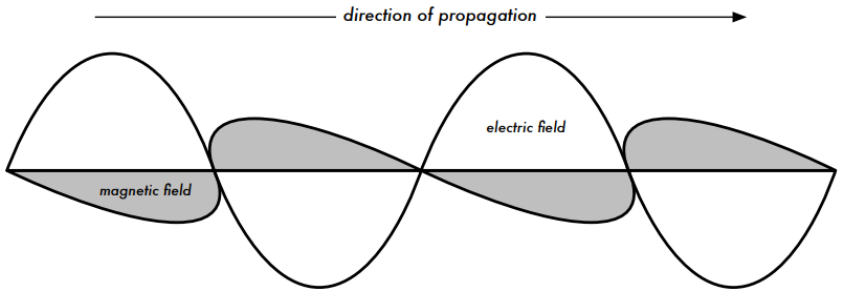
الأصفار Nulls: تعرّف القيمة الصفرية في المخطط الإشعاع للهوائي بالمنطقة التي تكون فيها الطاقة المشعة الفعالة عند الحد الأدنى، غالبًا ما يكون للصفر زاوية اتجاهية ضيقة مقارنة بزاوية الحزمة الرئيسية، وبالتالي فإن القيمة الصفرية مفيدة لعدة أغراض كحذف الإشارات المتداخلة في اتجاه معين.



الشكل (٢-12): القيم الصفرية لهوائي.

الاستقطاب Polarization: يُعرَّف الاستقطاب بأنه اتجاه الحقل الكهربائي لموجة كهرطيسية، ويوصف الاستقطاب بشكل عام باستخدام قطع ناقص، هناك حالتان خاصتان من الاستقطاب الإهليلجي هما الاستقطاب الخطي والاستقطاب الدائري، ويتم تحديد الاستقطاب الأولي لموجة راديوية بواسطة الهوائي.

في الاستقطاب الخطي يبقى شعاع الحقل الكهربائي في نفس المستوي دائماً، وقد يترك الحقل الكهربائي الهوائي باتجاه شاقولي أو اتجاه أفقي أو بزاوية ما بين الاثنين، ويكون الإشعاع المستقطب شاقولياً أقل تأثرًا إلى حد ما بالانعكاسات على مسار الإرسال. تحتوي الهوائيات متعددة الاتجاهات دائمًا على استقطاب شاقولي. في الاستقطاب الأفقي تسبب مثل هذه الانعكاسات تغيرات في قوة الإشارة المستقبلة، ومن غير المرجح أن تلتقط الهوائيات الأفقية التداخل الذي يكون عادةً باستقطاب شاقولي.



الشكل (٢-١٣): استقطاب الموجة الكهرطيسية.

في الاستقطاب الدائري يبدو أن شعاع الحقل الكهربائي يدور بحركة دائرية حول اتجاه الانتشار، حيث يتم دورة واحدة كاملة مع كل دورة للإشارة الراديوية، وقد يكون الدوران نحو اليمين أو نحو اليسار. اختيار الاستقطاب هو أحد خيارات التصميم المتاحة لمصمم الشبكات اللاسلكية.

٣- أنظمة BYOD

مرت الحوسبة الحديثة بالعديد من التحولات البارزة منذ ولادتها في الستينيات انطلاقاً من الحوسبة المركزية إلى الحواسيب الصغيرة ثم إلى الحوسبة الشخصية التي تعتمد على الخادم. قاد عصر الكمبيوتر الشخصي عالم تكنولوجيا المعلومات إلى حوسبة الإنترنت، وحلت الحوسبة المتنقلة محل حوسبة الإنترنت بسبب انتشار التطبيقات القائمة على السحابة والأجهزة المحمولة (مثل الهواتف الذكية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة وأجهزة الكمبيوتر اللوحية)، حيث يستطيع الأشخاص استخدام الحوسبة عالية الجودة من خلال التطبيقات القائمة على السحابة والأجهزة المحمولة. يجلب العمال أجهزتهم المحمولة الشخصية إلى أماكن عملهم، إذ تجمع الأجهزة المحمولة مثل الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية بين إمكانية النقل وخدمات الصوت والبيانات لفتح مجموعة واسعة من تطبيقات الأجهزة المحمولة المحتملة، بدأ الناس في إحضار أجهزتهم المحمولة إلى أماكن عملهم والاتصال بشبكات شركاتهم لأداء وظائفهم والاتصال بمنصات الشبكات الاجتماعية المختلفة مثل Facebook و(BBM) BlackBerry Messenger.

أدى استخدام الأجهزة المحمولة الشخصية في العمل إلى ظهور اتجاه يسمى "إحضار أجهزتك الخاصة" أو Bring Your Own Device (BYOD)، تعمل برامج وسياسات BYOD على تمكين الأشخاص من اختيار أفضل جهاز

لإنجاز عملهم بما في ذلك الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة.BYOD هي سياسة تكنولوجيا معلومات مؤسسية تشجع الموظفين على استخدام أجهزتهم الخاصة للوصول إلى بيانات الشركة الحساسة في العمل من خلال البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات الخاصة بالمؤسسة، حدد Deloitte (2013) BYOD على أنه استخدام الأجهزة المملوكة للموظفين للوصول إلى محتوى المؤسسة وشبكة المؤسسة، لا تسمح سياسة BYOD للموظفين بالوصول إلى بيانات المؤسسة في مكان العمل فحسب، بل تسمح لهم أيضًا بالوصول إلى بيانات المؤسسة خارج بيئة المؤسسة.

عندما يتمتع الموظفون بالمرونة لاختيار أفضل جهاز لعملهم المكتبي يصبحون أكثر قدرة على الحركة والإنتاجية، حيث تستفيد الشركة من خلال الوصول إلى موظفيها في أي وقت وفي أي مكان، مما يؤدي إلى طمس الفجوة بين العمل والترفيه، وقد يوفر التكاليف من خلال جعل الموظفين يشترون أجهزتهم المفضلة بدلاً من توفير أجهزة من ميزانية الشركة. حددت AirWatch (2012) وDeloitte (2013) بعض الفوائد القيّمة لتكنولوجيا BYOD، هذه الفوائد هي مرونة الإدارة وتوفير التكاليف وزيادة رضا الموظفين والبنية التحتية المبسطة لتكنولوجيا المعلومات.

على الرغم من أن الشركات تهتم بشكل أساسي بالحفاظ على الأمن إلا أن الموظفين قلقون بشأن الحفاظ على الراحة التي يحتاجون إليها للعمل من أجهزتهم المحمولة، فضلاً عن الخصوصية التي يتوقعونها فيما يتعلق بالمعلومات الشخصية الموجودة على الجهاز، يتمثل أحد أكبر التحديات التي تواجه المؤسسات في تسليم بيانات الشركة إلى الأجهزة التي لا يديرها قسم تكنولوجيا المعلومات، وهو ما له آثار أمنية على تسرب البيانات وسرقة البيانات والامتثال التنظيمي. أشار Thielens (2013) إلى أن التحدي الحقيقي لأنمة BYOD هو الأمان وأن التحدي الأمني الحقيقي لا يتعلق في الواقع بالأجهزة بل يتعلق بالتحكم في الوصول من الأجهزة إلى بيانات الشركة. تمثل التحديات الأمنية المرتبطة بجهاز BYOD مصدر قلق لمسؤولي أمن المعلومات في المؤسسات، جذب هذا التحدي أيضًا انتباه الباحثين الأكاديميين، ادعى الحارثي وشوكت (٢٠١٣) أن فقدان أو سرقة الأجهزة المحمولة هو أكبر خطر يمكن أن تواجهه الشركة من خلال تطبيق BYOD لأنها تؤدي إلى فقدان البيانات لمستخدم غير معروف، وأكد Thielens (2013) بأن استراتيجية BYOD آمنة وقابلة للتطوير مطلوبة لإدارة المخاطر التي تقدمها الأجهزة المملوكة للموظفين نتيجة لفقدان جهاز محمول أو سرقة أو إنهاء موظف، كما كشف استطلاع أجرته Forrester (2012) على ٢٠٢ شخص حول فهم تأثير برنامج BYOD على وحدة العمل أو المؤسسة الخاصة بهم أن المخاوف الأمنية هي من بين أكبر التحديات التي تواجه تنفيذ برامج BYOD.

٤- أنظمة IOT

يعد إنترنت الأشياء موضوعًا ناشئًا ذا أهمية تقنية واجتماعية واقتصادية، يتم الجمع بين المنتجات الاستهلاكية والسلع المعمرة والسيارات والشاحنات والمكونات الصناعية والمرافق وأجهزة الاستشعار والأشياء اليومية الأخرى مع الاتصال بالإنترنت وقدرات تحليل البيانات القوية التي تعد بتحويل الطريقة التي نعمل بها ونعيش ونلعب. تعد التوقعات الخاصة بتأثير إنترنت الأشياء على الإنترنت والاقتصاد مثيرة للإعجاب، حيث يتوقع البعض ما يصل إلى ١٠٠ مليار جهاز متصل بإنترنت الأشياء وتأثير اقتصادي عالمي يزيد عن ١١ تريليون دولار بحلول عام ٢٠٢٥. ومع ذلك في الوقت نفسه تثير إنترنت الأشياء تحديات كبيرة يمكن أن تقف في طريق تحقيق فوائدها المحتملة، العناوين الرئيسية التي تشد الانتباه حول قرصنة الأجهزة المتصلة بالإنترنت والمخاوف المتعلقة بالمراقبة والمخاوف المتعلقة بالخصوصية قد استحوذت بالفعل على اهتمام الجمهور، ولا تزال هناك تحديات تقنية كما وتظهر تحديات سياسية وقانونية وتنموية جديدة.

تستخدم إنترنت الأشياء مجموعة واسعة من الأفكار المعقدة والمتشابكة من وجهات نظر مختلفة، تتضمن المفاهيم الأساسية التي تعمل كأساس لاستكشاف فرص وتحديات إنترنت الأشياء ما يلي:

تعريف إنترنت الأشياء: يشير مصطلح إنترنت الأشياء عمومًا إلى السيناريوهات التي يمتد فيها اتصال الشبكة وقدرة الحوسبة إلى الكائنات وأجهزة الاستشعار والعناصر اليومية التي لا تعتبر أجهزة كمبيوتر عادةً، مما يسمح لهذه الأجهزة بإنشاء وتبادل واستهلاك البيانات بأقل تدخل بشري، ومع ذلك لا يوجد تعريف عالمي واحد.

التقنيات التمكينية: إن مفهوم الجمع بين أجهزة الكمبيوتر وأجهزة الاستشعار والشبكات لمراقبة الأجهزة والتحكم فيها موجود منذ عقود، ومع ذلك فإن التقاء الأخير للعديد من اتجاهات سوق التكنولوجيا يجعل إنترنت الأشياء أقرب إلى الواقع على نطاق واسع، حيث تشمل الاتصالات في كل مكان والتبني الواسع للشبكات القائمة على بروتوكول الإنترنت واقتصاديات الحوسبة والتقدم في تحليلات البيانات وصعود الحوسبة السحابية.

نماذج الاتصال: تستخدم تطبيقات إنترنت الأشياء نماذج اتصالات تقنية مختلفة، ولكل منها خصائصها الخاصة، تتضمن أربعة نماذج اتصالات شائعة وصفها مجلس هندسة الإنترنت: من جهاز إلى جهاز ومن جهاز إلى سحابة ومن جهاز إلى بوابة ومشاركة بيانات الطرفيات، تسلط هذه النماذج الضوء على المرونة في الطرق التي يمكن من خلالها توصيل أجهزة إنترنت الأشياء وتوفير قيمة للمستخدم.

إمكانات التحويل: إذا أصبحت الإسقاطات والاتجاهات نحو إنترنت الأشياء حقيقة فقد يفرض ذلك تحولًا في التفكير في الآثار والقضايا في عالم يأتي فيه التفاعل الأكثر شيوعًا مع الإنترنت من المشاركة مع الكائنات المتصلة بدلاً من المشاركة النشطة مع المحتوى، إن الإدراك المحتمل لهذه النتيجة "عالم شديد الترابط" هو شهادة على طبيعة الأغراض

العامة لهيكل الإنترنت نفسه، والذي لا يضع قيودًا متأصلة على التطبيقات أو الخدمات التي يمكنها الاستفادة من التكنولوجيا.

يتم فحص خمسة مجالات رئيسية لقضايا إنترنت الأشياء لاستكشاف بعض التحديات والأسئلة الأكثر إلحاحًا المتعلقة بالتكنولوجيا، وتشمل الأمن والخصوصية وقابلية التشغيل البيني والمعايير القانونية والتنظيمية والحقوق والاقتصادات الناشئة والتنمية.

الأمان: في حين أن الاعتبارات الأمنية ليست جديدة في سياق تكنولوجيا المعلومات، فإن سمات العديد من تطبيقات إنترنت الأشياء تمثل تحديات أمنية جديدة وفريدة من نوعها، يجب أن تكون معالجة هذه التحديات وضمان الأمن في منتجات وخدمات إنترنت الأشياء أولوية أساسية، ويحتاج المستخدمون إلى الوثوق في أن أجهزة إنترنت الأشياء وخدمات البيانات ذات الصلة محمية من نقاط الضعف، خاصة وأن هذه التكنولوجيا أصبحت أكثر انتشارًا ومتكاملة في حياتنا اليومية، يمكن أن تعمل أجهزة وخدمات إنترنت الأشياء المؤمنة بشكل سيئ كنقاط دخول محتملة للهجوم السيبراني وتعريض بيانات المستخدم للسرقة من خلال ترك تدفقات البيانات غير محمية بشكل كافٍ.

تعني الطبيعة المترابطة لأجهزة إنترنت الأشياء أن كل جهاز مؤمن بشكل سيئ متصل عبر الإنترنت من المحتمل أن يؤثر على أمان الإنترنت ومرونته على مستوى العالم، يتم تضخيم هذا التحدي من خلال اعتبارات أخرى مثل النشر على نطاق واسع لأجهزة إنترنت الأشياء المتجانسة وقدرة بعض الأجهزة على الاتصال تلقائيًا بالأجهزة الأخرى واحتمال نشر هذه الأجهزة في بيئات غير آمنة.

من حيث المبدأ يقع على عاتق مطوري ومستخدمي أجهزة وأنظمة إنترنت الأشياء التزام جماعي لضمان عدم تعريض المستخدمين والإنترنت نفسه للضرر المحتمل، وفقًا لذلك ستكون هناك حاجة إلى نهج تعاوني للأمن لتطوير حلول فعالة ومناسبة للتحديات الأمنية لإنترنت الأشياء والتي تتناسب تمامًا مع حجم المشكلات وتعقيدها.

الخصوصية: تعتمد الإمكانات الكاملة لإنترنت الأشياء على الاستراتيجيات التي تحترم خيارات الخصوصية الفردية عبر مجموعة واسعة من التوقعات، يمكن لأجهزة إنترنت الأشياء التي توفرها أجهزة إنترنت الأشياء أن تفتح قيمة لا تصدق وفريدة من نوعها لمستخدمي إنترنت الأشياء، ولكن المخاوف بشأن الخصوصية والأضرار المحتملة قد تعيق التبني الكامل لإنترنت الأشياء، هذا يعني أن حقوق الخصوصية واحترام توقعات خصوصية المستخدم جزء لا يتجزأ من ضمان ثقة المستخدم في الإنترنت والأجهزة المتصلة والخدمات ذات الصلة.

في الواقع يعيد إنترنت الأشياء تعريف النقاش حول قضايا الخصوصية، حيث يمكن للعديد من التطبيقات أن تغير بشكل كبير طرق جمع البيانات الشخصية وتحليلها واستخدامها وحمايتها، على سبيل المثال تضخم إنترنت الأشياء

المخاوف بشأن إمكانية زيادة المراقبة والتتبع وصعوبة القدرة على إلغاء الاشتراك في جمع بيانات معينة وقوة تجميع تدفقات بيانات إنترنت الأشياء لرسم صور رقمية مفصلة للمستخدمين، في حين أن هذه تحديات مهمة إلا أنه من الممكن السيطرة عليها، من أجل تحقيق الفرص يجب وضع استراتيجيات لاحترام خيارات الخصوصية الفردية عبر مجموعة واسعة من التوقعات مع الاستمرار في تعزيز الابتكار في التكنولوجيا والخدمات الجديدة.

قابلية التشغيل البيني/المعايير: سوف تمنع البيئة المجزأة للتطبيقات التقنية الخاصة بإنترنت الأشياء الفائدة المرجوة للمستخدمين والصناعة، ففي حال كان التشغيل البيني الكامل عبر المنتجات والخدمات ليس دائمًا ممكنًا أو ضروريًا فقد يتردد المشترون في شراء منتجات وخدمات إنترنت الأشياء إذا كان هناك عدم مرونة في التكامل وتعقيد ملكية مرتفع.

بالإضافة إلى ذلك قد يكون لأجهزة إنترنت الأشياء سيئة التصميم والتكوين عواقب سلبية على موارد الشبكات التي تتصل بها وعلى الإنترنت الأوسع، ستساعد المعايير المناسبة والنماذج المرجعية وأفضل الممارسات أيضًا في الحد من انتشار الأجهزة التي قد تعمل بطرق معطلة للإنترنت، إن استخدام المعايير العامة والمفتوحة والمتاحة على نطاق واسع باعتبارها لبنات بناء فنية لأجهزة وخدمات إنترنت الأشياء (مثل بروتوكول الإنترنت) سيدعم فوائد أكبر للمستخدم والابتكار والفرص الاقتصادية.

الحقوق القانونية والتنظيمية: يثير استخدام أجهزة إنترنت الأشياء العديد من الأسئلة التنظيمية والقانونية الجديدة بالإضافة إلى تضخيم المشكلات القانونية الحالية حول الإنترنت، فكثيرًا ما يفوق المعدل السريع للتغيير في تكنولوجيا إنترنت الأشياء قدرة السياسات المرتبطة والهياكل القانونية والتنظيمية على التكيف.

مذاكرة

السؤال (١): تؤمن نقطة الوصول اتصال

- اتصال بسيط
- اتصال نصف مزدوج
- اتصال مزدوج
- كل ما سبق

السؤال (٢): أي مما يلي ليس من أنماط نقطة الوصول:

- نمط الجذر Root mode.
- نمط المكرر Repeater mode.
- نمط الجسر Bridge mode.

- نمط المبدلة Switch mode

السؤال (٣): يُستخدم وضع الجذر

- عندما تكون نقطة الوصول متصلة بشبكة سلكية من خلال المنفذ السلكي المزودة به
- لتحقيق الوصل بين مقطعين سلكيين بشكل لاسلكي
- تأمين وصلة صاعدة upstream link لاسلكية باتجاه شبكة سلكية كبديل عن الاتصال السلكي
- من أجل تشكيل شبكة Ad-hoc

السؤال (٤): يُستخدم وضع المكرر

- عندما تكون نقطة الوصول متصلة بشبكة سلكية من خلال المنفذ السلكي المزودة به
- لتحقيق الوصل بين مقطعين سلكيين بشكل لاسلكي
- تأمين وصلة صاعدة upstream link لاسلكية باتجاه شبكة سلكية كبديل عن الاتصال السلكي
- من أجل تشكيل شبكة Ad-hoc

السؤال (٥): يُستخدم وضع الجسر

- عندما تكون نقطة الوصول متصلة بشبكة سلكية من خلال المنفذ السلكي المزودة به
- لتحقيق الوصل بين مقطعين سلكيين بشكل لاسلكي
- تأمين وصلة صاعدة upstream link لاسلكية باتجاه شبكة سلكية كبديل عن الاتصال السلكي
- من أجل تشكيل شبكة Ad-hoc

السؤال (٦): يتم إعداد معظم نقاط الوصول افتراضيًا

- ضمن وضع الجذر
- ضمن وضع المكرر
- ضمن وضع الجسر
- ضمن وضع المبدلة

السؤال (٧): عند توصيل نقطة وصول بالمقطع السلكي عبر منفذ Ethernet الخاص بها يتم عادةً إعدادها

- ضمن وضع الجذر
- ضمن وضع المكرر
- ضمن وضع الجسر
- ضمن وضع المبدلة

السؤال (٨): أي من الجمل التالية صحيح

- لا يسمح للمستخدمين بالاتصال المباشر مع الجسر اللاسلكي
- يسمح للمستخدمين بالاتصال المباشر مع الجسر اللاسلكي
- يسمح للمستخدمين بالاتصال مع الجسر اللاسلكي من خلال مبدلة سلكية
- يسمح للمستخدمين بالاتصال المباشر مع الجسر اللاسلكي من خلال نظام توزيع

السؤال (٩): لتأمين وصلة صاعدة upstream link لاسلكية باتجاه شبكة سلكية كبديل عن الاتصال السلكي

- تستخدم احدى نقاط الوصول ضمن نمط الجذر وتستخدم الأخرى ضمن نمط المكرر
- تستخدم احدى نقاط الوصول ضمن نمط الجذر وتستخدم الأخرى ضمن نمط الجسر
- تستخدم احدى نقاط الوصول ضمن نمط الجسر وتستخدم الأخرى ضمن نمط المكرر
- تستخدم احدى نقاط الوصول ضمن نمط الجذر وتستخدم الأخرى ضمن نمط المبدلة

السؤال (١٠): لا ينصح باستخدام نقطة الوصول بهذا النمط كون الخلايا المحيطة بكل نقطة وصول يجب أن تتداخل على الأقل بنسبة 50%

- نمط الجذر Root mode.
- نمط المكرر Repeater mode.
- نمط الجسر Bridge mode.
- نمط المبدلة Switch mode

السؤال (١١): سيعاني المشتركين المرتبطين بنقطة الوصول التي تعمل بهذا النمط من انخفاض الإنتاجية وارتفاع التأخيرات الزمنية.

- نمط الجذر Root mode.
- نمط المكرر Repeater mode.
- نمط الجسر Bridge mode.
- نمط المبدلة Switch mode

السؤال (١٢): من الإجراءات العملية الهامة أن يتم تعطيل منفذ إيثرنت السلكي ضمن نقطة الوصول عند وضعها ضمن

- نمط الجذر Root mode.

- نمط المكرر Repeater mode.
- نمط الجسر Bridge mode.
- نمط المبدلة Switch mode

السؤال (١٣): تعتبر نقطة الوصول بمثابة بوابة كونها تؤمن الوصل ما بين شبكة 802.11 وشبكات 802.2 أو 802.3 شبكة 802.11 وشبكات

- 802.2 أو 802.3
- 802.3 أو 802.4
- 802.4 أو 802.5
- 802.5 أو ٨٠٢.٦

السؤال (١٤): التنوع في الهوائيات antenna diversity هو استخدام

- أكثر من هوائي على مدخل مستقبل راديوي واحد
- أكثر من هوائي على أكثر من مدخل مستقبل راديوي
- هوائي وحيد على مدخل مستقبل راديوي واحد
- هوائي وحيد على أكثر من مدخل مستقبل راديوي واحد

السؤال (١٥): التناظر reciprocity مما يعني أن الهوائي

- سيحتفظ بنفس الخصائص بغض النظر عما إذا كان يرسل أو يستقبل
- له نفس المواصفات الفيزيائية في الدخل وفي الخرج
- يمكن توصيله مع المرسل من جهتين مختلفتين
- له محور تناظر بأحد المستويين

السؤال (١٦): مخطط الإشعاع radiation pattern

- التمثيل البياني للتوزيع النسبي للطاقة المشعة في الفضاء
- التمثيل البياني للتوزيع النسبي لمقاومة الهوائي
- التمثيل البياني للتوزيع النسبي للترددات التي يعمل عندها الهوائي
- التمثيل البياني للتوزيع النسبي للاستقطاب

السؤال (١٧): أي من الجمل التالية صحيح:

- كلما زاد حجم الناقل المركزي تتدفق الإشارة بشكل أفضل
- كلما زاد حجم الناقل الخارجي تتدفق الإشارة بشكل أفضل
- كلما زاد طول الناقل المركزي تتدفق الإشارة بشكل أفضل
- كلما زاد طول الناقل الخارجي تتدفق الإشارة بشكل أفضل

السؤال (١٨): أي من الجمل التالية صحيح في الكوابل المحورية:

- كلما ازداد تردد الإشارة ازداد تخميدها
- كلما نقص تردد الإشارة ازداد تخميدها
- لا علاقة لتردد الإشارة بالتخميد
- يختلف تأثير التردد على التخميد باختلاف المرسل والهوائي المتصلين

السؤال (١٩): أي من النوعيات التالية يفضل استخدامه

- RG-58
- RG-213
- LMR-400
- Twisted pair

السؤال (٢٠): أي من الجمل التالية صحيح

- تعتبر كوابل Heliax التي تستخدم الرغوة للعزل أكثر تخميداً إلا أنها أقل تكلفة وأسهل في التركيب
- تعتبر كوابل Heliax التي تستخدم الرغوة للعزل أقل تخميداً وهي أقل تكلفة وأسهل في التركيب
- تعتبر كوابل Heliax التي تستخدم الرغوة للعزل أكثر تخميداً وأكثر تكلفة إلا أنها أسهل في التركيب
- تعتبر كوابل Heliax التي تستخدم الرغوة للعزل أقل تخميداً إلا أنها أكثر تكلفة وأصعب في التركيب

الحل:

السؤال ١: اتصال نصف مزدوج.

السؤال ٢: نمط المبدلة Switch mode.

السؤال ٣: عندما تكون نقطة الوصول متصلة بشبكة سلكية من خلال المنفذ السلكي المزودة به

السؤال ٤: لتحقيق الوصل بين مقطعين سلكيين بشكل لاسلكي

السؤال ٥: تأمين وصلة صاعدة upstream link لاسلكية باتجاه شبكة سلكية كبديل عن الاتصال السلكي

السؤال ٦: ضمن وضع الجذر

السؤال ٧: ضمن وضع الجذر

السؤال ٨: لا يسمح للمستخدمين بالاتصال المباشر مع الجسر اللاسلكي

السؤال ٩: تستخدم احدى نقاط الوصول ضمن نمط الجذر وتستخدم الأخرى ضمن نمط المكرر

السؤال ١٠: نمط المكرر Repeater mode.

السؤال ١١: نمط المكرر Repeater mode.

السؤال ١٢: نمط المكرر Repeater mode.

السؤال ١٣: 802.2 أو 802.3

السؤال ١٤: أكثر من هوائي على مدخل مستقبل راديوي واحد

السؤال ١٥: سيحتفظ بنفس الخصائص بغض النظر عما إذا كان يرسل أو يستقبل

السؤال ١٦: التمثيل البياني للتوزيع النسبي للطاقة المشعة في الفضاء

السؤال ١٧: كلما زاد حجم الناقل المركزي تتدفق الإشارة بشكل أفضل

السؤال ١٨: كلما ازداد تردد الإشارة ازداد تخميدها

السؤال ١٩: LMR-400

السؤال ٢٠: تعتبر كوابل Heliax التي تستخدم الرغوة للعزل أكثر تخميداً إلا أنها أقل تكلفة وأسهل في التركيب

المراجع:

[1] M Arunkumar, WIRELESS COMMUNICATIONS AND NETWORKS. 2020

[2] Certified Wireless Network Administrator study guide. 2021