الموجات اللاسلكية الدقيقة Microwave

تعرف الموجات اللاسلكية الدقيقة Microwave بأنها موجات لاسلكية ترددها يتراوح بين 1-100 جيجا هرتز.

أما أنظمة الاتصالات العاملة بهذا المدى فيتراوح التردد المستخدم فيها بين 1-50 جيجا هرتز نظراً لتعرض الترددات الأعلى من 50 جيجا هرتز للتوهين الشديد بالرطوبة وغاز الأكسجين في الغلاف الجوي.

كانت الاتصالات اللاسلكية بالموجات الدقيقة العمود الفقري لأنظمة الاتصالات للمسافات الطويلة في العالم خلال سنوات الستينيات والسبعينيات والثمانينيات. والآن ومع استخدام الألياف البصرية والأقمار الصناعية لا يزال الاتصال بالموجات الدقيقة يؤدي دوراً مهماً في الاتصالات في جميع أنحاء العالم.

وكانت شبكة الاتصالات الكندية من المحيط الأطلسي إلى المحيط الهادي من أوائل شبكات الاتصال بالمايكروويف وكانت بسعة 180 دائرة صوتية وأكملت عام 1958 م.

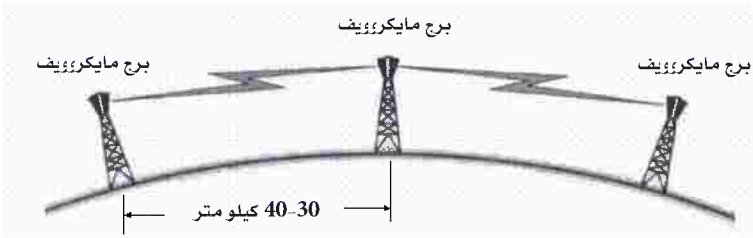
وحتى منتصف السبعينيات كان معظم هذه الشبكات تعمل بالتقنية التناظرية كما استخدمت فيها تقنية جمع القنوات التناظرية ومع أن هذه الشبكات وفرت خدمات اتصالات صوتية جيدة لمسافات بعيدة إلا أنها كانت توفر جودة أقل لاتصالات البيانات السريعة.

وبفضل التقنية الرقمية أصبح بالإمكان إعادة توليد الإشارة عند المكرر Repeater وهذا ما يلغي الضوضاء المتراكمة.

وكان أول نظام مايكروويف لاسلكي رقمي لمسافات طويلة قد تم تصميمه في كندا من قبل شركة Bell Northern وبدأ العمل عام 1978م وأطلق عليه اسم DRS-8 وكان بسعة 1344 دائرة صوتية وكان يعمل بمدى 8 جيجا هرتز الترددي.

أما شركة AT&T الأمريكية فقد استخدمت أنظمة مايكروويف رقمية في الحزم الترددية المستخدمة سابقاً وهي 4 و 6 و 11 جيجا هرتز ويتم إرسال هذه الإشارات من خلال مواسير معدنية مطلية بالذهب أو الفضة تدعى موجهات الموجة Wave Guide قبل أن يتم إرسالها لاسلكياً عبر الهوائي، ونتيجةً للخواص الفيزيائية لهذه الموجات فإنها تتبع مسار خط النظر Line of Sight ويتم نقل الإشارة من خلال سلسلة من الأبراج المتتابعة يتم فيها استخدام نطاقين ترددين مختلفين للإرسال والاستقبال ولا يتم استخدام النطاقين المستخدمين نفسيهما في وصلة بالمايكروويف في الوصلة التي تليها منعاً للتداخلات.

في كل برج يتم استلام الإشارة وتضخيمها (وإعادة توليدها في الأنظمة الرقمية) وإعادة إرسالها إلى البرج الآخر كما هو موضح في المخطط (7-1).



الشكل (7-1) المسافة بين أبراج المايكروويف

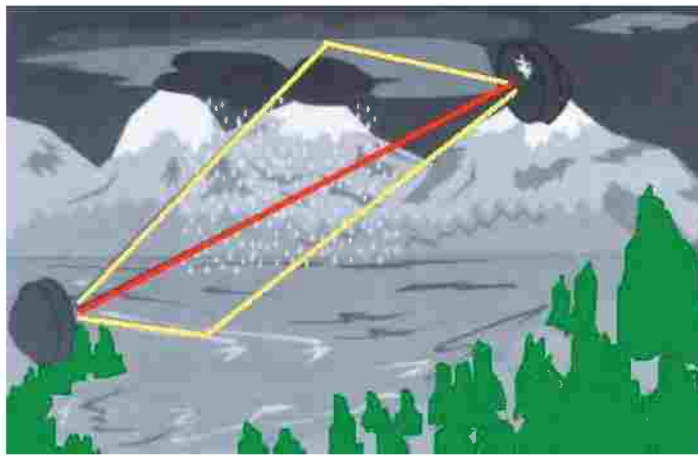
وعادة ما تكون المسافة بين أبراج اتصالات المايكروويف بين 30- 40 كيلومتراً إلا أن ذلك لا يمنع أن تزيد هذه المسافة إلى أكثر من 70 كيلومتراً وخاصةً بالترددات 2 و 4 و 6 جيجاهرتز أما بالنسبة للترددات العالية 23 و 45 جيجاهرتز فقد تنخفض المسافة لتقل عن 8 كيلومترات فقط.

وهناك ثلاثة أمور أساسية يجب مراعاتها عند تصميم نقل الإشارة بالمايكروويف أولها تجنب التداخل مع أنظمة المايكروويف الأخرى التي تستخدم النطاق الترددي نفسه أي أن مستخدماً واحداً يمكنه شغل النطاق الترددي بين الموقعين نفسيهما في منطقة جغرافية معينة وهو ما يتطلب التنسيق في استخدام الترددات، أو الطيف وتدخّل الجهة الحكومية المسؤولة عن تنظيم الترددات.

وثانيها ونظراً لانتقال موجات المايكروويف بطريقة خط النظر في الغلاف الجوي فيجب مراعاة عدم وجود عوائق بين هوائي الإرسال والاستقبال وهو ما يجعل هوائيات الاتصالات بالموجات الدقيقة تركب على أبراج فهي عرضة للتأثر وأحد هذه التأثيرات التوهين الناشئ عن

انتقال الإشارة بمسارين مختلفين ففي معظم الأحيان لا تتأثر الإشارة نتيجة انتقالها في مسار خط النظر لكن خلال ليالي الصيف الحارة تكون هناك طبقات في الجو لا تزال ساخنة بينما تتشكل طبقة أخرى باردة خلال المسار مما يجعل الإشارة تسلك مسارين مختلفين، وهما: المسار المباشر والمسار المنكسر، ويسبب ذلك اختلافاً في الطور بين الإشارتين المستلمتين، وإذا لم يتم معالجة ذلك فقد يؤدي إلى انقطاع الاتصال كما قد يتشكل هذا النوع من الخفوت من انعكاس الإشارة على سطح الأرض عند مرور المسار على سطح للماء أو سطح منبسط.

وللتغلب على هذا فإن الجيل الأول من أنظمة الإرسال الرقمية يتم استخدام هوائيين بينهما مسافة 10-15 متراً عمودياً ثم يتم الجمع بين الإشارتين لتقليل تأثير الخفوت؛ لذلك فإن التصميم المتأني هو أمر مهم لتحقيق نتائج جيدة ويوضح الشكل (7-2) أحد أنواع الخفوت في الإشارة.



الشكل (7-2) يوضح تأثير الخفوت

إلا أن استخدام عدد من التقنيات الحديثة مثل تقنية Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) أسهم في تقليل تأثير الخفوت وخط النظر.

ومن المشكلات الأخرى للاتصال بالمايكروويف هو أن برج الاتصال نفسه قد يحمل أنظمة اتصال تناظرية وهوائيات أخرى تعمل بالتقنية الرقمية وقد انخفضت هذه المشكلة أخيراً بتقلص الأنظمة التناظرية.

ويستخدم الهوائي الطبقي عادةً في أنظمة المايكروويف بنطاق ترددي معين بينما يسمح النوع الآخر من الهوائيات وهو على شكل البوق Horn أو الصدفة Shell للاستخدام بحزم ترددية متعددة، مثلاً يتم استخدام الحزم الترددية 4 و 6 و 11 جيجا هرتز في الهوائيات نفسها.

الشكل (7-3) هوائيات طبقية

الشكل (7-4) هوائي على شكل الصدفة

ولغرض إرسال 90 ميغابت/ ثانية بعرض نطاق ترددي 20 ميغا هرتز تستخدم تقنية تضمين تدعى 64QAM فلو تم إرسال البيانات على شكل إشارة رقمية ذات مستويين فكل 1 ميغا بت/ ثانية يحتاج إلى 1 ميغا هرتز من النطاق الترددي ولتقليل النطاق الترددي المطلوب يتم استخدام إشارات متعددة المستويات وفي حالة 64QAM فإن كل عنصر يحتوي 6 بتات.

وباستخدام هذا النوع من التضمين بالإضافة إلى أنواع أخرى من التشفير تتوافر كفاءة أفضل في استخدام المدى الترددي من التضمين الرقمي الثنائي البسيط.

أما التطورات الجديدة في أنظمة المايكروويف اللاسلكية فهي استخدام نطاق واسع لتتواءم مع أنظمة الألياف البصرية التي تستخدم شبكات عاملة بمعيار SDH.

أحد التطبيقات التجارية لـ SDH اللاسلكي تستخدم النطاق الترددي 4 جيجا هرتز باستخدام 11 قناة عاملة وقناة للحماية وكل منها بعرض (40) ميجا هرتز وهذا النظام بسعة 44 ألف دائرة صوتية ويرتبط بشبكة بصرية بمعدل 622 ميغابت/ ثانية وهذا المعدل العالي من نقل البيانات تم تحقيقه باستخدام تقنية 512QAM.

وكلما ازداد مستوى التضمين فإنه يستخدم كفاءة أعلى في استخدام النطاق الترددي من خلال 8 بت/ ثانية لكل هرتز بدلاً من 6 بت /ثانية في تقنية 64QAM.

أما النطاق 18 و 23 جيجا هرتز فإنه يستخدم بكثرة في أنظمة الاتصال اللاسلكي الرقمية للمسافات القصيرة أو الحلقة المحلية ومن المتوقع ازدياد هذا الاستخدام مستقبلاً وتستخدم في هذه النطاقات تقنيات تضمين أقل تعقيداً؛ نظراً لأن استخدام هذه النطاقات ليس عاملاً حرجاً في الوقت الحاضر.

الشكل (7-5) نظام اتصال بالمايكروويف حديث للاتصال داخل المدن