الباب الأول

تعرف على هندسة الاتصالات

الفصل الأول

تقنية الاتصالات

شكل المعلومات في نظامي الارسال والاستقبال

المعلومة في النظام التّماثلي :-

- **إشارة صوت** (خطاب) :X(t) إشارة أحادية البُعد، تعتمد على تغيّر بُعد السّعة Amplitudeمع الزمن. حيث يظهر هذا التغيير عملياً من خلال التغيير الحاصل في مطال (شدة) الإشارة الكهربائية وذلك بتغير شدة الصوت (أو ضغط الهواء) حول اللاقط (المايكروفون) .
- **صورة (ساكنة)** :I(m,n) إشارة ثنائية الأبعاد، وعلى عكس إشارة الصوت، لا تتغير سعة هذه الإشارة مع الزمن لذلك تتشكل من بُعدين ثابتين يُحددان ما يُشابه إحداثيات البكسل Pixel التي تتشكل منها الصورة.
- **فيديو** :V(m,n,t) إشارة ثلاثية الأبعاد، حيث يُمكن اعتبارها وكأنها صورة مُتغيرة مع الزمن تعتمد، إلى جانب بعدي السعة، على الزمن. عملياً، تتغير في إشارة الفيديو شدة إضاءة البكسل بتغيّر الزمن.

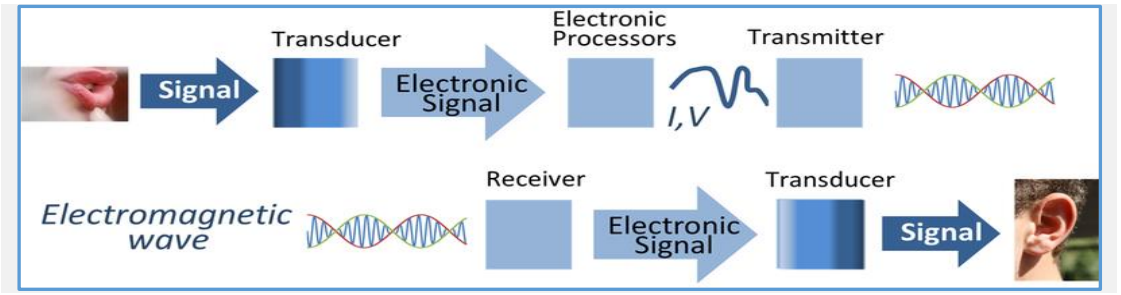
المعلومة في النظام الرقمي :-

– بغض النظر عن نوعها إذا كانت صوت أم صورة أم فيديو – عبارة عن بيانات Data تتشكل من تسلسل بتاتBits ، أي العددين المنطقيين '0' و '1'، بشكلٍ مُستمر. حيث عند تسلسل عدد مُعين من البتات يكون قد تشكل كلمة، أي كل 2 بتّ أو 4 بت أو 8 بت أو 16 بت .... وذلك حسب النظام الرقميّ المُستخدم. يفسر النظام كل كلمة بمعنى محدد.

العناصر المشكلة لأي نظام اتصالات

يتألف أي نظام تواصل من ثلاث عناصر أساسية:-

1. **المُرسل** :Transmitterالخطوة الأولى التي تمر خلالها المعلومة بشكلها ونوعها الخاص في البدء، لكن سرعان ما تخرج من المرسل على شكل إشارة كهربائية، فالمعلومة قد تكون على شكل أمواج ميكانيكية تنتقل عبر حوادث الانضغاط والتخلخل في الهواء، مثل الإشارة الصوتية. مثل هكذا إشارة تتألف من أمواج ميكانيكية تحتاج لأن يتم تحويلها إلى شكلٍ كهربائيّ حتى يكون بالإمكان التعامل معها. يتألف المرسل من عددٍ من الأجهزة الإلكترونية التي تساهم في تحويل المعلومة إلى الشكل الكهربائي.
   - **المُبدل** :Transducerيحول هذا الجهاز الإشارات المادية (الأصوات والأضواء، والصور المتحركة ...) إلى إشاراتٍ كهربائية يُمكن معالجتها من قبل الدوائر الإلكترونية. بمعنى أوسع، يحول هذا الجهاز التغيّرات في الكميات الفيزيائية مثل الضغط ودرجات السطوع إلى إشارة كهربائية.
   - **المُرمز** :Coderتواجد فقط في حالة الأنظمة الرقمية. يقوم المرمز بتقسيم المعلومة إلى عددٍ من الأجزاء ويرمز كل جزء بسلسلة مكونة من '0' منطقي و '1' منطقي. وهكذا تصبح المعلومة على الشكل الرقمي.



شكل مبسط لعناصر نظام اتصالات لاسلكي، ومراحل انتقال إشارة المعلومات عبر أجزائه الأساسية.

- **دارة هزازة Oscillator**: تشكل إشارة كهربائية مُتناوبة بترددٍ مُعيّن تُدعى بـ "إشارة ناقل" Carrier Signall تكون بمثابة وسيلة النقل للمعلومة. يوجد نوعين أساسين من إشارات الناقل، فقد يكون الناقل جيبي Sinusoidal Carrier أي إشارة شكلها الرياضي هو تابع جيبي Sine أو تابع تجيبيCosine ، أو يكون على شكل نبضات.Pulse Carrier
- **مُعدّل Modulator**: يتم إجراء عملية تعديل على الإشارة قبل إرسالها. يتم التعديل في خواص الإشارة الناقلة التي تحدثنا عنها لكي تَحمِل في خواصها الجديدة هذه المعلومة. في هذه العملية يتم تحميل المعلومة على الناقل لذلك قمنا بتشبيهه سابقاً بوسيلة نقل للمعلومة. يوجد طرق مُختلفة لتعديل إشارة الناقل يتم اختيار أنسبها بحسب الأدوات والظروف المتوفرة والمَهمّة المُراد تحقيقها. قد يطرأ تغيير في إشارة الناقل، أو بلفظٍ أدق قد تُضاف المعلومة على سعة إشارة الناقل، وهذا ما يسمى بـ "التعديل المطالي AM: Amplitude Modulation" أو قد يكون التعديل على تردد إشارة الناقل، وهي العملية المعروفة بـ "التعديل الترددي FM: Frequency Modulation". أخيراً، من الممكن أن يتم التعديل على زاوية انحراف الإشارة، وهي العملية التي تعرف بـ "تعديل الطور PM: Phase Modulation". يجب أن نأخذ بعين الاعتبار أن أساليب التعديل هذه تتم في حالة الأنظمة التماثلية، بينما يختلف الموضوع قليلاً في حالة الأنظمة الرقمية، لكن سوف نتطرق إلى كل حالات التعديل في مقالاتٍ أخرى بالتفصيل.
- قد يضم المُرسل في بعض الأحيان **مُضخّم إشارة Amplifier** ليزيد من طاقة الإشارة المُعدّلة قبل إرسالها إلى المستقبل. قد يضم المرسل أيضاً في حالة الاتصالات اللاسلكية هوائي إرسال يقوم بتحويل الإشارة الكهربائية إلى أمواج راديوية، وذلك حالة أجهزة الراديو والهواتف.
- **دارة تغذية**: يحتاج المُرسل كما في أي نظام إلكتروني، بصرف النظر عن المجال التقني المختص فيه، إلى دارة تغذية لتوفير الطاقة الكهربائية للعناصر الإلكترونية والأجهزة الموجودة فيه.

2.قناة النقل Channel: هي ببساطة الوسط الفيزيائي الذي يُشكّل صلة الوصل بين المُرسل والمستقبل. كما أنها تشكل أيضاً الطريق التي تعبر عليه إشارة الناقل المُعدّلة لتصل إلى المكان الذي نحتاج إرسال المعلومة إليه. يوجد نوعين من أوساط النقل. النوع الأول "مُوّجه" أي وسط نقل سلكيّ Wire-Channel ويوجد أيضاً العديد من أنواع الأسلاك التي يتم الإرسال عبرها بدءاً من الأسلاك النّحاسية التقليدية إلى الأسلاك المُدعمة مثل كبلات Coax وصولاً إلى الألياف الضوئية .Fiber Optics أما النوع الثاني فهو "غير مُوّجه" أي وسط نقل لاسلكيّ Wireless-Channel وهذا من خلال إرسال أنواع مُختلفة من أمواج الراديو أو أمواج المايكرويف أو غيرها عبر الخلاء، أي الهواء والغلاف الجوي اللذان يُمثلان القناة الناقلة بهذه الحالة.

3.المُستقبل Receiver: وظيفة المستقبل بسيطة جداً، وهي تحويل الإشارة الواردة إليه إلى إشارتين. الإشارة الأولى هي المعلومة والإشارة الأخرى هي إشارة

الناقل. يتم تحويل المَعلومة من شكلها الكهربائي إلى الشكل الأصلي التي كانت فيه قبل الإرسال. يتألف المستقبل من عدد من الأجهزة الإلكترونية.

- **جهاز فك وعكس التعديل** :**Demodulator**تدخل الإشارة الكهربائية المُعدّلة إلى هذا الجهاز كي يعمل على فصل إشارة الناقل عن المَعلومة. يتم تصميم هذا الجهاز بحسب مبدأ التّعديل الذي تم استخدامه في المرسل. بشكلٍ عام، تتم عملية فك التعديل بضرب إشاراتٍ مُتناوبة تماثل إشارة الناقل في الإشارة الواردة، ومن ثم استخراج الإشارة الأساسية المطلوبة باستخدام المُرشحات.Filters
- **جهاز فك ترميز** :**Decoder**يوجد في حالة أنظمة الاتصالات الرقمية. يقوم جهاز فك الترميز بعملية مُعاكسة لعملية الترميز في المرسل ويحول تدفق الإشارة الرقمية، أي البتات من '0' و '1'، إلى إشارةٍ تماثلية تؤلف المعلومة المراد إرسالها في النهاية. يدعى هذا الجهاز بـ "المبدل الرقمي التشابهي D/A: Digital-to-Analog Converterr".
- **تحويل الإشارة الكهربائية إلى إشارة فيزيائية** يُدركها الإنسان (صوت, صورة, ...) في حال الاتصالات الصوتية أو المرئية.
- يوجد العديد من الأجهزة التي من المُمكن أن تكون **ملحقة في المُستقبِل** وذلك حسب طريقة الإرسال وطبيعة المعلومة. على سبيل المثال، نلاحظ في أجهزة الراديو وجود **جهاز ضبط Tuner** يسمح للمُستخدم باختيار ترددٍ مُعيّن. حيث في الراديو يتم إرسال حزم من الإشارات الصوتية كلٍّ منها ذات تردد مُختلف في ذات الوقت. وبعد فك تعديل الإشارة يعود الأمر على المستخدم لاختيار مجموعة الترددات التي يريد أن يسمعها. هذه الدارة عبارة عن مُرّشح بسيط يتألف من مكثف ووشيعة ومن خلال التعديل في خواص العنصرين تتغير حزمة الترددات المارة عبر الجهاز. قد يتواجد أيضاً هوائي مُستقبل في حالة الأنظمة اللاسلكية مهمته ببساطة استقبال الأمواج القادمة، التي غالباً ما تكون أمواج راديوية. يكون الهوائي على هيئة سلك عندما يتحسس لأمواج الراديو ويُحفز نشوء تيار مُتناوب خفيف جداً. يُستخدم بعد ذلك مُضخم لتقوية الإشارة القادمة. من الممكن وجود أيضاً مضخم آخر في نهاية المستقبل لتقوية الإشارة الصوتية المرسلة عند إخراجها للمستخدم.

معايير التصميمDesign Criteria

عند تصميم أي نظام اتصالات يجب اختيار جهاز الإرسال المناسب وجهاز الاستقبال المناسب ووسط النقل المناسب. أيضاً يجب الاعتماد على أفضل مبدأ ممكن لتعديل للإشارة، وذلك حسب التطبيق المطلوب، ونوع إشارة الناقل الأمثل. قد يبدو الأمر عشوائياً بعض الشيء حيث لا يوجد نقطة بدء واضحة عند تصميم نظام اتصالات. لكن في الحقيقة يوجد بعض المعايير والخواص الفيزيائية التي تُعرف كل عنصر من عناصر نظام الاتصالات يتم من خلالها معرفة نوع الأجهزة والقناة المطلوبين.

1. **المرسل :**عند تصميم جهاز الإرسال يوجد معيار واحد أساسي يجب النظر فيه وهو طاقة الإشارة .Signal Powerتقاس طاقة الإشارة بواحدة الواطWatt ، والمعيار الهام هنا هو الحصول على أخفض قيمة ممكنة لطاقة الإشارة يمكن عندها إرسال الإشارة اللاسلكية. رياضياً، نستطيع قياس طاقة إشارة بحساب المساحة الموجودة تحت مربع المُنحني في نطاق (مجال) الزمن أو في نطاق فوريه، أي النطاق الترددي. يمكن التّحكم بطاقة أي إشارة بتغيير السعة Amplitude أو تغيير التّردد.

$$Ps = \int_{-\infty}^{+\infty} |y(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |y(f)|^2 df$$

العلاقة الرياضية المستخدمة من أجل حساب طاقة الإشارة المرسلة عبر ناقل

2. **القناة :**يوجد ثلاث معايير أساسية يتم وفقاً لها تعريف أي قناة:

- مجال الحزمة :Bandwidthبشكل عام، يُعرف مجال الحزمة بمجموعة التّرددات التي تحمل فيما بينها عناصر الطاقة .أما في حالة قناة الاتصال يأخذ هذا المفهوم شكلاً أدق، حيث يُعنى بمجال الحزمة أي مجموعة الترددات التي تستطيع المرور عبر القناة إلى المستقبل وهذا ما يُعرف بمجال الحزمة الفعّال .Effective Bandwidth تزداد نوعية وجودة القناة كلما كان مجال الحزمة أعرض وأكبر، ولكن هذا لا يعني أنه يجب اختيار القناة ذات أكبر مجال ممكن. يتم الاختيار بحسب طريقة التّعديل وطبيعة الإشارة التي يتم إرسالها. على سبيل المثال، تتميز الأسلاك النّحاسية الثُنائية بمجال حزمة يبلغ KHZ5 ، أما كبلات Coax تتميز بعرض 50 .KHZ يُحسب مجال حزمة إشارة بحساب المسافة بين أخر تردد وأول تردد أي عرض الإشارة. من ثم يتم اختيار القناة المناسبة التي تستطيع تأمين مجال يضم المعلومة بشكل كامل. يجب التنويه أنه في عصرنا الحالي وعلى الرّغم من تصميم الأسلاك النحاسيةً لترسل حتى KHZ 3.5، إلا أنه باستخدام تقنيات التّعديل الرقمي الحديثة يمكن إرسال الإشارات حتى مجال MHZ 1000 ضمن نفس الأسلاك.
- **سعة القناة** :**Channel Capacity**يعرف أيضاً كمجال الحزمة الرقمي Digital Bandwidth، تقاس سعة القناة بواحدة كيلو بت في الثانية .[Kbps] تشير هذه الصفة إلى كمية البتات التي نستطيع نقلها ضمن القناة من خلال 1 [HZ] من مجال الحزمة التّماثلي. بمعنى آخر، تُحدد السعة كمية المعلومات التي يمكن تمريرها عبر القناة في غضون استخدام واحد هرتز للقناة. بهذا التعريف نستطيع استنتاج أن السعة تمثل في الحقيقة "السرعة" الأعظمية التي يمكن عبرها نقل المعلومات.
- **نسبة الإشارة إلى الضجيج :Signal-to-Noise ratio) (SNR** من أهم المعايير في أنظمة الاتصالات، وهو يُمثّل ببساطة نسبة طاقة الإشارة المرسلة إلى طاقة الضجيج. يحدد هذا المعيار "أداء" النّظام حيث يشير إلى مستوى وكمية الإشارة الموجودة ويقارنها مع مستوى وكمية الضجيج. يقاس هذا المعيار غالباً بواحدة

الديسبلdB ، حيث يحسب بالمقياس اللوغاريتمي، بسبب مجال القيم الواسع الذي من الممكن أن يأخذه هذا المعيار في المقياس المتري. فإن أي نسبة أكبر من 1، أي أكبر من dB0 ، تشير إلى وجود إشارة أكثر من وجود ضجيج وهكذا. يقاس أداء الاتصالات اعتماداً على قيمة هذا المعيار.

SNR = Power of the signal (PS) / Power of the noise (PN)

SNR = 10*log(PS/PN) [dB]

- أخيراً،يوجدعلاقة شهيرة، تدعى نظرية شانون-هارتليShannon-Hartley Theorem ، تربط بين المعايير الثلاث. حيث نرمز للسعة بحرف C ولمجال الحزمة بحرف B.

$C = B*\log_2(1+SNR)$

3. **المستقبل :**عند وصول الإشارة واستقبال المعلومة يبقى علينا تقييم شيء واحد وهو جودة تلك المعلومة الواردة ومقارنتها مع نفسها قبل الإرسال وهذا ما يعرف بمعيار جودة الخدمة .Quality of serviceعلى عكس المعايير السابقة هذا المعايير لا يعطي قيمة رياضية نستطيع أن نُقيّمه من خلالها، إلا أنه تابع لقيمتين أو حتى يمكن اعتبارهما معيارين آخرين.

- **معدل الخطأ Bit Error Rate BER**:وهو يحدد في الإرسال الرّقمي كمية البتات المرسلة بشكلٍ خاطئ خلال زمنٍ مُعيّن. يحسب معدل الخطأ بتقسيم عدد البتات الخاطئة على عدد البتات الكُليّ. بشكلٍ عام، لتحصيل جودة خدمة أفضل يجب أن يكون هذا المعيار أقل من 0.001. على سبيل المثال إذا كانت الإشارة المرسلة عبارة عن [0,1,0,1,0,1,1] وتم استقبال الإشارة التالية [0,0,0,1,1,0,1] فإن عدد البتات الخاطئة يساوي 3 وعدد البتات الكلي يساوي 7 فإن.BER = 0.4285
- **متوسط مربع الخطأ Mean Squared Error MSE**:يقيس هذا المعيار المتوسط بين مربع الأخطاء. ويقصد بالخطأ هنا الفرق بين الإشارة المرسلة والإشارة الواردة. ويحسب بطريقتين، حسب نوع الإرسال. ففي الإرسال الرقمي تقسم الإشارة إلى عدد من العينات فإذا فرضنا أن للإشارة عدد n من العينات وأن y هي الإشارة المرسلة و xهي الإشارة الواردة يكون القانون الأول. أما إذا كان الإرسال تماثلي والمجال مستمر وكان دور الإشارة T يُحسب المعيار حسب القانون الثاني على مجال يساوي دور واحد.

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} |y - x|^2$$

$$MSE = \frac{1}{T}\int_{T} |y - x|^2$$

في نهاية الأمر يتم التحكم في أي نظام اتصالات عبر التغيير في معيار الـ SNR ومجال حزمة القناة.Channel Bandwidth

تعرفنا في هذا المقال على المبادئ البسيطة التي يقوم عليها أنظمة الاتصالات التي اليوم تشكل حجر الأساس في حياتنا الاجتماعية والمهنية. مهما تطور علم الاتصالات والهندسة سوف تبقى تلك العناصر الثلاث، مرسل قناة ومستقبل، متواجدة في أي نظام تواصل. تشغل اليوم الأنظمة الرقمية القسم الأكبر من الشبكات لكن يجب أن نستعرض ونفهم الأنظمة التماثلية لكي نتمكن من فهم فكرة الأنظمة الرقمية المبرمجة.

مدخل إلى التعديل
Introduction to Modulation

كثيراً ما نسمع في حياتنا اليومية بعبارات FM أوAM ، التي تقترن في أذهاننا بالراديو في المنزل والسيارة. إلا أننا نادراً ما نسأل أنفسنا عن معنى هذه الكلمات التي بتنا نستخدمها منذ عقودٍ طويلة من دون فهم دقيق لمعناها.
FMهي اختصار لـ Frequency Modulation أي التّعديل الترددي. و AMهي اختصار لـ Amplitude Modulationأي التعديل المطالي. المشترك في هذين المُصطلحين هو مفهوم التّعديل. سوف نتعرض في هذا المقال إلى هذا المفهوم بشكلٍ بسيط لتوضيح العديد من التفاصيل المتعلقة بآلية عمل أنظمة الاتصالات اللاسلكية.

تعاريف أساسية :-

لا بد قبل الخوض في معنى التعديل تقديم بعض التعاريف الأساسية المشمولة في هذه العملية:
1-**إشارة المعلومات :Information Signal** هي الإشارة التي نريد إرسالها. فمثلاً صوت الإنسان هو عبارة عن إشارة معلومات يتم نقلها عبر شبكة الهاتف الأرضي أو المحمول إلى الوجهة، وهي إشارة عشوائية، بمعنى أننا لا نستطيع معرفة كيفية تغيرها مع الزمن.
2-**إشارة التعديل :Modulating signal** وهي إشارة حتمية، أي أننا نعرف خصائصها وكيفية تغيّرها مع الزمن. غالباً ما تكون هذه الإشارة ذات تردد عال وهي أساسية في عملية التّعديل.
3-**مجال النقل القاعدي :Base Band** وهو المجال الذي يتم نقل إشارة المعلومات فيه دون عملية التعديل.
4-**مجال التمرير** :**Pass Band** وهو المجال الذي يتم نقل فيه إشارة المعلومات بعد إجراء عملية تعديل أو ترميز.

الغاية من التعديل :-

1-**الحصول على أبعاد معقولة لهوائيات الإرسال**: كي نستطيع إرسال الإشارة بشكلٍ جيد يجب أن يكون طول هوائي الإرسال يساوي تقريباً 10/1 من طول الموجة المُرسلة. لنفترض أننا نريد إرسال إشارة صوتية ترددها 100 هرتز، عندئذ يكون **طول الموجة**:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\ x\ 10^8}{100} = 3\ x\ 10^3\ km$$

حيث أن:
C:سرعة الموجة الكهرطيسية وتساوي سرعة الضوء بالخلاء.
λ:طول الموجة.
f:تردد الموجة.
وبهذا يلزمنا هوائي طوله 300 كلم كي نستطيع إرسال الموجة بشكلٍ جيد.
هنا تكمن فائدة التعديل، حيث نقوم بتحميل إشارة المعلومات الصوتية على إشارة

تعديل ذات تردد عالٍ وبالتالي ذات طول موجة قصير، فنحصل بذلك على أبـــعاد معقولة لهوائيات الإرسال.
2-**استخدام القناة لنقل عدة إشارات بنفس الوقت**، ويطلق على هذه العملية اسم التضميم.Multiplexing
3-**الحصول على توازن أفضل بين** استطاعة الإشارة التي نريد إرسالها ونسبة الإشارة إلى الضجيج.SNR

تعريف التعديلDefinition of Modulation :

والآن بعد مقدمة بسيطة عن هذين المفهوهين نستطيع البدء في توضيح معنى التعديل.
التعديل هو عملية يتم فيها تحميل إشارة المعلومات ذات التّردد المُنخفض على إشارة حامل ذات تردد مُرتفع، بحيث يتم جعل أحد بارمترات (محددات) إشارة الحامل يتغير مع التغير اللحظي لإشارة المعلومات. (البارامترات الأساسية للإشارة هي المطال والتردد والزاوية). عملية التحميل تتم عملياً عبر ضرب الإشارتين في المَجال الزمنيّ، وتتم هذه العمليات عبر داراتٍ إلكترونية تعتمد في بنيتها على نوعٍ خاص من الدارات والبوابات المنطقية تدعى "المضممات."Multiplexers

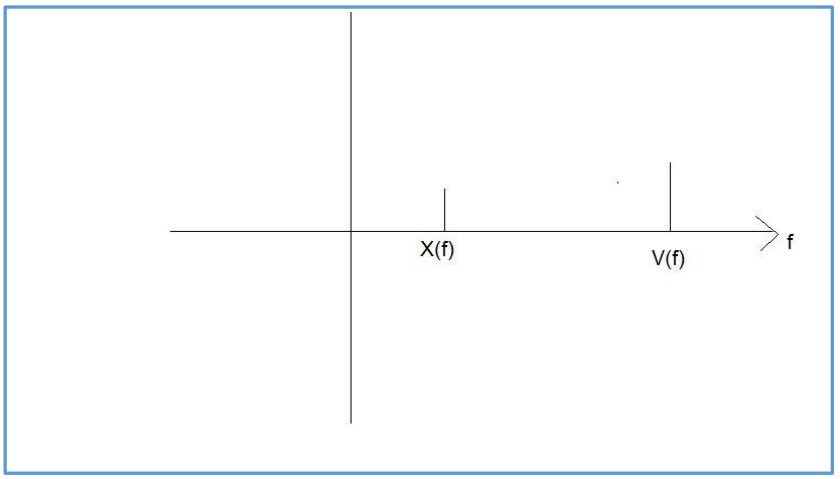
كيف يتم إجراء التعديل؟

كيف يمكن أن نحمل إشارة على أخرى عبر عملية ضرب؟ هذا ما سوف نوضحه في الفقرة التالية.
إن أحد المفاهيم الأساسية المستخدمة في فهم ودراسة وتحليل آليات تعديل الإشارات هي تحويل فوريه. تحويل فوريه هو أداة رئيسية لدراسة الخواص الترددية للإشارات. فهو ينقل الإشارة من المستوى الزمني إلى المستوى الترددي. للتوضيح أكثر، فإنه عند تسجيلنا لإشارة صوتية بسيطة، سنحصل على منحني يوضح كيف يتغير شكل الإشارة (مطالها) مع الزمن. ميزة تحويل فوريه أن يسمح لنا بالتعامل مع تردد الإشارة بدلاً من مطالها، وإجراء العمليات والمعالجات المطلوبة على تردد الإشارة بدلاً من المطال. الأهمية الأخرى لتحويل فوريه أنه يقابل عملية الضرب في المستوى الزمني بعملية رياضية تسمى بالطيّ .Convolution رياضياً يتم التعبير هن هذه الفكرة بالشكل التالي:

$$F[v(t).x(t)] = V(f) * X(f)$$

:
حيث أن
x(t)تحويل فوريه للإشارة الزمنيةX(f)
v(t)تحويل فوريه للإشارة الزمنيةV(f)
(*)الرمز الرياضي لعملية الطيّ

ملاحظة بسيطة :أثناء التعامل مع الرموز الرياضية الممثلة للإشارات، يتم استخدام الأحرف الأبجدية الصغيرة من أجل التعبير عن الإشارات الأصلية، والأحرف الأبجدية الكبيرة من أجل التعبير عن تحويل فوريه الممثل لها. هذا يعني أنه إذا كانت لدينا الإشارات x وv ، فإن تحويل فوريه لها سيكون X و V.



في الشكل السابق، نرى تمثيلاً بيانياً لكل من الإشارتين V و .X إن ضرب هاتين الإشارتين في المجال الزمني يُكافىء، كما ذكرنا، طي الإشارتين في المجال التّرددي. كتعبيرٍ مجازي لفهم عملية الطيّ، لنتخيل أننا نقوم بطي المحور الأفقي من المنتصف بحيث تنطبق النقطة f=∞ :مع النقطة f=0 وبالتالي يتم تراكب كل من الإشارتين V و .X وتتحقق عملية "التحميل" التي تحدثنا عنها سابقاً باعتبار v هي إشارة الحامل و x هي إشارة المعلومات. بكل الأحوال، سنقوم بتوضيح هذه النقطة لاحقاً عندما نتحدث عن تفاصيل عمليتي التعديل المطالي والترددي.

أنواع التعديل

يقسم التعديل إلى] 2:[

-1تعديل تماثلي :Analog Modulation وفيه تكون إشارة المعلومات إشارة تماثلية.

وينقسم إلى:

1-1تعديل مستمر: وفيه تكون إشارة الحامل مستمرة: وينقسم أيضاً إلى:

تعديل خطي: وفيه تتناسب الإشارة المستقبلة مع المرسلة خطياً. يتميز هذا النوع من التعديل بالسهولة في تمييز إشارة المعلومات حيث يكون غلاف الاشارة المُعدَّلة هو شكل اشارة المعلومات. من أنواعه.AM, DSB, SSB :

تعديل زاوي: تتسم بالصعوبة في تمييز الإشارة المستقبلة. ولكن الدارات الإلكترونية المستعملة فيها بسيطة نظراً لأن استطاعة الإرسال ثابتة. من أنواعها PM :و.FM

2-1تعديل نبضي: وفيه تكون إشارة الحامل إشارة رقمية، حيت يتم الإرسال في أوقات متقطعة.

-2التعديل الرقمي :وتكون اشارة المعلومات رقمية

–تعديل مستمر: وفيه تكون إشارة الحامل إشارة رقمية.. من أنواعه.ASK, PSK, FSK :

–تعديل نبضي: وفيه تكون إشارة الحامل إشارة رقمية.

أمثلة بسيطة: كيف يمكن أن نفهم أنواع التعديل؟

إذاً، وكما وضحنا في المقال، يعتمد مفهوم التعديل على تحميل إشارة المعلومات (المطلوب إرسالها عبر نظام الاتصالات) على إشارةٍ خاصة هي إشارة الحامل. بالمبدأ البسيط، فإن عملية تحميل إشارة المعلومات على إشارة الحامل تعتمد على "تعديل" أحد الخواص الثلاثة الأساسية لأي إشارة:

- المطال (السعة)Amplitude
- الترددFrequency
- فرق الصفحة (الزاوية)Phase

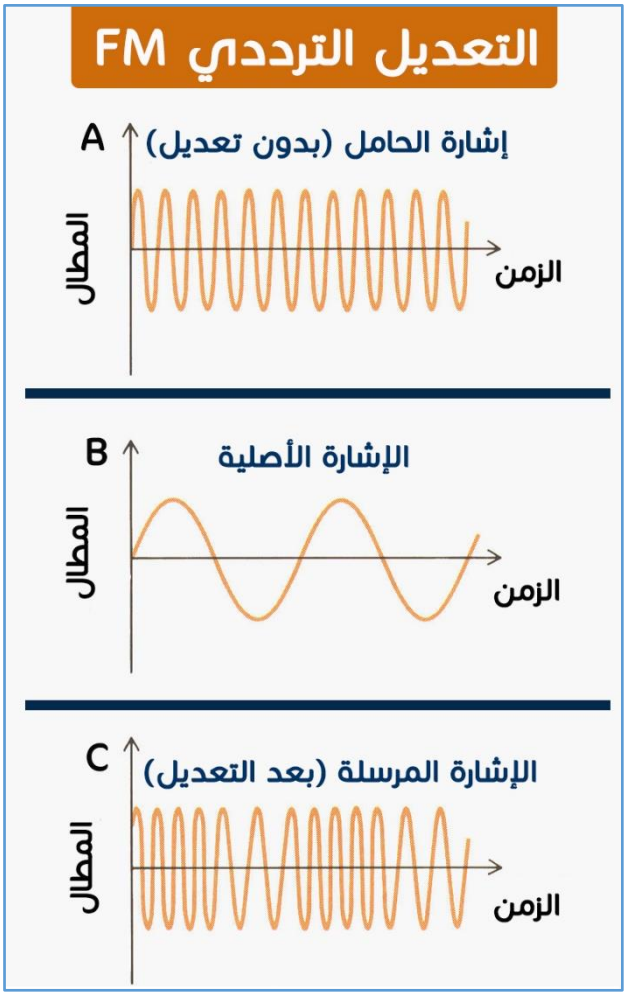
واعتماداً على الخواص الثلاثة السابقة، فإن أشهر أنماط التعديل التي نسمع بها بالحياة اليومية هي: التعديل المطالي AM: Amplitude Modulation والتعديل الترددي :FM

Frequency Modulationوالتعديل الزاوي .PM: Phase Modulation ولكن ماذا يعني كل منهم. سنقوم بعرض صورة بسيطة لمبدأ التعديل الترددي حيث سنلاحظ:

1. إشارة المعلومات الأصلية (قبل التعديل).
2. إشارة الحامل (التي يتم تحميل إشارة المعلومات عليها).
3. الإشارة الناتجة (حسب طريقة التعديل المتبعة. هذه الإشارة هي التي يتم إرسالها عبر نظام الاتصالات).

بحالة التعديل الترددي، فإن الإشارة المرسلة عبر نظام الاتصالات ستتميز بكونها إشارة ذات ترددٍ أعلى من الإشارة الأصلية، وذلك بسبب تحميلها على إشارة حامل ذات ترددٍ كبير، وهو ما تظهره الصورة البسيطة التالية (اضغط على الصورة لتكبيرها ومشاهدتها بالحجم الكامل): -

الآن، وبمعرفة أن التعديل المطالي يركز على تعديل مطال (سعة) إشارة المعلومات المراد إرسالها، يمكننا أن نتوقع أن عملية التعديل على الإشارة تعني بشكلٍ أكيد تغيراً في مطالها (سعتها). بشكلٍ مختصر، فإن الصورة التالية تظهر وببساطة ماذا يعني كل من تعديل مطال الإشارة (سعتها) وترددها بالمقارنة مع الإشارة الأصلية



الشبكات عبر أنظمة الـVSAT

في أوائل عهد أنظمة الأقمار الصناعية كانت المحطات أو الهوائيات الأرضية كبيرة الحجم ، مرتفعة الثمن وأكثر تعقيدا. السبب وراء هذه المساوئ لم يكن بسبب قصر في هذه المحطات، وإنما بسبب الأقمار نفسها. فالأقمار هذه كانت تعاني من ضعف قدرة الإرسال وكذلك تأثير الضوضاء العالي على مستقبلاتها مما أدى إلى ضرورة أن تكون المحطات المستقبلة لإشاراتها كبيرة الحجم ومعقدة التركيب لتغطية منطقة البث للقمر. بعد ذلك تطورت هذه الأقمار تدريجيا وأصبحت ذات قدرة إرسال أعلى بشعاع بث ضيق وأصبحت مستقبلاتها أكثر استشعارا للإشارة القادمة. لذلك أمكن بعد ذلك أن تتحول هذه المحطات الأرضية من محطات كبيرة إلى محطات ذات أحجام صغيرة اقل كلفة واقل تعقيدا وأصبحت أكثر انتشارا وسميت بالـ VSAT.

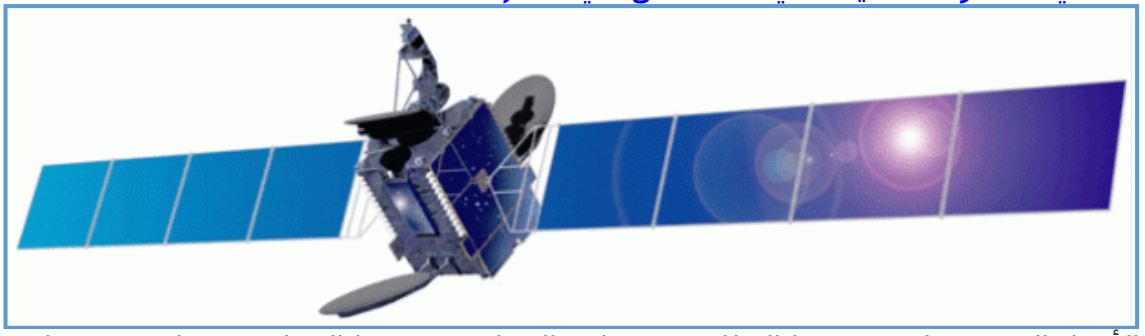
إذن الـ VSAT (Very Small Aperture Terminal) وكما هو واضح من اسمه يطلق على المحطات الأرضية ذات الحجم الصغير بشكل خاص ولكن بصورة عامة فهو نظام اتصالات يستخدم لربط الشبكات المختلفة عن طريق الأقمار الصناعية، يعتبر إحدى الخدمات التي تقدم للمستخدمين الراغبين في شبكة اتصالات مستقلة تربط عددا كبيرا من المواقع المتناثرة جغرافيا مثل المؤسسات والدوائر الحكومية لربط أجزاءها مع بعضها البعض سواء داخل الدولة أم خارجها، في البر أم في البحر.

يتكون من محطات أرضية صغيرة للاستقبال والإرسال (Terminals) يتم تركيبها في مواقع منتشرة وتتصل بمحطة أرضية مركزية (Hub) أو محطات منتشرة أخرى عن طريق الأقمار الصناعية بواسطة استخدام هوائيات ذات قطر صغير (معظمها تتراوح أقطارها ما بين 60 سم إلى 3.8 متر).

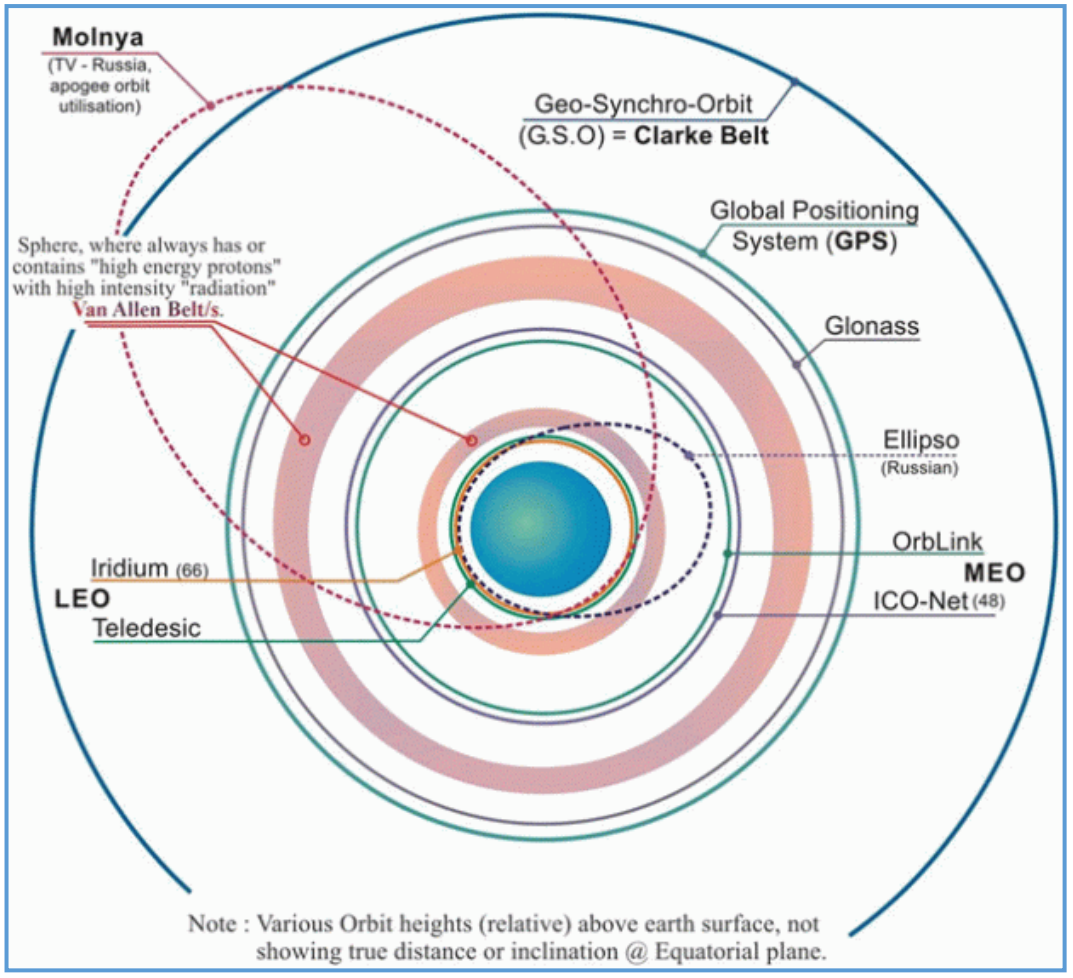
لنعد قليلا إلى الوراء ونأخذ لمحة عن مواصفات أول نظام VSAT تجاري تم إنشاءه والذي كان عبارة عن محطة أرضية تستخدم للاستقبال فقط و تستعمل الحزمة C-band من الترددات وهي (4-6 كيكاهيرتز) حيث تم بيع أكثر من 30000 وحدة في بدايات الثمانينات من القرن الماضي. في العام 1984 تم تطوير النظام ليصبح بالاتجاهين (إرسال واستقبال) وبيعت منه ما يقارب 10000 وحدة. في عام 1984 قادت الأبحاث إلى تطوير أول نظام VSAT يعمل على حزمة Ku-band (12-14 كيكاهيرتز). هذا ويعتبر النظام المطور من قبل Spacenet و MCI لشركة البريد الأمريكية اكبر نظام VSAT في العالم والذي يحتوي على أكثر من 12000 محطة منتشرة.

حاليا يتم تشغيل نظام الـ VSAT على نوعين من الترددات هما حزمة Ku-band ويتركز غالبا في أمريكا الشمالية ويتم استخدام هوائيات ذات حجم صغير، بينما يتركز استخدام حزمة الـ C-band في اغلب الأحيان في آسيا وأفريقيا وأمريكا الجنوبية وتحتاج لهوائيات اكبر قطرا من هوائيات الـ Ku-band. وفي الوقت الحاضر يتم العمل على تطوير أنظمة تعمل على حزمة Ka-band تمتاز بالسرعة العالية والتكلفة المناسبة.

ما هي الأقمار الصناعية التي تـُستعمل في نظام الـ VSAT ؟

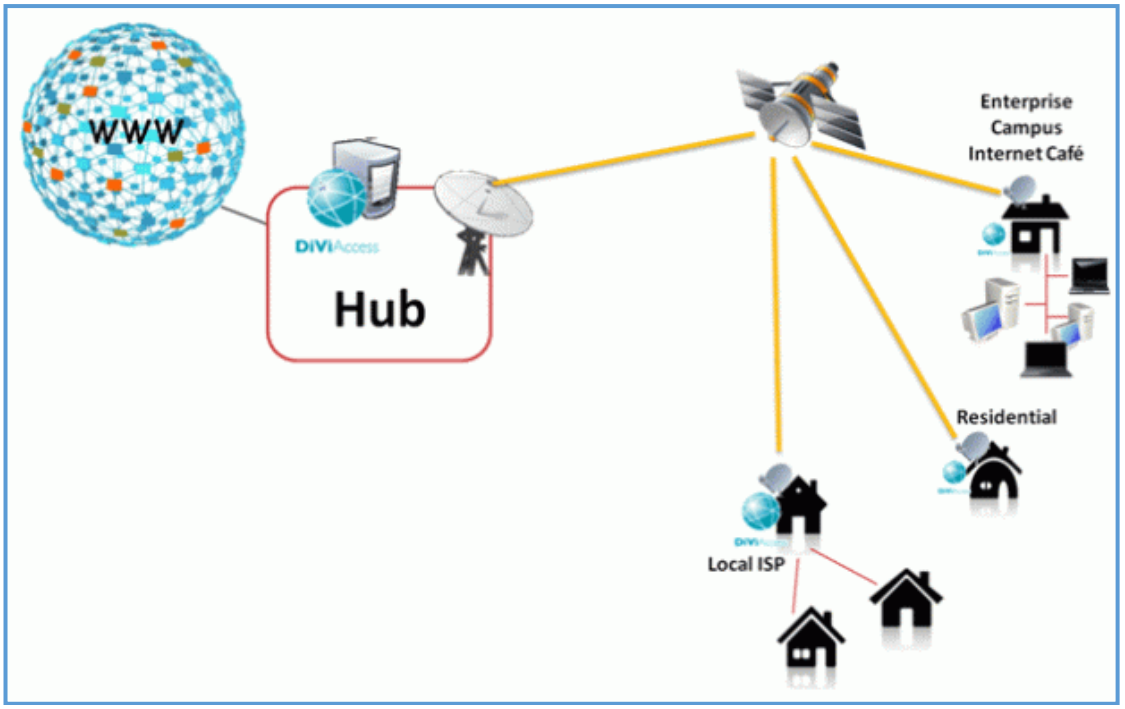


الأقمار المستعملة في هذا النظام هي على المدار GEO هذا المدار هو عبارة عن مدار موازي على خط الاستواء ويوجد على ارتفاع 35786 كم ، سرعة هذه الأقمار بحدود 3.06 كم ثانية وهي نفس سرعة دوران الأرض أي إن المدة الزمنية للدورة الواحدة للقمر هي 23 ساعة و56 دقيقة و4 ثواني وبذلك يكون القمر ثابت بالنسبة للمحطات الأرضية.



ما هي الخدمات التي يقدمها هذا النظام ؟

يستعمل هذا النظام في خدمات الصوت بين شبكات الهاتف المحلية وباقي الشبكات وكذلك نقل الخدمة بين شبكات الشركة نفسها كما تقوم به بعض شركات الاتصالات المحمولة لتوصيل التغطية إلى مواقعها البعيدة بشكل مؤقت.
أيضا من أهم استعمالات هذا النظام هو توصيل خدمة الانترنت حيث يتوفر بسرعات مختلفة تبدأ بـ32 و64 و128 كيلوبايت في الثانية وحتى 2 ميكابايت أو أكثر.



كذلك يستعمل في توصيل خدمات البث الفضائي والنقل الخارجي المباشر ونقل الاجتماعات الفيديوية (Video conference) والتعليم الالكتروني عن بعد (Remote e-learning). وكذلك في ربط الشبكات وتوصيل خدمة الانترنت إلى المواقع العسكرية والحدودية وغيرها.

هذه الخدمة مستعملة في كل المجالات الصناعية مثل خدمات التحكم والمراقبة عن بعد لخطوط أنابيب النفط والغاز والمياه والكهرباء والعديد من خدمات المراقبة والتحكم المختلفة وأيضا في الخدمات التجارية لربط فروع المصارف مع بعضها كبديل مؤقت وآمن للشبكات العامة.

لماذا يفضل هذا النظام عن غيره ؟

من أهم مميزات النظام والتي ساعدت على انتشار استخدامه :

- إمكانية الحصول على اتصالات بعيدة المدى بالإضافة إلى تغطية جغرافية واسعة المدى وكذلك إمكانية تغطية أماكن لا يمكن تغطيتها عن طريق التقنيات الأخرى كالصحاري والمحيطات وكذلك المواقع العسكرية التي تحتاج التنقل بين حين وآخر.
- التكلفة المنخفضة لعملية نصب البنية التحتية للنظام وتطويره.
- سهولة وسرعة التركيب للأجهزة والمعدات مقارنة بالشبكات الأخرى. فهي لا تتعدى الأسابيع أو حتى الأيام لإكمال تجهيز الخدمة بينما تحتاج إلى عدة أشهر أو سنوات لإكمال البنية التحتية للأنظمة التقليدية.
- جودة خدمات، سهولة صيانة، ودرجة اعتمادية كبيرة تصل إلى (99.9 %) وهي أفضل بكثير من الشبكات الأرضية.
- من أفضل بدائل الاتصال في حالات الطوارئ مثل توقف خدمة الكيبل الضوئي أو قطع خدمة الانترنت كما حدث في بعض الدول العربية.
- الوثوقية و المرونة الكبيرة في زيادة حجم الشبكة في المستقبل.

مساوئ النظام :

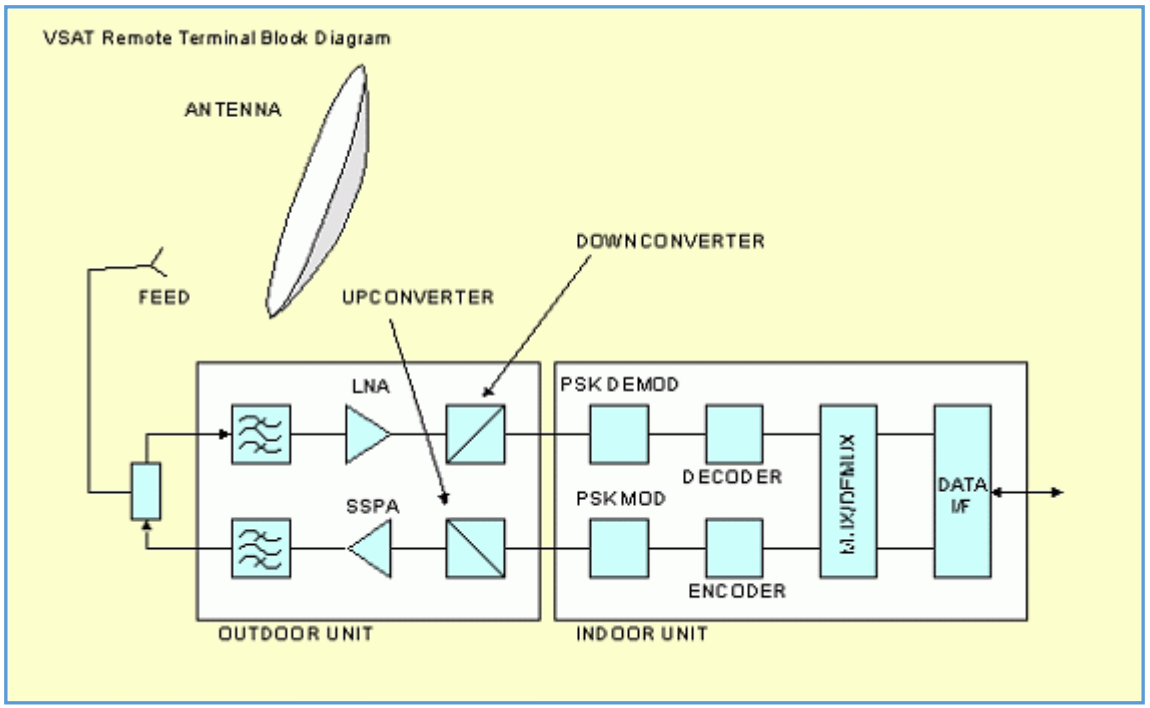
طبقا للقاعدة لكل شيء مساوئ فعيوبه باختصار تشمل:

- التكلفة العالية للخدمة (تكلفة حجز القنوات على القمر) فعلى الرغم من أن أسعار هذه الخدمة مستمرة في التناقص نوعا ما غير أنها مازالت مرتفعة مقارنة بباقي الخيارات الأخرى كالـ DSL والدايل اب والكيبل.

- حدوث بعض التأخير عند استعماله للخدمات التي تحتاج إلى نقل مباشر بكميات كبيرة مثل الألعاب والفيديو إذا ما تم النقل عبر الانترنت.
- غير مناسب في المناطق المكتظة مثل الغابات والبنايات العالية كون إن نصب هوائياتها يحتاج إلى أن تكون مواجهة للقمر line of sight بدون عائق.

مكونات المحطات الأرضية المنتشرة :-

تتكون محطة الـVSAT من جزأين أو وحدتين : وحدة خارجية (ODU (outdoor unit ووحدة داخلية (IDU (indoor unit لكل منها وظيفتها وتركيبها.



الوحدة الخارجية ODU :

يتكون الجزء الخارجي من طبق هوائي يمكن تركيبه على الحائط أو فوق السطوح أو على الأرض. ويتكون أيضا من دوائر المايكروويف والتي تكون عادة صغيرة الحجم حيث يمكن وضع هذه الوحدة خلف الطبق إذا كانت كبيرة الحجم بينما يمكن وضع الوحدة الصغيرة الحجم خلف وحدة تجميع الإشارة أمام الهوائي.

هذه المكونات بشكل عام ولكن تفاصيل مكوناتها وعملها تختلف حسب استخدام المحطة إذا كان للاستقبال أم للإرسال، فعند الاستقبال تتكون هذه الوحدة من:

فلتر من نوع (Band Pass(BPF لتمرير الترددات المطلوبة فقط. بعد ذلك يتم تضخيم الإشارة الضعيفة المستقبلة من وحدة التغذية بواسطة مكبر إشارة خافض للضوضاء (Low Noise Amplifier) LNA.

ثم يتم تغيير تردد الإشارة المستقبلة بواسطة محول تردد من نوع (Down converter) إلى تردد يمكن للدوائر الالكترونية معالجته والذي يتراوح ما بين 70 و 140 ميكاهيرتز قبل المرور على دائرة فك التضمين (Demodulator) في الوحدة الداخلية، ويطلق على مكبر الإشارة (LNA) والمحول الخافض للتردد (Down converter) مجتمعة بالقطعة المعروفة بالـ (Low Noise Block (LNB.

أما عند الإرسال فالعملية بالعكس تقريبا حيث تتكون هذه الوحدة من:

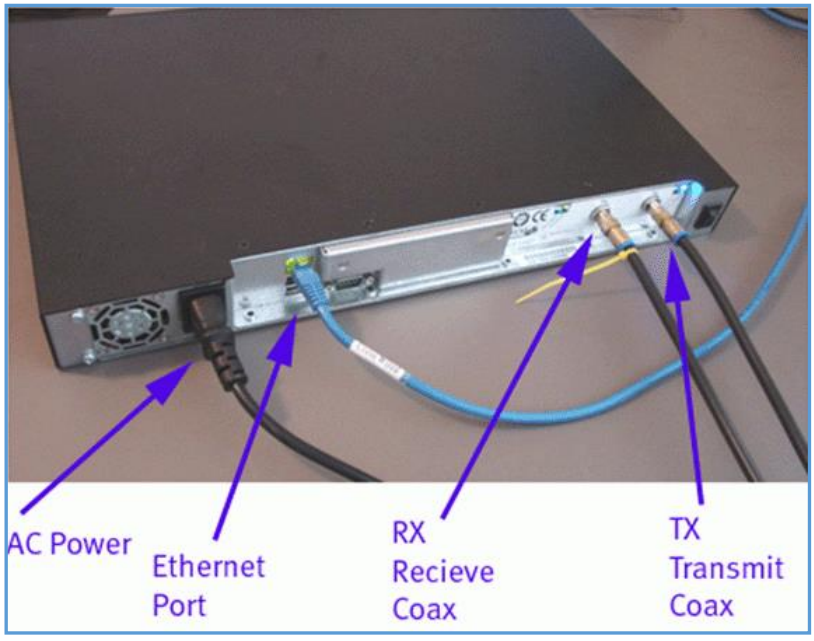
محول تردد من نوع (Up Converter) الذي يحول التردد من (70 – 140 ميكاهيرتز) إلى تردد الإرسال المطلوب قبل مرورها على مكبر عالي القدرة (High Power Amplifier HPA) الذي يقوم بدوره بتقوية الإشارة القادمة من المحول (Up Converter) قبل تغذية

الهوائي، وتتراوح القدرة الخارجة من هذا المكبر ما بين 0.1 – 6 وات في حالة الإرسال بحزمةKu-band بينما تتراوح ما بين 2 – 16 وات في حالة الإرسال بحزمة C-band.

الوحدة الداخلية IDU :

تمثل هذه الوحدة بالمودم الداخلي والمعروف لدى الكثير ومن أهم وظائف هذا الجزء عند الإرسال هو عملية (Multiplexing) والترميز (Encoding) والتضمين (modulation) أما عند الاستقبال فالعكس تماما أي فك التضمين الذي ذكرناه سابقا (Demodulation) ثم عملية فك التشفير (Decoding) ثم عملية إعادة توزيع الإشارات (Demultiplexing) ، بالإضافة إلى التزامن مع باقي وحدات الشبكة بشكل عام.

وكما موضح في الصورة يحتوي هذا المودم على منافذ الإرسال والاستقبال من والى الهوائي ومن ثم القمر وكذلك منافذ الايثرنت لتوزيع الإشارة المستقبلة ومنافذ أخرى مثل RS-232, RS-422.



هيكلية الشبكة في هذا النظام VSAT Network Topology:

تعتمد عملية الربط بين هذه الشبكات على حجمها ووظيفتها ويتم الاتصال إما بين محطةTerminal وأخرى ويسمى الربط بالـ (Point to Point)، أو بين محطةHub وعدة محطات أخرى Terminals ويسمى بالـ (Point to Multipoint). واهم أنواع الربط :

Star :

هذا الربط من نوع Point to Multipoint ويتكون من جزء مركزي Hub وأجزاء موزعة أخرى Terminals حيث إن عملية النقل تكون مركزية كما في السيرفر أي يكون الاتصال بين محطة صغيرة وأخرى عن طريق المحطة المركزية.

طبق الهوائي في الجزء المركزي يتراوح قطره بين 6 إلى 11 متر لهذا فهو أكثر تعقيدا وبالتالي أغلى ثمنا مقارنة بالمحطات Terminals حيث يتراوح سعرها ما بين 0.5 مليون دولار إلى 3 مليون دولار ويتوقف ذلك على التقنيات المستخدمة والخدمات المطلوبة. أما نظم الـ VSAT الصغيرة والتي تستخدم في خدمات نقل البيانات ذات المعدلات المنخفضة فتتميز المحطات الأرضية المركزية بانخفاض أسعارها والتي يصل سعرها مابين 35 ألف إلى 70 ألف دولار فقط.

Mesh:

هذا الربط من نوع Point to Point ويتكون من جزء مركزي Hub كذلك ولكن بحجم اصغر من الجزء المركزي الخاص بالربط الـ star ويقتصر عملها على وظائف المراقبة والسيطرة وتنظيم الفواتير، إضافة إلى أجزاء موزعة أخرى Terminals. يختلف هذا الربط عن الـ star كون عملية النقل بين محطة صغيرة وأخرى تكون بشكل مباشر من غير المرور على المحطة المركزية. يستعمل هذا الربط غالبا في خدمات الهاتف.

Hybrid:

هذا الربط هو خليط بين الـ star و الـ mesh، حيث يأخذ مميزات كل ربط من الاثنين للحصول على أفضل خدمة.

الاتصالات الموحدة

UNIFIED COMMUNICATIONS

إدارة الاتصالات الموحدة Unified Communications باستخدام الحاسوب.
في عالم الثورة الرقمية أصبحت العديد من المفاهيم متداخلة ، فالاتصالات وعالم شبكات الحاسوب أصبحت تصب في نفس المجال وتحولت الكثير من أساليب تواصلنا السابقة إلى أدوات رقمية، فالرسائل أصبح الكترونية والفاكس والصوت والصورة غدت تتناقل بصورة رقمية أيضا.

وفي عالم متسارع كالذي نعيش فيه أصبح هم الناس اختصار المسافات وتسريع اتخاذ القرار ، وتوجه أصحاب الأعمال نحو التكنولوجيا والتقنيات الحديثة لتمدهم بأساليب جديدة توفر عليهم الوقت وتضمن لهم التحكم الكامل بأعمالهم.

من هنا بدأنا نسمع عن مفهوم جديد في عالم الأعمال و الحلول المقدمة لهم ، هذا المفهوم يطلق عليه الاتصالات الموحدة Unified Communications ، ويشير إلى مجموعة من التقنيات تضمن تكامل جميع أشكال الاتصالات في بوتقة واحدة ، مما يسهل على أصحاب العمل القيام بأعمالهم بكفاءة أكبر وعدم القلق حول وصول المعلومة في الوقت المناسب للشخص المناسب لأن تقنيات الاتصالات الموحدة ستتكفل بذلك.

يمكن فهم الاتصالات الموحدة على أنها منصة تسمح بإدارة جميع أشكال التواصل بما فيها البريد الالكتروني، الفاكس، المكالمات عبر الانترنت، المكالمات عبر الهاتف الثابت أو الهاتف المحمول، التراسل الفوري ، مؤتمرات الفيديو وغيرها ، بما يضمن إيصال المعلومات إلى هدفها في أقصر وقت وأنجع وسيلة.

تقوم فكرة الاتصالات الموحدة على تجميع أشكال الاتصالات المختلفة ثم تنظيمها وإعادة توجيهها من أجل ضمان كفاءة أكبر في العمل ويتم استغلال شبكة البيانات لنقل جميع أشكال الاتصالات عبرها مما يوفر كثيرا من المال والجهد نظرا لأن جميع المؤسسات لديها شبكة بيانات قائمة ، لهذا فإن البنية التحتية اللازمة لتطبيق تقنيات الاتصالات الموحدة نجدها متوفرة أينما ذهبنا ولا نحتاج إلى صرف الأموال من أجل بناء شبكة خاصة بها.

استخدام الموجات للتواصل الموجة
ما هي الموجة؟

قبل التعامل مع موجات الراديو واستخدامها في أنشطة مشغلي الاتصالات، ينبغي أن نكون على دراية بمفهوم "الموجة" نفسها: فهي
ظاهرة فيزيائية طبيعية موجودة في كل مكان في الحياة اليومية وبأشكال مختلفة عديدة

الموجة، ما هي الموجة؟

الأنواع المختلفة للموجات

استخدام الموجات للتواصل

تلعب موجات الراديو دورًا كبيرا لأنشطتنا باعتبارها أحد مشغلات الاتصالات السلكية واللاسلكية، فلا يمكن للشبكات والأجهزة التي نق دمها أن تعمل بدونها، كما تعد موجات الراديو من أهم الموضوعات الرئيسية لشركة أورانج

الموجة، ما هي الموجة؟

قبل التعامل مع موجات الراديو واستخدامها في أنشطة مشغلي الاتصالات، ينبغي أن نكون على دراية بمفهوم "الموجة" نفسها: فهي ظاهرة فيزيائية طبيعية موجودة في كل مكان في الحياة اليومية وبأشكال مختلفة عديدة

الموجة، ما هي الموجة؟

في الفيزياء تشير كلمة "موجة" إلى نقل الطاقة دون المادة، وهي اضطراب أو هياج ينتقل عن طريق بيئة معينة وبعد المرور، يترك في حالته الأصلية، وتغطي هذه الآلية مجموعة واسعة من الحالات ابتداء من أمواج السطح السائل حتى الضوء، الذي يعتبر في حد ذاته شكل من أشكال الموجة . تعد عملية نقل الطاقة دون المادة ظاهرة فيزيائية معروفة، دعونا نتصور بركة مياه في يوم مشمس لا ريح فيه، نجد أن سطح المياه يبدو مستويا تماما، وتخيل الآن أن شخصا ما يرمي حصاة، فترى على الفور نقطة التأثير عن طريق تشكيل تموجات يبدو أنها تتحرك إلى الخارج في دوائر متحدة المركز، وبعد لحظات قليلة تعود بركة المياه إلى استوائها وثباتها مرة أخرى.

تحويل الطاقة إلى ذبذبات

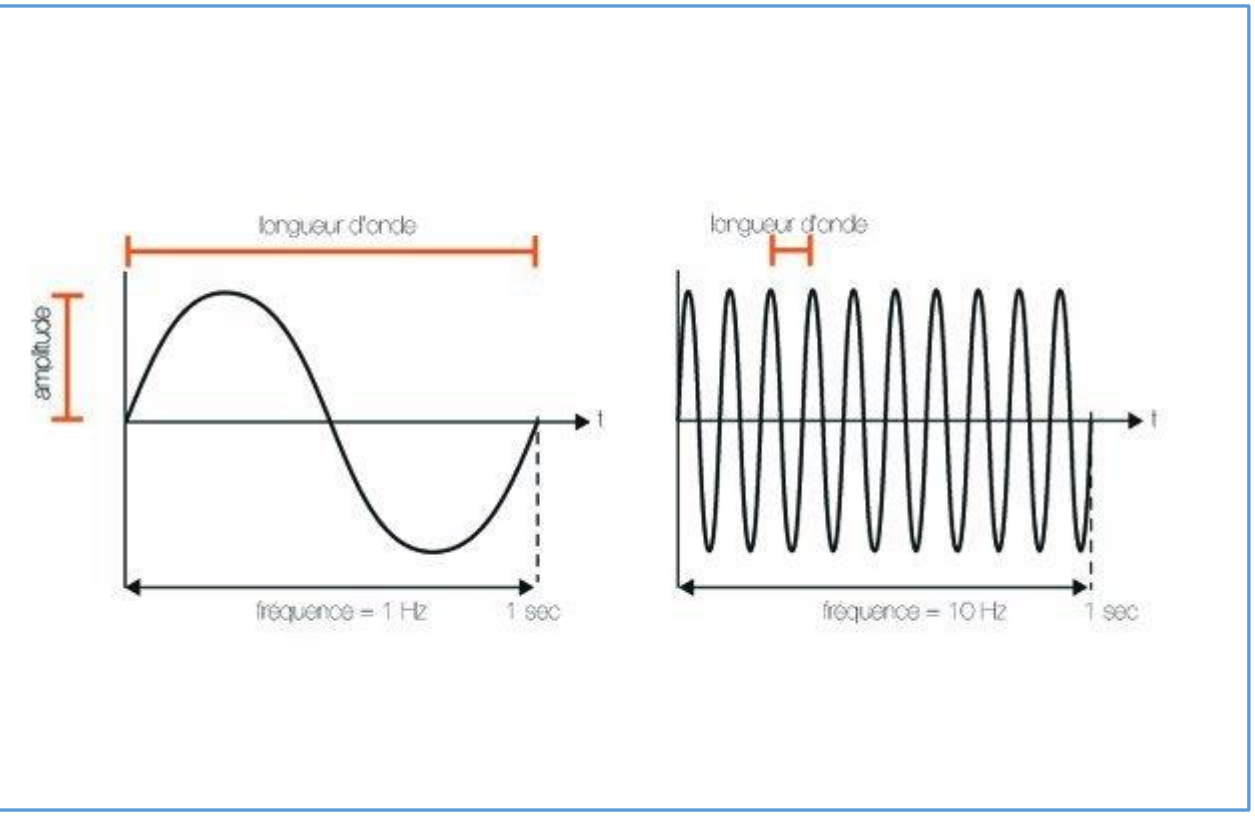
أحدثت الحصاة الملقاة اضطرابا في الماء، وامتصت المياه بعضا من طاقة الحصاة ثم نشرتها حولها، مما أدى إلى تموج المياه صعودا وهبوطا، وكل تموج تسبب في تموج آخر، أي أن التموج ينقل بعض من الطاقة إلى المناطق المجاورة.
بمجرد تناثر مصدر طاقة الحصاة من موجة إلى موجة، يعود سطح المياه إلى حالته الأصلية، كما أن ارتفاع الموجات وطولها ومدتها يعتمد على الطاقة المنقولة في البداية، أي حجم الحصاة والقوة التي ألقي بها.
هذه الذبذبات)أو "الموجات"(الموجودة على سطح المياه هي أبسط الطرق وأكثرها وضوحا ل "رؤية" الأمواج ومع ذلك هناك العديد من أنواع الموجات المختلفة التي تتبع نفس المبدأ ولكن لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

السمات الرئيسية

يمكن وصف جميع الموجات بثلاث سمات:

- السعة: وتتطابق مع ارتفاع الموجة
- الطول الموجي: يقيس المسافة بين موجتين
- التردد: يعكس عدد الموجات في الثانية)يعبر عنه بالهرتز، ويتناسب عكسيا مع طول الموجة)

هذه هي الخصائص التي تميز الموجات وتمنحها نطاق واسع من حيث الاستخدامات.



نظرا لأننا نتواصل عن طريق الصوت وتنظيم الأمواج الميكانيكية المنبعثة من الحبال الصوتية، كان كبار علماء الفيزياء مثل هيرتز، وتسلا، وبرانلي، وماركوني يدركون أنه كان من الممكن استخدام الموجات الكهرومغناطيسية لنقل المعلومات عن طريق الهواء.

في نهاية القرن التاسع عشر أدى فهم الكهرومغناطيسية إلى المعرفة الجيدة الكهرباء، اصطناعية للمجال الكهرومغناطيسي)أو FME(.التي أسكنت حياتنا اليومية بمصادر

نطاق منفرد: موجات راديو

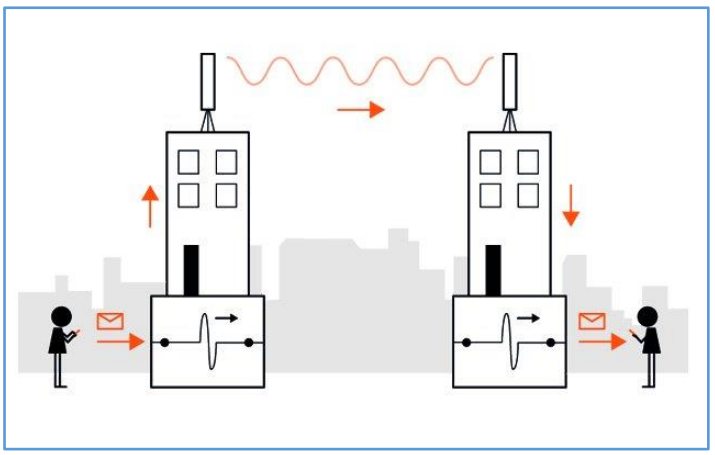
على الرغم من استخدام العديد من الأنواع المختلفة للمجالات الكهرومغناطيسية لنقل المعلومات عبر المسافات، إلا أن أكثرها شيوعا هي موجات الراديو التي تسمى أيضا بترددات الراديو، فهذه عبارة عن طيف واسع يتراوح من عشرات الكيلوهرتز إلى 300 جيجاهرتز، وداخل هذا الطيف، يتم تخصيص نطاقات التردد لكل استخدام، ويهدف هذا التوزيع إلى ضمان كفاءة الخدمة لكل مستخدم وتفادي أي تشويش في الإرسال

والاتصال وتجنب تعطيل اتصالات الشرطة أو فرق الإطفاء عن طريق جهاز الاتصال اللاسلكي الخاص بشخص ما على سبيل المثال.

لقد كانت المعرفة الجيدة بموجات الراديو سببا لإيجاد "الإرسال اللاسلكي" ثم الإذاعة والتلفزيون والأشكال الحديثة للاتصالات السلكية واللاسلكية مثل مرسلات الإذاعة والتلفزيون، ووصلات الأقمار الصناعية، وشبكات النظام العالمي للاتصالات المتنقلة .

كيف تحمل موجات الراديو المعلومات؟

المبدأ الأساسي بسيط، ففي أحد الطرفين يقوم جهاز إرسال "بترميز" أو تنظيم الرسائل من خلال تغيير السعة أو تردد الموجة، قليلا مثل رمز مورس، وفي الطرف الآخر يقوم جهاز استقبال مضبوط على نفس الموجة بالتقاط الإشارة وترجمتها" إلى الشكل المطلوب: أصوات أو صور أو بيانات أو غيرها،"
وتعتمد جميع أنظمة الاتصالات اللاسلكية، بدءا من مراقبة المنزل عن بعد وحتى القمر الصناعي، على هذا المبدأ، وذلك على الرغم من أن التقنيات التي تزداد تعقيداً ستخدم بالطبع لترميز هذه الإشارات الكهرومغناطيسية أو تحسين جودتها أو زيادة كمية المعلومات أو جعل عملية النقل آمنة.



الأنواع المختلفة للموجات

في حين أن جميع الموجات تتمسك بمبدأ "نقل الطاقة دون نقل المادة"، فإن أشكال الموجة تشكل عائلة واسعة من الأشكال التي يمكن من خلالها تحديد أنواع ذات خصائص فيزيائية متنوعة.

هناك فئتان واسعتان من الموجات على وجه التحديد: الفئة الأولى هي الموجات الميكانيكية التي يجب أن تمر من خلال مادة
فيزيائية كي تنتشر، والفئة الثانية هي الموجات الكهرومغناطيسية والتي لا تعد ضرورية للقيام بذلك.

في حين أن جميع الموجات تتمسك بمبدأ "نقل الطاقة دون نقل المادة"، فإن أشكال الموجة تشكل عائلة واسعة من الأشكال
التي يمكن من خلالها تحديد أنواع ذات خصائص فيزيائية متنوعة، وهناك فئتان واسعتان من الموجات على وجه التحديد:
الفئة الأولى هي الموجات الميكانيكية التي يجب أن تمر من خلال مادة فيزيائية كي تنتشر، والفئة الثانية هي الموجات
الكهرومغناطيسية والتي لا تعد ضرورية للقيام بذلك، أما الموجات الميكانيكية والصوتية يمكن أن تحدث من خلال النقر
بالأصبع على زاوية الطاولة لخلق الموجات الميكانيكية التي تنتشر في الهواء)صوت النقر(وفي الطاولة)الاهتزازات(،
وتعد موجات المياه مثالا آخرا، وتبدأ من التموجات التي تحدث في بركة المياه حتى موجات المد والجزر، كما أن الموجات
الزلزالية تنتمي إلى هذه الفئة؛ حيث تنشأ عن الصدمات الجيولوجية العميقة وتنتشر خلال القشرة الأرضية، وفي الطرف
الآخر من المقياس وبالضغط على الشريط المطاطي المشدود فإن الشريط يهتز ويولد موجات ميكانيكية تتحرك خلال
المطاط.
إلا أن الموجة الصوتية هي أكثر الموجات شمولية؛ فهي الموجة الناتجة عن الاهتزاز الميكانيكي للمادة وتنتقل عن طريق
الهواء أو الماء، كما أنها سهلة الاستخدام والتعديل، فإذا ما صدر كلام أو صراخ أو همس في اتجاه معين، فإن كل نبرة
صوت ستغير طول الموجة وسعة الصوت وترددها.

المجالات الكهرومغناطيسية

تشكل الموجات الكهرومغناطيسية)المعروفة أيضا FME(فئة متنوعة يمكن تصنيفها باسم المجالات الكهرومغناطيسية أو
حسب نطاقات التردد: ويعرف ذلك باسم "الطيف" الكهرومغناطيسي، ويمتد من أدنى الترددات)مثل خطوط الكهرباء(إلى
أعلى الترددات)الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة جاما(، وبين هذا وذاك توجد موجات الراديو)أو ترددات
الراديو(الطبيعية والتي تستخدم في الاتصالات وبطبيعة الحال في الضوء، فكل شيء تراه أعيننا ينتقل عن طريق المجالات
الكهرومغناطيسية، وترددة - أو لونه - يتوافق مع نطاق "مرئي" من الطيف.
فما الذي يميز المجالات الكهرومغناطيسية عن الموجات الصوتية؟ المجالات الكهرومغناطيسية لا تتطلب أي وسيلة للتحرك
بسرعة عالية جدا عبر مسافات شاسعة)مثل ضوء النجوم(، أو السفر عبر الفضاء الخالي أو المرور من خلال مواد معينة.

لا تخلط بين الموجات المؤينة وغير المؤينة:

يعكس تردد الموجة أيضا كمية الطاقة التي يمكن أن تحملها، ففي الترددات العالية

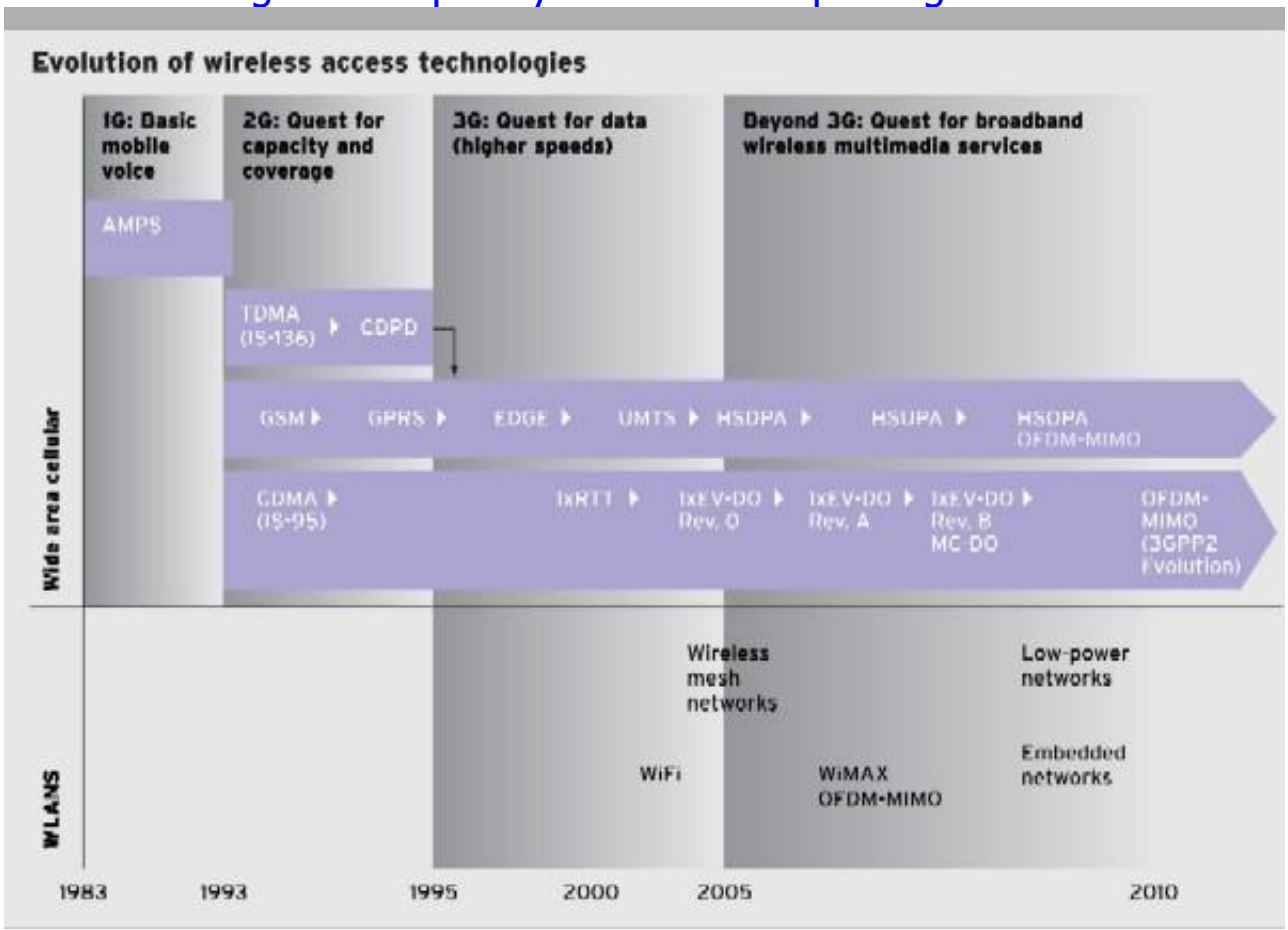
جدا، أي أعلى بكثير من الطيف المرئي،
تكون كمية الطاقة هذه ذات أهمية لأنها قد تعدل هيكل المادة التي تمر من خلالها،
فعلى سبيل المثال، عن طريق تغيير
جزيء وإطلاق إلكترون من ذرة وتحويله إلى أيون، وهذه الفئة المعروفة باسم "الإشعاع
المؤين" خطيرة على الصحة في
حالة التعرض لها لفترات طويلة، ولهذا السبب ينصح بعدم قضاء وقت طويل في أجهزة
الدبغ التي تعمل بالأشعة فوق
البنفسجية، كما يُنصح العاملين في مجال الأشعة الطبية بالاحتماء وراء الدروع الواقية
من الأشعة السينية وارتداء مآزر
الرصاص، وعلى العكس فإن جميع الموجات الأقل من الطيف المرئي)خاصة أمواج
الراديو(لا تحمل ما يكفي من الطاقة
.لكسر رابط ذري أو جزيئي

كثرة الاستخدامات

:لكل نطاق من النطاقات الترددية المختلفة تطبيقاته الخاصة، بما في ذلك ما يلي
تُستخدم الترددات المنخفضة والمنخفضة جدا)الأقل من 50 كيلو هرتز(في بعض
الاتصالات التي تجرى تحت الماء
المائية(أو في الكشف عن المعادن، وتنبعث من خطوط نقل الكهرباء، أما ترددات (
الراديو التي تتراوح من 100 كيلو
هرتز إلى 300 جيجا هرتز فإنها تعد مناسبة للاتصالات السلكية واللاسلكية مثل:
الإذاعة والتلفزيون والرادار والاتصالات
الهاتفية اللاسلكية والهواتف المحمولة والواي فاي وغيرها، وتستخدم موجات الأشعة
تحت الحمراء في أجهزة التحكم عن
بعد ومعدات الرؤية الليلية وبعض الأجهزة مثل مصابيح حاضنات التربية، كما أن الإشعاع
المؤين له استخداماته، ولكن
بشرط اتخاذ إجراءات أمنية مشددة جدا، وهكذا تكمن الأشعة فوق البنفسجية وراء
الاستخدامات المختلفة مثل أجهزة الدبغ
وأجهزة الكشف عن الأوراق النقدية المزورة وأجهزة تسلسل الحمض النووي، وفي
نطاق الأشعة فوق البنفسجية الأعلى تتم
عملية الانتقال من الإشعاع غير المؤين إلى الإشعاع المؤين، ومن الممكن، وفقا لقواعد
سلامة خاصة، أن يكون الإشعاع
المؤين مفيدا، وتستخدم الأشعة السينية للتنظير التألقي الطبي ومن أجل أمن الأماكن
)العامة)الماسحات الضوئية للأمتعة
وفي الصناعة، خاصة لفحص قطع المعادن مثل ريش التوربينات النفاثة، وأخيرا، يمكن
القول بأن أشعة جاما لها العديد من
.)الاستخدامات الطبية في التشخيص)التصوير الومضاني(والعلاج)العلاج الإشعاعي

تقنية OFDM

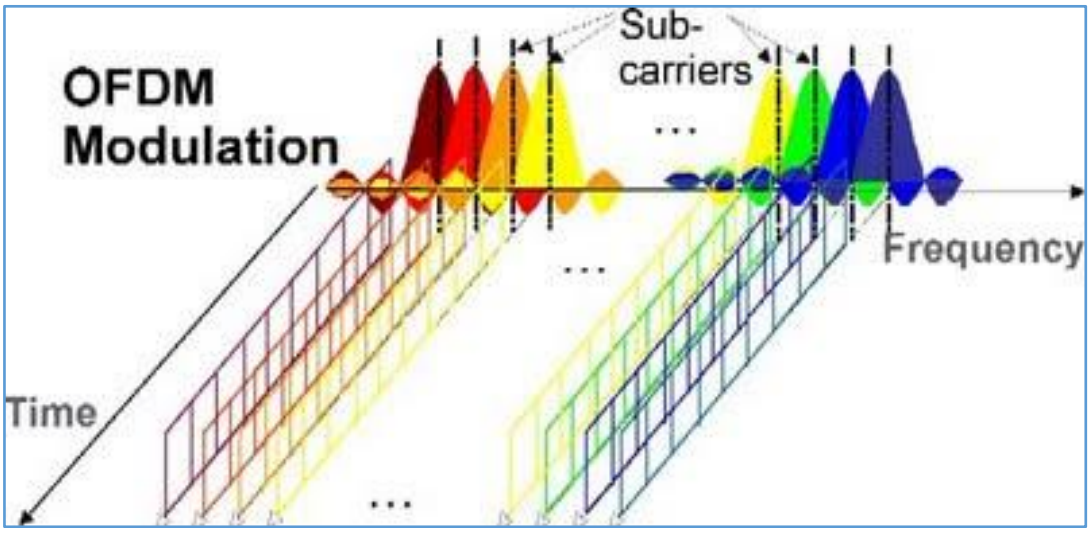
Orthogonal frequency division multiplexing



هى احدى التقنيات المستخدمة فى انظمة الاتصالات وهى تقنية تم استخدامها منذ عام 1970 ولكنها لم تستخدم على نطاق واسع بسبب ان هذه التقنية كانت تحتاج الى امكانيات باهظة الثمن كما انه كان هناك صعوبة حينذاك فى استخدامها على نطاق واسع .

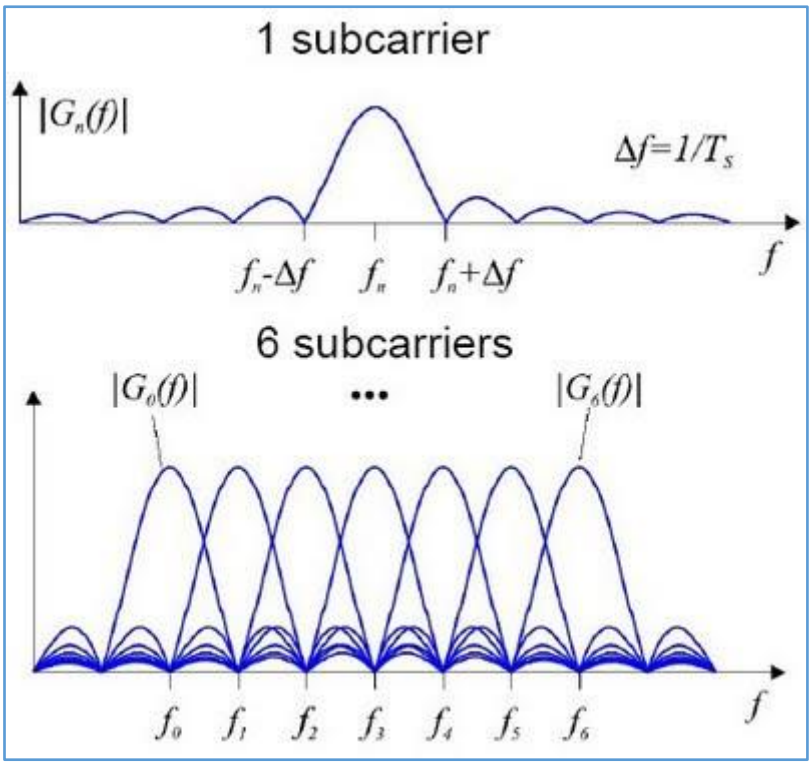
هناك عدة تقنيات مستخدمة فى انظمة الاتصالات سواء لتقسيم الباندويدث او لتقسيم القنوات Channels وعرفنا ماذا يفعل كل نوع وكيفية استخدامه مع أنظمة الاتصالات المختلفة بداية من الجيل الثانى GSM .

بسبب المشاكل التى كانت تقابل الا شارة مع التقنيات السابقة وايضا بسبب زيادة عدد المستخدمين كان لابد من ايجاد طريقة لمحاولة التغلب او التقليل من هذه المشاكل كما انه هناك احتياج شديد لزيادة معدل نقل البيانات فى ظل هذا التطور الرهيب فى عالم الاتصالات وبداية الاعتماد عليه فى نقل القنوات الفضائية والانترنت , ولذلك بعد تفكير اكتشف العلماء والمهندسين انه اذا تعامد اشاراتين فانهما سيكون أبعد مايمكن عن بعضهما البعض ولذلك تم السماح بتقاطع وليس تداخل الاشاراتين sub-carriers وبالتالى سيكونا متعامدين اذا كان حاصل ضرب تكاملهما مساويا للصفر .



لقد استخدمت تقنية OFDM في السابق في نقل المعلومات على قنوات FM، وفي البث الإذاعي الرقمي (AB)، والبث التلفزيوني الرقمي المحلي (DVB-T) وأيضاً على خطوط ADSL. اما الآن فهى تستخدم على نطاق واسع خاصة فى انظمة الاتصالات الخلوية والاسلكية خاصة الجيل الرابع منهما مثل LTE & WiMAX .

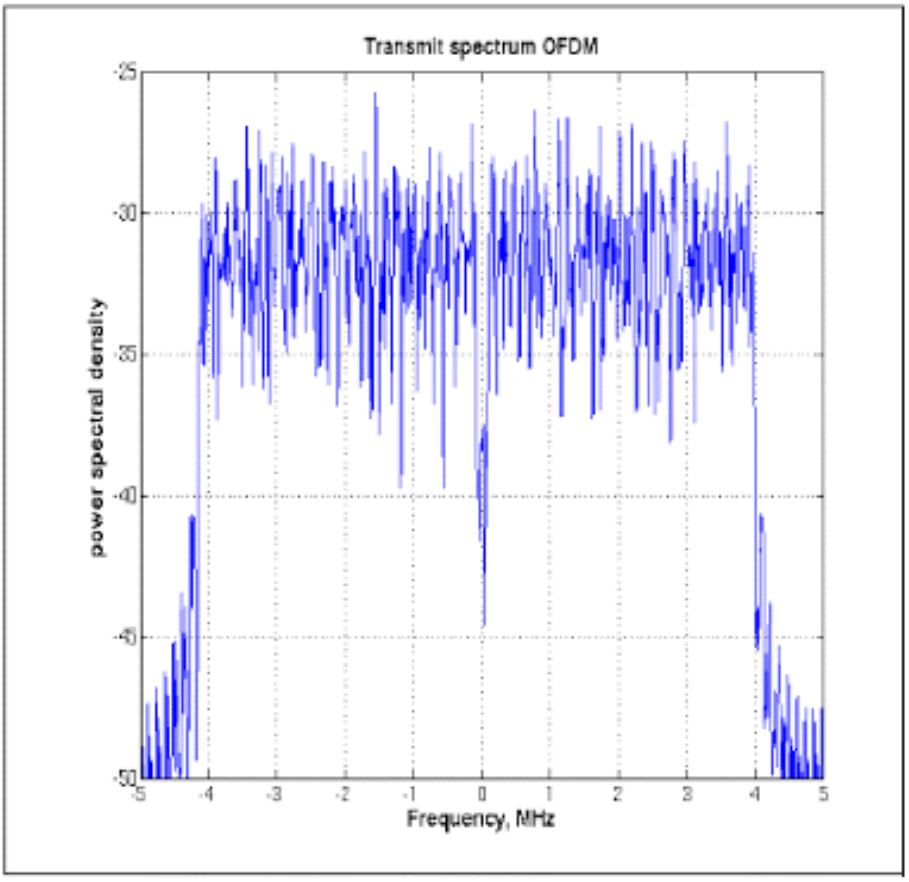
و حيث أن الإشارات المستخدمة في هذه التقنية هي اشارات رقمية فإنه كان لابد من استخدام تقنيات التضمين الرقمي قبل أن يتم التعامل مع الإشارة بهذه التقنية و قد تم استخدام تقنيات تضمين BPSK , quadrature phase-shift phase-shift keying QPSK , quadrature amplitude modulation QAM بالنسبة للمستخدمين Subcarriers فانه يتم توزيعهم عن طريق اسخدام (Inverse Fast Fourier Transform) IFFT وايضا باستخدام DFT ولذلك يتم تضمين جميع المستخدمين على قناة واحدة مما يضمن وصول الاشارة فى وقت واحد ودون حدوث اى تداخل واذا شعر المستقبل بأنه يوجد فقد فى الاشارة فانه سيسطتيع تحديدها بسهولة ومحاولة طلبها مرة أخرىوحيث حافظت على سرعة نقل البيانات والتى وصلت إلى MBps54 .



هناك أنواع مختلفة تم تطويرها من هذه التقنية مثل OFDMA وايضا هناك التقنية الجديدة التى تستخدم فى Up-Link فى الجيل الرابع من الاتصالات الخلوية LTE وهى تسمى SC-FDMA .

مميزات تقنية OFDM :

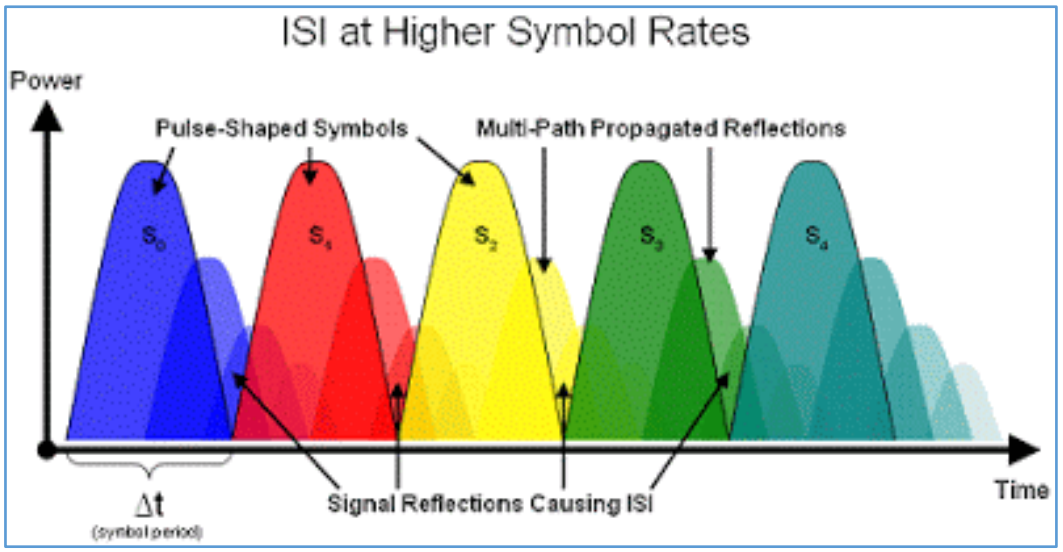
1- تكون الكفاءة عالية جدا حيث أنها تستخدم كل band .
2- تعمل في الحزمة الترددية الراديوية GHz5.2 التي تملك تداخل أقل مع ألأجهزة الأخرى وبالتالي نحصل على سرعة كبيرة جدا لنقل المعطيات تصل لأكثر من Mbps 54
3- يقلل من ما يسمى بالخبو في الترددات العليا يسمى fading
4- تستخدم channel coding بحيث نكون قادرين على استرداد symbol المفقود
5- عملية التصحيح equalization تكون أسهل
6- تمنع حدوث ISI وهو عملية حدوث تداخل في Symbol نفسه
7- يعطي مناعة قوية حتى لا يتم interfering
8- لا تتأثر ب sample time يعني ليس لها حساسية للـ time عكس للـ single carrier
9- لا يحدث تفلطح dispersion ل symbol
10- تعطي مناعة قوية ضد الضوضاء robustness against impulse noise
11- القضاء على delay
12- إن وصلات NLOS معرضة لتشتيت قنوات الاتصال بسبب المسارات المختلفة التي قد تتخذها الإشارة خلال محاولتها تجاوز العقبات. فالإشارات غير المتزامنة قد تشوش على بعضها على البعض. أما تقنية OFDM الذكية فهي تبيح إجراء عمليات فورية لفك تعديل الإشارة, الأمر الذي يسمح بالتالي بالتقاط الإشارات حتى في أصعب الظروف الجوية والبيئية.



(b)

مشاكل OFDM:-

1- حساسة جدا للـ offset frequency يعني نكون دقيقين باختيار carrier frequency offset
2- لها noise لذلك نحتاج إلى amplifier له Power عالية جدا
3- عملية للـ synchronize
4- يحدث ضعف Attenuation يعني ضعف للإشارة ألمستقبله
5- - ظاهرة تداخل الرموز و التي يرمز لها ب ISI وهي ظاهرة تحدث نتيجة تفلطح طرفين symbol حيث يؤدي إلى زيادة في الـband المخصص لهذا الرمز وتسمى عملية التفلطح ب dispersion و هي تؤدي إلى فقد خاصية ل orthogonal فيOFDM وتحدث هذه الظاهرة عند السرعات العالية لمعدل نقلا البيانات .



للتغلب على هذه الظاهرة يترك فترة زمنية بين كل frame يعني نفترض انا ارسلنا frame الاولى من الصوت و الصورة فإننا ننتظر جزء من الوقت حتى نبعث frame الثانية نفترض 0.5 ميكرو ثانية مثلا وهذا يسمى guide time او time band اذا لم نترك أي جزء من band التردد لكن انتظرنا جزء من الوقت حتى نبعث المعلومات اذا عند حدوث تفلطح لطرفين الرمز فسوف يكون هناك فترة زمنية بين كل رمز لذللك لن يتم التداخل و يكون الوقت المتروك اكبر من التفلطح المتوقع حدوثه large than the expected delay spread