



اسم المادة : اتصالات 2

تجمع طلبة كلية التكنولوجيا والعلوم التطبيقية - جامعة القدس المفتوحة

acadeclub.com

وُجد هذا الموقع لتسهيل تعلمنا نحن طلبة كلية التكنولوجيا والعلوم التطبيقية وغيرها من خلال توفير وتجميع **كتب وملخصات وأسئلة سنوات سابقة** للمواد الخاصة بالكلية, بالإضافة لمجموعات خاصة بتواصل الطلاب لكافة المواد:

لِلوصول للموقع مباشرة اضغط **هنا**

وقفكم الله في دراستكم وأعانكم عليها ولا تنسوا فلسطين من الدعاء

تلخيص الوحدة الأولى

مقدمة ومفاهيم أساسية في الاتصالات الرقمية

مفهوم نظم الاتصالات :

- التطور التاريخي : بداية الثمانينات وبعد التطور الكبير في أنظمة الالكترونيات ظهرت تكنولوجيا جديدة تعتمد على نقل المعلومة باستخدام أنظمة رقمية .
حيث اعتمد هذا النظام بشكل أساسي على مبدأ التلغراف القديم حيث كان يتم تركيب المعلومات على شكل نبضات قصيرة أو طويلة ويقوم المستقبل بتلقي هذا الإشارات وتحويلها إلى حروف وأرقام حسب كود متفق عليه ، من هذا المنطق بدأت سلسلة كبيرة من التطورات على هذا النظام لكي تلبي حاجات الإنسان وساعد هذا التطور في ظهور أنظمة جديدة مثل نظام الشبكات الذكية والأجهزة الالكترونية الدقيقة والتطور في مكوناتها مما ساعد في تخفيض تكلفة أنظمة الاتصالات و وصولها بكل يسر وبفضل هذا التطور الهائل أصبح العالم عبارة عن قرية صغيرة بفضل هذه التكنولوجيا بحيث يمكن سماع ومشاهدة أي خبر في أي مكان من العالم .

• يتكون العلم الحديث من عدة مواضيع أساسية أهمها:

- أ- نظام الاتصال : الذي يقسم الى:
أقسام نظام الاتصال الرئيسية .
المرسل :مصدر المعلومة
المستقبل : الجهة التي ستصل اليها المعلومة سواء كانت آلة أو إنسان .
قناة الاتصال: هي الوسط الذي ستمر به المعلومة خلال انتقالها بين المرسل والمستقبل .
 - ب- إشارة المعلومات : وتقسم الى نوعين :إشارة معلومات تماثلية وإشارة معلومات رقمية ،
حاليا يفضل استخدام الاشارات الرقمية كومننها الأفضل من ناحية المعالجة .
 - ت- تعديل الإشارة (modulation) هو تكيف إشارة المعلومات وتغير شكلها باستخدام إشارة اخرى تسمى الحامل تسهل عملية نقل اشارة المعلومات بحيث تتمكن من قطع المسافة بين المرسل والمستقبل خلال قناة الاتصال .
- ويعتمد نوع التعديل بشكل أساسي على نوع الإشارة سواء كانت تماثلية أو رقمية .

- تعريف الاتصالات الرقمية :

- هي أنظمة الاتصال التي تعمل حسب النظام الثنائي .
يمتاز هذا النوع من الاتصالات بجودته العالية ودقة نقل المعلومات فيه مقارنة بنظام الاتصالات التماثلية . حيث أن التعامل مع النظام الثنائي يقلل من تأثير الإشارة بالضجيج الناجم عن الإشارات غير المرغوب بها التي تتواجد في الطبيعة نتيجة العوامل المختلفة . وذلك لان الإشارات في النظام الثنائي تحسب عند استشعار النبضة أو عدم استشعارها بدون التركيز على الإضافات الحاصلة على الإشارة نتيجة الضجيج
تقاس جودة الاتصال في الاتصالات الرقمية بنسبة تسمى بمعدل حدوث الخطأ (Rate Bit Error) أو يرمز له اختصارا بـ BER وهي النسبة ما بين كمية البيانات التي

حصل بهل خطأ عند الاستقبال مقارنة مع كمية البيانات المرسله وكما كانت هذه النسبة أقل كما كانت جودة نظام الاتصال أعلى .

ما الفرق بين الاتصالات التماثلية والرقمية :

الإشارات الالكترونية بشكل عام هي عبارة عن كميات تتغير بتغير الزمن (quantities time-varying) عادة ما يكون الجهد والتيار (voltage or current).
الاتصالات الرقمية : هي الانظمة التي يكون فيها قيم الاشارة المرسله او المستقبلة على شكل موجات تماثلية من امثلتها اشارات الراديو ، والتلفزيون التماثلي . كانت الاتصالات التماثلية من اولى الطلاق التي استعملت في أنظمة الاتصالات الحديثة واليـث .
الاتصالات الرقمية : عي أنظمة الاتصالات التي تتعامل بمبدأ الاشارات الرقمية وهي 0 او 1 وتتصف بجودتها العالية حيث ان نسبة الضجيج فيها صغيرة ومن امثلتها التلفزيون الرقمي ، اتصالات الأقمار الصناعية ، معلومات الحاسوب . ويتم انشاء الاشارات الرقمية عن طريق تقطيع الإشارات التماثلية الى أجزاء كل جزء يمثل مجموعة من 0 , 1 .

• مزايا وعيوب الاتصالات الرقمية :

- 1- إمكانية إعادة توليد الإشارة .
- 2- إمكانية استخدام أنظمة الترميز للتحكم في الخطأ (Error Control Coding).
- 3- إمكانية استخدام أنظمة التشفير لضمان سرية البيانات وعدم القدرة على فهمها إلا ممن يملك مفتاح التشفير .
- 4- إمكانية الضغط والتخزين حيث يتيح تشكيل البيانات بصورتها الرياضية تخزين هذه البيانات في صورة بيانات رقمية في ذاكرة الحاسوب .
- 5- يتيح التكامل ما بين جهاز الارسال والاستقبال في الاتصالات الرقمية الحصول على فوائد كثيرة ويحسن من جودة البيانات المستقبلية .
- 6- يتميز نظام الاتصال الرقمي بالنشاط والقوة التي تجعل الاتصال مؤسساً ومصاناً كوحدة متكاملة عالية الجودة .
- 7- تتميز الشبكة الرقمية يقدر عال من الذكاء حيث يمكن ان يصمم النظام الرقمي لكي يراقب تغير وضع القناة .
- 8- تتميز الشبكة الرقمية بالمرونة حيث تخضع النظم الرقمية عادة للتحكم من جانب برامج الحاسوب مما يسمح بتحقيق قدر عال من جودة الاستخدام .
- 9- يتميز نظام الاتصال الرقمي بالشمول حيث يسمح النظام الرقمي بنقل البيانات في شكل نصوص وصوت وصورة ورسم بقدرة عال من الدقة .

عيوب الاتصالات الرقمية :

- 1- تتطلب عرض حزمة ترددية أوسع من الانظمة التماثلية (مثلاً: المكالمات الهاتفية التماثلية الواحد تتطلب 4KHz بينما تتطلب المكالمات الهاتفية الرقمية الواحدة 6Kb/s).
- 2- يحتاج الى نظام تزامن (Synchronization) للتنسيق ما بين المرسل والمستقبل .

- ٣- يحتاج إلى تحويل الإشارات التماثلية الرقمية قبل إرسالها عبر النظام الرقمي حيث أن أغلب مصادر توليد الإشارة هي مصادر تماثلية .
- ٤- عدم المواءمة مع الأنظمة التماثلية الموجودة .

- المعوقات والعوامل التي تؤثر في جودة الاتصال الرقمي :

١- الضجيج Noise: هو مجموعة الإشارات الغير مرغوب فيها تؤثر سلبا على استقبال الإشارة المرسله .

الضجيج و مصادره في الأجهزة الالكترونية :

أ- الضجيج الحراري Thermal Noise: يظهر في المقاومات بمفهومها العريض اذ تخضع الالكترونات في ناقل إلى حركات عشوائية وهي تنتج تغيرا في الجهد على طرفي الناقل، وتولد هذه الظاهرة جهدا عشوائيا ايضا يدعى جهد الضجيج .

تتناسب فيه الفعالية طردا مع الجذر التربيعي لحزمة التمرير المعتبرة ومع المقاومة الكهربائية للناقل ومع الحرارة.

ويعد الضجيج الابيض احد نماذج الضجيج الاكثر شيوعا ، ويتميز بكثافة طيفية للاستطاعة ثابتة ضمن حزمة الترددات المعنية (الضجيج المؤذي).

ب- الضجيج الطلق shot Noise: هو ضجيج ابيض وله توزيع بواسون يظهر في منابع التيار الالكتروني (ديودات وترانزستورات وصمامات) اذ يختلف عدد الالكترونات والثقوب التي تشارك في نقل بصورة عشوائية بالرغم من ان القيمة الوسطية لهذا العدد ثابتة وتتعلق بالمادة وبالتيار المار وينتج من ذلك تغير عشوائي في التيار تتناسب قيمة الفعالية طردا مع الجذر التربيعي للتيار المار في الناقل .

ت- الضجيج الارتعاشي Flicker Noise: ضجيج وردي وله توزيع بواسون، يظهر في الترانزستورات والصمامات حيث يكون لبعض المركبات الالكترونية من اصناف النواقل ارتباط طيفي في الترددات المنخفضة يتناسب عكسيا مع التردد ويعود سببه الى ظواهر سطحية ويتعلق بالتكنولوجيا المستخدمة .

وتجدر الاشارات الى وجود انواع اخرى اقل أهمية مثل ضجيج التفرق في الصمامات المتعددة المساري وضجيج التوليد والاتحاد والضجيج الدقيقي في انصاف النواقل .

وتقسم مصادر الضجيج الى نوعين :

الضجيج الخارجى الناجم عن مصادر إشعاع طبيعية ،والضجيج الداخلى الذي تولده مكونات تجهيزات الاستقبال أما المساهمات الناجمة عن مصادر إرسال أخرى غير مرغوبة فببطلق عليها تداخلات .

٢- الاضمحلال : الاضمحلال او الخفوت واسع النطاق تسببه عدة عوامل منها ضياع الانتشار (losses Propagation) ، ضياع الهوائي (Antenna losses) و ضياع المرشح (Filter losses) . أن متوسط الإشارة المستقبلية يتناقص بشكل لوغارتمي مع المسافة (بين المرسل والمستقبل) والعامل اللوغارتمي (logarithmic)

(factor) أو كسب المسار الأسّي (Path gain exponent) ويعتمد على وسط الانتشار وعلى وسط الانتشار وعلى البيئة بين المرسل والمستقبل .

٣- التشويه Distortion: التشويه هو تغير الشكل الأصلي أو سمة أخرى للإشارة وبالأخص تغير شكل الموجة الإشارة البيانات الرقمية مثل إشارة سمعية تمثيل صوتا أو إشارة فيديو تمثيل صورا في جهاز الكتروني أو قناة اتصال . التشويه هو ظاهرة فيزيائية غير مرغوب فيها كونها تؤثر سلبا على جودة وكفاءة الاتصال وبالتالي يسعى المصممون الى القضاء عليه أو التقليل منه ولا تعتبر إضافة الضجيج أو أي اشارات خارجية اخرى تشويها على الرغم من ان تأثيرات التسوية الكمي تدري احيانا كضجيج يسمى مقياس الجودة الذي يعكس كا من الضجيج والتسوية هو نسبة الإشارة الى الضجيج التشويه .
أنواع التسوية :

١- تسوية السعة Amplitude distortion: هو تسويه في النظام أو احد الانظمة الفرعية عندما لا تكون الإشارة الخارجة من النظام تتبع دالة خطية لاتساع الإشارة الداخلة للنظام في ظل ظروف محددة .

٢- التشويه التوافقي Harmonic distortion: هو التسوية الذي يضيف ترددات اضافية تكون على شكل مضاعفات عدد صحيح من ترددات الموجة الصوتية .
٣- تشويه استجابة التردد Frequency responde distortion: استجابة التردد غير المسطحة هي شكل من اشكال التشويه الذي يحدث عندما يتم تضخيم مختلفة بمقادير مختلفة ف مرشح .

٤- تشويه الطور Phase Distortion: يحدث هذا الشكل من التشويه في الغالب بسبب التفاعل الكهربائي . لا يتم تضخيم جميع مكونات إشارة الدخل في نفس درجة الازاحة في الطور وبالتالي تكون بعض أجزاء الإشارة الخارجة من النظام غير متزامنة مع بقية الاجزاء .

- التداخل بين الرموز Intersymbol Interference (ISI): يكون التداخل بين الرمز (ISI) شكلا من اشكال التشويه عندما يتداخل فيها رمز واحد مع الرمز اللاحقة بسبب وصول اكثر من نسخة من الإشارة في اوقات زمنية مختلفة نتيجة سلوك عدة مسارات تختلف في طولها. هذه ظاهرة غير مرغوب فيها حيث أن الرمز السابقة يتم جمعها مع الإشارة الاصلية نتيجة وصولها في نفس الوقت مما يجعل الاتصال اقل جودة ويؤدي انتشار النبضة الى ما بعد الفاصل الزمني الى ما بعد الفاصل الزمني المخصص لها الى التداخل مع النبضات المجاورة .
ان حدوث ظاهرة ISI في نظام يحدث أخطاء في جهاز تحديد حالة النبضة ان كانت 0,1 في جهاز الارسل للتخلص من هذه الظاهرة يتم تصميم مرشحات الارسل والاستقبال بهدف التقليل الى أدنى حد من آثار ISI ومن ارسل البيانات الرقمية الى وجهتها واستقبالها بأقل معدل خطأ ممكن .

قنوات الاتصال :

يشير مصطلح قناة الاتصال (Communication Channel) الى وسط النقل الفيزيائي لكل قناة سعة لنقل المعلومات وتقاس هذه السعة بعرض نطاق القناة باستخدام وحدة الهرتز أو بمعدل نقل المعطيات باستخدام وحدة البت في الثانية .
يمكن نمذجة قناة الاتصال من خلال حساب المعاملات الفيزيائية التي تؤثر على الإشارة المنقولة عبرها بحسب نظرية المعلومات فإن أبسط نموذج لقناة الاتصال هو قناة الاتصال عديمة الذاكرة (Memory-less). في هذه القناة وفي أي لحظة زمنية فإن خرج القناة لايربط الا بدخلها فقط .
تتكون نماذج قنوات الاتصال اما نماذج مستمرة بالنسبة للزمن (Continuous-Time Model) عمليا تصنف النماذج ذات القنوات المستمرة مع الزمن الاشارات التماثلية أما ذات النماذج المتقطعة فتستخدم لوصف الاشارات الرقمية .

نماذج القناة الرقمية :

في نموذج القناة الرقمية يجري نمذجة الرسالة على شكل إشارة رقمية بحسب احد بروتوكولات الاتصالات يجب أن يشتمل النموذج محددات قياس الاداء كمعدل النقل ومعدل الخطأ والتأخير وتأرجح التأخير وغيرها .
من الامثلة عن نماذج القناة الرقمية :

- القناة الثنائية المتناظرة (Binary Symmetric Channel BSC)، وهي قناة متقطعة عديمة الذاكرة مع قيمة محددة لاحتمال الخطأ .
 - القناة الثنائية ذات الضجيج الرشقي (Binary Burst-Noise Channel)، وهي قناة متقطعة ذات ذاكرة .
 - قناة المحو الثنائية (BEC) هي قناة متقطعة مع احتمال محدد لخطأ البت.
 - قناة التفاف
- وت العشوائي (Arbitrarily Varying Channel aVC)، وهي قناة متقطعة ذات حالة ولوك متغيران بشكل عشوائي .

نماذج القناة التماثلية

في نموذج القناة التماثلية يتم نمذجة الرسالة كإشارة تماثلية . قد يكون النموذج خطياً أو غير خطي، مستمراً أو متقطعاً زمنياً عديم الذاكرة أو بذاكرة كما يغطي نموذج القناة التماثلية نطاق الترددات الخاص بالقناة ، فقد يكون النموذج لقناة النطاق الاساسي (Baseband) أو لقناة عريضة الحزمة (Broadband). أو لنطاق حزمة التمرير (Passband).

من أهم النماذج الخاصة بالقناة التماثلية :

بحسب نظرية المعلومات ، فإن معدل النقل في قناة الاتصال يتبع بشكل مباشر لنسبة الإشارة الى الضجيج (SNR) في تلك القناة ، فزيادة نسبة الضجيج تؤثر بشكل مباشر على جودة النقل في القناة ان حساب معاملات جودة الخدمة (QoS) الخاصة بنظام الاتصالات كزمن التأخير ومعدل الانتاجية تساعد في قياس أداء القناة.

نماذج الضجيج :

- ١- نموذج القناة ذات الضجيج الجمعي الأبيض الجاوسي (AWGN) وهو نموذج لقناة خطية مستمرة زمنياً عديمة الذاكرة .
- ٢- نموذج الضجيج الطوري.
 - نماذج التدخل الراديوي مثل نموذج التدخل مع القناة المجاورة (Inter-Channel Interference) نماذج التدخل بين الرموز (Inter-symbol interference)
 - نماذج التشوه (Distortion)، ويشمل نماذج تشوه الإشارة أثناء عبورها للقناة وأيضاً نماذج التشوه البيني (inter-Modulation Distortion)
 - نماذج الاستجابة الترددية وتشمل نماذج التضعيف (Attenuation) والإزاحة الطورية (Phase-shifting).
 - نماذج الانتشار (Propagation Model)، مثل نموذج أثر دزبلر ونموذج تخميد رايلي (Rayleigh fading).

نظرية شانون للمعلومات :

يكون لدى نظام اتصالات حد أقصى لمعدل المعلومات C ويعرف بسعة القناة إذا كان معدل نقل المعلومات R أقل من C فإن نقل البيانات في حالة وجود ضجيج يمكن أن يحدث على نحو اعتباطي مع احتمالات خطأ صغيرة باستعمال تقنيات التشفير الذكية . يتعين على المشفر العمل على كتل أطول من بيانات الإشارة للحصول على احتمال خطأ منخفضة . وهذا يستلزم تأخيرات زمنية أطول ومتطلبات حسابية أعلى .

نظرية شانون – هارتلي :

تتصل معادلة شانون – هارتلي بالسعة القصوى (معدل بتات الإرسال) التي يمكن الحصول عليها عبر قناة معينة ذات خصائص ضجيج وعرض حزمة معين .
تعطى السعة القصوى بالنسبة عن طريق

$$C = B \cdot \log_2(1 + s/n)$$

(c): تعني السعة القصوى للقناة مقياساً بالبت في الثانية وبالأخرى تسمى حد سعة شانون للقناة المعطاة.

(B): هي عرض الحزمة الترددي للقناة بالهيرتز.

(S): هي قدرة الإشارة بالواط

(N): هي قدرة الضجيج وتقاس بالواط أيضاً

يعرف حد سعة شانون للقناة المعطاة وهي سعة الإرسال الأساسية القصوى التي يمكن تحقيقها عبر قناة معطاة أي مجموعة من أي مخطط تشفير أو إرسال أو فك تشفير .

تحدد نسبة الإشارة بالنسبة للضجيج (SNR) مقدار المعلومات التي يمكننا ضغطها في كل رمز مرسل وزيادة نسبة الإشارة بالنسبة للضجيج هي دالة لجودة الإشارة وقوة الإشارة وخصائص القناة .

وتقاس عند الواجهة الأمامية للمستقبل .

تشير نظرية شانون-هارتلي إلى أن الإرسال الذي يقترب من السعة القصوى للقناة مع تقنيات تشفير متقدمة كافية ممكن الحدوث مع نسبة أخطاء صغيرة على نحو اعتباطي ويمكن للمرء أن يفكر بديهيًا أنه بالنسبة لأي نظام اتصالات كما زاد معدل المعلومات سيزداد عدد الأخطاء في الثانية الواحدة أيضاً.

وتعتمد معادلة شانون على مفهومين هامين :

انه من حيث المبدأ يمكن إجراء مقايضة بين نسبة الإشارة بالنسبة للضجيج (SNR) وعرض الحزمة أن سعة المعلومات تعتمد على كل من نسبة الإشارة بالنسبة للضجيج (SNR) وعرض الحزمة.

تلخيص الوحدة الثانية

التعديل النبضي

الإشارات الرقمية :

أخذ العينات (sampling) هي عملية تحويل الإشارة المتصلة إلى مجموعة من القيم الأخوذة من الإشارة التماثلية الأصلية على فترات زمنية متقطعة كأن تختزل عدد القيم اللانهائية التي تتكون منها الإشارة التماثلية الى عدد محدود من القيم . تعتمد الاتصالات الرقمية بشكل أساسي على عملية أخذ العينات وذلك لتوفير حجم النطاق وتمكن معالجة كل إشارة على حدة .

نظرية العينات :

لنكن $S(t)$ إشارة متصلة يراد أخذ عيناتها وبفرض أن أخذ العينات يتم بقياس قيمة الإشارة المتصلة عند كل فترة زمنية T بالثواني والتي تدعى فترة أخذ العينات T_s Sampling period حينئذ تكون الإشارة مأخوذة العينة $S[i]$ معطاة بالعلاقة

$$S[i] = s(iT_s), \quad i=0,1,2,\dots$$

الإشارات الرقمية :

ويكون معدل أخ العينات Sampling rate (f_s) معرفا بأنة عدد العينات المأخوذة في الثانية الواحدة $f_s = 1/T$ ويقاس بالهيرتز Hz أو عينة في الثانية .

ويجب أن تكون معدل أخذ العينات لا يقل عن ضعف تردد إشارة المعلومات $f_s \geq 2f$

تردد نايكويست : هو الحد الأدنى لمعدل اخذ العينات .

مثال : لنفرض اننا بصدد ارسال الإشارة التماثلية من الواضح أن هذه الإشارة تحتوي على تردد واحد هـ 10Hz . أي ان معدل أخذ العينات يجب ان لا يقل عن ضعف هذا الرقم أي :

$$f_s = 2f = 2 \times 10 = 20 \text{ sample / sec}$$

أي ان فترة أخذ العينات تكون بحدها الاعلى $T_s = 1/f_s = 1/20 = 0.05 \text{ sec}$

• تأثير عملية اخذ العينات على التردد :

بما أن الطيف للإشارة المنفصلة دوري الفترة f_s (بمعنى أن $S_f(f) = S_F(f + f_s)$ أي ما يعادل تواتر أخذ العينات وكل ما نحتاج إلى النظر فيه هـ $S_F(f)$ في وسط الفترة $f_s / 2 < f < f_s / 2$ افترض أن مكون التردد الأعلى الوارد في الإشارة هو f_{max} فإنه من الممكن إعادة بناء $S(f)$ إذا توفر الشرط $f_s / 2 > f_{max}$.

إذا تحقق الشرط بأن $f/2 > f_{max}$ ، فإن النسخ الدوري $S(f)$ الموجودة ضمن منظومة $S_f(f)$ تكون منفصلة ويمكن استرجاعها بسهولة بواسطة مرشح ترددات منخفضة . أم إذا لم يتحقق الشرط $f_s/2 > f_{max}$ فإننا سنواجه تداخلات لا تتيح وجود نسخة من $S(f)$ منفصلة عن باقي النسخ الدورية وبالتالي لا يمكن الحصول عليها بدون تداخلات .

• المحور التماثلي -الرقمي (ADC) Analog-to-digital converter :

هو عبارة عن وحدة الكترونية تقوم بتحويل الإشارات الكهربائية التماثلية الى رقمية حيث يكون هذا الخرج الرقمي ثنائي القيمة (قيمة عليا يمثل برقم 1 ، وقيمة صغرى يمثل برقم 0) يعمل هذا الجهاز على مبدأ اخذ عينات من الإشارة التماثلية وتكميمها من ثم اعتبارها أرقاماً لنظام العشري تمثل السعة للإشارة التماثلية ومن ثم تحويلها إلى النظام الثنائي .
ومن الأمثلة على هذا المحور : المحول العداد والمحول المتلاحق .

المحول العداد : هو عبارة عن محول يستخدم المحول الرقمي التماثلي DAC في تغذية الخلفية كما يحتوي على عداد تصاعدي حيث ان حجم العداد بنفس حجم المبدل الرقمي التماثلي DAC يعمل العداد ما دام جهد V_{in} اصغر من جهد الخرج لمبدل رقمي تماثلي DAC وبالتالي يستمر بالعد وعندما يصبح اكبر من قيمة خرج المبدل الرقمي التماثلي DAC يكون خرج المقارن صفر ويبقى الخرج الرقمي ثابت
احد سلبيات هذا النوع هو وجود في بنيته مما يؤدي الى وجود زمن تبديل طويل نسبياً حيث ان العداد تصاعدي فعند قيم معينة يجيب التصفير .

المحول المتلاحق : هو محول يحتوي على محول رقمي تماثلي DAC في تغذية الخلفية كما يحتوي أيضا على عداد تصاعدي وتنازلي ولا يعود هذا العداد لصفر أبدا
احد سلبياته انه لا يستطيع العمل عند حدوث تغيرات حديثة في الإشارة لأنه سيحتاج إلى زمن تبديل أطول ويصبح غير فعال عندما تكون الإشارات ذات تغيرات سريعة (أي الإشارات ذات التردد العالي) ، وبالتالي هو فعال عند الإشارات ذات التغيرات البطيئة (أي الإشارات ذات التردد المنخفض) .

• مفهوم التكميم Quantization :

عملية التكميم في عملية تعيين قيم المدخلات من مجموعة كبيرة (غالبا ما تكون مجموعة مستمرة) الي قيم الاخراج في مجموعه اصغر (يمكن حسابها) عمليات التقريب والاقتطاع هي امثلة نموذجية من عمليات التكميم ويعتبر التكميم من اهم الوسائل التي تلعب دورا هاما في نظم الاتصالات الرقمية كونها المدخل الاول لعملية تمثيل الاشارات التماثلية في صرتها الرقمية ويشار الى الفرق بين قيم المدخلات وقيمة الكمية بالخطأ الكمي ويسمى الجهاز او الدالة الخوارزمية التي تقوم بعملية التكميم المكتم كيفية اجراء التكميم Quantize.

كيفية اجراء التكميم :

يتم اخذ وتكميم العينات من موجه الجيب Sine wave لتعديل إشاراتها الى اشارة رقمية وتأخذ العينات بتقطيع الإشارة على أزمنة قصيرة جدا ومنتظمة وتظهر على هيئة نقاط على المحور السيني ومع كل عينة تأخذ إحدى القيم المتغيرة (التي تمثلها النقاط الموزعة على المحور السيني) بناء على خوارزمية معينة وهذا ما يؤدي لتقطيع الإشارة الداخلية بشكل كامل (المنطقة المظلمة)

لأجزاء مفصلة يسهل تشفيرها كبيانات رقمية من أجل تخزينها أو إرسالها فبنسبة لمثال موجة الجيب على اليمين نستطيع التحقق من ان القيم المكمنة عند لحظات التعيين هي 7,9,11,12,13,14,14,15,15,14,14,..... وعند تشفير هذه القيم إلى أرقام ثنائية سنستنتج المجموعة التالية من الكتل ارباعية :

00111 , 1001 , 1011,1100, 1101 , 1110, 1110,1111,1111,1111, 1110

ويمكن فيما بعد معالجة هذه القيم الرقمية او تحويلها بواسطة معالج إشارات رقمي DSP خاص او معالج إشارات عمومي كما يمكن مضاعفة عدة دقات من الإشارات النبضية المعدلة الى تدفقات بيانات مجمعة اكبر حجما وذلك بصفة عامة لنقل عدة تدفقات من خلال رابط مادي (فيزيائي واحد).

• الخطأ الناجم عن التكميم :

خطأ التكميم هو خطأ ناتج عن محاولة تمثيل اشارة تناظرية مستمرة من خلال بيانات رقمية منفصلة . وتنشأ المشكلة عندما تقع القيمة التناظرية التي يتم اخذ عينات منها بين خطوتين رقميتين وعندما يحدث ذلك يجب ان تمثل القيمة التناظرية باقرب قيمة رقمية مما يؤدي إلى خطأ طفيف جدا وبعبارة اخرى فنن الفرق الموجي التناظري المستمر والتمثيل الرقمي على شكل درج هو خطأ تكميم ويظهر خطأ التكميم كضوضاء عرضة النطاق يشار إليها بضوضاء التكميم لحساب كمية خطأ التكميم التي يمكن اعتبارها مقبولة يجب الاخذ بعين الاعتبار نسبة الاشارة الاصلية الى نسبة خطأ التكميم (Signal to Quantization Error Ratio (SNQR) والتالي تعطى المعادلة : $SBQR = P_s/P_Q = 12P_s / \Delta^2$, $\Delta = m_{max} - m_{min} / L$ m_{max} هي القيمة القصوى لسعة الإشارة الأصلية .

m_{min} القيمة الدنيا لسعة الإشارة الأصلية

L هو عدد المستويات .

• طرق التكميم:

١. التكميم المنتظم (Uniform Quantization):

نفرض ان مجال تغير الاشارة المطلوب تكميمها هو من m_{min} إلى m_{max} يقسم هذا المجال إلى مجالات صغيرة عددها L تكون متساوية الطول نأخذ عادة $L = 2^R$ حيث R هو عدد البتات التي نحتاج إليها عند الترميز .

$$R = \log_2(L) = 3.32 \log_{10}(L)$$

ففرضا اذا كان عدد البتات المستخدمة $R=3$ هذا يعني ان عدد المستويات المتوفرة هو

$L=8$ وبالتالي عندنا 8 خيارات من المستويات الرقمية هي 000,

001,010,011,100,101,110,111 وبالتالي فلان أي قيمة من الاشارة الاصلية تقع

مثلا في المستوى الخامس تأخذ الكود الرقمي 100 في عملية استعادة الاشارة الاصلية

في المستقبل ، يتم فرز الكود الرقمي المستقبل الى عدد من البتات بناء على قيمة R

المستعملة في المرسل ويتم تحويل كل كود ثنائي الى قيمة العشرية وتحديد المستوى الذي كان يقع به بناء على نفس الخوارزمية التي تم استعمالها في المرسل .

٢. التكميم الغير منتظم (Non Uniform Quantization):

احيانا تكون القيم القصوى والدنيا لسعة الإشارة الاصلية متباينة الى حد كبير مما يسبب عدم قدرة المكمم المنتظم على إعطاء المستويات حقها في حال تم رفع السعة كثيرا . لهذا السبب يمكن استعمال مكمم غير منتظم يعمل على مبدأ تغير المسافة بين المستويات Δ بشكل غير خطي لضمان إعطاء كل مستوى حقه .

٣. التشفير Line Coding:

يتألف تشفير الخطوط من تمثيل الإشارة الرقمية التي يتعين نقلها ، بواسطة شكل موجة مناسب للخصائص المحددة للقناة المادية (وللمعدات المستقبلية) . ويسمى نمط الجهد المستخدم لتمثيل البيانات الرقمية على وصلة الإرسال بترميز الخط .

• التعديل النبضي code Modulation:

١- تعديل اتساع النبضة Pulse Amplitude Modulation:

هي طريقة لترميز المعلومات في إشارة بتغير سعة النبضات . تتكون الإشارة المرجعية اللامعدلة من قطار مستمر من النبضات الثابتة التردد والمدة والسعة . تتغير سعة النبضات (أثناء التعديل) للدلالة على معلومات المرمزة .

نعد ضرب سلسلة النبضات بالإشارة الأصلية بتغير سعة النبضة ليماشي مع شكل الإشارة الأصلية بعدها يتم إدخال هذه الإشارة على جهاز sample&Hold الذي يقوم بأخذ أول قيمة سعوية من كل من النبضات وتثبيتها على باقي زمن النبضة لنحصل على نبضات مسطحة متوافقة مع ساعات الإشارة الأصلية .

٢- تعديل عرض النبضة (Pulse Width Modulation(PWM):

تعديل عرض النبضة Pulse Width Modulation هي تقنية تسمح بالتحكم بقيمة تماثلية رقميا . بمعنى انه من الممكن استخدامها كمبدل رقمي تماثلي بشكل مختلف . الفكرة تكمن في التحكم بتردد النبضات Pulses في الدورة الواحدة بمعنى انه يتم التبديل بين التردد العالي والتردد المنخفض بسرعة معينة بحيث ان الناتج النهائي يكون قيما بينهم الإشارة الرقمية لها قيمتين كما هو معرف 0, 1 ففي حالة لو كان الجهد 12 فولت مثلا 0=0 فولت و 12=1 فولت بينما الإشارة التماثلية هي قيمة بين الصفر وال 12 فولت

٣- تعديل مكان النبضة (Pulse Position Modulation(PPM):

في نظام PPM، يبقى اتساع وعرض النبضات ثابتا ولكن موضع كل نبضة يتنوع مع اتساع قيمة العينة التي يتم أخذها من إشارة التشكيل . ويتغير موضع النبضات حسب النبضات المرجعية .

ويمكن استخلاص نبضات PPM من نبضات PWM بزيادة جهد التعديل فكلما زاد الجهد كلما انزاحت نبضة ال PPM اكثر حسب الإشارة المرجعية . ويقاس التغير في موقع نبضات PPM بمقدار بعد بداية الناتجة عن بداية النبضة المرجعية الأصلية .

• التعديل النبضي المكدود التفاضلي DPCM:

مفهوم :

هو تشفير اشارة يستخدم نفس مبدأ PCM ولكنه يضيف بعض الوظائف القائمة على التنبؤ بعينات الاشارة . يمكن أن يكون الادخال اشارة تناظرية أو إشارة رقمية فإذا كان الادخال إشارة تناظرية مستمرة يجب أخذ العينات أولا بحيث تكون إشارة الوقت الفصل هي المدخل الى نظام DPCM.

للحصول على اشارة DPCM نأخذ قيمتين متتالين من عينات الاشارة إذا كانت العينات تناظرية نقوم بعمل تكميم لهم قبل أن نحسب الفرق بين الأولى والثانية وبتطبيق العملية يتم القضاء على التكرار قصير الأمد (علاقة إيجابية للقيم القريبة) للإشارة .

المتنبئ :

يعمل DPCM على مبدأ الفرق بين العينات الفعلية والعينات المتوقعة . فإذا كان لدينا بالفعل عينات حقيقية يمكننا أن نكم تلك العينات ونرمزها بعد ذلك .

• تعديل دلتا Delta Modulation:

مفهوم تعديل دلتا :

تعديل دلتا هو شكل من تقنية DPCM كما يسمى أحيانا بنظام DPCM ذو البت الواحدة (1-bit DPCM) إذا فرضنا أن عدد بتات المكم المستخدم هي ١٠ بتات (عدد المستويات 1024 مستوى) فإنه يجب أن نرسل 10 يتات لتمثيل كل عينة من عينات الاشارة . وهذا يعتبر عدد كبير من البتات وبحاجة الى حزمة ترددية كبيرة ووقت ارسال طويل . لكن اذا فترضنا ان كل عينة تختلف عن العينة السابقة بفرق مستوى واحد فقط (في اغلب الحالات) فإننا وبعد تحديد العينة الاولى نحتاج فقط الى الاشارة ان العينة التالية هي فقط اعلى بمستوى او اقل بمستوى من العينة السابقة ، وعلية تنخفض حاجة التمثيل من 10 بتات الى بت واحد فقط بحيث تشير البت 1 الى أن مستوى العينة الحالية اعلى من مستوى البت السابقة، ويشير البت 0 الى أن العينة التالية أقل من مستوى البت الحالية وبهذا نحتاج الى ان نرسل 0 او 1 بدلا من إرسال بتات مما سيخفض من حجم البيانات المرسلة بنسبة 0.1.

أهم الخصائص الواجب توافرها للحصول على تعديل دلتا جيد :

- ١- اخذ عينات كثيرة لضمان الاستفادة الكاملة من ارتباط الاشارة .
- ٢- تصميم المكم ببساطة وبدون تعقيدا (كأن يكون المكم خطا فقط) .
- ٣- تسلسل الادخال f_s هو اعلى بكثير من معدل نيكويست .
- ٤- جودة اشارة معتدلة .
- ٥- تصميم المعدل (المرسل) ومزيل التعديل (المساقبل) بسيط .

٦- أن يكون المستقبل يعمل على نظام الدرج في تحديد توزيع البيانات الواردة على المستويات .

٧- حجم الخطوة (Δ) صغير جدا .

٨- إمكانية تعديل معدل ارسال البتات من قبل المستخدم .

• تعديل دلتا المهايي Adaptive Delta Modulation:

ذكرنا من سلبيات الـ DM اعتماده الكبير على حجم خطوة، مما يؤثر على جودة الموجة المرسلية . احيانا هناك حاجة الى خطوة كبيرة الحجم في حالات الانحدار الحاد وهناك حاجة الى خطوات اصغر حيث كانت الاشارة تحتوي على انحدار صغير . مما يسبب ضياع بعض التفاصيل الدقيقة في هذه العملية . لذلك سيكون من الافضل اذا منا نستطيع السيطرة على تعديل الخطوة وفقا لمتطلباتنا من أجل الحصول على نتائج الموجة . هذا هو مفهوم تعديل دلتا المهايي.

• الارسال متعدد الإشارات :

هي طريقة يتم من خلالها دمج مجموعة من الإشارات الرقمية او التناظرية معا لإرسالها عبر قناة إرسال مشتركة بهدف الاستفادة من القناة الترددية المحدودة السعة ونتيجة للطلب التزايد على حيز الترددات حيث يمكن ان تتم عدة اتصالات عن طريق قناة واحدة.

الارسال المضاعف الزمني (TDM) Time Division Multiplexing:

تعدد الارسال بتقسيم الزمن (TDM) هو تقنية رقمية تستخدم وقت الفراغ ما بين العينات عند تحويل الاشارة التماثلية الى متقطعة وذلك لارسال عينات من قنوات اخرى على نفس التردد . يستخدم لهذه العملية جهاز تزامن دقيق نظرا للسرعة المطلوبة كون العينات تكون بالعادة عدة ملايين في الثانية الواحدة .

الارسال المضاعف الترددي (FDM) Frequency Division Multiplexing:

إن تعدد الارسال بتقسيم التردد هو طبيعته تكنولوجيا تماثلية . ويحقق هذا النظام الجمع بين عدة إشارات في وسيط واحد بارسال الاشارات في عدة نطاقات ترددية متميزة بحيث لا تتداخل فيما بينها ومن أكثر التطبيقات شيوعا في مجال البث التلفزيوني المباشر والبث الاذاعي والتلفزيوني التقليدي من المحطات الارضية أو المتنقلة أو محطات الساتلايت أو التلفزيون ذو الكابل . كابل واحد فقط يصل الى منطقة سكنية للعميل ولكن مزود الخدمة يمكن إرسال قنوات تلفزيونية متعددة أو إشارات في وقت واحد عبر هذا الكابل لجميع المشتركين دون تدخل . يجب أن تستجيب أجهزة الاستقبال للتردد المناسب (القناة) للوصول الى الاشارة المطلوبة .

تلخيص الوحدة الثالثة

المرشحات الرقمية

محول فورييه المتقطع Discrete Fourier Transform:

هي عملية تحويل تمكنا تحويل إشارة متقطعة في فضاء الزمن إلى إشارة في فضاء الترددات وهي شبيهة ومستقاة من تحويل فورييه الذي يقوم بتحويل إشارة من فضاء الزمن time domain (أي أن المتغير هو الزمن) إلى فضاء الترددات Frequency domain (المتغير هو التردد). نظريا يكون لدينا دالة متصلة نقوم بتحويلها عن طريق تحويل فورييه أو تحويل فورييه العكسي لكن في الواقع كثيرا ما تعرضنا مشاكل لا يكون لدينا فيها دالة متصلة بل مجموعة قياسات أي أنه بدل أن تكون لدينا دالة متصلة تكون لدينا مجموعة نقاط هي عبارة على قيمة الدالة في أزمنة معينة .

لنأخذ بعين الاعتبار الآن أن الإشارة التي نحولها ليس لها وجود إلا عند نقاط زمنية معينة KT حيث T هو زمن أخذ العينات مثلا أي أنه لدينا بدلا عن $x(t)$ الدالة $X(KT)$ أي المتغير هو K وليس t وأنه لدينا عدد N من القيم حيث $K = 0, 1, \dots, N-1$ كما أننا نعلم من الرياضيات الرقمية أن المقابل المتقطع لعملية التكامل هو عملية الجمع . هذه الاعتبارات تقضي بنا إلى الصيغة التالية لتحويل فورييه المتقطع :

$$W = \frac{2\pi n}{N}$$

$$XK = K = 0, 1, \dots, N-1, \quad n = 0, 1, \dots, n-1$$

لحساب القيمة X_n نحتاج أو نستعمل كل قيم XK

تحويل فورييه المتقطع العكسي (الذي يقوم بتحويل الإشارة الترددات إلى فضاء الزمن) وصيغتها الرياضية كالآتي :

محول فورييه السريع Fast Fourier Transform :

تحويل فورييه السريع (**Fast Fourier Transformation**) هي خوارزمية تمكن من حساب قيمة تحويل فورييه المتقطع بسرعة تعود سرعة هذه الخوارزمية الى أنها لا تقوم بحساب الاجزاء التي يساوي مجموعها صفرا في تحويل فورييه المتقطع .

في محول فورييه السريع، يتم تقسيم كل فورييه المتقطع الى قسمين ومن ثم تقسيم كل قسم جديد من نواتج محول فورييه المتقطع الجديد فورية لها هو 8 فيتم تقسيمها الى قسمين كل قسم طولة 4، ومن ثم يتم تقسيم جديد الى قسمين جديدين طول كل واحد منهم هو 2.

محول زي Z-transform :

تحويل زي هو مؤثر رياضي يحول إشارة متقطعة ، أي متتالية من الاعداد الحقيقية أو المركبة يحولها الى الإشارة في مجال التردد المركب .

إذا أعطينا متسلسلة خطية $x[n]$ ، نستطيع أن نعرف محول-ز بالشكل الاتي :

$$X(Z) = x[0]Z^0 + x[1]Z^1 + x[2]Z^2 + \dots$$

نستنتج أن محول Z هو عبارة عم متسلسلات قدرة مضروبة بعامل (Z-1)

إن محول Z هو عبارة عن عامل إزاحة يقوم بإزاحة متسلسلة بعد مناسب من فترات المعاينة .

حيث K هو عدد صحيح

و Z هو عدد مركب ما :

حيث A هو مقدار العدد Z و \emptyset هو طوره بالراديان

مرشح استجابة النبضة غير المحددة (IIR) Infinite Impulse Response Filter :

المرشح الرقمي *digital filter* هو النظير المتقطع للمرشح التماثلي حيث يتم استعماله في العديد من المجالات التي يحتاج لترشريح مثل استخراج إشارة معينة من إشارة أخرى أو الحد من الضجيج أو ما شابه ذلك من التطبيقات .

يمكن تقسيم المرشحات علة عدة اسس الا أن أشهر تقسيم يقوم على التمييز بين استجابة المرشح بالتصنيف الى مرشحات ذات استجابة محدودة *filter response filter* أو اختصار

FIR ومرشحات ذات استجابة غير محددة *infinite response filter* أو اختصار *IIR*

الاستجابة النبضية اللانهائية هي خاصية تنطبق على العديد من الأنظمة الخطية الثابتة الزمن .

من الأمثلة الشائعة للأنظمة الخطية غير الثابتة زمنيا معظم المرشحات الالكترونية والرقمية .

***هناك نوعان أساسيان من الانظمة المنفصلة التي يستخدم فيها محول -z وهما :**

١- نظام الاستجابة النبضية المحدودة (Finite Impulse Response) FIR
يمثل هذا النظام ردة الفعل المحدودة لمدخل (Impulse)، ويوصف من خلال المعادلة
الآتية :

$$Y[n] = a_0u(n) + a_1u(n-1) + \dots + a_ru(n-r)$$

تلاحظ عدم وجود عوامل تتعلق بـ $Y[n]$ في الجانب الايمن الناتج هنا يتضاءل باتجاه
الصفر إذا استخدمنا كمية من العينات .
وهذا النظام مستقر وغير متكرر (Non-recursive) أي أن الناتج يعتمد فقط على قيم
الاشارة الداخلة الحالية ولا يعتمد على السابقة .
يمكن أن تكون مرشحات FIR منفصلة أو رقمية أو تناظرية .
يحتوي مرشح FIR على عدد من الخصائص المفيدة التي تجعله أحيانا أفضل من مرشح
الاستجابة النبضي غير المحدود IIR

العيب الرئيسي لمرشحات FIR هو أن هناك حاجة إلى طاقة حسابية أكبر بكثير في المعالج
مقارنة بمرشح IIR

• مميزات مرشحات FIR

- ١- لا تطلب أي تغذية راجعة . هذا يعني أن أخطاء التقريب لا تتفاقم بالتكرار حيث أن
التغذية الراجعة تعني ان الخطأ سيتم اعادته الى المدخل وبالتالي فإن نفس الخطأ
النسبي سيحدث في كل حساب . هذا أيضا يجعل التنفيذ أبسط .
 - ٢- هي مستقرة بطبيعتها حيث أن الناتج هو مجموع عدد محدود مضاعفات محدودة لقيم
الإدخال
 - ٣- يمكن بسهولة أن تصمم لتكون مرحلة خطية عن طريق جعل معمل التسلسل متماثل
هذه الخاصية مرغوبة أحيانا للتطبيقات الحسابية للطور ، مثل اتصالات البيانات .
- هناك عدة طرق شائعة مستخدمة لإيجاد استجابة ترددية مثل تصميم النافذة أو طريقة
أخذ عينات التردد وغيرها .

وتوفر حزم البرامج مثل MATLAB بيئة مناسبة لتطبيق هذه الطرق المختلفة .

٢- نظام الاستجابة النبضية اللامحدودة (infinite Impulse Response) IIR
يمثل هذا النظام ردة الفعل اللانهائية للاشارة الداخلة ، وهو نظام متكرر (recursive)
وهذا يعني أن الناتج يعتمد على قيم حالية وسابقة أي أن هناك عوامل $Y[n]$ في
الجانب الايمن من المعادلة ،

ويوصف كما يلي :

$$Y[n] = u[n] + \alpha y[n-1]$$

حيث إن (u) هي المدخل للنظام .

إذا كانت $\alpha < 1$ فإن النظام يكون مستقرا أما في حالة $\alpha = 1$ فإن النظام يكون مستقرا جزئيا وفي حالة $\alpha > 1$ فإن النظام يكون غير مستقر .

من الناحية العملية، فإن الاستجابة النبضية ، حتى في أنظمة IIR تقترب عادة من الصفر ويمكن إهمالها بعد نقطة معينة لكن النظم الفيزيائي التي تثير استجابة IIR أو FIR غير متشابهة وهنا تكمن أهمية التميز .

على سبيل المثال ، من ناحية أخرى فإن مرشحات الوقت المنفصل (عادة المرشحات الرقمية)

هي مرشحات FIR بالضرورة

• بنية مرشح IIR

تمت دراسة المعادلات المتعلقة بالمرشحات الالكترونية التناظرية (IIR) على نطاق واسع وتحسينها لخصائص الانتساع والتطور الخاص بها .
بما انه يمكن وصف وظائف مرشح التصفية المستمرة في مجال Laplace، فإنه يمكن التعامل مع مرشحات الزمن المنفصل او تمثيل المعادلات الخاصة بها في المجال Z من خلال استخدام بعض التقنيات الرياضية مثل التحويل المتغير ، أو الثبات غير النبضي أو طريقة مطابقة Pole - Zero .
وبالتالي يمكن أن تستند مرشحات IIR الرقمية الى حلول معروفة للمرشحات التناظرية مثل مرشح Chebyshev ومرشح Butterworth ومرشح Elliptic .
في معالجة الإشارات، يكون مرشح الاستجابة النبضية (FIR) هو المرشح الذي تكون الاستجابة النبضية (أو الاستجابة لاي مدخلات طول محددة) ذات مدة محددة ، لأنها تستقر إلى الصفر في وقت محدد هذا على النقيض من مرشحات استجابة الاندفاع غير المحدود (IIR) والتي قد يكون لها ردود فعل داخلية وقد تستمر في الاستجابة الى أجل غير مسمى (عادة ما يكون متحللة) .