

تقديم الطالب: سليمان ضاهر

اشراف المدرس: أمجد طه

للعام الدراسي: 2015/2016

حلقة بحث مقدمة لمادة المعلوماتية بعنوان:

مقارنة بين تقنيات التعديل المستخدمة في نقل البيانات سلكياً

# المقدمة

لم يقتصر دور أنظمة الاتصالات على نقل المعلومات السمعية والمرئية والمقروءة بل تعداها إلى تطبيقات بالغة الأهمية فاستخدمت في أنظمة التحكم والقياس والمراقبة والاستشعار عن بعد لنقل الشارات بين مختلف الأجهزة والمعدات الموجودة في الطائرات والقطارات والصواريخ والأقمار الصناعية...

وقد لعبت التقنية الرقمية دوراً بارزاً في ثورة الاتصالات والمعلومات فقد عملت على تحويل مختلف أشكال المعلومات إلى شكل واحد وهو سلسلة من الأصفار والواحدات فاستخدمت هذه التقنية كتقنية موحدة لتصنيع جميع أجهزة الاتصالات والمعلومات كما أنها ساعدت في ارسال البيانات الى مسافات بعيدة ومعدل أخطاء أقل

وقد استخدمت العديد من التقنيات التي ساعدت في تحويل جميع أنواع البيانات إلى الشكل الرقمي الذي تبنى عليه كل الأجهزة الحديثة أهمها الحواسيب سميت هذه التقنيات ب (التعديل الرقمي للحامل النبضي) وهذا عندما يكون نقل البيانات سلكياً وأهم أنواع هذا التعديل هي التعديل النبضي المرمزّ والتعديل النبضي المرمز التفاضلي وتعديل دلتا

فما أهم الاختلافات بين التقنيات الثلاثة؟

وأي من هذه التقنيات هو الأفضل في تمثيل البيانات وارسالها بالشكل الرقمي سلكياً؟

# جدول المحتويات

[المقدمة 1](#_Toc439009085)

[جدول المحتويات 2](#_Toc439009086)

[جدول الصور والاشكال التوضيحية 3](#_Toc439009087)

[نظم الاتصالات 4](#_Toc439009088)

[1.1. نظرة عامة حول الإشارات ونظم الاتصالات 4](#_Toc439009089)

[1.2. النقل الرقمي وأهميته 7](#_Toc439009090)

[تقنيات التعديل النبضي للحامل الرقمي 8](#_Toc439009091)

[2.1.بعض المفاهيم الأساسية 8](#_Toc439009092)

[2.2.أنواع تقنيات التعديل الرقمي للحامل النبضي 9](#_Toc439009093)

[2.2.1.التعديل النبضي المرمز 9](#_Toc439009094)

[2.2.2.التعديل النبضي المرمز التفاضلي DPCM 12](#_Toc439009095)

[2.2.3.تعديل دلتاDM 12](#_Toc439009096)

[الخاتمة والنتائج 14](#_Toc439009097)

[قائمة المصادر والمراجع 15](#_Toc439009098)

# جدول الصور والاشكال التوضيحية

[1آلية اعتيان الاشارة التمثيلية 9](file:///C:\Users\mew%20laptop\Desktop\بحث%20علمي%20مسودة.docx#_Toc438381481)

[2تكميم العينات التمثيلية 10](#_Toc438381482)

[3ضجيج التكميم 11](file:///C:\Users\mew%20laptop\Desktop\بحث%20علمي%20مسودة.docx#_Toc438381483)

[4شكل اشارة دلتا الناتجة 13](file:///C:\Users\mew%20laptop\Desktop\بحث%20علمي%20مسودة.docx#_Toc438381484)

[5ضجيج التحميل الزائد للميل 13](file:///C:\Users\mew%20laptop\Desktop\بحث%20علمي%20مسودة.docx#_Toc438381485)

الباب الأول

# نظم الاتصالات

## 

## 1.1. نظرة عامة حول الإشارات ونظم الاتصالات

إن أنظمة الاتصالات تعمل على جمع ونقل وتوزيع مختلف أنواع المعلومات بسرعة عالية بين مصادر المعلومات ومستقبلاتها والتي تتراوح المسافة بينها من عدة أمتار حتى تصل إلى المئات أو الملايين من الكيلو مترات كأنظمة الاتصالات المستخدمة في استكشاف الفضاء

تتعدد أنواع نظم الاتصالات بتنوع المعلومات أو البيانات المراد نقلها أو المسافة التي ستنتقل عبرها هذه المعلومات ونلاحظ أربعة أنواع رئيسية [[1](#_ENREF_1)] وهي:

1. أنظمة الشبكات: حيث تتكون الشبكة من عدد كبير من المشتركين بحيث يمكن لأي مشترك منهم الاتصال بأي مشترك آخر على هذه الشبكة لتبادل المعلومات معه حيث يكون لكل مشترك عنوانه المحدد كما في الشبكات الهاتفية أو الانترنت
2. أنظمة البث: حيث يتم بث المعلومات من مرسل واحد فقط إلى عدد كبير من المستقبلين كأنظمة البث الإذاعي والتلفزيوني الأرضية والفضائية
3. أنظمة التراسل: تنقل المعلومات بين نقطتين ثابتتين أو متحركتين كما في الأقمار الصناعية
4. أنظمة جمع المعلومات: تجمع المعلومات من عدد كبير من المرسلات وتقوم باستقبالها كالرادارات وأنظمة الرصد الجوي وأنظمة الحماية والمراقبة

والمكونات الرئيسية لنظام الاتصالات [[2](#_ENREF_2)] هي

1. المُرسل: الخطوة 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 وهو يتكون من:

* المُبدل: يحول 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: يتواجد 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.
* مُعدّل: يتم إجراء عملية تعديل على الإشارة قبل إرسالها.
* 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.

1. قناة النقل: هي ببساطة الوسط الفيزيائي الذي يُشكّل صلة الوصل بين المُرسل والمستقبل. كما أنها تشكل أبضاً 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 ويوجد أيضاً العديد من أنواع الأسلاك التي يتم الإرسال عبرها بدءاً من الأسلاك النّحاسية التقليدية إلى الأسلاك المُدعمة مثل كابلات وصولاً إلى الألياف الضوئية. أما النوع الثاني فهو غير مُوّجه أي وسط نقل لاسلكيّ 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.
2. المستقبل: 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.

وهو يتكون من:

* جهاز فك وعكس التعديل: 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
* جهاز فك ترميز:يوجد في حالة أنظمة الاتصالات الرقمية. يقوم جهاز فك الترميز بعملية مُعاكسة لعملية الترميز في المرسل ويحول تدفق الإشارة الرقمية، أي البتات من 0 و1 إلى إشارةٍ تماثلية تؤلف المعلومة المراد إرسالها في النهاية. يدعى هذا الجهاز بـالمبدل الرقمي التماثلي.

وقد تكون وظيفته تحويل الإشارة الكهربائية إلى إشارة فيزيائية يُدركها الإنسان (صوت، صورة، ….) في حال الاتصالات الصوتية أو المرئية.

ويختلف تعقيد نظام الاتصال ومكوناته باختلاف المسافة بين المرسل والمستقبل ونوع تقنية الاتصال (رقمية أو تشابهية) إضافةً إلى نوع المعلومات المرسلة حيث تقسم المعلومات إلى عدة أنواع

1. الإشارات السمعية: وهي جميع الأصوات التي يمكن للأذن البشرية سماعها
2. الإشارات المرئية: جميع المشاهد المتحركة التي يمكن للعين البشرية رؤيتها
3. الإشارات المقروءة: وتشمل كل مكتوب أو مقروء أو مصور
4. إشارات البيانات: تشمل الإشارات التي تولدها الحواسيب وأجهزة القياس والتحكم والرادارات

حيث يتم تحويل الكمية الفيزيائية الحاملة للمعلومات إلى جهد كهربائي باستخدام ما يسمى المحولات كالميكروفون وكاميرا الفيديو حيث يقوم الميكروفون بتحويل تغيرات ضغط الهواء الناتجة عن تغيرات الضغط إلى إشارة كهربائية تسمى بالإشارة التماثلية ثم لنقل هذه المعلومات لا بد من تحويلها لتكون مناسبة لنظام المستقبل وهنا يأتي دور عملية التعديل حيث أن هذه العملية تقوم بموائمة خصائص إشارة المعلومات الكهربائية مع خصائص قناة الاتصال واستغلال كامل نطاق القناة من خلال إرسال أكثر من إشارة معلومات عليها

## 1.2. النقل الرقمي وأهميته

النقل الرقمي هو إرسال النبضات الرقمية من نظام اتصال يمكن أن تكون فيه إشارة المصدر رقمية أو تمثيلية يجب تحويلها إلى نبضات رقمية قبل ارسالها ويحتاج النقل الرقمي الى وسط مادي للنقل مثل الاسلاك او الكابلات ... لوصل النقطتين بين المرسل والمستقبل حيث لا يمكن ارسالها عبر الفراغ كما في الاتصالات اللاسلكية [[3](#_ENREF_3)]

وتتميز الإشارات الرقمية ببعض الأمور ما جعلها مستخدمة في الاتصالات و نقل البيانات [[4](#_ENREF_4)]

1. وملاءمتها لأمور المعالجة والتخزين حيث لا يمكن تخزين الإشارات التماثلية
2. امكانية تغيير سرعة ارسال الإشارة الرقمية بسهولة للتوافق مع البيئات الأجهزة المختلفة
3. سهولة استخدام نفس المعدات الرقمية وخاصةً الحواسيب للتعامل مع مختلف أنواع إشارات المعلومات التي تأخذ نفس الشكل وهو سلسلة الأصفار والواحدات مما أدى إلى اندماج تقنية الاتصالات والحواسيب في تقنية واحدة
4. قابليتها للضغط بسبب سهولة التخلص من المعلومات المكررة فيها مما قلل كثيراً من الحيز الذي تحتله هذه المعلومات على قنوات الاتصال
5. سهولة تشفيرها مما قلل كثيراً من أخطار التنصت على المعلومات بمختلف أنواعها

ويشمل النقل الرقمي عدة تقنيات وهي [[2](#_ENREF_2)]:

* التعديل النبضي المَّرمز PCM
* التعديل النبضي المَّرمز التفاضلي DPCM
* تعديل دلتا DM

الباب الثاني

# تقنيات التعديل النبضي للحامل الرقمي

2.1.بعض المفاهيم الأساسية [[2](#_ENREF_2)]

* التعديل

هو العملية التي يتم خلالها موائمة خصائص الإشارة المرسلة مع خصائص قناة الاتصال أو مع خصائص الجهاز المستقبل وتتم من خلال تحميل إشارة المعلومات على حامل رقمي(نبضي) في الاتصالات السلكية أو جيبي في الاتصالات اللاسلكية

في هذه العملية يتم تحميل المعلومة على الناقل لذلك قمنا بتشبيهه سابقاً بوسيلة نقل للمعلومة ويوجد طرق مُختلفة لتعديل إشارة الناقل يتم اختيار أنسبها بحسب الأدوات والظروف المتوفرة والمَهمّة المُراد تحقيقها فالنسبة للإشارات التمثيلية قد يطرأ تغيير في إشارة الناقل، أو بلفظٍ أدق قد تُضاف المعلومة على سعة إشارة الناقل، وهذا ما يسمى بـ التعديل المطالي أو قد يكون التعديل على تردد إشارة الناقل، وهي العملية المعروفة بـ التعديل الترددي أخيراً، من الممكن أن يتم التعديل على زاوية انحراف الإشارة، وهي العملية التي تعرف بـ تعديل الطور

يجب أن نأخذ بعين الاعتبار أن أساليب التعديل هذه تتم في حالة الأنظمة التماثلية وفي حالة النقل اللاسلكي للمعلومات بينما يختلف الموضوع قليلاً في حالة الأنظمة الرقمية حيث تكون الإشارة الحاملة للمعلومات إشارة نبضية متقطعة وسنتحدث عن هذا الموضوع بشكل موسع أكثر لاحقاً.

* الاعتيان والامساك

يتمثل الاعتيان بأخذ قيم دورية من الإشارة التمثيلية باستمرار ويتم تحويل هذه القيم إلى سلسلة من مستويات التعديل النبضي المطالي ثابتة

اتخذت نظرية نايكوست كأساس للاعتيان حيث تنص على أن سرعة الاعتيان الدنيا التي والتي تمكن من استعادة العينة بدقة في جهاز الاستقبال تساوي ضعف أعلى تردد في الإشارة التمثيلية أي أن إذ تؤخذ عينتان على الأقل في كل دورة من هذه الإشارة أي أن الزمن الفاصل بين كل عينتين

* التكميم

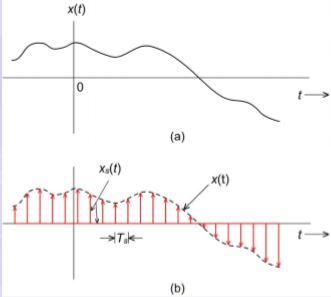
في معظم أنواع التعديل النبضي الرقمي يقسم مدى المطال الإجمالي للإشارة إلى عدة مستويات تدعى بالمستويات القياسية ويتم أخذ قيمة أقرب مستوى قياسي بدلاً من القيمة الفعلية للعينة.

* الضجيج

هو عبارة عن الإشارات الكهربائية العشوائية غير المتوقعة الناتجة من بعض الظواهر داخل النظام أو خارجه ويمكن إنقاص تأثيره بالتصميم الصحيح للدارة.

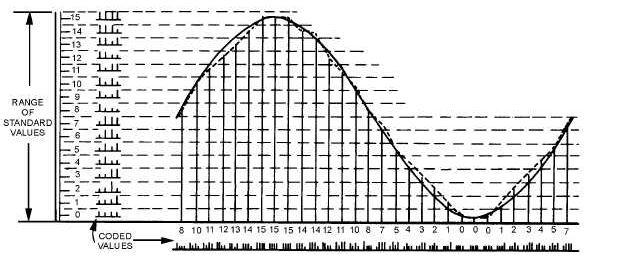
## 2.2.أنواع تقنيات التعديل الرقمي للحامل النبضي

### 2.2.1.التعديل النبضي المرمز

يتم في هذا النوع اعتيان إشارة الدخل تحويلها الى إشارة متقطعة ذات نبضاتها ثابتة العرض ولكنها تختلف في المطال حيث أن مطال كل نبضة يعبر عن قيمة العينة ويستخدم مرشح تمرير حزمة ترددية تطبق عليه الإشارة التمثيلية قبل تطبيقها على دارة الاعتيان والامساك بحيث لا تدخل إلى دارة الاعتيان تردد أكبر من نصف سرعة الاعتيان وذلك لتحقيق مبدأ نايكوست

1آلية اعتيان الاشارة التمثيلية

أما بالنسبة للتكميم فيتم تقسيم مدى المطال الإجمالي للإشارة إلى مستويات قياسية يكون عددها من قوى العدد 2 ويكون المستوى المرسل بعد أي لحظة اعتيان هو اقرب مستوى قياسي لقيمة العينة فمثلاً إذا كانت قيمة إحدى العينات 7.8v يتم ارسال الرقم 8 مرمزاً بالشكل الرقمي الثنائي حيث أن 8v هي أقرب مستوى قياسي للقيمة 7.8v ويتم تحديد عدد البتات المستخدمة لتمثيل هذه القيم بالشكل الثنائي ويكون عددها n حيث هي عدد المستويات القياسية لمدى المطال [[4](#_ENREF_4)]



2تكميم العينات التمثيلية

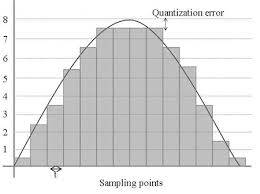
وبالنسبة لترميز الإشارة بالشكل الرقمي فيتم تحويل قيم العينات إلى إشارات رقمية بطريقة تسمى الترميز الثنائي المنطوي حيث أن كل عينة في هذه الإشارة يتم تمثيلها بعدد البتات n يكون بت واحد منها يدل على القطبية أما الباقي فيدل على قيمة العينة في النظام الثنائي فمثلاً القيمة 3v تختلف في ترميزها عن -3v حيث أن القطبية مختلفة فيتم تمثيل 3v بالرمز 111 و -3v بالرمز 011 حيث أن 0 تدل على القطبية السالبة و 1 تدل على القطبية الموجبة [[5](#_ENREF_5)]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| الرمز | القيمة | القطبية | الرقم العشري |
| 111 | 11 | 1 | +3 |
| 110 | 10 | 1 | +2 |
| 101 | 01 | 1 | +1 |
| 001 | 01 | 0 | -1 |
| 010 | 10 | 0 | -2 |
| 011 | 11 | 0 | -3 |

1ترميز الاشارة في PCM

وإذا كان لدينا عينة لا تقابل أياً من المستويات القياسية فسيتم من خلال التكميم تقريبها إلى أقرب مستوى قياسي لها فلا يمكن ترميزها من قبل المحول التماثلي الرقمي قبل تحويلها إلى أقرب مستوى قياسي فعندها وبتكرار هذه العملية ستختلف الإشارة الناتجة اختلافاً طفيفاً عن الإشارة الأصلية بعد فك ترميزها في المستقبل وهذا ما يسمى بضجيج التكميم

3ضجيج التكميم



وبما أن الفرق بي كل مستويين تكميميين متتاليين ثابت في هذا النظام فإن أعظم قيمة للخطأ الناتج عن التكميم ثابتة في جميع الرموز وهي تساوي نصف أقل مستوى تكميمي

ويكون التأثير الأكبر للضجيج هو في أقل مستوى قياسي فمثلاً إذا كان المستو القياسي الأول هو القيمة 1v سيكون الضجيج التكميمي في جميع الرموز =0.5v التي تمثل القيمة الثابتة للضجيج ولكن نسبة الإشارة إلى الضجيج SQR في هذه القيمة تحديداً ستكون منخفضة جداً مقارنةً بباقي القيم حيث ستكون هذه النسبة SQR=2 أما مثلاً في المستوى التكميمي الذي يساوي 3v ستكون SQR=3/0.5=6 حيث أن تأثير الضجيج يكون منخفضاً نسبياً عند هذه القيمة حيث تقل نسبة الخطأ بازدياد قيمة الدخل و لذلك فكلما كان الجهد الأعظمي للدخل مرتفعاً وكلما كان عدد المستويات القياسية أكبر كلما قلت نسبة الضجيج لذلك يتم اللجوء إلى زيادة عدد المستويات القياسية المستخدمة لإيصال المعلومات بجودة أكبر. [[6](#_ENREF_6)]

2.2.2.التعديل النبضي المرمز التفاضلي DPCM [[5](#_ENREF_5)]

في هذه التقنية تشير كل قيمة رقمية إلى الاختلاف في المطال بين كل عينة والعينة السابقة لها حيث كل مطال يتعلق بالمطال السابق له ولذلك يستخدم هذا النوع في الإشارات التي تكون تغيرات المطال فيها صغيرة كالإشارات الصوتية مثلاً وهكذا يتم استخدام عدد أقل من البتات لتمثيل الإشارة

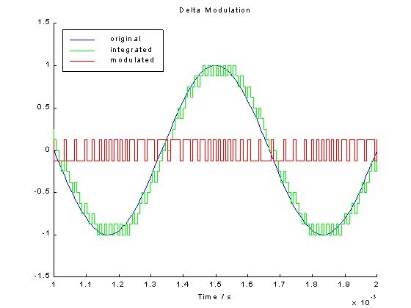
يستخدم في هذه التقنية ما يعرف بالمتنبئ الذي يحتفظ بقيمة العينة السابقة حيث بعد دخول الإشارة ومرورها على مرشح التمرير المنخفض بعد ذلك يتم اعتيانها ثم يعطي المتنبئ خرجه فيتم في المفاضل طرح خرج المتنبئ من قيمة العينة الحالية ثم تكمم هذه القيمة بنفس آلية التكميم المستخدمة في PCM ويتم ترميزها بالشكل الرقمي للحصول الإشارة الرقمية المطلوبة.

وفي المستقبل تصحح إشارة DPCM ويعاد توليدها في الدارة الخاصة بذلك ومن ثم يتم فك الترميز لتعود قيمتها إلى الفرق بين العينتين المتتاليتين ثم يعطي المتنبئ خرجه ويجمع هذا الخرج مع خرج فاك الترميز كذلك يحفظ خرج فاك الترميز في المتنبئ بعد الجمع.

ولكن هذا النظام أبطأ من نظام PCM في ارسال المعلومات فمثلاً إذا كان تردد الاعتيان 8KHz ستكون سرعة نقل البيانات تساوي 64Kbps إذا كان عدد البتات الممثلة لكل عينة يساوي8 حيث أن سرعة النقل في PCM تساوي عدد البتات الممثلة لكل عينة مضروباً بسرعة الاعتيان ولكن ستنخفض هذه السرعة إلى 32Kbps نتيجة لعمليات التنبؤ والمفاضلة

2.2.3.تعديل دلتاDM [[2](#_ENREF_2)]

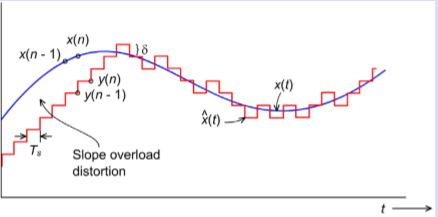
يتم في هذا النوع ارسال بت واحد لكل عينة ويدل هذا البت على أن مطال الإشارة يتزايد أو يتناقص أي إذا كانت الشارة الحالية أكبر من الإشارة السابقة لها يتم ارسال البت 1 للدلالة على زيادة المطال وإذا كان العكس يتم إرسال البت 0 للدلالة على انخفاض المطال ويتعامل هذا النظام مع مستويين من التكميم فقط الذين هما 0 و1 حيث تبدأ العملية كما النظامين السابقين بمرور الإشارة على مرشح التمرير المنخفض ثم يتم اعتيان هذه الإشارة وتدخل بعد ذلك الإشارة إلى ما يدعى بالمقارن الذي يقارنها مع العينة السابقة بها التي كانت مخزنة في ما يدعى بالمراكم حيث يعمل المراكم في DM عمل المتنبئ في DPCM فتخزن قيمة العينة السابقة لمقارنتها فيما بعد مع العينة التي تليها وكون خرج المقارن هو إشارة DM

أما في المستقبل فتصل إشارة DM إلى ما يدعى بالمكامل الذي يحتوي على عداد يزداد كلما كانت قيمة الدخل 1 وينقص كلما كانت القيمة 0 ويوجد ايضاُ ساعة لتحديد الفارق الزمني بين كل خرجين حيث أن سرعتها تساوي سرعة الاعتيان ويمر الخرج على مبدل رقمي تمثيلي فهكذا تنتج لدينا العينات التي يتم إعادة بنائها بعد تمريرها على مرشح تمرير يتم إعادة بناء الإشارة بالشكل التمثيلي

4شكل اشارة دلتا الناتجة

ولكن العينات الناتجة في جهاز الاستقبال قد تكون مختلفة اختلافاً كبيراً عن العينات الأصلية عندما يتغير مطال الإشارة التمثيلية الداخلة بسرعة كبيرة بحيث لا يمكن للمبدل الرقمي التمثيلي أن يلاحقه وهذا ما يسمى ضجيج التحميل الزائد للميل ويمكن تقليل هذا الضجيج بزيادة سرعة الاعتيان وكذلك الساعة.

5ضجيج التحميل الزائد للميل



# الخاتمة والنتائج

تعرف عملية تغيير شكل الإشارة بحسب حاجة الاستخدام بالتعديل وهي العملية التي تستخدم في كافة أنظمة الاتصالات قبل ارسال المعلومات حيث يتم تغيير شكل الشارة لتتمكن من عبور الناقل إلى المستقبل ومن ثم تزال عملية التعديل هناك لتعود الإشارة إلى شكلها الأصلي.

وبالنسبة لإرسال البيانات بشكل رقمي وبطرق النقل السلكية فيتم استخدام تقنيات التعديل الرقمي للحامل النبضي بأنواعه المختلفة بحسب الغرض حيث أن لكل نوع حاجته فبالنسبة للتعديل النبضي المرمّز فهو يتميز بأن الضجيج الناتج يمكن تقليله بشكل كبير وبطريقة سهلة وهي زيادة عدد مستويات التكميم ولكن يصعب استخدامه بالنسبة للإشارات التي تكون التوترات فيها عالية جداً والفروق المطالية بين العينات عالية أيضاً كالأمواج الصوتية لأن هذا يتطلب تمثيل عدد كبير جداً من العينات وبعدد كبير من البتات فيستخدم عندها التعديل النبضي المرمز التفاضلي الذي يمثل العينة بعدد أقل من البتات حيث يتم ارسال الفرق بين كل مطالي عينتين متتاليتين

أما بالنسبة للنوع الثالث وهو تعديل دلتا فيستخدم عند الحاجة إلى تقليل عدد البتات التي تمثل الاشارة بشكل كبير حيث أن كل عينة يتم تمثيلها ببت واحد فقط وهو يدل على ارتفاع أو انخفاض المطال ولكن هذا قد يؤدي إلى حدوث ضجيج عالي.

ففي النتيجة نجد أن كل تقنية من التقنيات الثلاثة تكون أفضل للاستخدام من غيرها في مجال معين وبحسب الحاجة إليها.

# قائمة المصادر والمراجع

1. Couch, I. and W. Leon, *Digital and analog communication systems*. 1990: Prentice Hall PTR.

2. شريتح, د.ح., *تراسل المعطيات 2*. 2009: جامعة تشرين.

3. Haykin, S.S., M. Moher, and T. Song, *An introduction to analog and digital communications*. Vol. 1. 1989: Wiley New York.

4. Rao, P.V.V., *Principles of Communication*. Indian Institute of Technology Madras.

5. Wilson, S.G., *Digital modulation and coding*. 1995: Prentice-Hall, Inc.

6. Zhou, H. and Z. Xu, *The lower bound of the PCM quantization error in high dimensions.* Applied and Computational Harmonic Analysis, 2015. **38**(1): p. 148-160.

ملاحظة: الفقرات التي ظهر بجانبها الرقم 1 تتبع للمرجع الأول والرقم 2 للثاني وهكذا....