الفصل الأول

مقدمة عامة عن معالجة الإشارات الرقمية

(١,١) مقدمة

ماذا نعني بمعالجة الإشارات الرقمية ؟

أولاً: الإشارة هي متغير أو دالة تعتمد على متغير آخر أو أكثر، مثل الجهد كدالة في الزمن، شدة إضاءة نقطة على الشاشة ولون هذه النقطة كدالة في المحورين الأفقي والرأسي للشاشة، واتجاه صاروخ في الفضاء كدالة في الأربع متغيرات الأفقي والرأسي والعمودي والزمن، وهكذا يمكننا أن نرى أننا نتعامل مع عالم من الإشارات المختلفة.

ثانياً: كلمة معالجة يقصد بها أنه سيتم إجراء بعض العمليات على هذه الإشارة مثل ترشيحها من الضوضاء، أو تكبيرها إلى مستوى معين أو تحويلها من نطاق الزمن time domain إلى نطاق التردد frequency domain ، كل ذلك يكون بغرض إستخلاص بعض الخواص أو المعلومات عن هذه الإشارة. يجب أن تكون هذه العمليات غير مدمرة للإشارة non destructive ، أي لا تفقدها خواصها أو شكلها الأساسي نتيجة هذه المعالجة.

ثالثاً: كلمة رقمي digital تعني أن عمليات المعالجة السابقة ستتم بطرق رقمية، فعند ترشيح الإشارة سنستخدم مرشح رقمي digital filler وعند تمثيل الإشارة في

النطاق الترددي باستخدام تحويل فوريير Fourier transform سنستخدم تحويل فوريير المحدد discrete F.T. إن ذلك بالطبع يستلزم وضع الإشارة أو تمثيلها في الشكل الرقمي.

لكي نفهم الفرق بين معالجة الإشارات التناظرية analog ومعالجة الإشارات الرقمية digital سنعرض المثال التالي :

مثال رقم (١,١) إفترض أن لدينا إشارة S(t) تعرضت لضوضاء نتيجة لإرسالها على إحدى قنوات الإرسال وتم استقبالها كما يلي :

$$X(t) = S(t) + n(t) \qquad (١,١)$$

حيث :

s (t) هى الإشارة الأصلية

n (t) الضوضاء المضافة نتيجة قناة الإرسال

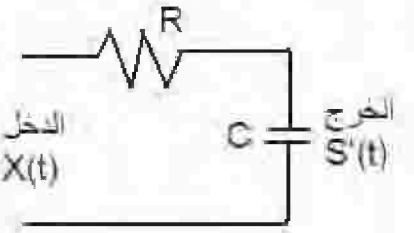
X(t) الإشارة التي تم استقبالها مضافا إليها الضوضاء.

المطلوب هو معالجة الإشارة X(t) للحصول على صورة تقريبية للإشارة الأصلية S(t) التي تحتوى على أقل كمية من الضوضاء المضافة ، لأنه من الصعب أن نحصل على صورة طبق الأصل من S(t) خالية من الضوضاء تماماً. سنقوم بعملية المعالجة باستخدام الطريقة التناظرية أولا ، ثم باستخدام الطريقة الرقمية ثانياً.

(١,١,١) المعالجة التناظرية للإشارة

من المعطيات السابقة ولمعرفة أكبر تردد في الإشارة S(t) يمكن تصميم مرشح تناظري له دالة إستجابة ترددية H(S) وليكن من النوع بتروورث (نسبة لاسم مخترعه) Butterworth أو شيبيشيف (نسبة لإسم مخترعه أيضاً) Chebyshev والمنفذ للترددات المنخفضة lowpass والذى سندرسه بالتفصيل فيما بعد. من الدالة H(S) يمكن بناء مرشح حقيقي يقوم بهذه المهمة كالمرشح الموضح في الشكل رقم (١,١). هذا المرشح في

أبسط صورة يتكون من مقاومة ومكثف كما بالشكل مع العلم أنه سيتم الشرح التفصيلي لهذه المرشحات في الفصول القادمة. مصدر الخطأ الأساسي في هذه الدائرة، وبذلك كل المرشحات التناظرية، هي حيود قيم كل من المقاومة والمكثف من القيم القياسية المتاحة، بجانب تأثر هذه المكونات بدرجة الحرارة.



الشكل رقم (١.١). مرشح تناظري في أبسط صورة

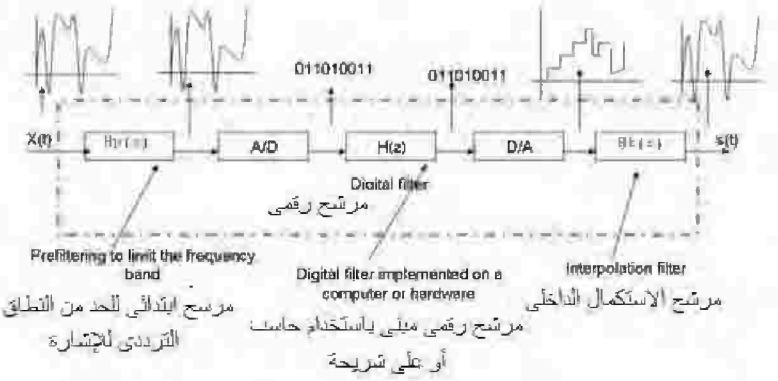
(١.١.٢) المعالجة الرقمية للإشارة

الشكل رقم (١.٢) يبين رسماً صندوقياً لمرشح رقمي يمكن استخدامه ليؤدي نفس المهمة التي يقوم بها المرشح التناظرى الموجود في الشكل رقم (١.١). النظام الموجود في الشكل رقم (١.٢) يتكون أساساً من البلوكات التالية:

١- الصندوق Hp(S) : وهو عبارة عن مرشح تناظري مهمته الأساسية هي تحديد نطاق تردد الإشارة بحيث لا يسمح بمرور أو نفاذ والترددات التي تزيد عن تردد معين ويطلق عليه المرشح الأولي prefilter. عدم وجود هذا المرشح يسبب انعكاساً للترددات العالية على الترددات المنخفضة عند تحويل الإشارة من الصورة الانسيابية إلى الصورة الرقمية وهذه المشكلة تسمى aliasing (التزوير) وسنتكلم عنها بالتفصيل فيما بعد، لذلك يطلق أحياناً على هذا المرشح antialiasing filter أو مرشح التخلص من التزوير. لذلك لابد من وجود هذا المرشح كأول خطوة من خطوات تحويل الإشارة إلى الصورة الرقمية.

٢- الصندوق الثاني: هو المحول التناظري الرقمي A/D الذى يقوم بتحويل الإشارة من الصورة التناظرية إلى الصورة الرقمية، حيث سيتم أخذ عينات samples من الإشارة التناظرية عن طريق دائرة تسمى sample and hold أو دائرة العينة والحفظ. بعد ذلك يتم تحديد قيمة كل عينة بمستوى معين عن طريق المكمى أو مكمي المستويات quantizer، بعد ذلك تمر الإشارة في مشفر يعطي شفرة لكل مستوى من مستويات الإشارة. كل ذلك يتم بالطبع عند إعطاء نبضة أو أمر بذلك. هذا المحول سيتم شرحه بشيء من التفصيل فيما بعد.

٣- الصندوق الثالث في الشكل رقم (١.٢) يمثل أو يرمز للمرشح الرقمي حيث تم استخدام الرمز H(Z) ليرمز لدالة الاستجابة الترددية لهذا المرشح في النطاق Z كمقابل للنطاق S في حالة الإشارات التناظرية. هذا المرشح يكون في الغالب برنامج أو خوارزم على الحاسب أو على إحدى شرائح المعالجة الرقمية للإشارات. هذه المرشحات هي أحد المواضيع الأساسية في هذا الكتاب.



الشكل رقم (١.٢) رسم صندوقي لنظام معالجة رقمي للإشارات.

٤- الصندوق الرابع : هو المحول الرقمي التناظري D/A حيث يتم به تحويل الإشارة من الصورة الرقمية إلى الصورة التناظرية مرة أخرى. هذه الإشارة تكون في صورة مستويات من الجهد حيث يتم تحويلها إلى الصورة التناظرية النهائية باستخدام مرشح تنعيم كما في المرحلة التالية.

٥- الصندوق الأخير هو المرشح Hr(S) الذى تكون مهمته الأساسية هي تنعيم smoothing إشارة درجات السلم الناتجة من المحول السابق. هذه الصورة الجديدة للإشارة هي S'(t) وهي أقرب ما يكون من الإشارة S(t) المطلوبة. لاحظ شكل الإشارة عند كل مرحلة للنظام الموجود في الشكل رقم (١,٢).

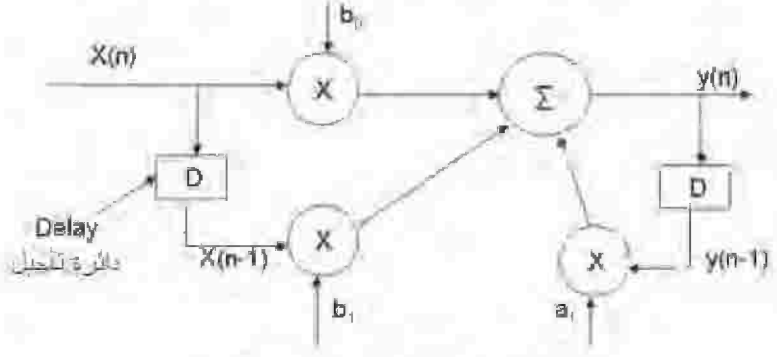
لكي نرى بوضوح الفرق بين المرشح التناظري والمرشح الرقمي سنقدم هنا فكرة سريعة عن هذا النوع من المرشحات حيث سيتم شرحه بتوسع في الأبواب القادمة من هذا الكتاب. المرشح الرقمي المنفذ للترددات المنخفضة يمكن تمثيله في أبسط صورة بالمعادلة الفرقيةdifference equation التالية :

$$y(n)=b_0x(n)+b_1x(n-1)-a_1y(n-1) \qquad (١,٢)$$

كما نرى فإن الخرج الحالي ، أو العينة الحالية للخرج ، y(n) تنتج من حاصل جمع إشارات الدخل السابقة x(n–1) والحالية x(n)مضروبة في الثوابت b_0 و b_1 بالإضافة إلى الخرج السابق y(n-1) مضروباً في الثابت a_1. سنرى فيما بعد في هذا الكتاب أن المعادلة (١,٢) يمكن وضعها في صورة دالة إستجابة في النطاق Z كما يلي :

$$H(Z) = \frac{b_0 + b_1 Z^{-1}}{1 + a_1 Z^{-1}} \qquad (١,٣)$$

بناء المعادلة رقم (١,٢) يتطلب دائرة جمع تقوم بجمع المكونات الثلاثة الموجودة في الطرف الأيمن للمعادلة، كذلك تحتاج لدائرة ضرب تقوم بتنفيذ عمليات ضرب الثوابت إما في عينة الدخل وإما في عينة الخرج. سنحتاج أيضاً للذاكرة لتخزين العينات الحالية والسابقة من إشارة الدخل، كذلك سنحتاج لذاكرة لتخزين العينات الحالية والسابقة من الخرج، وأخيراً سنحتاج لذاكرة لتخزين الثوابت a_1 و b_0 و b_1 فيها. الشكل رقم (١,٣) يبين دائرة مفصلة لبناء المرشح الرقمي الموجود في الشكل رقم (٢,١). عملية البناء الموضحة في الشكل رقم (١,٣) تمت باستخدام مكونات فعلية مثل الضارب والمجمع ووحدات التخزين. مصادر الخطأ في هذه الدائرة تنبع أساساً من عملية التقريب المكمى quantization التي تحدث على الثوابت a_1 و b_0 و b_1 حيث إن هذه الثوابت ستخزن في ذاكرة محددة بعدد معين من البتات (الخانات الثنائية) bits مما يسبب تقريباً لقيم هذه الثوابت. كذلك فإن إجراء عمليات الضرب على البتات سينتج عنه أيضاً تقريب مكمى آخر. هذا بجانب التقريب المكمى الناتج عن عينة إشارة الدخل x(n) ثم تحويلها إلى الصورة الرقمية.



الشكل رقم (١,٣). بناء المرشح الرقمي.

هناك طريقة أخرى لتمثيل المرشح الرقمي تكون باستخدام حاسب آلي في عملية التنفيذ حيث يمثل المرشح في صورة برنامج أو خوارزم يتم تنفيذه على الحاسب. مصادر الخطأ السابق ذكرها مازالت كلها موجودة في هذا التمثيل أيضاً وإن كانت بصورة أخف لأن الخطأ الكمي quantization error يكون أقل نتيجة استخدام عدد أكبر من البتات في تمثيل الثوابت والعمليات الحسابية.

السؤال الآن ما هو المكسب من استخدام المرشح الرقمي على المرشح التناظري وبالذات أنه كما رأينا فإن المرشح الرقمي كما في الشكل رقم (١,٢) تحتوي كل نقطة فيه على مصدر خطأ جديد يضاف على الإشارة؟ كما أن تركيب الدائرة كما رأينا في الشكل نفسه يكون أكثر تعقيداً، فمن يقارن المرشح الموجود في الشكل رقم (١,٢) بالمرشح الموجود في الشكل رقم (١,١)من حيث البساطة والسهولة؟

المكسب الأساسي من استخدام المرشحات الرقمية هو المرونة أو سهولة التكيف أو التطويع تبعا لمتغيرات التصميم (flexibility). إن تغيير التصميم هنا يتم بتغيير الثوابت a_0 و b_0 وb_1 التي هي ثوابت مخزنة في الذاكرة يمكن تغييرها بسهولة من خلال لوحة المفاتيح، على العكس من تغيير التصميم في المرشحات التناظرية الذي يتطلب تغييراً للمكونات نفسها. هذا الموقف أو هذه الميزة تتضح جلياً عندما نحتاج مثلاً لترشيح عدة إشارات بإستخدام عدة مرشحات معقدة التصميم. في حالة المرشحات التناظرية سنحتاج لمرشح لكل إشارة، بينما في حالة المرشحات الرقمية فإننا سنحتاج لمرشح واحد فقط يمكن تغيير قيمة ثوابته مع تغيير إشارة الدخل دون أي تغيير في هيكل أو تركيبة المرشح. لذلك فإن عيوب المرشحات الرقمية يمكن أن تتلاشى بجانب هذه الميزة الخطيرة.

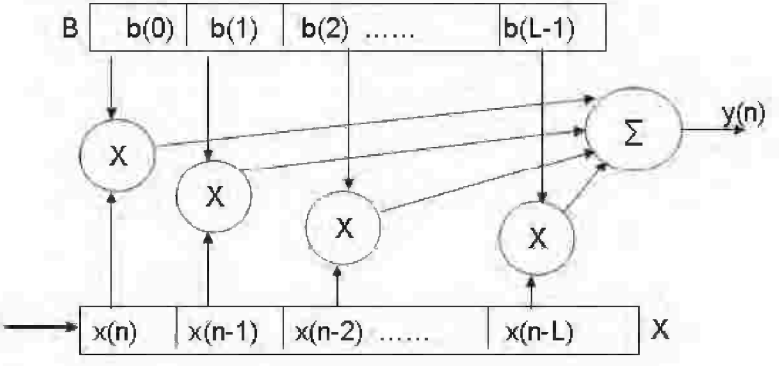
التصميمات التالية لبعض المرشحات الرقمية تبين مميزات ومدى مرونة هذه المرشحات والفائدة العظيمة من استخدامها.

١ – تصميم مرشح واحد بدخل واحد Single input single filter

افترض أن المرشح الرقمي المعطى بالمعادلة الفرقية التالية :

$$y(n)=\sum_{k=0}^{L} b(k)x(n-k) \qquad (١,٤)$$

حيث يكون الخرج الحالي y(n) دالة في الدخل الحالي x(n) وعدد L من عينات الدخل السابقة. هذه المرشحات ستتم دراستها في الفصول التالية من الكتاب. الشكل رقم (١,٤) يبين بناء هذا المرشح من مجموعة من وحدات التخزين، ومسجل إزاحي B، يحتوي على مجموعة المعاملات b(k) حيث k = 0... L. هناك أيضاً مجموعة أخرى من وحدات التخزين X التي تحتوي عينة الدخل الحالية x(n) وعدد L من العينات السابقة من الدخل x(n-k) حيث k=0...L. هناك أيضاً مجموعة من دوائر الضرب التي ستقوم بضرب كل معامل b(k) في عينة الدخل المناظرة x(k). أخيراً هناك مجمع يقـــوم



الشكل رقم (١,٢). مرشح واحد بدخل واحد.

بتجميع نواتج عمليات الضرب السابقة لنحصل على عينات الخرج y(k) المناظرة. لاحظ أنه يمكن إجراء عمليات الضرب السابقة عن طريق استخدام دائرة ضرب لكل عملية حتى تتم عمليات الضرب كلها على التوازي وفي الوقت نفسه كما في الشكل رقم (١,٤) وذلك للإسراع في عملية المعالجة الرقمية، كما أنه يمكن استخدام دائرة ضرب واحدة تقوم بتنفيذ كل عمليات الضرب السابقة على التتابع وفي هذه الحالة ستكون سرعة المعالجة أقل بكثير.

٢ – عدة مرشحات بدخل واحد Single input multiple filters

في الكثير من التطبيقات نحتاج لإجراء أكثر من عملية ترشيح لنفس الإشارة. فمثلاً قد نحتاج لمعرفة القدرة المتوسطة average power في أكثر من نطاق من النطاقات الترددية لإشارة معينة وهذا ما نسميه بمجموعة المرشحات filter bank. الشكل رقم (٦,١) يبين طريقة مقترحة لبناء هذا النظام الرقمي. في هذا النظام تم تخزين مجموعة معاملات كل مرشح في مسجل من المسجلات B_1 و B_2 إلى B_N حيث N هي عدد المرشحات المطلوب تصميمها. في طريقة تتابعية متوافقة يتم إدخال مجموعة المعاملات B_1 في المسجل B حيث يتم استخدامها مع مجموعة عينات الدخل لحساب العينة الأولى من الخرج الأول $y_1(1)$. بعد ذلك يتم إدخال مجموعة المعاملات التالية B_2 في المسجل B التي تستخدم مع نفس عينات الدخل السابقة لحساب العينة الأولى من الخرج الثاني $y_2(1)$ وهكذا إلى أن يتم إدخال المعاملات B_N في المسجل B التي تستخدم مع نفس عينات الدخل السابقة لحساب العينة الأولى من الخرج رقم $y_n(1)$. بعد ذلك يتم إزاحة عينات الدخل X وتدخل مجموعة المعاملات B_1 مرة أخرى في المسجل B لحساب العينة الثانية من الخرج الأول $y_1(2)$ وهكذا.

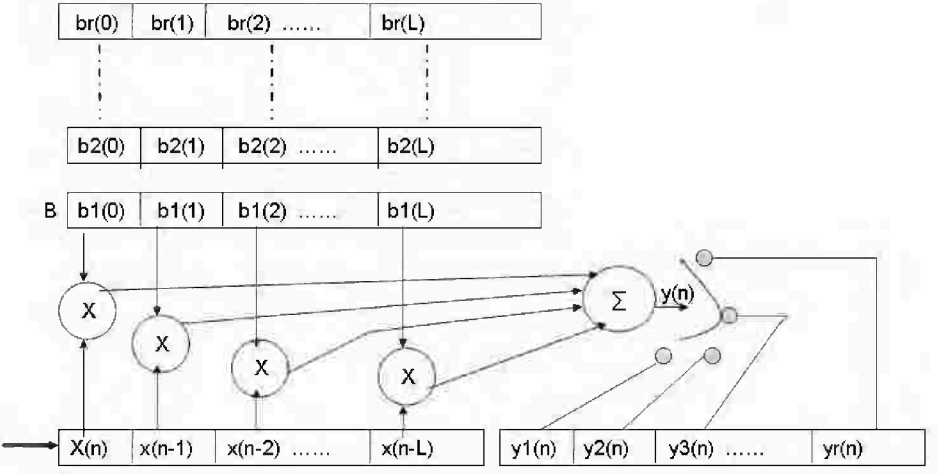
الزمن T اللازم لحساب عينة الخرج y(n) لعدد N من الخروج سيعطى بالعلاقة التالية :

$$T = N(T_m(L+1)+T_a) \qquad (١,٢)$$

حيث T_m هي الزمن اللازم لعملية الضرب، وقد افترضنا استخدام دائرة ضرب واحدة في المعادلة رقم (٥,١) لتنفذ عمليات الضرب على التتابع. T_a هي الزمن اللازم لإجراء عملية الجمع وقد افترضنا هنا دائرة جمع لكل عملية أي أن عمليات الجمع ستتم على التوازي.

٣ – ترشيح عدة إشارات بنفس المرشح Single filter multiple input

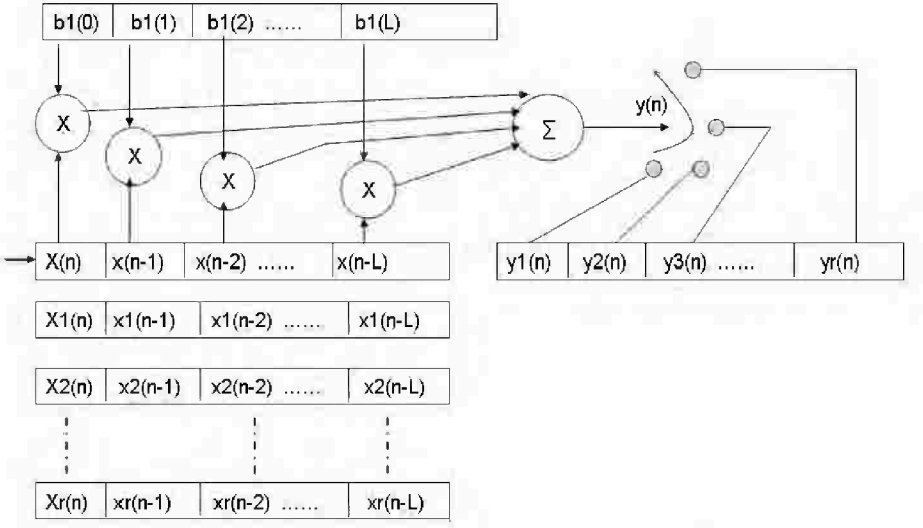
في الكثير من التطبيقات نحتاج لترشيح أكثر من إشارة بنفس المرشح. في هذه الحالة يتم وضع عدد من الإشارات المقطعة في مصفوفة كالمبينة في الشكل رقم (١,٦).



الشكل رقم (١,٥). عدة مرشحات لنفس الإشارة.

في هذا الشكل يتم إدخال مجموعة العينات x_1 (الإشارة الأولى) التي تستخدم مع مجموعة المعاملات B لحساب العينة الأولى من خرج الإشارة الأولى. بعد ذلك يتم

إدخال المجموعة x_2 التي تمثل الإشارة الثانية ومنها يمكن حساب عينة الخرج الأولى من إشارة الخرج الثانية وهكذا إلى أن نصل إلى إشارة الدخل الأخيرة x_N حيث نبدأ بعدها من جديد مع الإشارة x_1 وهكذا.



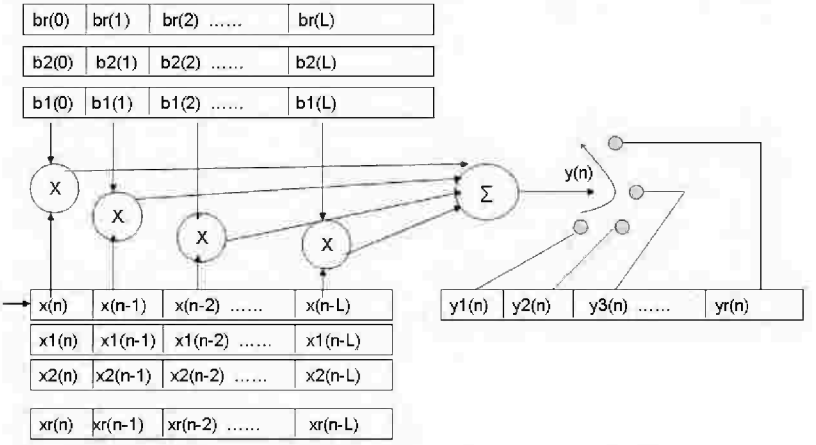
الشكل رقم (١,٦). ترشيح عدة إشارات بنفس المرشح.

٤ – ترشيح عدة إشارات باستخدام عدة مرشحات Multiple input multiple filters

يمكن استخدام التصميمين السابقين للحصول على تصميم جديد يرشح عدة إشارات بمرشح لكل إشارة كما هو مبين في الشكل رقم (١,٧). هنا يتم إدخال معاملات كل مرشح B_1 إلى B_N إلى المسجل B وبالتوافق مع ذلك يتم إدخال عينات الإشارات المقابلة x_1 إلى x_N حيث يمكن حساب عينات الخرج المناظرة ، بعد ذلك يتم إزاحة جميع إشارات الدخل وتكرار ما سبق إلى أن نحصل على كل إشارات الخرج.

بعد دراسة كل التصميمات السابقة نرى مدى مرونة التصميم باستخدام المعالجة

الرقمية والتي يصعب الحصول عليها باستخدام المعالجة التناظرية.



الشكل رقم (١,٧). عدة مرشحات لعدة إشارات.

(١,٢) نظرة تاريخية على موضوع معالجة الإشارات الرقمية

كما رأينا من المقدمة السابقة فإن المعالجة الرقمية للإشارة تبدأ من بعد أخذ الإشارة من مصدرها (من حساس الحرارة، أو الميكروفون، أو كاميرة الفيديو، أو أي مصدر بيولوجي) ثم تكبيرها وترشيحها مبدئياً ثم تحويلها إلى الصورة الرقمية. من هنا يبدأ دور المعالجة الرقمية للإشارة. هذه المعالجة من الممكن أن تكون في صورة خوارزم يتم تنفيذه على الحاسب أو على إحدى الشرائح (المعالجات) المخصصة للمعالجة الرقمية للإشارات وما أكثرها. هذا الخوارزم قد يكون مرشحاً رقمياً لمنع بعض الترددات والسماح للترددات الأخرى، وقد يكون محولاً يحول الإشارة من النطاق الزمني إلى النطاق الترددي مثل تحويل فورير، وقد يكون خوارزم لضغط بيانات هذه الإشارة بحيث تشغل أقل مساحة تخزينية، وهكذا. من ذلك نرى أن الحاسب أو المعالج يلعب دوراً مهماً جداً في هذا الموضوع. إن الجذور الحقيقية لعلم معالجة الإشارات يمتد في

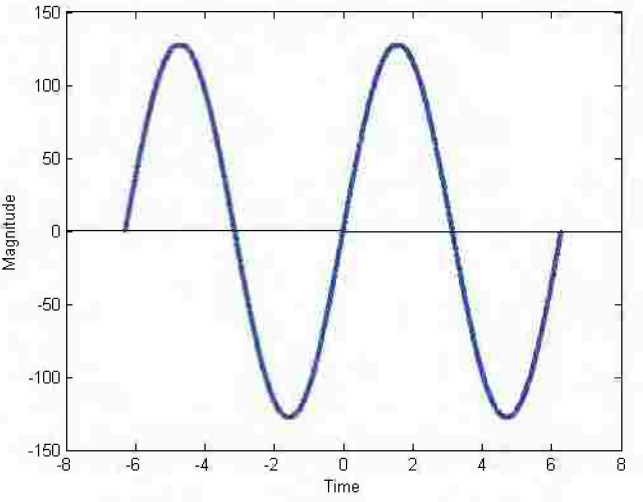
التاريخ إلى ما قبل ظهور الحاسبات منذ بداية الأربعينيات، ولكن بالطبع فإن جذور المعالجة الرقمية للإشارات بالتحديد تبدأ منذ ظهور الحاسبات الرقمية في أواخر الستينيات وبداية السبعينيات ولكن الثورة الحقيقية فيها كانت مع الثورة الحقيقية للحاسبات والتي بدأت في منتصف الثمانينيات. في البداية كانت تطبيقات المعالجة الرقمية للإشارات مقتصرة على التطبيقات العسكرية فقط، ولكن مع ثورة الحاسبات والإلكترونيات امتدت هذه التطبيقات إلى كل نواحي الحياة، في التلفون والتلفزيون والراديو وفي كل أفرع الاتصالات وفي التطبيقات الطبية والفضاء والكشف عن التربة والمعادن وهذا قليل من كثير. عندما بدأ تدريس هذا العلم في بداية السبعينيات كان مقتصرا على الدراسات العليا فقط، ومع التقدم التكنولوجي واتساع التطبيقات التي تستخدم هذا العلم أصبح يدرس الآن كمقرر أساسي في كل الخطط الدراسية لطلاب الجامعات في مرحلة البكالوريوس في الكثير من التخصصات ومنها تخصصات الإلكترونيات والاتصالات والحاسبات والقوى الكهربية والميكانيكا وبالذات شعب الميكاترونيك.

إن علم المعالجة الرقمية للإشارات يشمل تحته أو يتعامل مع الكثير من العلوم الأخرى مثل: الرياضيات والهندسة الكهربية والدوائر الإلكترونية ونظرية الدوائر والحاسبات (برمجتها وهيكلتها) ونظرية الاحتمالات والكثير من العلوم الأخرى. في نفس الوقت ومع التقدم في علم المعالجة الرقمية للإشارات خرج من تحت عباءته الكثير من العلوم التي كانت أصلاً مجرد موضوعات تدرس تحت مظلة هذا العلم، ومن هذه العلوم علم المعالجة الرقمية للصور الذى أصبح الآن علماً قائماً بذاته يدرس حتى في مستوى البكالوريوس في الكثير من الجامعات. المعالجة الرقمية للصوت والذي يشمل التعرف على الكلام وعلى المتكلمين وتوليد الصوت وضغطه، أصبح الآن من العلوم

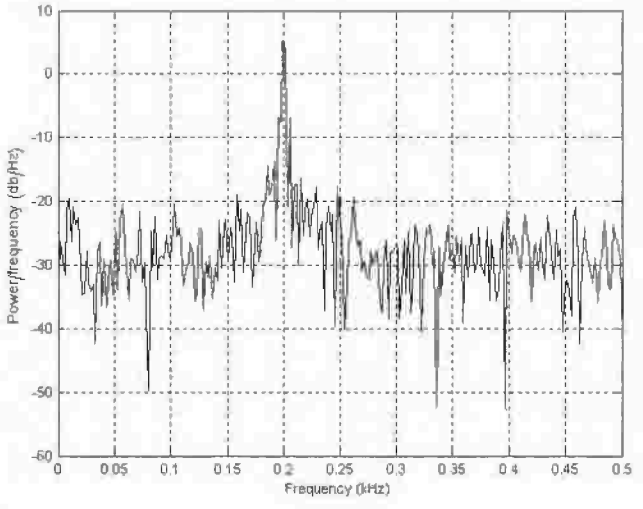
الشائعة. علم القياسات البيولوجية الذي يتعرف على الشخص من خلال بعض القياسات البيولوجية مثل صوته أو بصمة أصبعه أو بصمة يده أو القزحية أو القرنية أو صورة وجهه وحتى شكل أذنه يستخدم الآن في التعرف على الأشخاص، ولا ننسى التعرف على الأشخاص من خلال الأحماض النووية DNA.

(١,٣) عرض الإشارات
Displaying Signals

محور علم المعالجة الرقمية للإشارات كما نرى هو الإشارة، وقد أشرنا فيما سبق أن الإشارة هى متغير أو دالة تعتمد على متغير آخر أو أكثر. الإشارة من الممكن الحصول عليها من مصدر مخلق synthetic مثل المذبذبات oscillators بأنواعها المختلفة والتي نحصل منها على أشكال مختلفة لهذه الإشارات وبترددات ومقادير مختلفة كما في أجهزة المعامل. هناك أيضاً الإشارات الطبيعية التي نحصل عليها من مصادر طبيعية مثل إشارة الصوت والصور وإشارة القلب وغيرها الكثير وسنقدم في هذا الجزء بعضاً من هذه الإشارات مع حديث مختصر عن كل منها. يمكن رؤية أي إشارة أو عرضها في النطاق الزمني وذلك باستخدام عارض الإشارة oscilloscope الذى يعرض تغير مقدار الإشارة مع الزمن كما في الشكل رقم (١,٨) الذى يعرض موجة جيبية في النطاق الزمنى حيث يمكن أن نرى من هذا الشكل كيفية تغير الإشارة مع تغير الزمن. هناك طريقة أخرى لعرض الإشارة وذلك من خلال المحلل الطيفي spectrum analyzer الذى يعرض الإشارة في النطاق الترددي حيث يعرض تغير الإشارة مع تغير التردد لذلك فإن محوره الأفقي يكون التردد ومحوره الرأسي يكون مقدار الإشارة كما في الشكل رقم (١,٩). لاحظ في هذا الشكل أن المحور الأفقي هو التردد بالكيلو هرتز والمحور الرأسي هو قدرة الإشارة عند كل تردد. هذا الشكل مرسوم لموجة جيبية ترددها ٢٠٠ هرتز



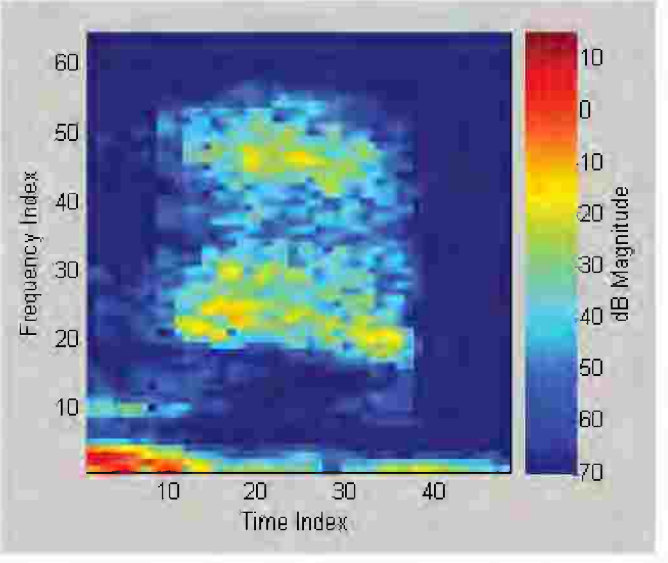
الشكل رقم (١.٨). تمثيل موجة جيبية في النطاق الزمني.



الشكل رقم (١.٩). النطاق الترددي من خلال محلل طيفي لموجة جيبية ترددها ٢٠٠ هرتز مضافاً إليها ضوضاء.

مضافاً إليها ضوضاء white noise لاحظ مقدار الإشارة عند التردد ٢٠٠ هرتز الذى يمثل الإشارة الأصلية مع وجود الضوضاء عند جميع الترددات بنفس القدرة تقريباً مما يبين أهمية عرض الإشارات في هذا النطاق.

كما رأينا فإن عرض الإشارة في النطاق الزمني يعرض تغير مقدار الإشارة مع الزمن ولكن تردد الإشارة ككمية مباشرة لا تظهر في هذا العرض. أما عرض الإشارة في النطاق الترددي فيعرض تغير قدرة الإشارة مع التردد، أما الزمن كقيمة متغيرة فلا يظهر في هذا العرض. هناك عرض ثالث تظهر فيه المتغيرات الثلاث (الزمن والتردد ومقدار أو قدرة الإشارة) وهذا العرض هو ما يسمى الأسبيكتروجرام spectrogram والذى يعرض مقدار أو قدرة الإشارة كدالة في الزمن والتردد في نفس العرض. الشكل رقم (١.١٠) يبين هذا العرض. في هذا الشكل مقدار الإشارة هو كثافة أو شدة إضاءة أو وضوح النقطة إذا كانت



الشكل رقم (١.١٠). الأسبيكتروجرام يعرض علاقة المقدار مع التردد والزمن.

الصورة أبيض وأسود، أما إذا كانت الصورة ملونة كما في الشكل رقم (١,١٠) فإن المفتاح الموجود في يمين الصورة يبين علاقة اللون بمقدار الإشارة وذلك بوحدات الديسبل. مثل هذه الأشكال (الأسبيكتروجرام) تستخدم عادة بواسطة أطباء السمع والكلام في تحديد مقدرة الشخص على سماع أو نطق بعض الترددات.

(١,٤) أمثلة على بعض الإشارات

سنعرض هنا بعض الإشارات الشائعة والتي تستخدم معها الطرق المختلفة لمعالجة الإشارات الرقمية إما لتحسين نوعية هذه الإشارات عن طريق تخليصها من الضوضاء المضافة عليها، وإما من أجل ضغطها لتصغير الحيز التخزيني لها تمهيداً لتخزينها على أي وسط من أوساط التخزين، أو إرسالها على قناة اتصال إلى نقطة أخرى، أو استخلاص بعض الخواص من هذه الإشارة حيث يتم استخدام هذه الخواص في التعرف على هذه الإشارة أو تقسيمها إلى مجموعات متجانسة clustering.

(١,٤,١) إشارة الصوت Sound Signal

إن إشارة الصوت تعد من أكثر الإشارات الطبيعية استخداماً هذه الأيام ويدلل على ذلك العلوم المختلفة التي انتشرت هذه الأيام والخاصة بالصوت فقط ويمكن أن نطلق عليها علوم الصوت والتي يندرج تحتها العلوم التالية:

التعرف على الكلام Word recognition

وفيه يتم التعرف على الكلمة نفسها بحيث أنه بعد التعرف على الكلمة يتم تنفيذ فعل معين ومن أهم التطبيقات المستخدمة في ذلك تحويل الكلام إلى نصوص مكتوبة. فيمكن مثلاً تحت مظلة هذا العلم أن يقوم الشخص الكفيف بالإملاء للحاسب الذى يقوم بطباعة النصوص التي تملى عليه. هناك طرق كثيرة وأبحاث عديدة مازالت نشطة هذه الأيام في طريقة التعرف على الكلام. فمثلاً يمكن تقسيم الصوت

المنطوق إلى أجزاءه الأساسية الفونيمات phonemes والتي يختلف عددها ونوعها من لغة إلى أخرى. عملية تحديد هذه الفونيمات في الصوت المنطوق يستلزم استخلاص بعض الخواص من هذه الإشارة، وهذه الخواص قد يتم استخلاصها من الإشارة وهي في النطاق الزمني أو الترددي. عملية التعرف على الكلام هنا قد تعتمد على المتكلم speaker dependent بمعنى أن الخوارزم يتعرف على الكلام المنطوق من شخص معين وإذا نطق شخص آخر نفس الكلام فإن نسبة التعرف تكون أقل، وقد لا تعتمد على المتكلم speaker independent وهذا هو الشائع والأصعب بمعنى أن الخوارزم يتعرف على الكلام أياً كان الشخص الذي ينطق هذا الكلام.

التعرف على المتكلم Speaker identification

هنا يتم التعرف على الشخص نفسه من خلال تحليل عينة من صوته بعد استخلاص بعض الخواص منها ومن أهم هذه الخواص التردد الأساسي pitch الذي يلعب دوراً أساسياً في تحديد صوت كل شخص. تعد بصمة صوت المتكلم من أحد القياسات البيولوجية المهمة biometrics التي تستخدم في التعرف على الشخص مثلها مثل بصمة الإصبع واليد وشكل قزحية العين والشبكية وصورة الوجه.

تخليق الكلام Speech synthesis

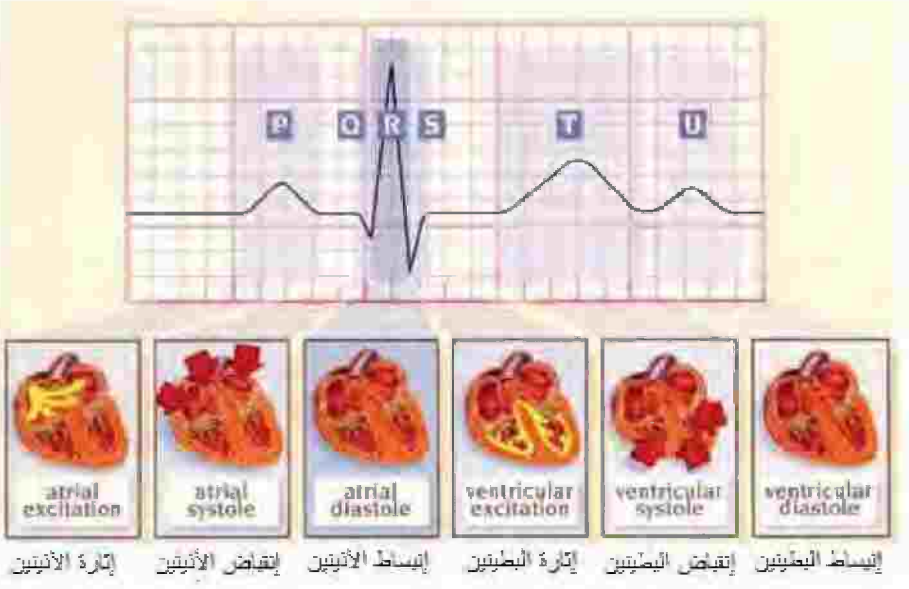
يعد هذا أحد تطبيقات تحويل النص المكتوب إلى كلام منطوق حيث يتم التعرف على أحرف أو مقاطع النص المكتوب وتحويلها إلى فونيمات مخلقة داخل الحاسب ثم نطقها على حسب اللغة المستخدمة.

في كل التطبيقات السابقة تدخل موضوعات معالجة الإشارة رقمياً في أكثر من مكان، فقد تكون خوارزم يستخلص الخواص السابقة، أو خوارزم يستخدم هذه الخواص في المقارنة واتخاذ قرار، أو خوارزم معالجة مبدئية للإشارة بعد تحويلها من

الصورة التناظرية إلى الصورة الرقمية، أو في صورة مرشح يستخلص الإشارة من الضوضاء noise المضافة إليها، أو في صورة تكبير لهذه الإشارة، أو في صورة خوارزم يحول الإشارة من النطاق الزمني إلى النطاق الترددي أو العكس.

(١.٤.٢) إشارة راسم القلب Cardiogram

راسم القلب هو جهاز يخرج منه عدد من الإلكترودات electrodes التي تثبت على مواضع معينة في جسم الإنسان فيمكنها التقاط إشارات كهربية لها علاقة بحركة عضلة القلب أثناء انقباضه أو انبساطه. هذه الإشارات يتم رسمها مع الزمن بحيث يستطيع الطبيب من خلال شكلها وترددها ومقدارها في النطاق الزمني أن يستخلص الكثير عن حالة المريض، كما يمكن تحويل هذه الإشارة إلى النطاق الترددي



الشكل رقم (١.١١). إشارة راسم القلب وعلاقتها بحركة عضلة القلب.

واستخلاص بعض الخواص الأخرى التي يمكن استخدامها في خوارزم يمكنه التعرف على المرض باستخدام الحاسب. الشكل رقم (١,١١) يبين إشارة راسم القلب وعلاقة بعض النقاط المميزة فيها بحركة عضلة القلب. راسم القلب هنا نسوقه فقط كمثال على الإشارات الحيوية أو الطبية ولكن هناك إشارات أخرى مثلها مثل راسم القلب تستخدم بكثرة ومنها راسم المخ electroencephalogram وراسم العضلات electromiogram على سبيل المثال.

(١,٤,٣) معالجة الصور Image processing

هنا يتم أخذ الصورة بكاميرا ثم تحويلها إلى الصورة الرقمية وتخزينها في الحاسب حيث يمكن من هنا التعامل معها بالعديد من الخوارزمات التي تنفذ عليها العديد من طرق المعالجة والتي منها خوارزمات لتحسين هذه الصورة enhancement أو ضغطها compression أو تجزيئها segmentation تمهيداً للتعرف على بعض محتوياتها وغير ذلك الكثير. هذه الصور قد تكون وجه شخص يتم التعرف عليه، أو صورة مرسلة من قمر صناعي أو سفينة فضاء ومطلوب التعرف على محتوياتها، أو صورة أشعة فوق صوتية لجزء معين من الجسم البشري لتحديد أو التعرف على مرض معين في هذا الجزء. المهم أن مصادر الصور لا حصر لها ولا حصر للتطبيقات التي تتطلب المعالجة الرقمية لهذه الصور في ظل التقدم الهائل في الحاسبات هذه الأيام. الشكل رقم (١,١٢). نسوقه كمثال عن ماذا تفعل خوارزمات المعالجة الرقمية للصورة حيث تبين الصورة اليسرى في هذا الشكل صورة قد حدث فيها اهتزاز blurring أثناء التصوير حيث أمكن معالجتها كما في الصورة اليمنى وإزالة آثار هذا الاهتزاز وقد أصبحت الصورة أكثر وضوحاً.

الشكل رقم (١.١٢). مثال على أحد خوارزمات تحسين الصورة ، لاحظ الفرق. من أمثلة برنامج MATLAB.

سنكتفي بهذا القدر من الأمثلة على الإشارات المختلفة والتطبيقات واضعين نصب أعيننا أن موضوع معالجة الإشارات رقمياً يدخل الآن في حياتنا اليومية بدرجة كبيرة والذى ذكرناه هو قليل من كثير فنحن لم نذكر الدور الذى يلعبه هذا العلم في أبسط الأجهزة التي نستخدمها في حياتنا اليومية مثل أجهزة التلفون المحمول mobile وأجهزة تسجيل واسترجاع الأصوات والصورة وإضافة الصدى أو حذفه وغير ذلك الكثير.

(١.٥) تمارين

كل تمارين هذا الفصل ستكون مراجعة أو مقدمة عن برنامج MATLAB .

١- التعرف على برنامج MATLAB وأجزاؤه المختلفه وإجراء بعض العمليات البسيطة على المصفوفات.

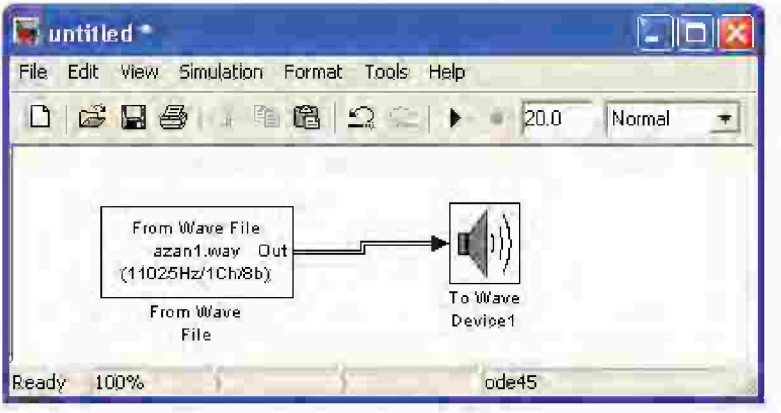
٢- التعرف على الأجزاء المختلفة في صندوق معالجة الإشارات signal processing toolbox وتنفيذ بعض الأمثلة demos الموجودة فيه.

٣- التعرف على الدوال التالية واستخدامها وفهم الفرق بينها:

wavread ( )
wavwrite ( )
wavplay ( )
auread ( )
auwrite ( )
auplay ( )

٤- التعرف على بعض بلوكات معالجة الإشارة signal processing block set وإجراء بعض التمارين عليها مثل إدخال إشارة صوت ثم إخراجها على سماعات الحاسب لسماعها.

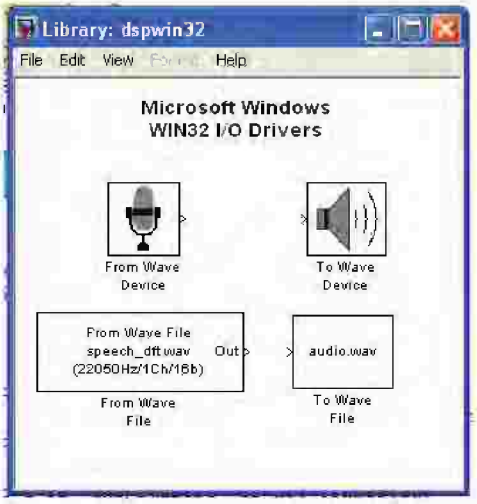
٥- حاول التعرف على البلوكات الموجودة في نموذج الشكل رقم (١.٥ت) وتنفيذها:



الشكل رقم (١.٥ت).

٦- حاول التعرف على باقي بلوكات التعامل مع الصوت من مظلة النوافذ windows الموجودة في الشكل رقم (١.٦ت) واستخدمها في نماذج مختلفة من عندك

وتنفيذها بحيث يمكنك تسجيل أصوات من خلال الميكروفون ثم استرجاعها.



الشكل رقم (١,٦ت).

٧- التعرف على بعض أجزاء صندوق معالجة الصور image processing toolbox وتنفيذ بعض الأمثلة demos الموجودة فيه.