الاتصالات الرقمية

د. عادل أحمد علي
كلية الهندسة ـ جامعة الملك سعود

تأخذ المعلومات المرسلة احدى صورتين : تمثيلية أو رقمية ، فالاتصالات الهاتفية والاذاعية والتلفزيونية هي أمثلة على النوع الأول ، أما الاتصالات بين الحاسبات والاتصالات البرقية فهي معلومات رقمية . وعلى الرغم من أن الغالبية العظمى من أنظمة الاتصالات في العالم هي أنظمة تمثيلية ، إلا أن السنوات العشرة الأخيرة قد شهدت تحولاً كبيراً نحو الاتصالات الرقمية ، ومن المؤكد أن يستمر هذا التحول لتصبح جميع أنظمة الاتصالات أنظمة رقمية قبل مرور عقد أو عقدين من الزمان على الأكثر . ولكي نتفهم بصورة عامة ما يميز كلا من نوعي الاتصالات والأسس التي قامت عليها الاتصالات الرقمية وتطبيقاتها دعونا نستعرض التالي :

الارسال التمثيلي والارسال الرقمي

تشغل الإشارات في الإرسال التمثيلي حيزاً متصلاً من الترددات ، كما في الإرسال الإذاعي المسموع أو المرئي (التلفزيون) لموجات الصوت والصورة ، فإذا أرسلت إشارات تمثل موسيقى عالية الجودة فإن نطاقاً ترددياً متصلاً يبدأ من ٣٠ هيرتز إلى ٢٠٠٠٠ هيرتز سوف يرسل ، وتتغير شدة التيار المرسل على أسلاك الهاتف مثلاً بصورة متصلة تحاكي تغير شدة الصوت الذي تميزه الأذن .

أما الأساس في حالة الإرسال الرقمي فإن الإشارة المرسلة تأخذ قيمة معينة من بين عدد محدد من القيم عند لحظات زمنية معينة مثلها في ذلك مثل الإشارات الكهربائية داخل الحاسب الآلي التي تأخذ إحدى قيمتين فقط ، إحداهما تمثل الصفر والأخرى تمثل الواحد ، أي أن هناك قيمتان فقط أما صفر وأما واحد ، وتمثل كهربائياً بقيمتين محددتين للجهد الكهربائي في الدوائر الإلكترونية كأن يكون الجهد ٥ فولت ممثلاً للواحد بينما الجهد ١ فولت ممثلاً للصفر . وتسمى الإشارة الرقمية في هذه الحالة اشارة ثنائية (بت) ، ويوضح الشكل (١) مثالاً للإشارات التمثيلية والرقمية .

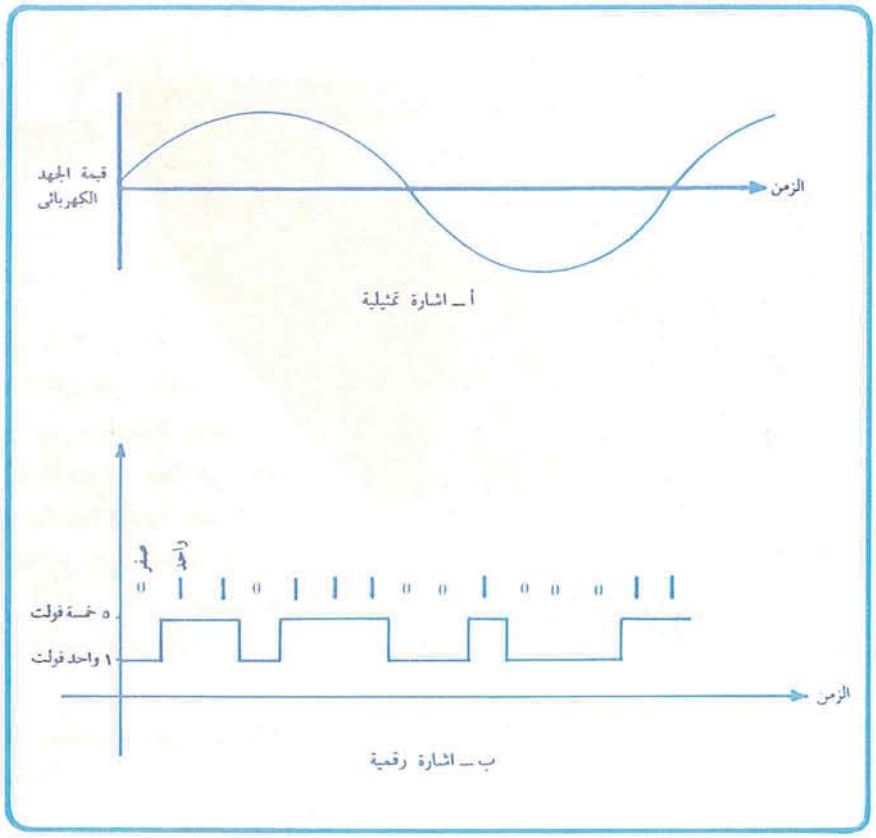
ويمكن لقناة تمثيلية ، مثل القناة الهاتفية ، أن تستخدم لنقل الإشارات الرقمية ، كالإشارات بين الحاسبات مثلاً ، وعندها يلزم تحويل الإشارات الرقمية إلى إشارات تمثيلية شبيهة بإشارات المحادثات الهاتفية ، ويستخدم لذلك معدات خاصة تقوم بتعديل حامل موجات جيبي (يتغير مع الزمن كدالة جيبية) قبل الإرسال ، وفي جهاز الإستقبال يتم إجراء العملية المعاكسة للتعديل ، أي استخلاص الإشارات الرقمية من حامل الموجات المعدل وتسمى هذه العملية بعملية فك التعديل . ويطلق على هذه المعدات اسم يشتق من عملية التعديل وعملية فك التعديل (مودم modem) . ويتلخص عمل هذه المعدلات في تغيير شكل الإشارة الرقمية لتصبح شبيهة بالإشارات التمثيلية مع الإحتفاظ بالمعلومات التي تحملها ، وتصبح الإشارات في صورة تناسب الإرسال عبر القنوات التمثيلية ، وعند الإستقبال تقوم معدات فك التعديل بدورها حيث تعيد للإشارات المستقبلة صورتها الرقمية .

ومن ناحية أخرى فإن المعلومات التمثيلية ـ كالمحادثات الهاتفية ـ قد تنقل عبر القنوات الرقمية بعد تحويلها إلى إشارة رقمية باستخدام طرق تحويل من تمثيلي إلى رقمي . وأكثر هذه الطرق شيوعاً هي طريقة تعديل شفرة النبضات (PCM) والتي ذاع استخدامها في نقل إشارات المكالمات الهاتفية في السنوات الأخيرة . ومن ناحية المبدأ فإنه بالإمكان نقل أية إشارة تمثيلية عبر القنوات الهاتفية الرقمية باستخدام تعديل شفرة النبضات .

وربما يتساءل القارىء أي النظامين أكثر كفاءة من الآخر ؟ فيما يلي نستعرض الإجابة على هذا السؤال :

يتطلب الإرسال الرقمي نطاقاً ترددياً يفوق النطاق الترددي اللازم لإرسال نفس الإشارات تمثيلياً . ففي الإشارات الهاتفية مثلاً ، تشغل الإشارة نطاقاً ترددياً يقرب من ٤٠٠٠ هيرتز . أما إذا حولت إلى إشارة رقمية فإنه يتعين إرسال ٥٦٠٠٠ نبضة في كل ثانية (نظام أمريكي) أو ٦٤٠٠٠ نبضة في كل ثانية (نظام أوربي) للمكالمة الواحدة ، وباستخدام الطرق المتبعة حالياً فإن إرسال نبضة ثنائية واحدة كل ثانية يستلزم نطاقاً ترددياً يقرب من ذبذبة واحدة في الثانية (١ هيرتز) ولهذا ، فإن إرسال مكالمة هاتفية رقمية يتطلب نطاقاً ترددياً يبلغ ٦٤ كيلوهيرتز .

وتزيد سعة النطاق الترددي للقنوات الرقمية عن سعة مثيلاتها من القنوات التمثيلية التي تستخدم نفس السلك أو واسط الإنتقال ، ويرجع ذلك إلى أن الإشارات الرقمية تحوي معلومات ثنائية فقط ولا تستلزم قدراً كبيراً من طاقة الإشارة بالنسبة لطاقة الضوضاء ، بعكس الإشارات التمثيلية التي يلزمها قدراً أكبر من



شكل (١) الاشارات التمثيلية والرقمية

نسبة الإشارة إلى الضوضاء لكي يمكن معرفتها بدقة .

وعند نقل الإشارات التمثيلية أو الرقمية عبر القنوات المختلفة يتعين تكبير الإشارات بوساطة مضخمات على مسافات متساوية عبر القناة تبلغ عدة كيلومترات ، والهدف من استخدام هذه المضخمات هو بالطبع تعويض طاقة الإشارات التي يفقد قدراً كبيراً منها خلال الإنتقال عبر القناة (الأسلاك أو الهواء) ، وذلك لكي تستعيد الإشارة طاقتها كما كانت عليه قبل الإرسال . وفي حالة الإرسال التمثيلي لا تتمكن مضخمات الإشارة من التمييز بين الإشارات والضوضاء التي تختلط بها ، بل تقوم بتكبير الإشارات والضوضاء على حد سواء . وعلى العكس من ذلك ففي الإرسال الرقمي لا تقوم المضخمات بتكبير الإشارة فقط بل تقوم بإعادة توليدها كإشارة جديدة خالية من الضوضاء كلية ، ويكمن السبب في ذلك في إمكان التمييز بين الإشارة التي تأخذ أحد الأشكال المعروفة مسبقاً وبين الضوضاء التي تمثل إشارة عشوائية سريعة التغير .

ويتضح مما سبق أن الضوضاء تزداد باضطراد عبر قناة الإرسال في حالة الإرسال التمثيلي حيث يقوم كل مضخم بتكبير تلك الضوضاء ، بعكس الإرسال الرقمي الذي لا تزداد فيه الضوضاء على طول القناة ، والنتيجة هي تفوق أداء الإرسال الرقمي . وحتى وقت قريب كان الإرسال التمثيلي يشكل الغالبية العظمى من أنظمة الإتصال للمسافات القريبة والبعيدة على حد سواء . إلا أن السنوات الأخيرة قد شهدت زيادة مضطردة في أنظمة الإتصالات الرقمية ، ويرجع السبب في ذلك إلى عدة عوامل أهمها :

١ ـ التقدم الكبير الذي أحرز في مجالات تصنيع قنوات الإتصال ذات السعة العالية كالألياف البصرية والكوابل المحورية الحديثة وغيرها .

٢ ـ التوسع في استخدام الدوائر الألكترونية المتكاملة وما تبع ذلك من تحسن كبير في جميع وسائل معالجة المعلومات والإشارات وخاصة الرقمية منها .

٣ ـ زيادة سعة القنوات الناجم عن استخدام المكررات الرقمية على مسافات قريبة .

٤ ـ الزيادة المستمرة في حجم المعلومات الرقمية المراد تبادلها بين الحاسبات وبنوك المعلومات ومراكز التحكم والمتابعة عن بعد وغيرها .

٥ ـ انتشار استخدام المبادلات (المقاسم) الرقمية لما لها من مميزات عديدة ، تجعل الإرسال الرقمي داخل المدن ضرورة حتمية لتفادي تحويل الإشارات من رقمية إلى تمثيلية والعكس ، وما يتطلبه ذلك من معدات وسيطة يمكن الإستغناء عنها في حالة الإرسال الرقمي .

٦ ـ التنوع الكبير في مصادر الإشارات ، والذي يزداد باضطراد في الآونة الأخيرة حيث ترسل المحادثات الهاتفية ، والإشارات التلفزيونية ، وإشارة نقل صورة المستندات (الفاكس) ، وإشارات أجهزة التحكم والمراقبة ، والإشارات بين الحاسبات وبين بنوك المعلومات وغيرها ، وما يتطلبه ذلك من وضع إعتبارات خاصة بكل نوع من أنواع الإرسال عند تصميم الشبكة التمثيلية ، ويضاف إلى ذلك احتمالات التداخل والتشويش بين الإشارات المختلفة إذا ما نقلت عبر شبكة تمثيلية واحدة . أما في حالة الإرسال الرقمي ، فإن جميع الإشارات تتشابه بحيث يمكن تبادلها بين المبادلات الرقمية وتوجيهها بين نقاط الإرسال والإستقبال المختلفة .

ولإيجاز ما تقدم يمكن القول بأن الإتجاه السائد الآن هو أن تبقى الأنظمة التمثيلية في العمل لحين انتهاء عمرها الإفتراضي على أن تكون التوسعة والإضافات ، باستخدام النظم الرقمية ، سواء في معدات المقاسم والمبادلات أم خطوط وقنوات الإتصال . وتتفوق النظم الرقمية من حيث مستوى الأداء والتكلفة على النظم التمثيلية وذلك بالنسبة إلى المعدات الطرفية ، وبالنسبة لقنوات الإرسال القصيرة فينطبق عليها ما تقدم عن المعدات الطرفية . أما في قنوات الإرسال بعيدة المدى ، حيث تمثل تكلفة القناة الغالبية العظمى من التكلفة الكلية ، فلا تزال الإتصالات التمثيلية أكثر كفاءة من الناحية الإقتصادية من الإتصالات الرقمية . إلا أن طرقاً جديدة للتعديل الرقمي قد أخذت في الظهور لتزيد كفاءة الإرسال الرقمي بحيث يصبح هو الوسيلة الأكيدة للإتصالات قصيرة المدى وحول العالم على حد سواء قبل نهاية هذا القرن .