أساسيات تقنيات تجميع القنوات Multiplexing

نظراً لنمو شبكات الهاتف وزيادة عدد المكالمات أصبحت هناك حاجة لدوائر إضافية لمواكبة النمو، ومع ذلك كان هناك حدود لعدد الأسلاك التي تحملها أعمدة الهاتف أو الكيبلات الأرضية وكان من الواضح أنه من المطلوب نقل أكثر من دائرة صوتية عبر الوسيلة نفسها في الوقت نفسه، ونتيجة لذلك تم ابتكار تقنية تدعى إرسال الحامل Carrier Transmission هذه التقنية سمحت بتحويل تردد الصوت (300-3400) هرتز إلى تردد أعلى بعملية تدعى جمع القنوات Multiplexing وهي إرسال عدد من القنوات الصوتية عبر الخط نفسه ويتحقق ذلك من خلال استخدام عرض نطاق أكبر بكثير من ذلك المستخدم في قناة واحدة، ويُستخدم عادة نوعان من التقنيات، الأولى جمع القنوات بالتقسيم الترددي FDM وجمع القنوات بالتقسيم الزمني TDM.

ففي جمع القنوات بالتقسيم الترددي يتم جمع القنوات بجعل كل قناة تشغل جزءاً مختلفاً من الطيف الترددي، وكانت هذه التقنية هي التقنية الأساسية لجمع القنوات في الأنظمة التناظرية منذ ابتكار هذه التقنية في بداية القرن العشرين، و خلال الـ 60 عاماً التي أعقبتها.

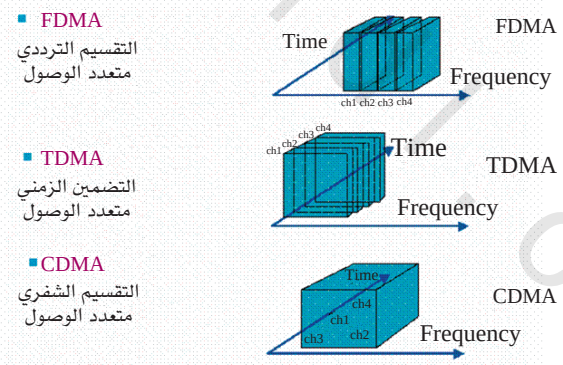
ولتحقيق الفصل الترددي يتم تضمين كل إشارة من خلال التضمين المقداري Amplitude Modulation بتردد حامل مختلف و12 قناة صوتية

obeikandl.com

كل منها بسعة 4 كيلو هرتز تشكل مجموعة بمدى يتراوح بين 60-108 كيلو هرتز، وخمس مجموعات تجمع لتشكل مجموعة كبيرة بمدى يتراوح بين 312-552 كيلوهرتز أمَّا الآن فقد تم تغيير معظم أنظمة القنوات التناظرية تم تغييرها إلى أنظمة رقمية بتقنية TDM.

أما في تقنية جمع القنوات بالتقسيم الزمني فيتم تقسيم الزمن إلى شرائح ضيقة والإشارات الداخلة يتم أخذ عيناتها واحدة بعد الأخرى بسرعة 8000 مرة في الثانية وهناك عينة واحدة لإشارة معينة تشغل القناة خلال وقت محدد.

ويتم استخدام تقنية التضمين النبضي الشفري Pulse Code Modulation PCM مع تقنية TDM في حالات الإرسال للإشارات التناظرية عبر قناة رقمية.



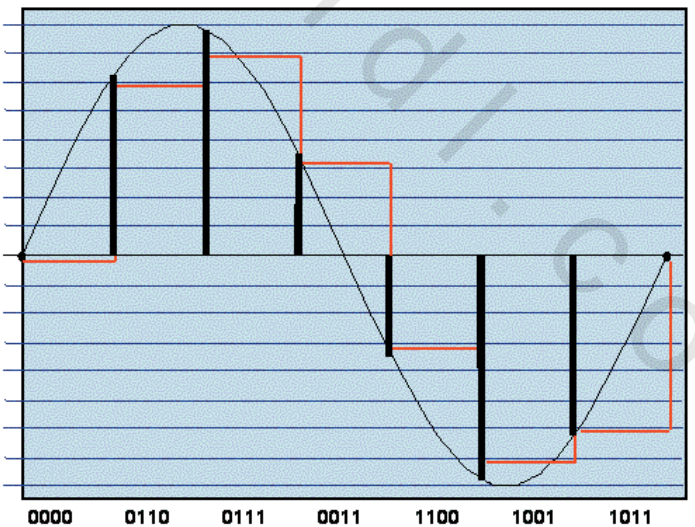
الشكل (4-1) يوضح أنواع جمع القنوات الترددي والزمني والشفري

وللاستفادة من الإرسال الرقمي من الضروري تحويل المعلومات الرئيسة إلى معلومات رقمية ليتم إرسالها ويتم تحويل الإشارة الرقمية مرة أخرى إلى حالتها الأساسية عند الاستقبال.

وهناك (3) خطوات إلى PCM هي أخذ العينات Sampling وتقييمها Quantization والتشفير Coding.

أخذ العينات يجب أن يتم بضعف أعلى تردد مرسل وتبعاً لذلك فأخذ العينات يتم بـ 8 كيلو هرتز ونظراً لاستخدام المعيار المكون من 8 بت فإن معدل البيانات المستخدم هو 8 × 8 = 64 كيلو بت /ثانية والذي أطلق عليه أسم DS-0.

كل قناة تأخذ عيناتها 8000 مرة في الثانية والعينات لـ 24 قناة صوتية يتم جمعها بالتقسيم الزمني بتقنية التضمين النبضي المقداري Pulse Amplitude Modulation PAM والتي يطلق عليها اسم إطار Frame وكل إطار مكون من 24 عينة مقدارية واحدة من كل قناة.



الشكل (4-2) يوضح أخذ العينات وهي أول مرحلة لتحويل الإشارة التناظرية إلى رقمية

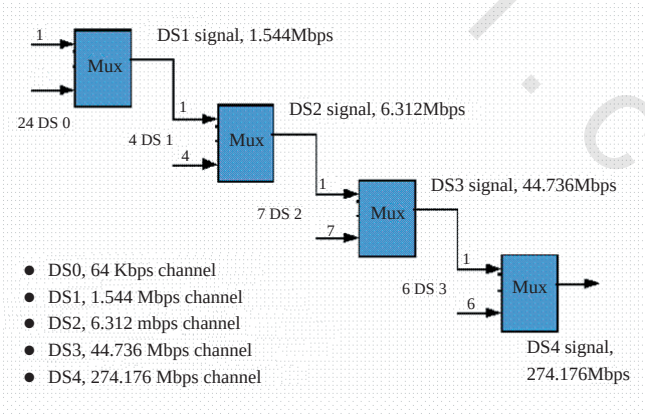
obeikandl.com

ويتيح استخدام المعيار المكون من (8) بت إمكانية اختيار عينات بمستويات كثيرة تساوي $2^8 = 256$ مستوى ويتم تقريب مستوى الإشارة الأقرب إلى العينة، ويتم الاستفادة من (5) أطر (جمع إطار) في نقل المعلومات من أصل كل (6) آطر.

ويعد كل نمط مكوناً من 24 مجموعة من (8) بت يتم إدخال إطار إضافي من النبضات الخالية من معلومات القنوات الصوتية لتوفير المعلومات الضرورية للتزامن في أجهزة الاستقبال.

فكل إطار PCM في أنظمة أمريكا الشمالية يتكون من (8×24) +1 = 193 بت.

ونظراً لكون كل إطار يحدث 8000 مرة في الثانية فإن معدل البيانات في النظام العامل بـ 24 قناة هو (8000) × 193 = 1,544,000 بت / ثانية.



الشكل (4–3) جمع القنوات في أمريكا الشمالية

وخلال مرور تدفق النبضات عبر المكرر يتم إعادة توليد وتشكيل نبضات جديدة خالية من التشويه والضوضاء، وهذه العملية تتخطى بشكل كبير مشكلات الضوضاء والتداخلات والفقد والتشويه وللوصول إلى مسافات أطول من 6000 قدم إلى 12000 قدم يتم استخدام نقل البيانات بمعدل 1.544 ميغابت/ثانية من خلال تقنية خط المشترك الرقمي عالي معدل البيانات HDSL أو SDSL الأحدث منها.

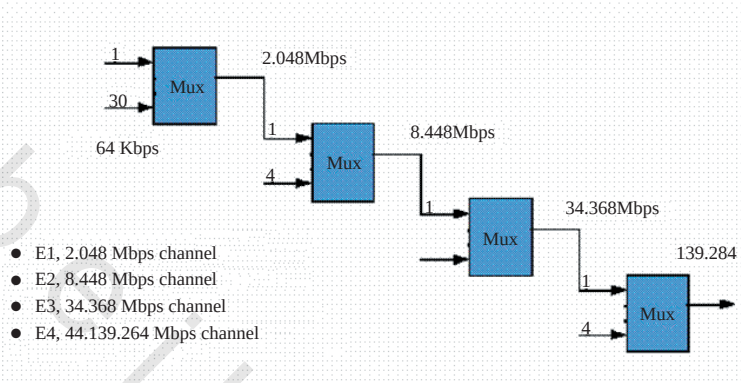
ويعد DS-1 معدل البيانات الأولي في الشبكات الهاتفية في أمريكا الشمالية، والذي يعرف اختصاراً بدائرة بسرعة T1 وهي (1.544 ميغابت/ثانية).

أما في بقية أرجاء العالم فإن معدل البيانات الأولي للشبكات الهاتفية يعرف بـ E1 وهو دائرة بسرعة 2.048 ميغابت/ثانية.

- فكل إطار PCM في الأنظمة العالمية يتكون من (8×32) = 256 بت و نظراً لكون كل إطار يحدث 8000 مرة في الثانية فإن معدل البيانات في النظام العامل بـ 32 قناة هو (8000) × 256 = 2,048,000 بت / ثانية.

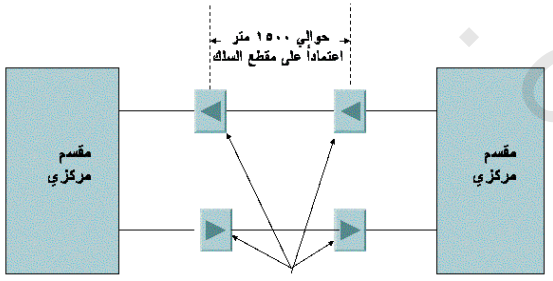
وفي النظام العالمي لا يتم إضافة نبضات للتزامن بل يتم استخدام 30 قناة لنقل الصوت بينما يتم استخدام (2) من القنوات لنقل معلومات التزامن المطلوبة لجهاز الاستقبال.

obeikandi.com



الشكل (4-4) مخطط يوضح جمع القنوات حسب مواصفات الاتحاد العالمي للاتصالات

هذا التدفق النبضي (2.048) ميغابت / ثانية يتم إرساله بين جهازين طرفيين لمسافة معينة عبر زوجين من الأسلاك الهاتفية كما هو موضح في الشكل (4-5) ويحتاج إلى مضخم إشارة كل حوالي (1500) متر اعتماداً على مقطع السلك.



الشكل (4-5) مخطط يوضح مصدر المصطلح **E1**