تراسل البيانات

Data Communication

د. حاتم النجدي
الجامعة السورية الخاصة
2017

لمحة تاريخية

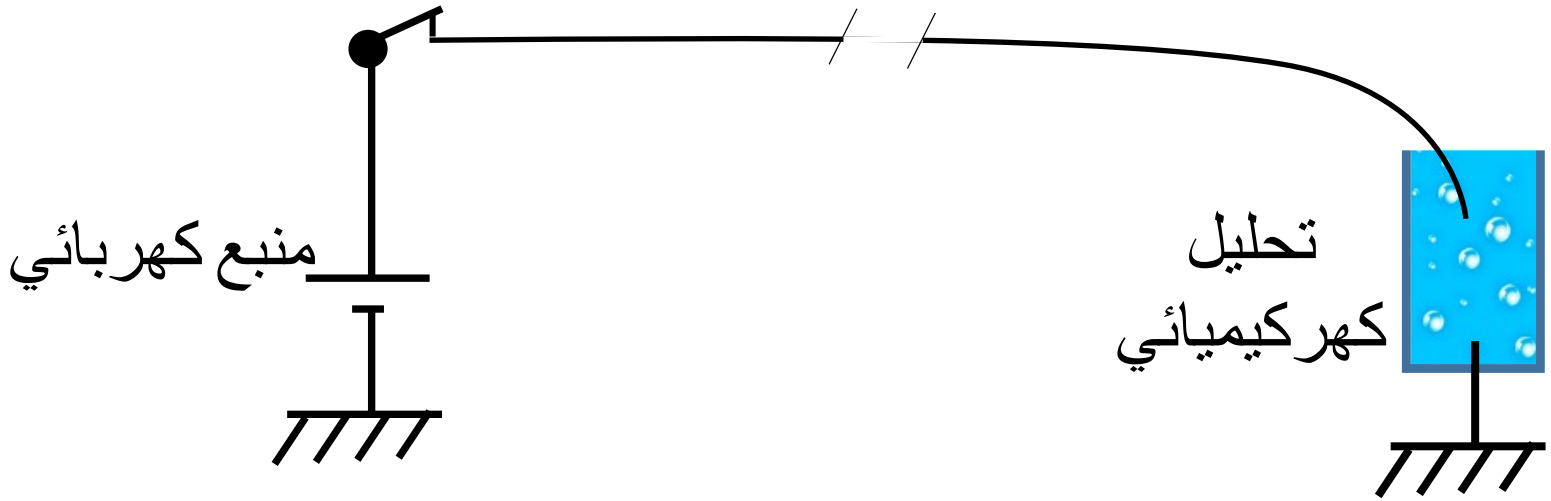
قديما، استُعملت إشارات الأيدي والأعلام والرايات والدخان لنقل رسائل بين أماكن توجد بينها خطوط نظر. في عام 1794، ابتكر كلود شاب منظومة التراسل بالإشارات المرئية بالعين المجردة اعتمادا على وجود خط نظر بين المتراسلين. وكانت تلك أول منظومة اتصال في العصر الصناعي. بنى كلود شاب أبراجا تفصل بينها مسافات تساوي 12–25 كيلو متر. ووضع على كل برج ذراعين تصل بينهما ذراع ثالثة. وكان من الممكن لكل ذراع جانبية أن تتخذ سبع وضعيات، وللذراع العرضانية أن تتخذ أربع وضعيات. وبذلك أمكن للأذرع الثلاث أن تتخذ 196 وضعية يمكنها التعبير عن 196 رسالة أو حرفا مختلفا. ووضع في كل برج تلسكوبا.

لمحة تاريخية

في عام 1667، أثبت روبرت هوك أن الصوت يتألف من اهتزازات في الهواء.

لمحة تاريخية

في عام 1809، اختُرع نوع أولي من الاتصال السلكي، وأمكن نقل رسائل بهذه الطريقة مسافة وصلت حتى 3.5 كيلو متر. تألف خط الاتصال من 35 سلكا، سلك لكل حرف. وحين وضع كهرباء على سلك ما، كانت تنطلق فقاعات غازية من إناء يحتوي على مادة كيميائية في طرف الاستقبال.

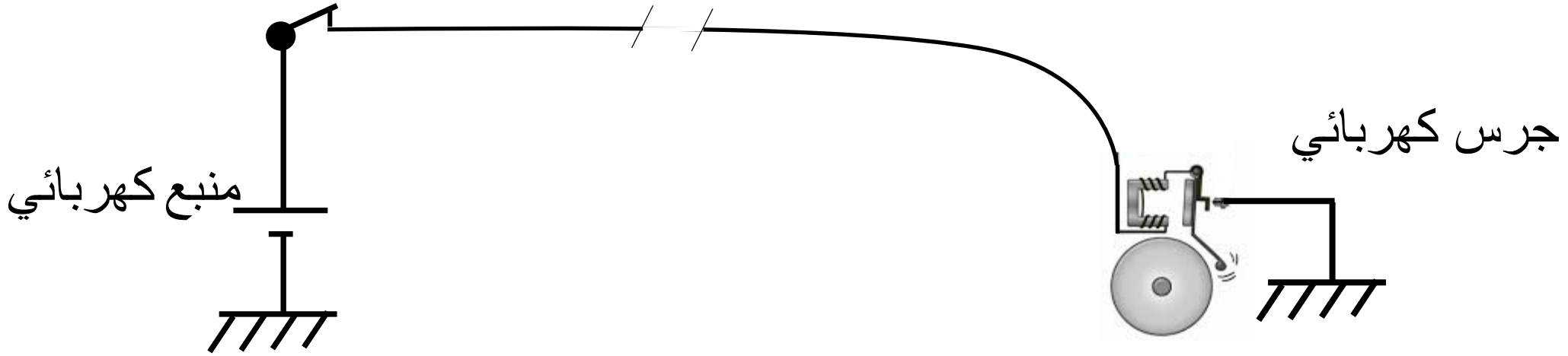


لمحة تاريخية

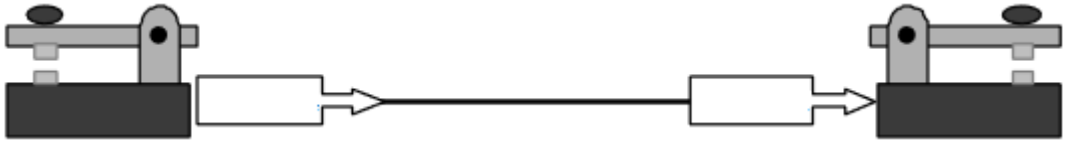
في عام 1828، اختُرع البرق الكهربائي في الولايات المتحدة بإرسال نبضات كهربائية عبر سلك أدت في طرف الاستقبال إلى حرق نقاط وخطوط قصيرة على شريط ورقي معالَج كيميائيا بحمض النتريك.

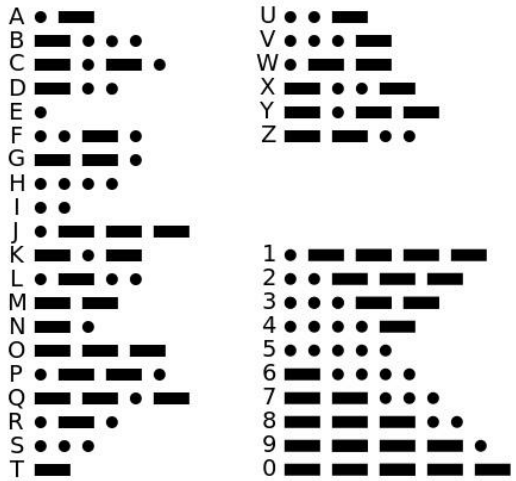
لمحة تاريخية

في عام 1830، استعرض جوزيف هنري إمكان استعمال المغنطيس الكهربائي الذي اخترعه ويليام ستَرجين في عام 1825، للاتصالات البعيدة المدى، وذلك بإرسال تيار كهربائي على سلك بلغ طوله نحو 1.6 كيلومتر لتشغيل مغنطيس كهربائي يرن جرسا في طرف الاستقبال.



لمحة تاريخية





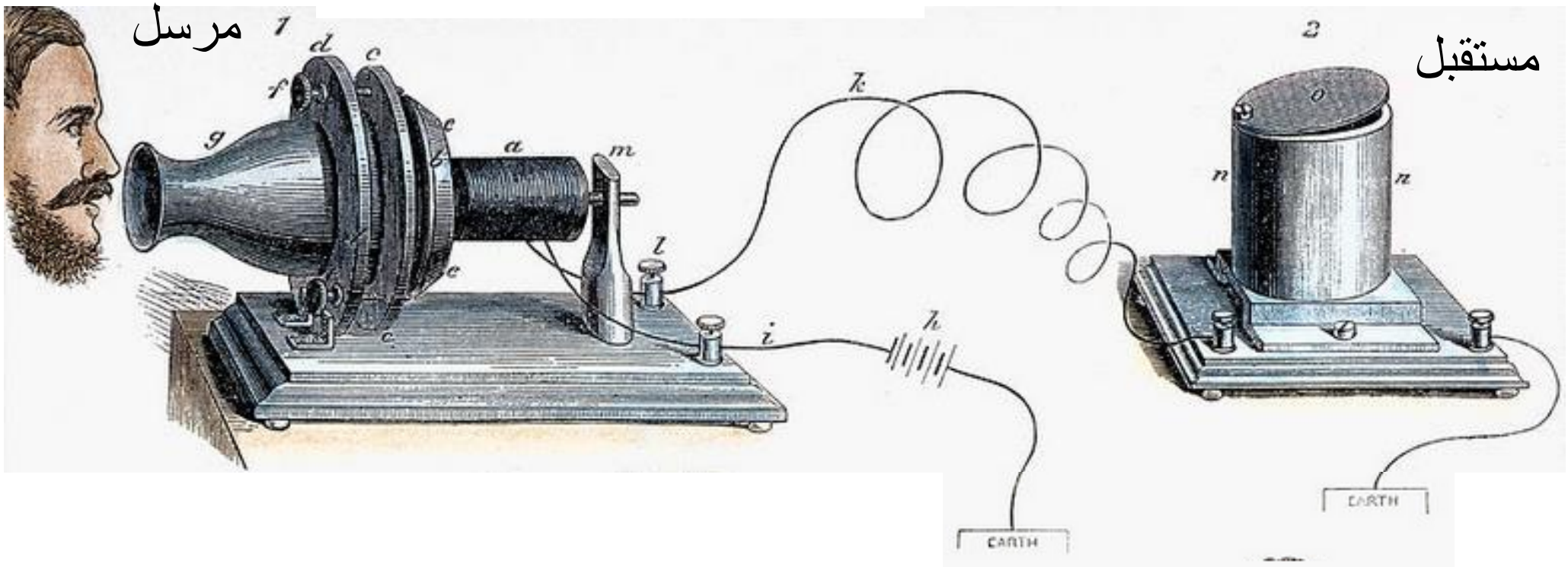
بعد سلسلة من التطويرات، وبدءا من عام 1836، طوَّر صاموئيل مورس وجوزيف هنري وألفرد فَيْل منظومة برق كهربائية تُرسِل نبضات كهربائية بواسطة مبرقة على سلكين يتحكمان بمغنطيس كهربائي في طرف الاستقبال. وكانت ثمة حاجة إلى نوع من الترميز لأحرف اللغة باستعمال نبضات التيار تلك. لذا طوَّر مورس الترميز المعروف باسمه، أي ترميز مورس. ووُضعت المنظومة مع ترميز مورس في العمل في عام 1844.

وهذا هو الجد الأكبر لتراسل البيانات

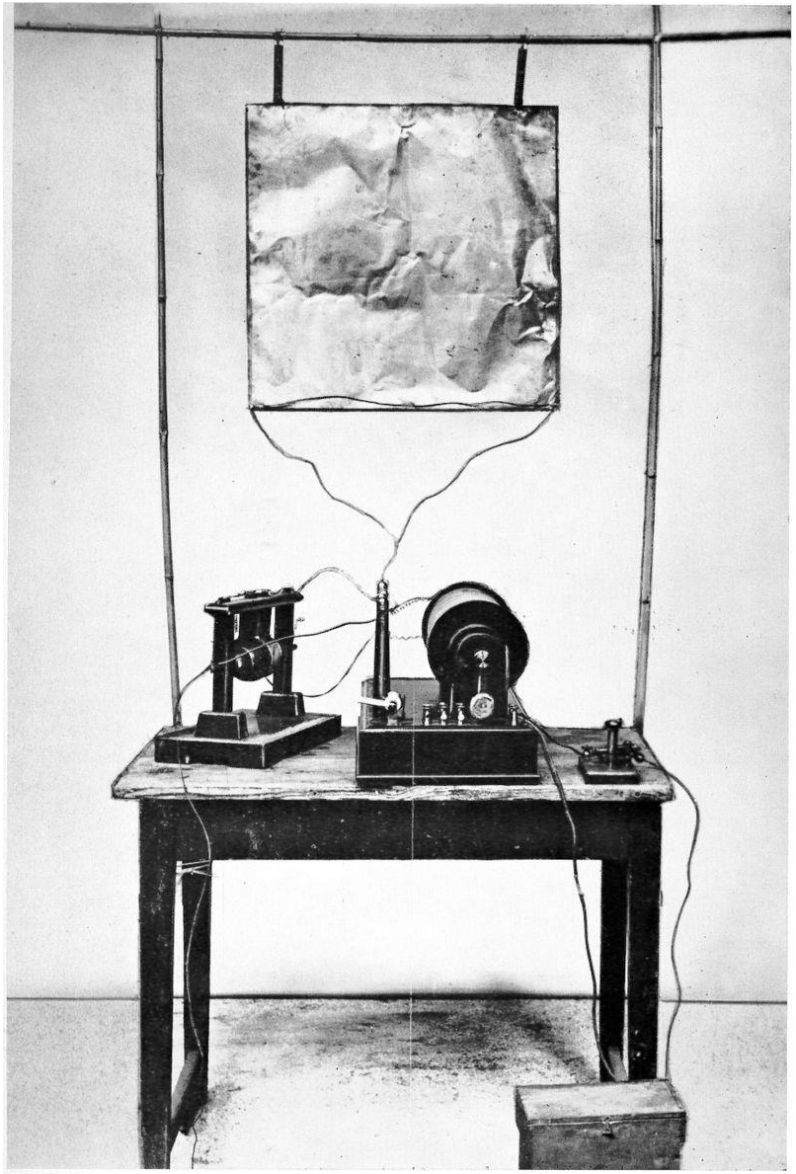
لمحة تاريخية

أول نموذج

في عام 1876 اخترع جرام بل الهاتف



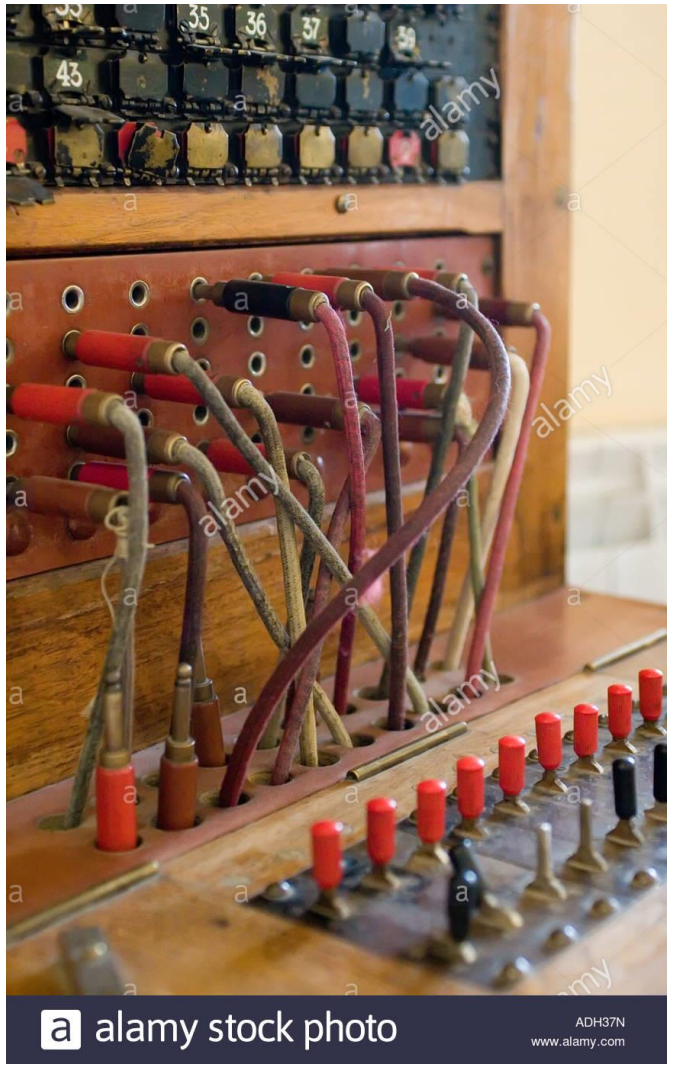
لمحة تاريخية

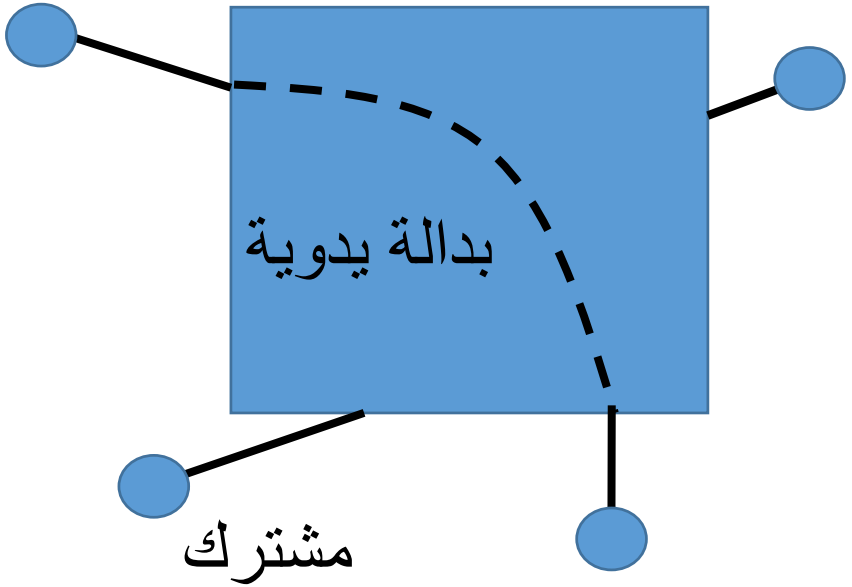


في عام 1894 اخترع ماركوني اللاسلكي.

لمحة تاريخية

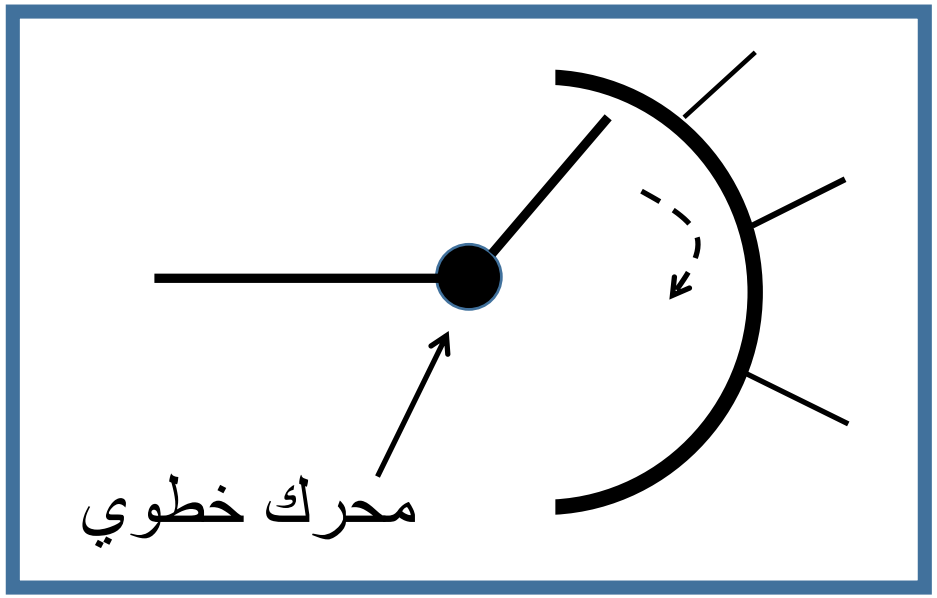
في عام 1878 أُسِّس أول مقسم هاتفي يدوي في كونِّكتيكت بالولايات المتحدة.





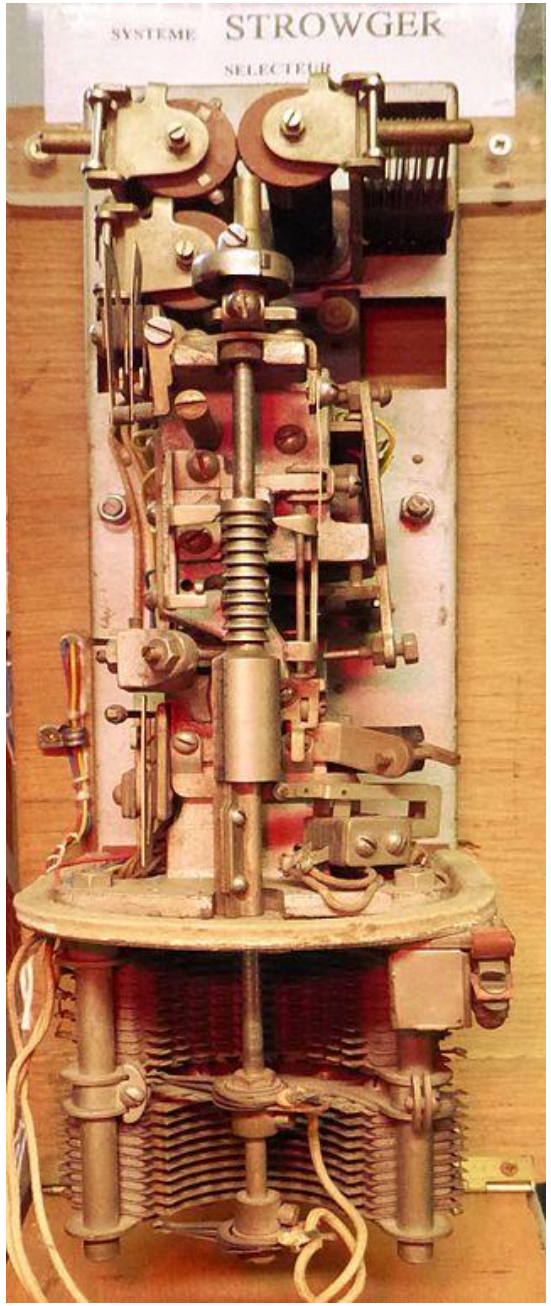
لمحة تاريخية

في عام 1891 اختُرعت البدالة الآلية.

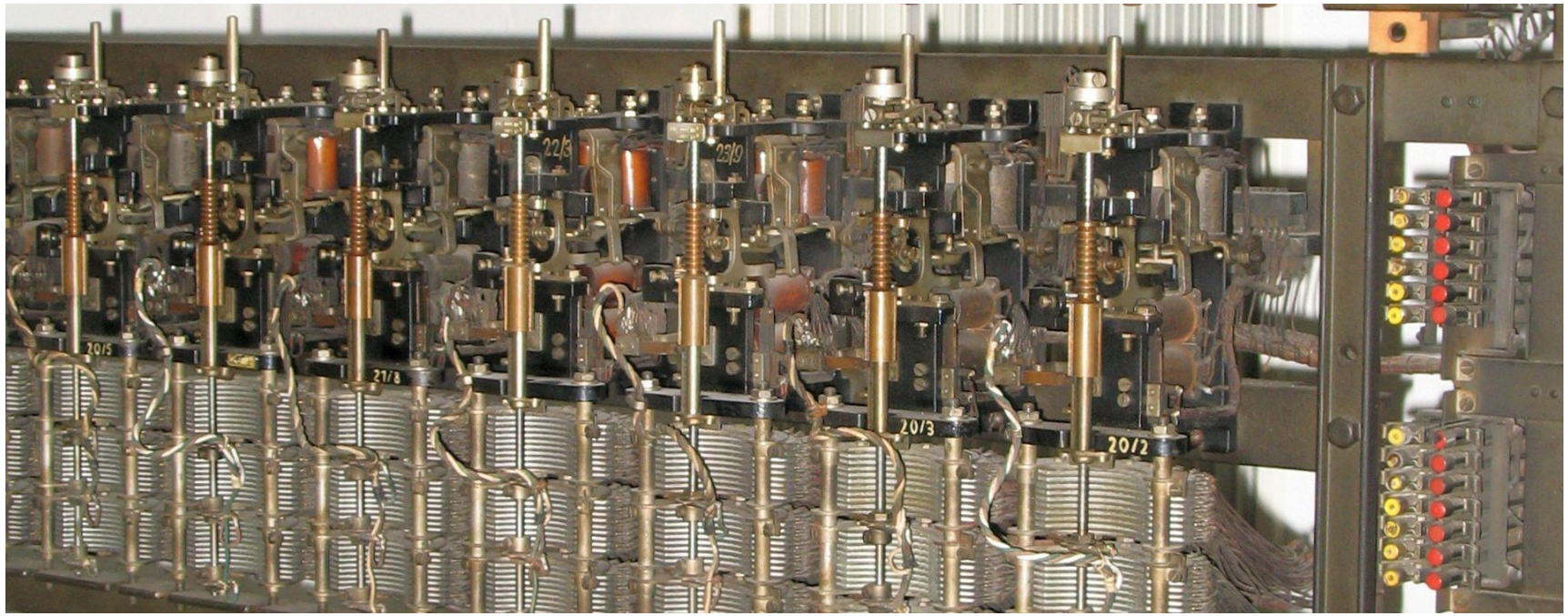


يُستعمل المحرك الخطوي اليوم كثيرا في الساعات الكريستالية.

لمحة تاريخية



في أوائل القرن العشرين انتشرت البدالات الكهرميكانيكية الآلية على نطاق واسع.



لمحة تاريخية

في أربعينيات القرن العشرين حصلت تطورات هامة في الاتصالات الهاتفية اللاسلكية، وظهرت شبكات هاتفية نقالة محدودة باستعمال بدالات يدوية.

هاتف لاسلكي نقال من
ستينات القرن العشرين

لمحة تاريخية

في ثلاثينات القرن العشرين بدأ تطوير مفهوم الاتصالات الرقمية.

في سبعينيات القرن العشرين بدأت البدالات الإلكترونية الرقمية بالانتشار.

لمحة تاريخية

في عام 1991 ظهرت أول شبكة GSM خلوية.

لمحة تاريخية

تطور الهاتف

لمحة تاريخية

الإنترنت

الإنترنت هي شبكة عالمية تصل ما بين آلاف ملايين الحواسيب، ويشارك فيها مواطنو وهيئات أكثر من 190 دولة لتبادل المعلومات بكافة أشكالها. ووفقا لإحصاء أُجري في 30 كانون أول عام 2014، قُدِّر عدد مستعملي الإنترنت في العالم بنحو ثلاثة مليارات مستعمل، أي ما يساوي أكثر من 40 بالمئة من عدد سكان العالم.

لمحة تاريخية

الإنترنت

وتُعتبر الإنترنت تتويجا للاتصالات الرقمية في النصف الثاني من القرن العشرين. ففي عام 1958 اخترع الباحثون لدى مخابر بِلّ الأمريكية المودم، وهو جهاز يحوّل البيانات الرقمية إلى إشارات كهربائية لإرسالها عبر الشبكة، ويحوّل الإشارات الرقمية في جهة الاستقبال إلى بيانات رقمية.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1958: أنشأت الحكومة الأمريكية وكالة مشاريع البحث المتقدمة Advanced Research Projects Agency (ARPA)، وذلك ردا على إطلاق الاتحاد السوفييتي لمركبة الفضاء Sputnik التي أجرت أول اتصالات فضائية.

1961: ابتكر ليونارد كلاينروك في أطرحته للدكتوراة مفهوم ابتدال الرزم packet-switching في الاتصالات الهاتفية، وهي التكنولوجيا التي تقوم عليها اتصالات الإنترنت برمتها.

1962: كتب جوزيف كارل ليكلايدر مذكرة عن تصوره لشبكة عالمية للحواسيب، وأصبح أول رئيس لبرنامج بحوث الحاسوب لدى وكالة مشاريع البحث المتقدمة.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1963: وُضِع أول مقيَس دولي لرموز الحروف الحاسوبية المعروف بترميز أسكي ASCII (American Standard Code for Information Exchange)، وتمكِّن هذه الرموز الحواسيب ذات المنشأ المختلف من تبادل المعلومات فيما بينها، أي إنه مثَّل أساسا للغة مشتركة بين الآلات الحاسوبية.

1964-1967: قام بول باران ودونالد واتس ديفيس، في نفس الوقت وكل على حدة، بتطوير تكنولوجيتين متشابهتين لابتدال الرزم أحدثتا ثورة في نقل المعلومات.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1965: موَّلت وكالة مشاريع البحث المتقدمة دراسة لشبكات تعاونية تتشارك زمنيا في استعمال الحواسيب. وأبرم لورانس روبرتس وتوماس ماريل عقدا مع وكالة مشاريع البحث المتقدمة لإنشاء أول شبكة واسعة النطاق WANباستعمال الشبكة الهاتفية العامة لمسافات بعيدة بين حاسوب في ماسَّاشوستس وآخر في كاليفورنيا. وأكَّدت المنظومة أن ابتدال الرزم يوفِّر أفضل نموذج للاتصالات بين الحواسيب.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1966: أطلق روبرت تايلور، مدير برنامج بحوث الحاسوب لدى وكالة مشاريع البحث المتقدمة مشروع شبكة وكالة مشاريع البحث المتقدمة (آربانت) The Advanced Research Projects Agency Network (RPAnet) التي تمثل أساس الإنترنت الحالية. فقد وافق مدير الوكالة على تمويل تطوير شبكة تجريبية تربط بين عدة جامعات. وكانت النتيجة آربانت، وهي أول شبكة لابتدال رزم البيانات، وسلف الإنترنت. وبناء على دراسة الشبكات التعاونية التي تتشارك زمنيا في استعمال الحواسيب، أتى لورانس روبرتس إلى وكالة مشاريع البحث المتقدمة لإجراء تجربة تشبيك ووضع أول خطة لآربانت.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1967: قاد لورانس روبرتس نقاشات تصميم آربانت ونشر أول مقالة عن التصميم. واقترح ويزلي كلارك إدارة الشبكة بواسطة 'معالج رسائل الإنترفاس Interface Message Processor' في واجهات الحواسيب الرئيسية. وتطور هذا المعالج ليغدو المسيِّر router الحالي. ونشر دونالد واتس ديفيس أول مقالة في إنكلترا عن ابتدال الرزم، وذلك مصطلح هو من ابتدعه. وطوَّر داني كُوِين أول محاكي طيران مرئي في الزمن الحقيقي باستعمال حاسوب متعدد الأغراض وأول محاك راداري في الزمن الحقيقي. وقاد عمله في محاكي الطيران إلى تطوير خوارزميات بيانيات حاسوبية بالتعاون مع إيفان سَذَرلاند.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1968: اخترع دوغلاس كارل إنغلبارت النصوص الترابطية **hypertexting** والحوسبة التشاركية. وأبرمت وكالة مشاريع البحث المتقدمة عقدا مع شركة بولت بيرينيك ونيومان **Bolt Beranek and Newman, Inc.** عقدا لبناء معالج رسائل الإنترفاس. ورأس عالم الشبكات الأمريكي ستيف كروكر **Steve Crocker** مجموعة عمل الشبكات في جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلس، وبإشراف ليونارد كلاينروك جرى تطوير بروتوكولات حاسوبية في مستوى المضيف لاتصالات آربانت، وذلك تمهيدا لظهور أول عقدة إنترنت. ووضعت المجموعة أسس بروتوكولات الإنترنت الحالية.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1969: بُنيت شبكة معالج رسائل الإنترفاس ووصلت بين أربع عقد: جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلس، ومعهد بحوث ستانفورد، وجامعة كاليفورنيا بسانتا باربرا، وجامعة أوتا. وأُرسلت أول رزم بيانات بين حواسيب متصلة عبر الشبكة من قبل تشارلي كلاين في جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلس بإشراف ليونارد كلاينروك.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1970-1979: كتب ديفيد كلاك بروتوكولات إنترنت لعدة شركات.

1970: أطلق بيتر كيرستيان في كلية لندن الجامعية أول عقدة آربانت في أوربا، وذلك بواسطة خط اتصال عبر محيط الأطلسي وباستعمال بروتوكول الإنترنت IP.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1972: اخترع رَي توملينسون برنامج البريد الإلكتروني لإرسال رسائل عبر الشبكة. واختار توملينسون الرمز @ فاصلا بين اسم مستعمل البريد الإلكتروني ومضيفه: user@host.
واستعرض روبرت كان الآربانت أمام الجمهور أول مرة، وذلك بوصل 20 حاسوبا مختلفا في مؤتمر دولي لاتصالات الحاسوب، وبذلك أكَّد أهمية تكنولوجيا ابتدال الرزم. وساعد جون بوستل حين وجوده في معهد علوم المعلومات على إنشاء أول مكتب لتسجيل عناوين الإنترنت، وغدا ذلك المكتب فيما بعد سلطة أرقام الإنترنت المخصصة Internet Assigned Numbers Authority (IANA) التي تُدير عناوين بروتوكول الإنترنت وغيرها من وظائف الإنترنت الهامة.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1973: شارك روبرت مِتكالف في اختراع شبكة الاتصالات إثرنت Ethernet لدى شركة كزيروكس. وبدأ تطوير بروتوكول التحكم بالإرسال وبروتوكول الإنترنت TCP/IP من قبل مجموعة رأسها فينت سيرف وروبرت كان. وقد مكَّن البروتوكول الجديد الشبكات الحاسوبية المختلفة من الاتصال معا. وكان داني كُوين أول من ابتكر رزم الصوت والصورة، وذلك بتعديله محاكي الطيران ليعمل في آربانت. وكان ذلك أول تطبيق لابتدال الرزم في الزمن الحقيقي. وأقامت كلية لندن الجامعية أول وصلة دولية مع آربانت عبر الشبكة النرويجية نورسار NORSAR.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1974: بدأت إليزابث فاينلر العمل لدى مركز معلومات شبكة معهد بحوث ستانفورد الدولي SRI، حيث طور فريقها أول مخدم للصفحات الصفراء والبيضاء، وأول مخدم استعلامات للأسماء والعناوين، وسجل تسمية مضيفات الإنترنت Host Naming Registry. وفي إطار هذا العمل، طورت مع مجموعتها طرائق تسمية النطاقات في المستويات العليا (.com, .edu, .gov, .mil, .org, and .net). ونشر فينت سيرف وروبرت كان مقالة بعنوان 'بروتوكول لاتصالات شبكة الرزم A Protocol for Packet Network Interconnection' تحدِّد بالتفصيل تصميم بروتوكول التحكم بالإرسال TCP، واستعملا فيها المصطلح 'إنترنت Internt' أول مرة. وساعد لورنس روبرتس شركة Bolt Beranek and Newman على صنع الشبكة تلينت Telenet، وهي نسخة تجارية من آربانت، وأول شبكة عمومية لخدمة اتصالات رزم البيانات.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1983: وسَّع بول موكابيتريس الإنترنت لتتجاوز منشأها الأكاديمي من خلال ابتكاره لمنظومة أسماء النطاقات Domain Name System (DNS).

1989: نشر مخترع الوب تيم برنرز-لي مقالة عن مقترح لمنظومة تربط بين وثائق مخزونة في مواقع حاسوبية مختلفة بواسطة وصلات الإنترنت. وتحصل معاينة تلك الوثائق بواسطة 'متصفح'، وهذا ما يمكن أن يفتح الإنترنت للاستعمال الواسع النطاق. وقد طوَّر تيم برنرز-لي مقترحه في إطار عمل ثانوي لم يُكلَّف به أثناء عمله لدى المنظمة الأوربية للبحوث النووية CERN بتحصيل البيانات ومعالجتها.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1991: وُلِدت الوب، وبدأت أولى صفحاتها بالظهور في الإنترنت على يدي تيم برنرز-لي. ولم تلقَ تلك الصفحات اهتماما ملحوظا في البداية، مع أنها أضحت حقيقة واقعة.

1991: صمم فيليب زيمرمان الخوارزمية 'خصوصية لا بأس بها Pretty Good Privacy (PGP)'، وهي خوارزمية برمجية لتعمية (تشفير) البريد الإلكتروني، ونشرها مجانا لتنتشر على نطاق واسع في العالم.

1991: فُتحت الوِب العالمية للعموم أول مرة في الإنترنت.

1992: أسس فنت سيرف وروبرت كان جمعية الإنترنت. وحينئذ، تجاوز عدد الحواسيب المضيفة في الإنترنت المليون.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1993: أطلق مارك أندريسِّن المتصفح موزايِك Mosaic البسيط الودود للمستعمل، فساعد على إيصال الوب إلى العموم.

1993: ظهرت تكنولوجيا خطوط المشتركين الرقمية الهاتفية DSL.

1994: تشارك أندريسِّن وجيمس كلارك في تطوير Mosaic ليصبح المتصفح نتسكَيبNetscape Navigator الذي استحوذ على 80% من تصفح الوب بحلول عام 1996.

1994: أسس جِرّي يانغ Jerry Yangوديفيد فيلو محرك البحث ياهو Yahoo.

1995: ظهرت تكنولوجيا الـ MP3.

لمحة تاريخية

الإنترنت

1996: ظهرت تكنولوجيا الصوت عبر الإنترنت VoIP.

1998: ظهرت أولى المدونات Blog.

1998: ظهر محرك البحث غوغل Google إلى الوجود بعد أن قام بتطويره بدءا من عام 1996 كل من لاري بَيْج وسيرغي برِين عندما كانا طالبي دكتوراة في جامعة ستانفورد بكاليفورنيا.

2001: جرى تأسيس مجلس عموم الإبداع Creative Commons الذي يعمل على تقليص العقبات أمام التشارك في المواد التعليمية والبحثية واستعمالها.

2001: أطلق جيمي ويلز ولاري سانغر الويكيبيديا، وهي موسوعة مجانية في الإنترنت مفتوحة للعموم للتحرير فيها أو الاستفادة من محتوياتها، بكل اللغات وفي جميع أنحاء العالم.

لمحة تاريخية

الإنترنت

2004: أطلق مارك زوكربرغ الشبكة الاجتماعية فيسبوك Facebookمع زملائه عندما كانوا طلابا في الجامعة.

2005: أنشأ تشاد هَرْلي وستيف تشن وجاد كريم موقع الفيديو يوتيوب YouTube.

2006: أطلق جاك دورسي وإيفان ويليامز وبيز ستون ونوا غلاس الشبكة الاجتماعية تويتر Twitter.

2007: ظهر الآيفون iPhone الذي جعل مزيدا من الناس ينخرطون في أنشطة الوب، على غرار الفيسبوك.

المفاهيم والتقنيات الأساسية للاتصالات
الشريحة الفيزيائية

Basic Communication Concepts and Techniques
The Physical Layer

تعاريف

شبكات البيانات الرقمية

- الإنترنت: الوب، البريد الإلكتروني، شبكات التواصل الاجتماعي، الخدمات المصرفية، الأخبار، الأحوال الشخصية، الألعاب.. وإنترنت الأشياء.. وكل شيء.
- الواي فاي
- الشبكات المحلية

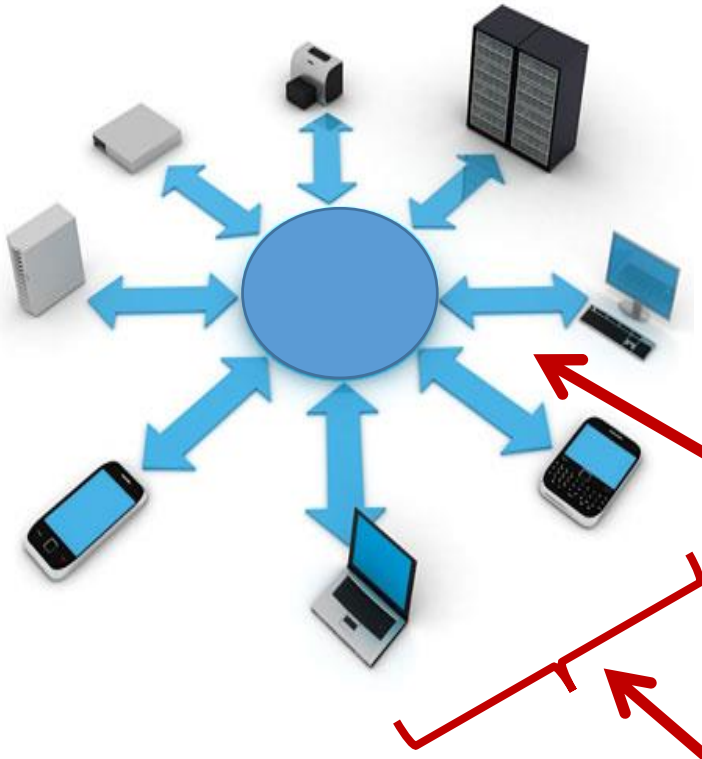
تعاريف

البيانات هي الرموز التي تحمل المعلومات، ويسميها البعض 'معطيات'. والصيغة السائدة منها في الحواسيب وشبكاتها هي الأرقام الثنائية، أي البتات.

البيانات ليست معلومات، بل هي مجرد رموز قد تكون عشوائية لا مغزى لها. وتتحول إلى معلومات عندما يصبح لتلك الرموز مغزى.

أنواع البيانات

بيانات كلامية
بيانات صورة ثابتة أو متحركة
بيانات موسيقى
بيانات نصوص
بيانات تحكم
بيانات مالية ومصرفية
بيانات تجارية
بيانات صناعية
بيانات أحوال شخصية
بيانات علمية: رياضياتية، فيزيائية، كيميائية، فلكية، تاريخية، جغرافية

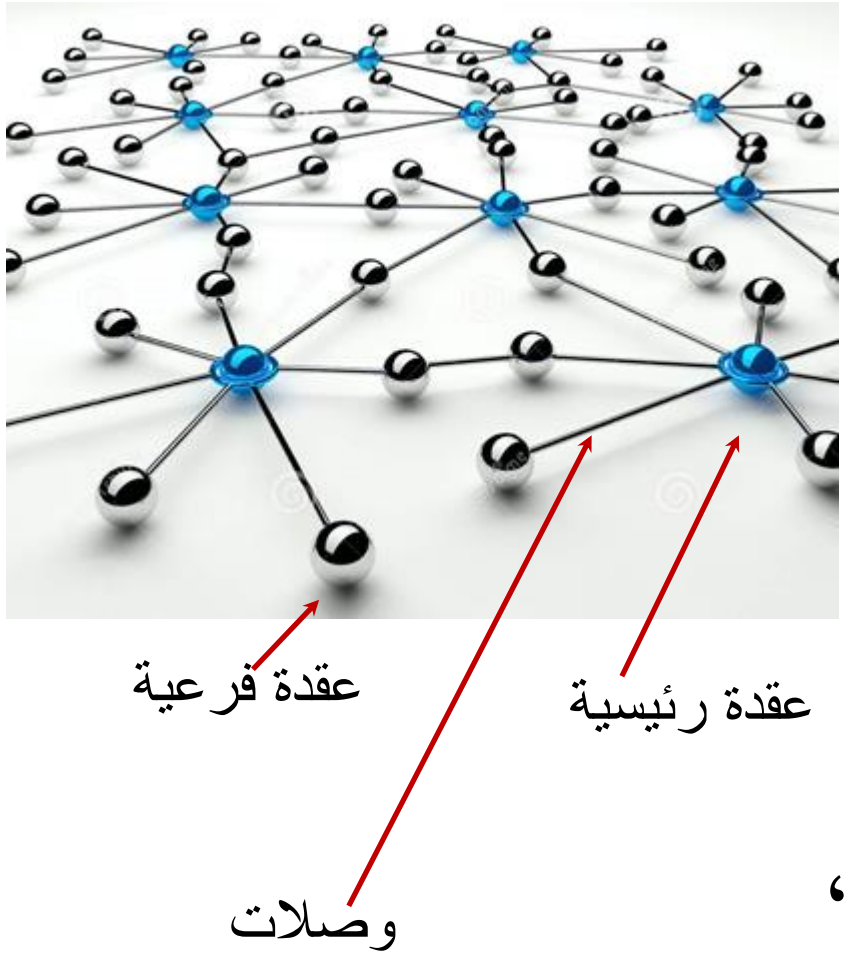


شبكة البيانات الرقمية

تتكوَّن شبكة البيانات الرقمية من:

- شبكة الاتصالات الرقمية
- مجموعة الطرفيات المتصلة بها التي تتبادل البيانات فيما بينها: حواسيب، هواتف ذكية، طابعات، آلات صناعية، مركبات فضائية..

شبكة الاتصالات الرقمية



تتكوَّن شبكة الاتصالات الرقمية من:

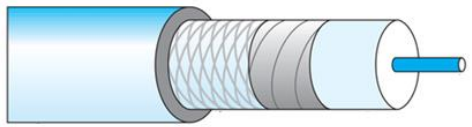
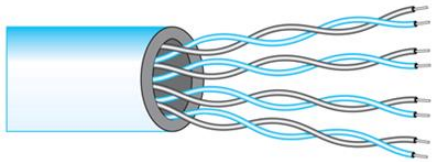
- عقد اتصالات مهمتها توجيه البيانات
- خطوط اتصالات: سلكية، راديوية، فضائية، ألياف ضوئية

وسائل نقل البيانات:

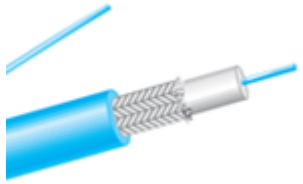
- عتاديات: التجهيزات الإلكترونية والكهربائية والميكانيكية ...
- برمجيات: نظم التشغيل والبروتوكولات ...

العتاديات

1- خطوط سلكية

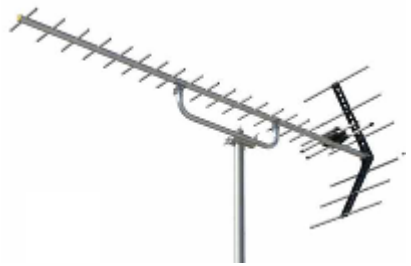



أزواج أسلاك
كبال محورية



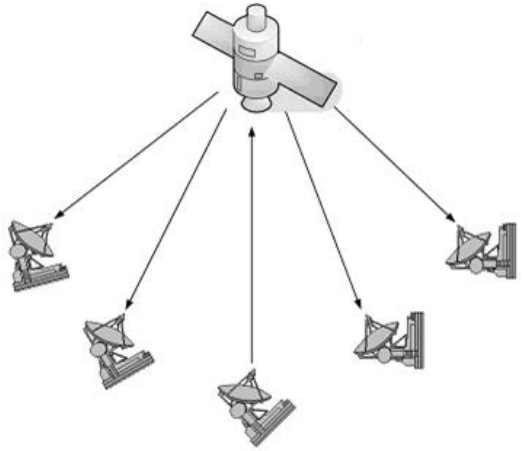
2- ألياف ضوئية

3- وصلات راديوية



لاسلكي موجه
أمواج مكروية

4- وصلات أقمار صنعية

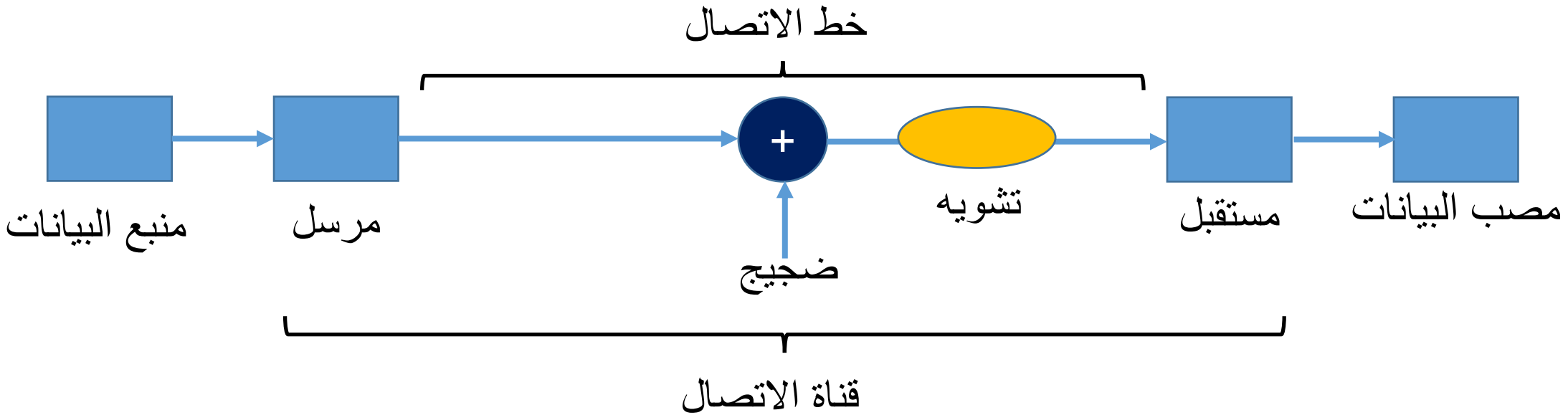


5- تجهيزات إلكترونية:

حواسيب، مودمات، راوترات...

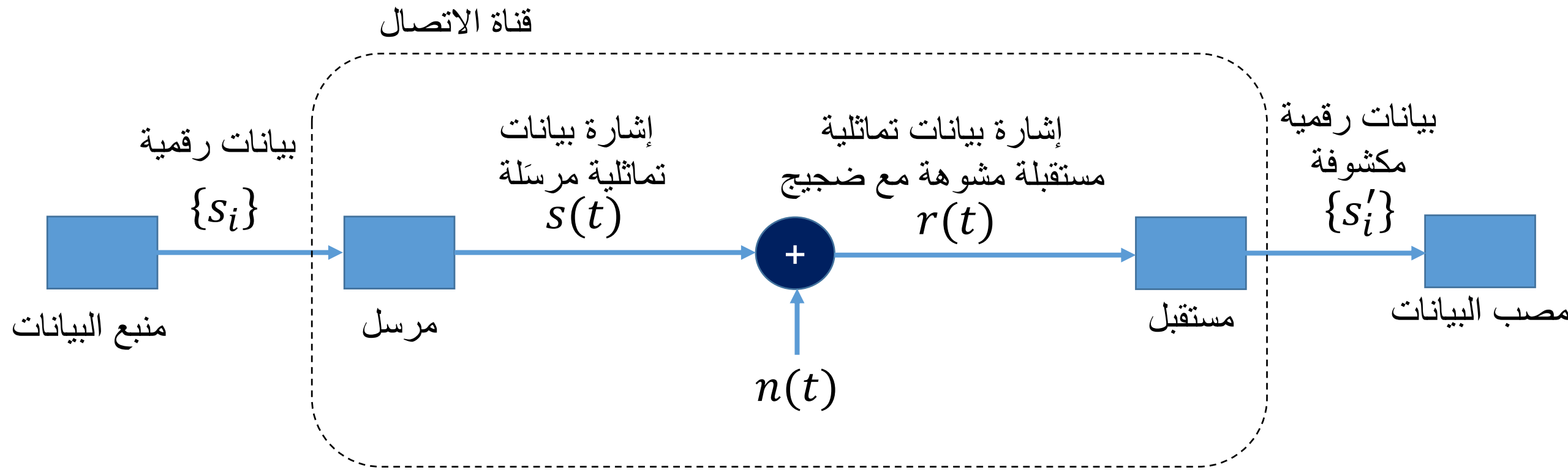
نموذج نظام الاتصال

نقل البيانات: مجموعة عمليات أخذ البيانات من مصدرها وتحضيرها للنقل على خطوط الاتصالات وإرسالها واستقبالها وكشفها وتصحيح أخطائها وإيصالها إلى مصبها. وهو عملية جزئية من تراسل البيانات، ويجري بواسطة قنوات الاتصالات.



قناة الاتصال

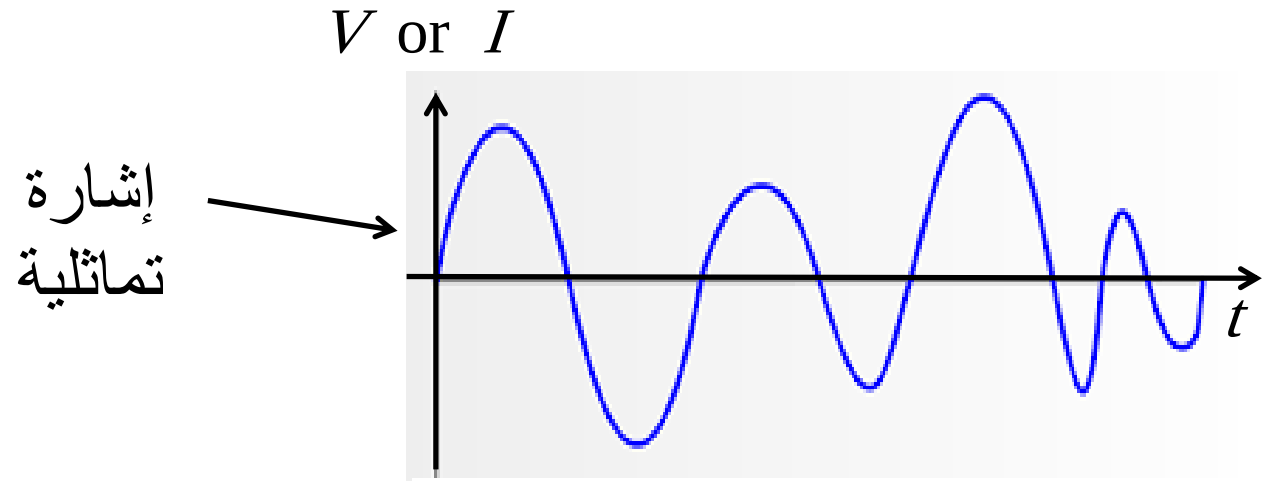
تشتمل قناة الاتصال على جميع العمليات التي تحصل في المرسل والمستقبل، إضافة إلى الضجيج والتشويه اللذين يُدخلهما خط الاتصال في إشارة البيانات.



مفهوم الإشارة

الإشارة: هي مقدار كهربائي (جهد أو تيار) يعبِّر عن ظاهرة طبيعية (درجة حرارة، صوت، درجة إضاءة..) وتعكس تغيراته تغيرات تلك الظاهرة.

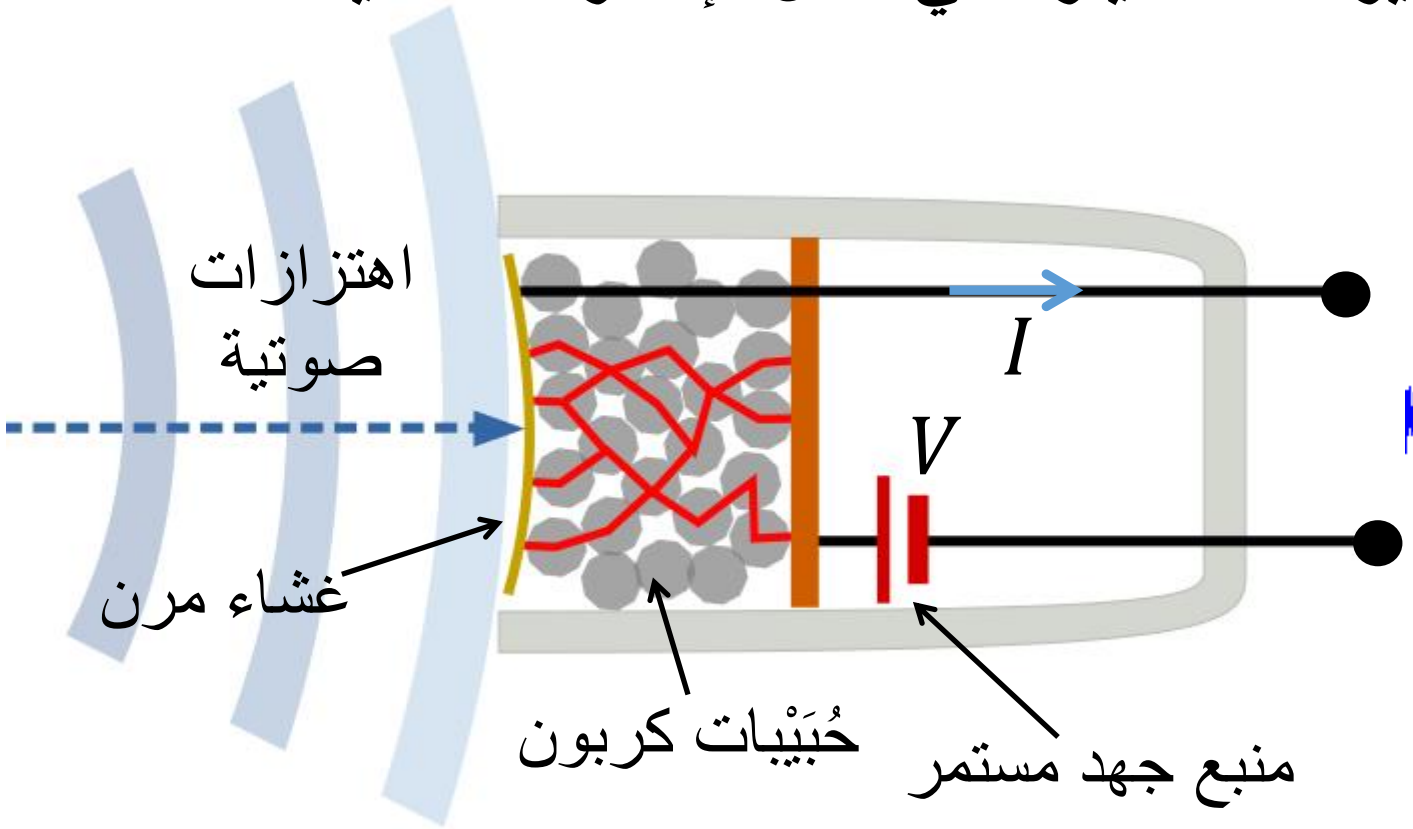
الإشارة التماثلية: هي الإشارة بشكلها الخام، وهي دائما مستمرة ما دامت الظاهرة الطبيعية قائمة.

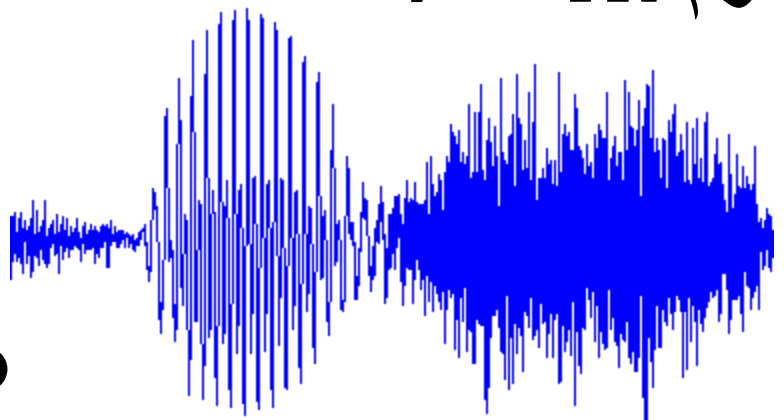


المكروفون Microphone

المكروفون الفحمي ظهر أول مرة في القرن التاسع عشر عندما اخترع غرام بل الهاتف عام 1875. تتغير مقاومة المكروفون الفحمي مع تغير عدد الحبيبات المتماسة الذي يتغير مع تغير الضغط. ومع تغير المقاومة تتغير شدة التيار التي تمثل الإشارة الكلامية.

قانون أوم $V = IR$

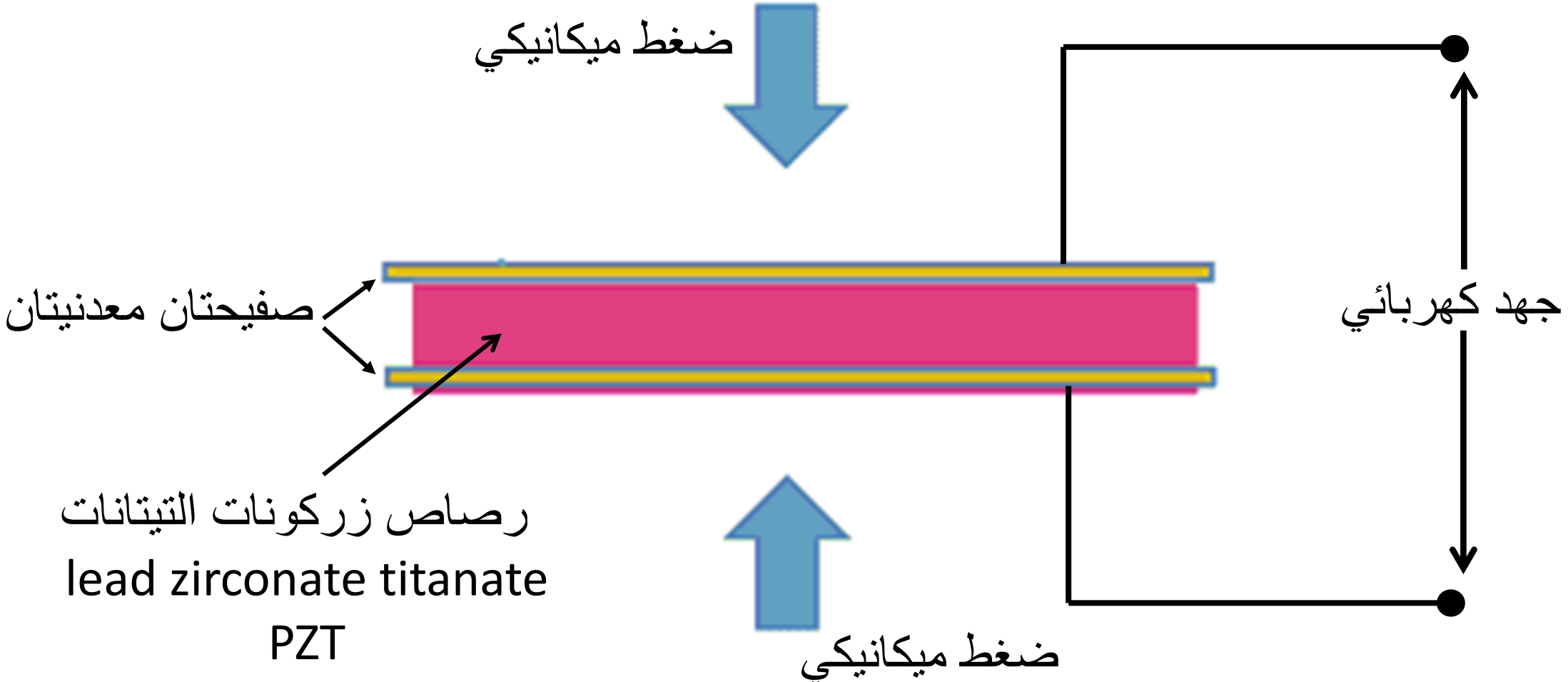




إشارة كلامية

المكروفون

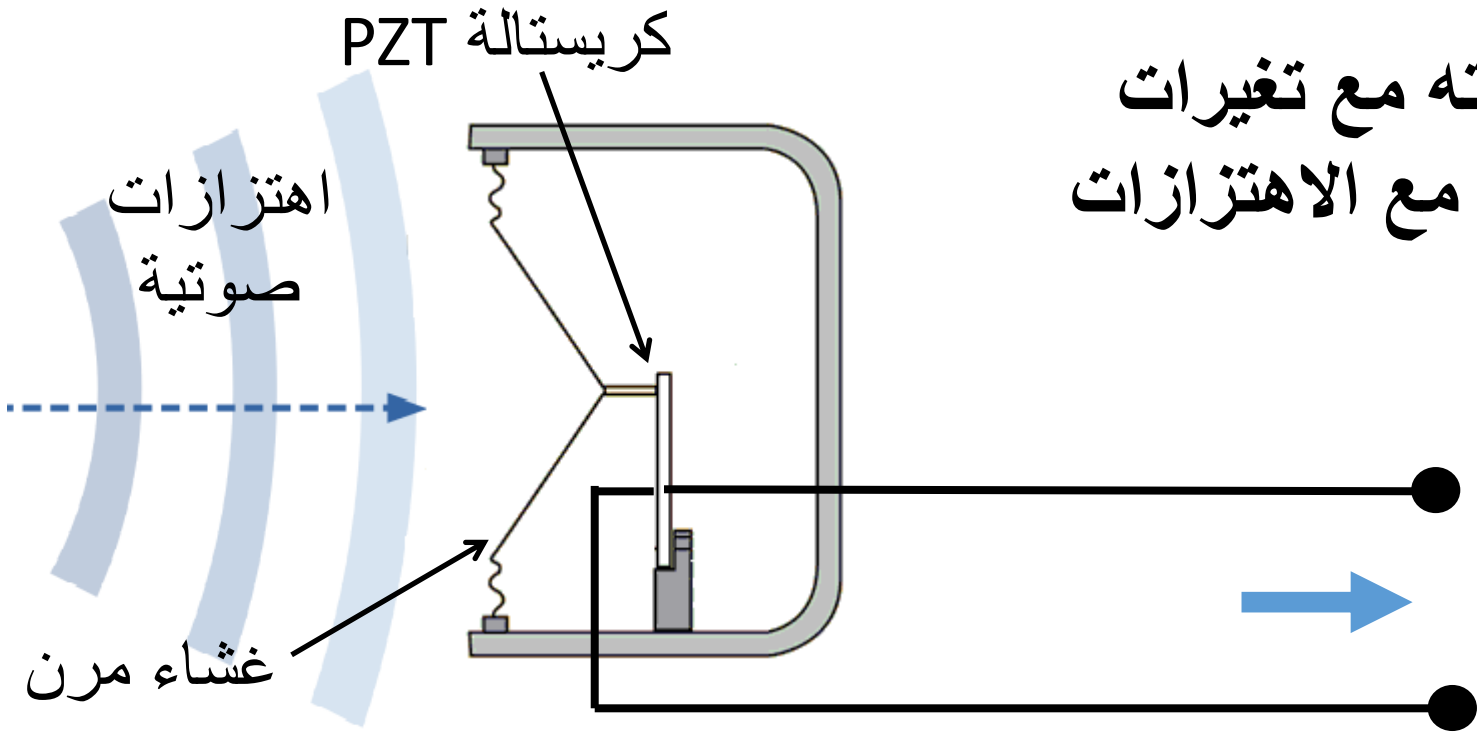
المفعول الكهرضغطي

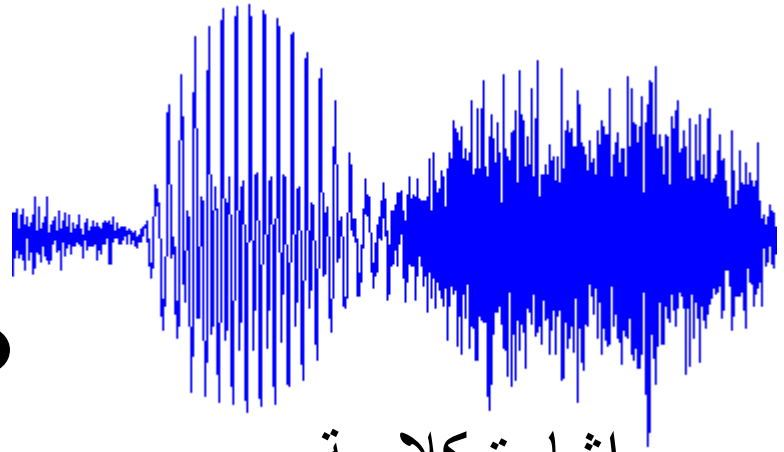


المكروفون

المكروفون الكريستالي الكهرضغطي

تولِّد الكريستالة جهدا تتناسب تغيراته مع تغيرات الضغط على الغشاء المرن، ومن ثم مع الاهتزازات الصوتية



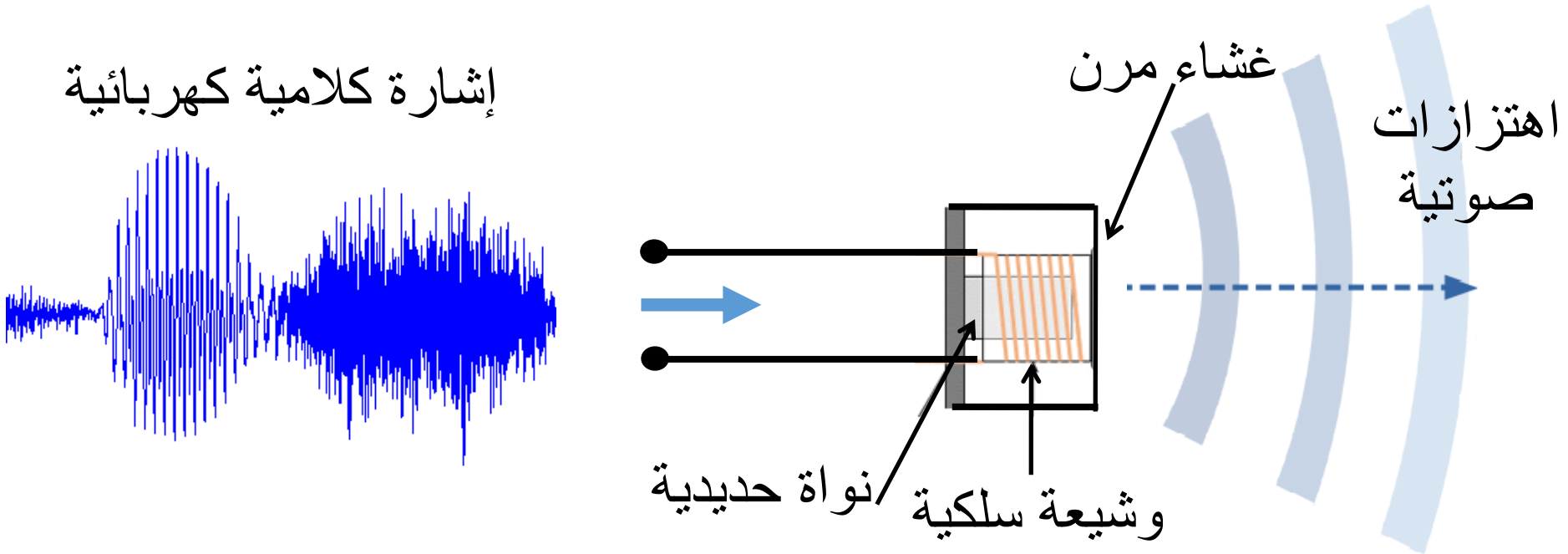


إشارة كلامية

السماعة speaker

السماعة الكهرمغنطيسية

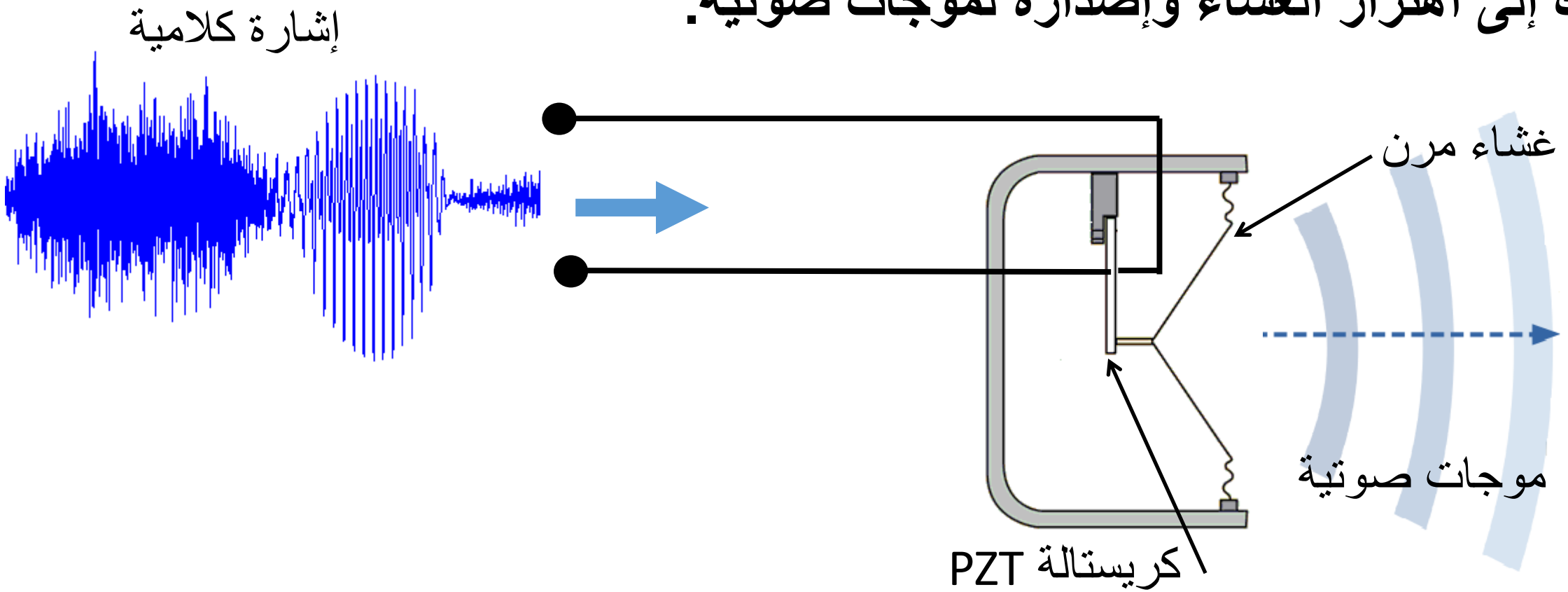
تولِّد الإشارة الكلامية الكهربائية حقلا مغنطيسيا متغيرا في الوشيعة والنواة الحديدية فيهتز الغشاء المرن تبعا لتغيرات الإشارة ويُصدر اهتزازات صوتية



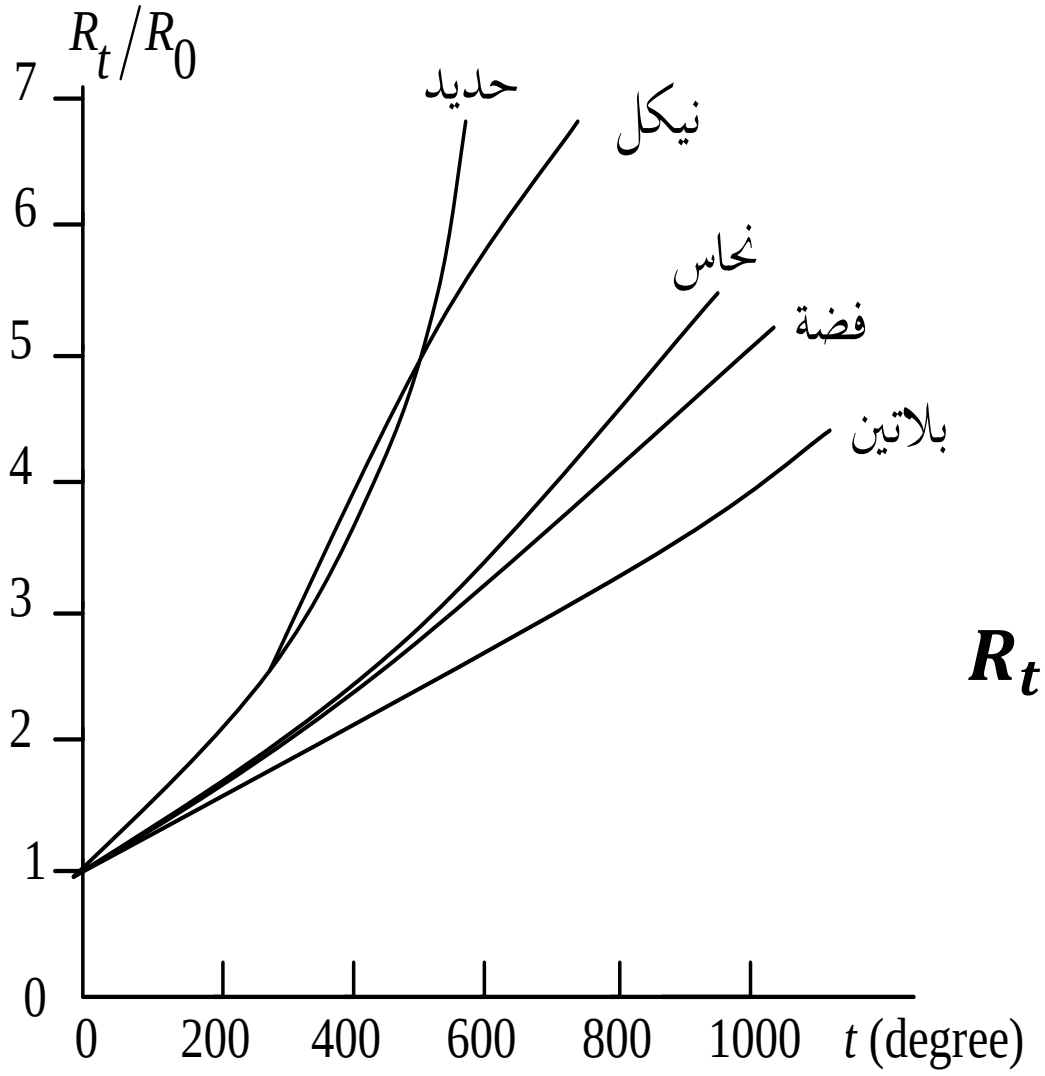
السماعة

السماعة الكريستالية الكهرضغطية

تولِّد الإشارة الكهربائية في الكريستالة اهتزازات متناسبة مع الإشارة الكهربائية الكلامية، ويؤدي ذلك إلى اهتزاز الغشاء وإصداره لموجات صوتية.



المُحِسّ الحراري Thermal sensor



تتغير المقاومة الكهربائية لسلك معدني تبعا درجة حرارته

تقريب خطي خشن $R_t = R_0(1 + At)$

تقريب من الدرجة الثانية أدق $R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$

t : درجة الحرارة

A, B, C : ثوابت تابعة لنوع المادة وتحدد تجريبيا.

R_0 : المقاومة عند الدرجة صفر.

المُحِسّ الضوئي Light sensor

مُحِسّات شدة الضوء تُستعمل في الكمرات

وهي نوعان:

- **مواد تختلف ناقليتها الكهربائية باختلاف شدة الضوء الساقط عليها، ويستخدم في تركيبها على سبيل المثال كبريت الكادميوم أو الجرمانيوم أو السليكون.**
- **الخلايا الكهرضوئية التي تتركب من وصلات أنصاف النواقل المستخدمة في الترانزستور، وتعتمد في مبدأ عملها على نشوء قوة محركة كهربائية بين طرفي الوصلة لدى سقوط الضوء عليها تتناسب قيمتها مع شدته.**

تمثيل الإشارات

تحريض داخلي

ظاهرة فيزيائية

إشارة زمنية $S(t)$

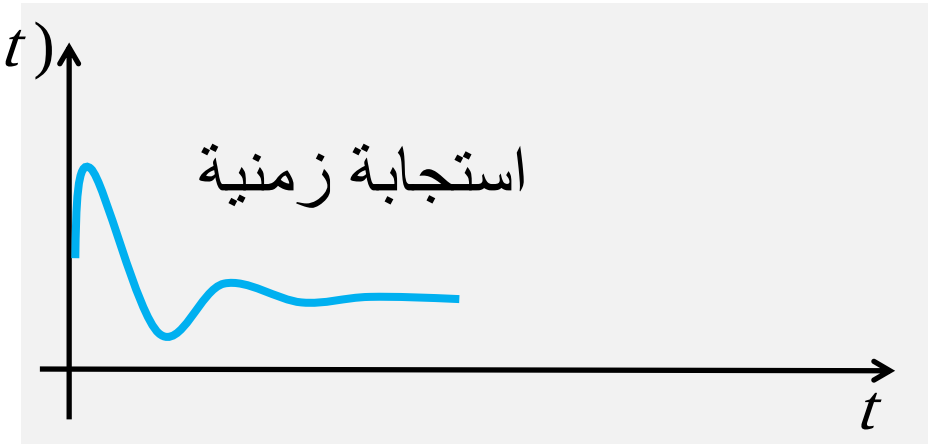
إشارة تماثلية زمنية

تحريض خارجي

منظومة فيزيائية

استجابة زمنية $h(t)$

استجابة زمنية



Fourier transform تحويل فورييه

$$F\{x(t)\} = X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft}dt$$

تحويل فورييه العكسي:

$$F^{-1}\{X(f)\} = x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f)e^{+j2\pi ft}df$$

$x(t)$: تابع زمني

$X(f)$: تابع ترددي

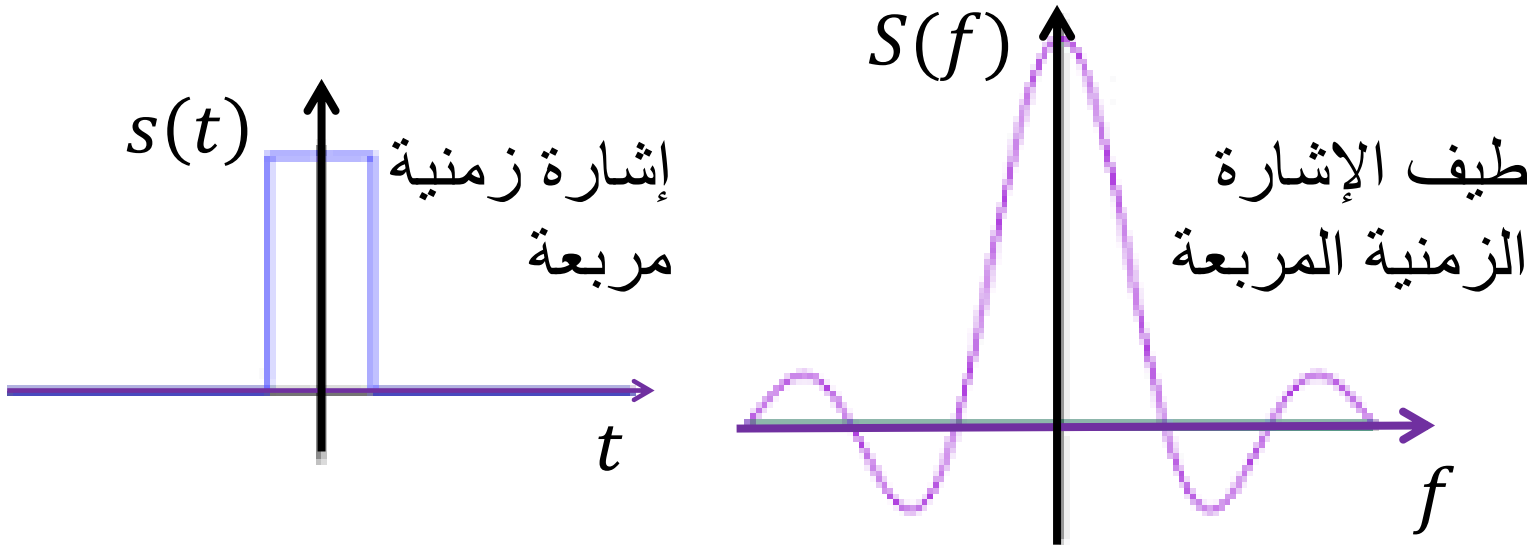
f : متغير التردد

t : متغير الزمن

$j = \sqrt{-1}$

Signal Sprctum طيف الإشارة

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi f t} dt$$

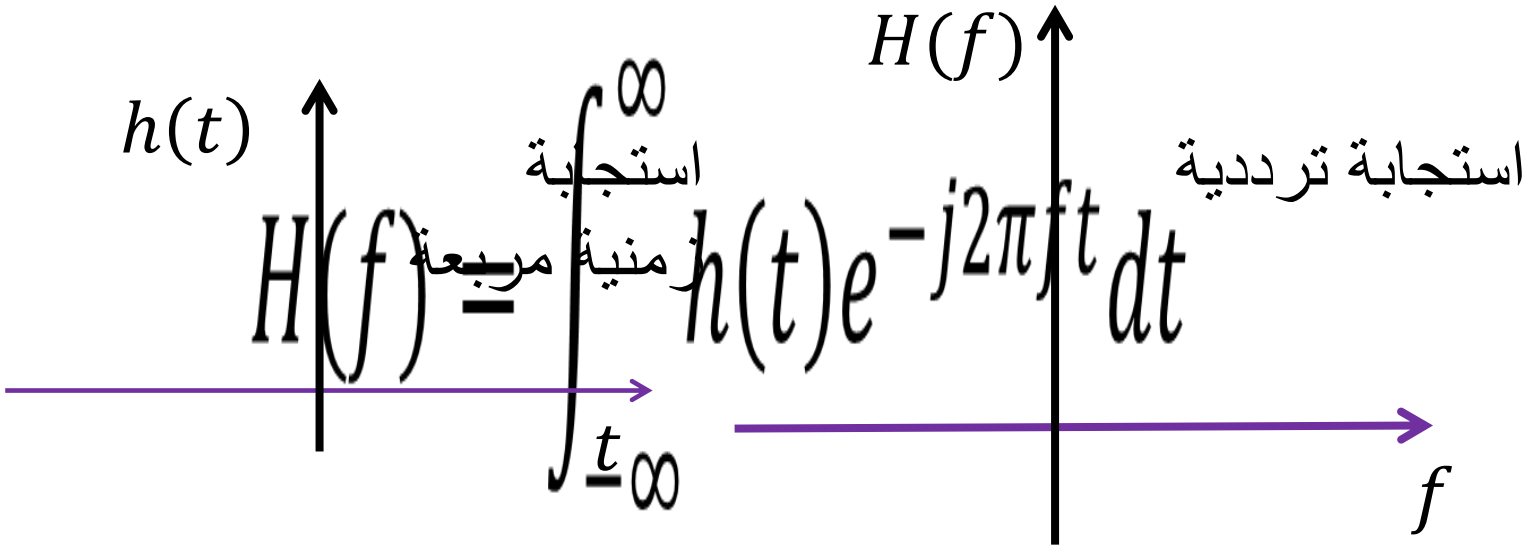


Channel response استجابة القناة

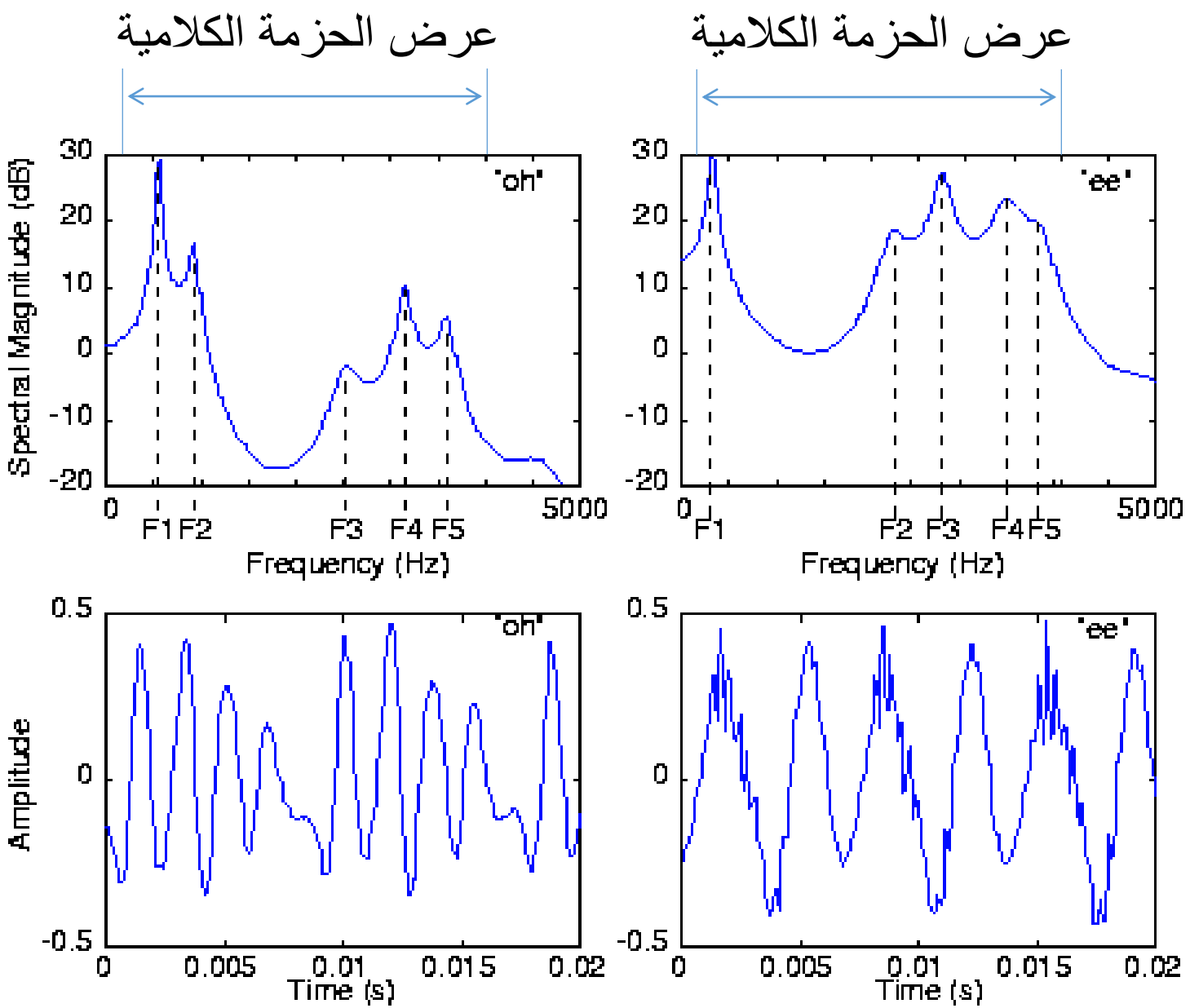
الاستجابة الزمنية $h(t)$

الاستجابة الترددية $H(f)$

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j2\pi f t} dt$$

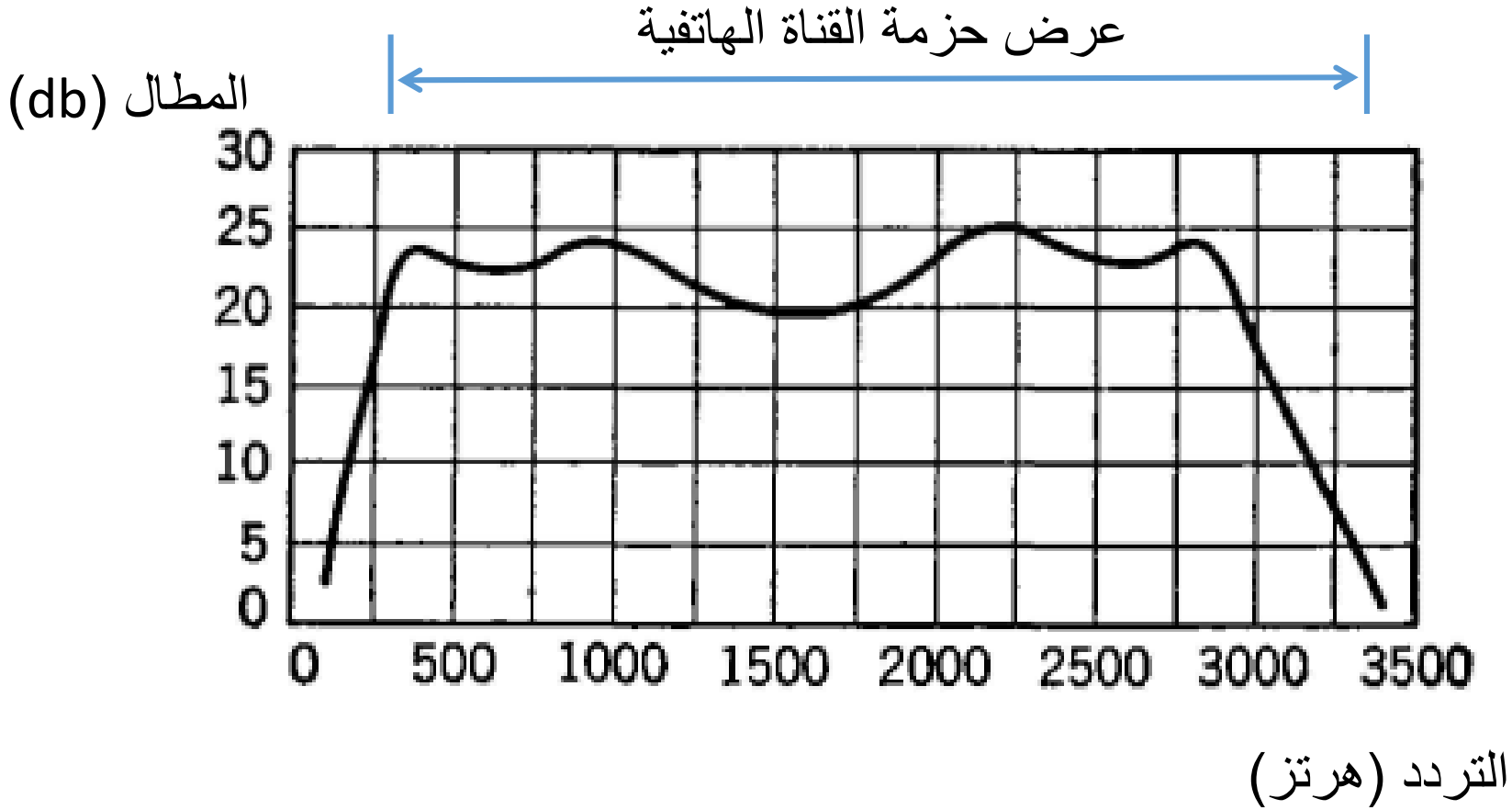


طيف الإشارة الكلامية



300 – 3400 Hz

الاستجابة الترددية للقناة الهاتفية



300 – 3400 Hz

الديسيبل decibel (db)

وحدة لقياس شدة الصوت أو استطاعة الإشارة الكهربائية على السلم اللوغاريتمي مقارنة بمستوى مرجعي.

$$G[db] = 10 \log_{10} \frac{A}{A_0}$$

G: ربح بالديسيبل

A: المقدار المقاس بوحدات خطية

A_0: المقدار المرجعي بوحدات خطية

الديسيبل decibel (db)

قياس الاستطاعة

$$G[db] = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

مثال

$$G[db] = 10 \log_{10} \frac{1000\ watt}{1\ watt} = 30\ db$$

قياس المطال

$$G[db] = 20 \log_{10} \frac{A}{A_0}$$

مثال

$$G[db] = 20 \log_{10} \frac{31.62\ volt}{1\ volt} = 30\ db$$

الديسيبل decibel (db)

dBm: نسبة الاستطاعة إلى 1 ميلي واط mlili watt

$$G[dbm] = 10 \log_{10} \frac{P}{1\ mw}$$

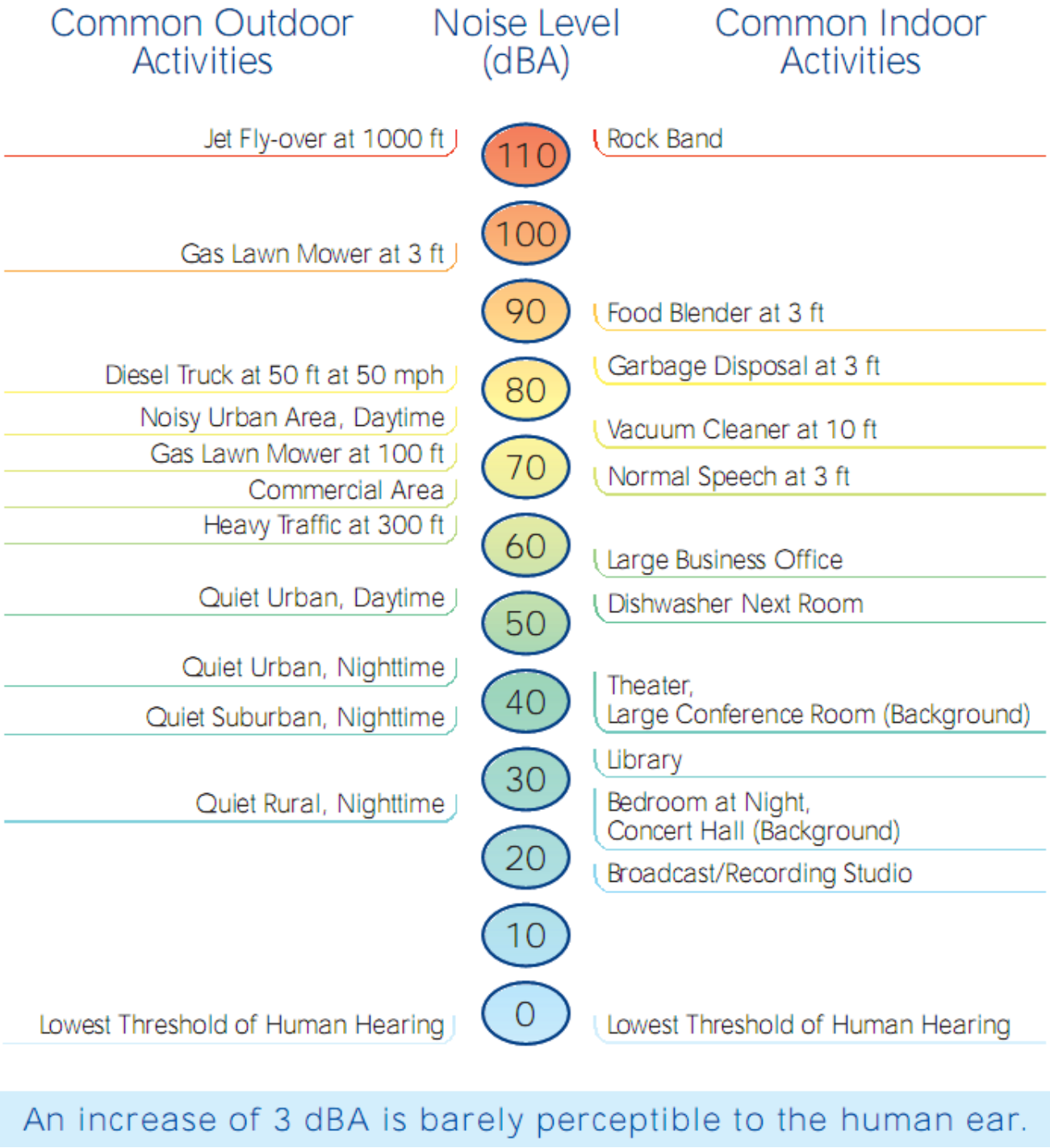
dBw: نسبة الاستطاعة إلى 1 واط watt

$$G[dbw] = 10 \log_{10} \frac{P}{1\ w}$$

الديسيبل decibel (db)

جدول مقارنة

db	نسبة استطاعة	نسبة مطال
100	10 000 000 000	100 000
90	1 000 000 000	31 623
80	100 000 000	10 000
70	10 000 000	3 162
10	10	3 .162
6	3 .981 ≈ 4	1 .995 ≈ 2
3	1 .995 ≈ 2	1 .413 ≈ $\sqrt{2}$
1	1 .259	1 .122
0	1	1
−1	0 .794	0 .891
−3	0 .501 ≈ $\frac{1}{2}$	0 .708 ≈ $\sqrt{\frac{1}{2}}$
−6	0 .251 ≈ $\frac{1}{4}$	0 .501 ≈ $\frac{1}{2}$
−10	0 .1	0 .316 2
−20	0 .01	0 .1



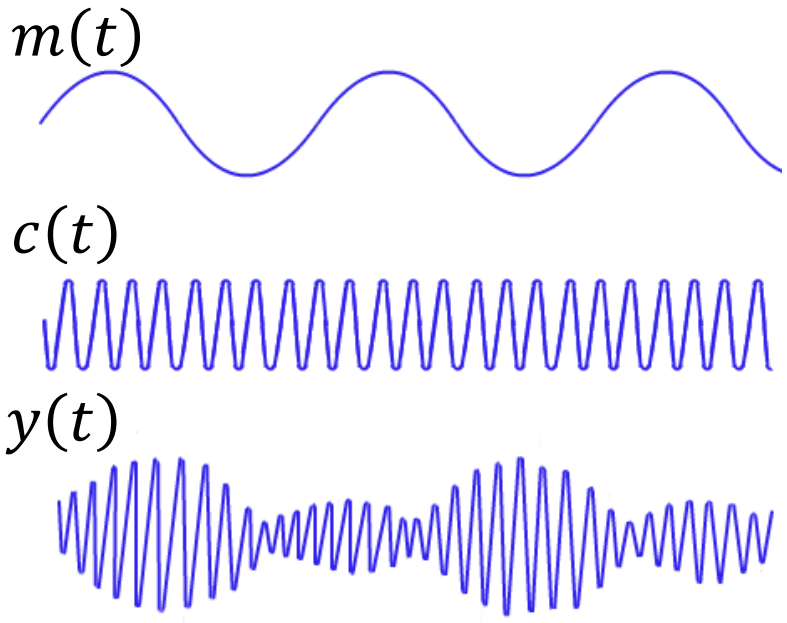
استجابة الأذن البشرية لشدة الصوت لوغاريتمية، ولذا فإن اختلاف الشدة بمقدار 3 db يكاد لا يُميَّز.

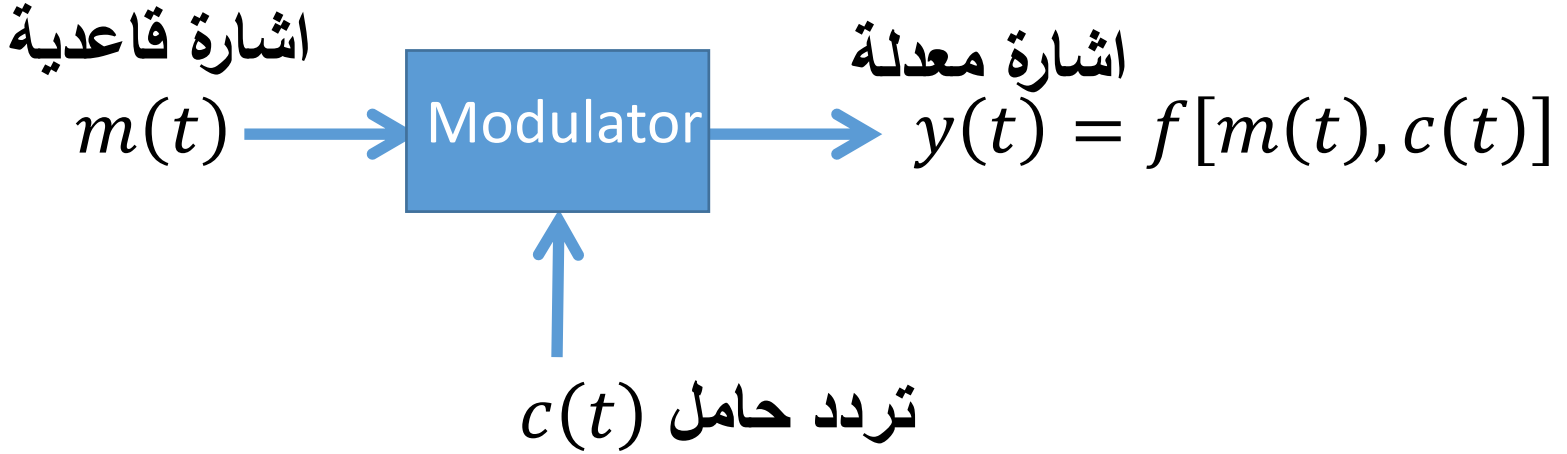
في مجال إشارات الاتصالات، يوجد مغزى لزيادة الاستطاعة أو نقصانها بمقدار حتى عُشر الديسيبل فقط.

التعديل Modulation

التعديل: عملية تحميل إشارة قاعدية على تردد حامل.

الإشارة القاعدية: هي الإشارة الطبيعية التي تمثل الظاهرة الطبيعية، وطيفها يمتد عادة الصفر حتى قيم أعلى نسبيا. من أمثلتها الإشارة الصوتية وإشارات المُحِسَّات المختلفة.

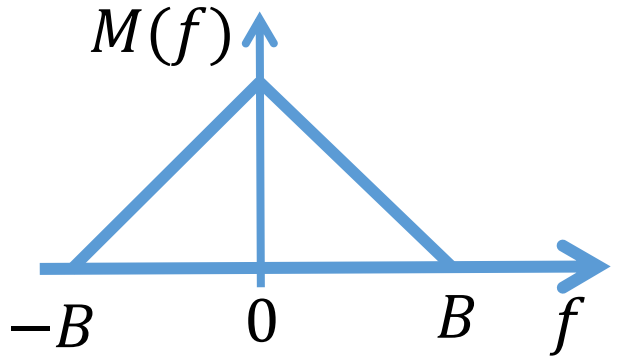


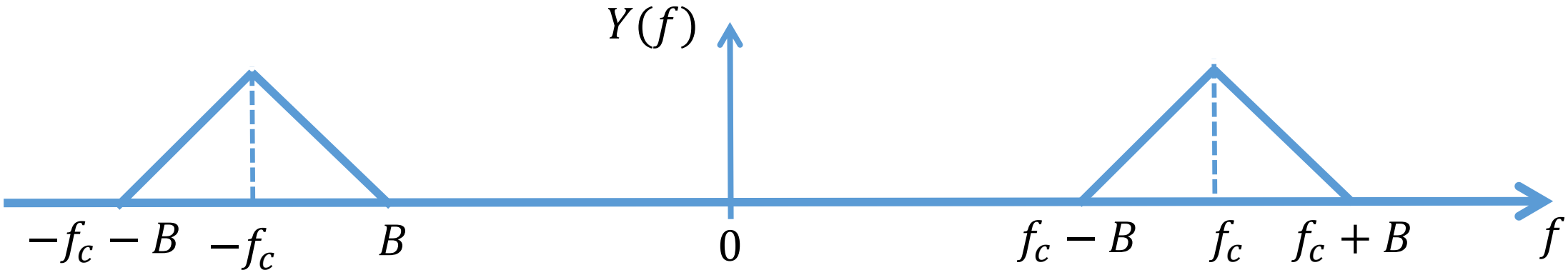


طيف الإشارة المعدلة

يؤدي التعديل إلى إزاحة طيف الإشارة القاعدية بمقدار قيمة التردد الحامل f_c

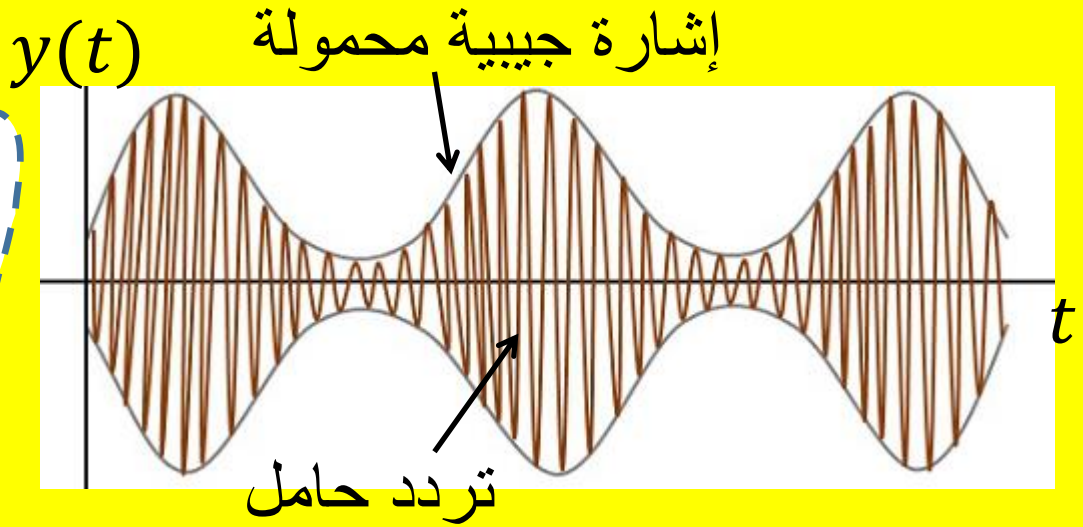
$f_c \gg B$

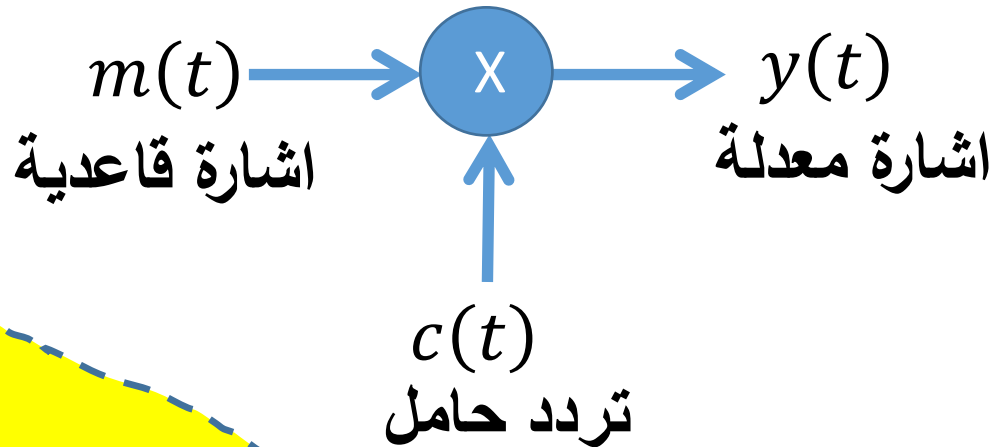




التعديل المطالي
Amplitude Modulation (AM)

مثال: إشارة جيبية معدلة مطاليا





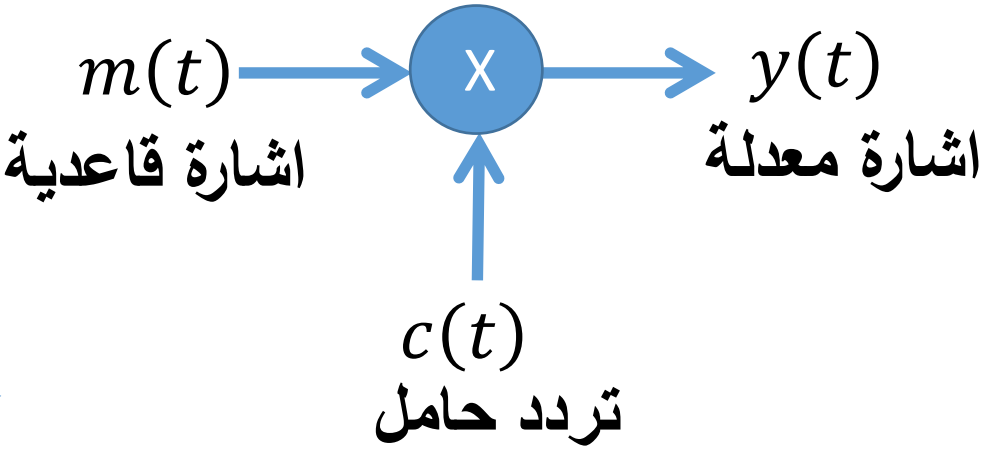
$$m(t) = M.cos(2\pi f_m t + \emptyset); \qquad M < 1$$

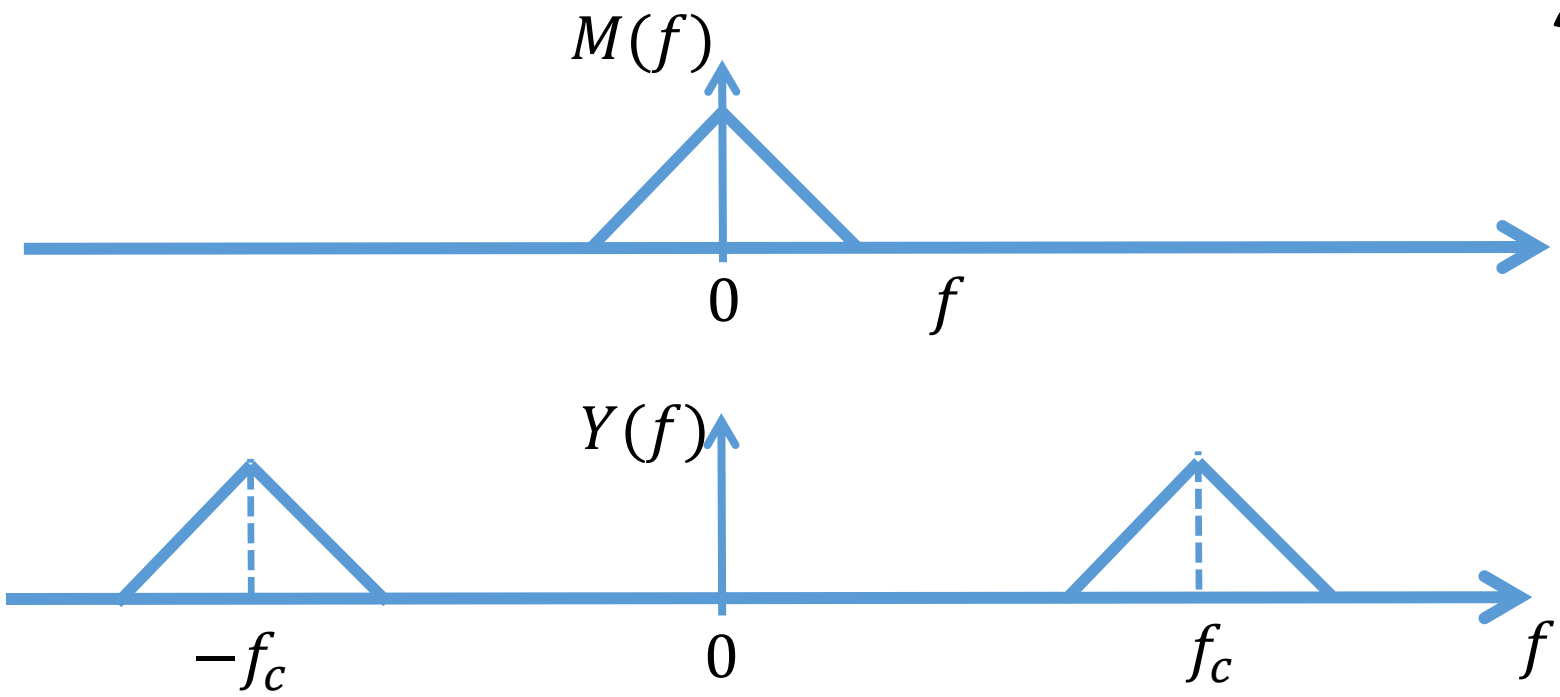
$$c(t) = A.sin(2\pi f_c t)$$

$$y(t) = [1 + m(t)].c(t) = [1 + M.\cos(2\pi f_m t + \emptyset)].A.\sin(2\pi f_c t)$$

$$y(t) = A.sin(2\pi f_c t) + \frac{AM}{2}[sin(2\pi(f_c + f_m)t + \emptyset) + sin(2\pi(f_c - f_m)t - \emptyset)]$$

طيف إشارة التعديل المطالي

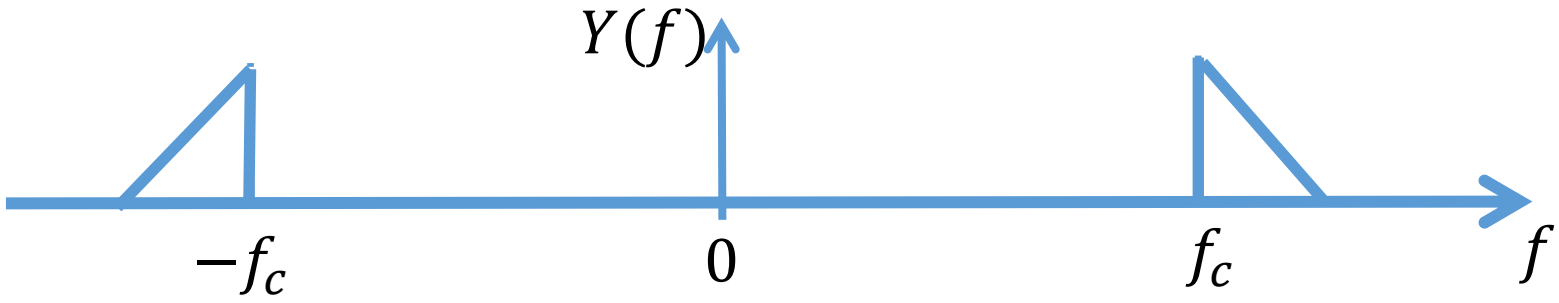




$$Y(f) = A[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)] + K[M(f - f_c) + M(f + f_c)]$$

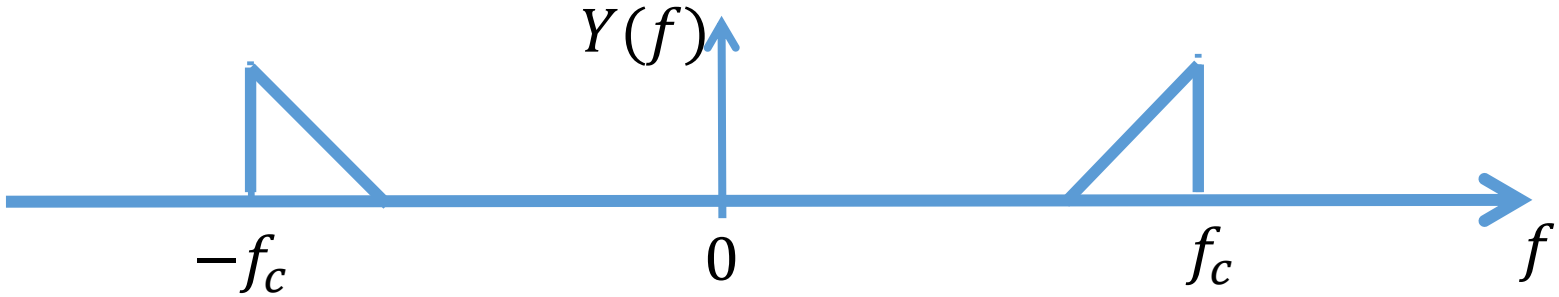
طيف إشارة التعديل المطالي

طيف إشارة التعديل المطالي ذو الحزمة الجانبية الواحدة
Single Side Band (SSB)



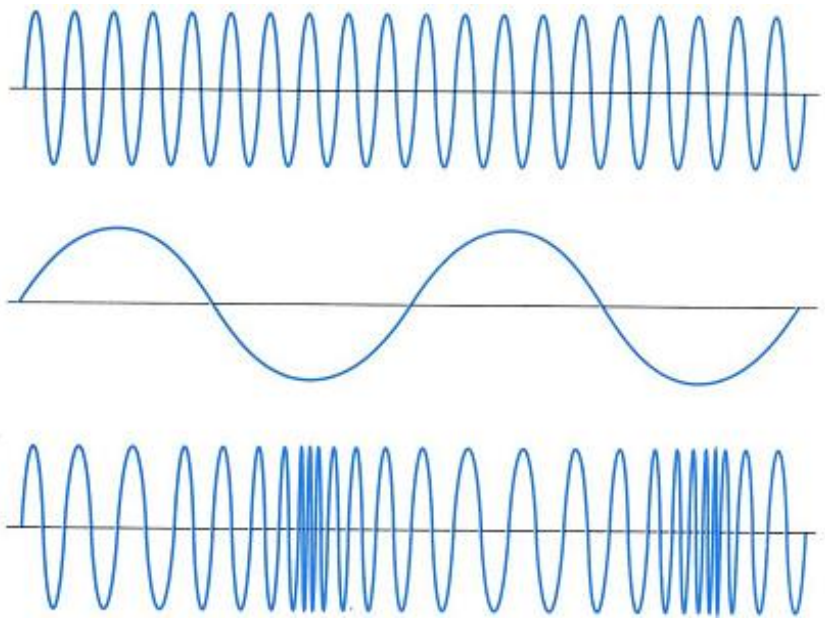
SSB_h حزمة جانبية عليا

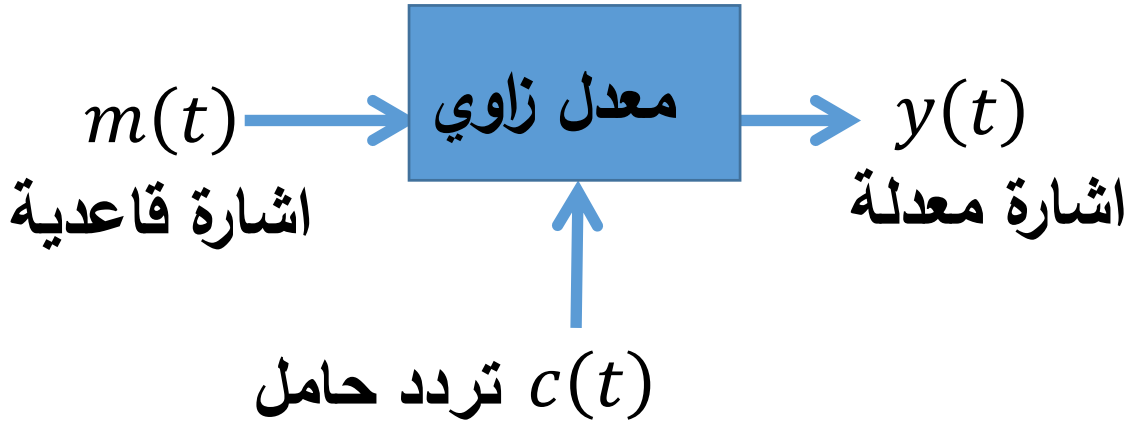
اقتصاد في الطيف



SSB_l حزمة جانبية دنيا

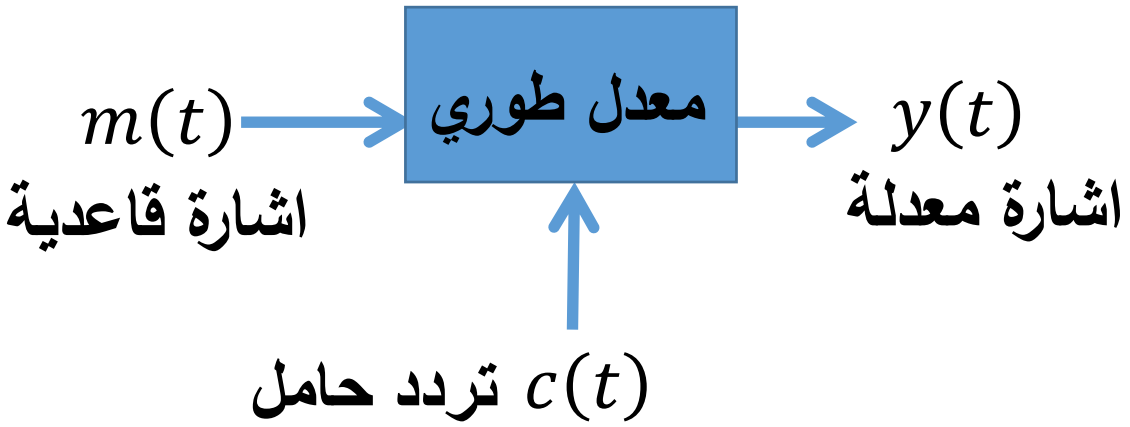
Angle Modulation التعديل الزاوي





Angle Modulation التعديل الزاوي

تعديل طوري Phase Modulation (PM)



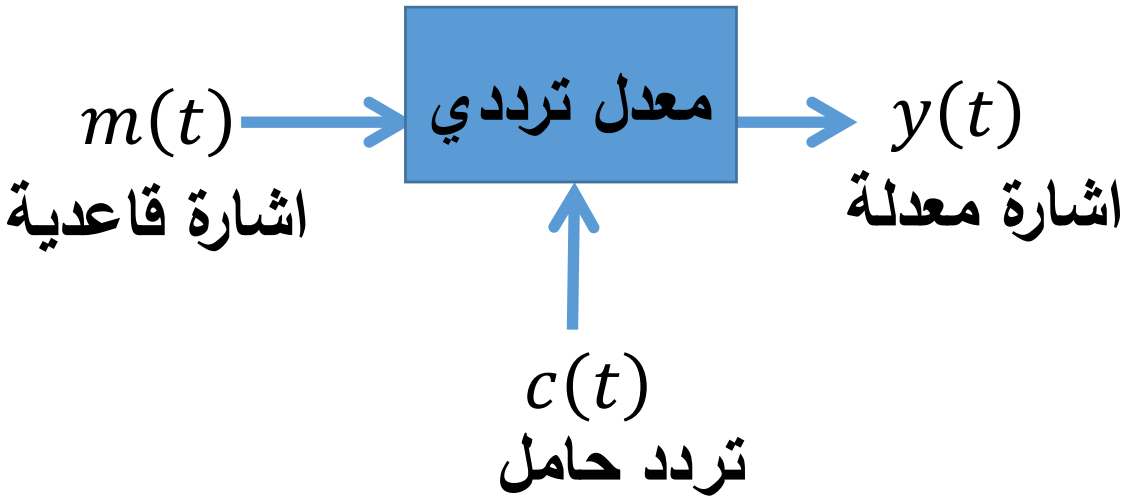
$$c(t) = A_c . sin(2\pi f_c t + \emptyset_c)$$

$$y(t) = A_c . sin(2\pi f_c t + m(t) + \emptyset_c)$$

Angle Modulation التعديل الزاوي

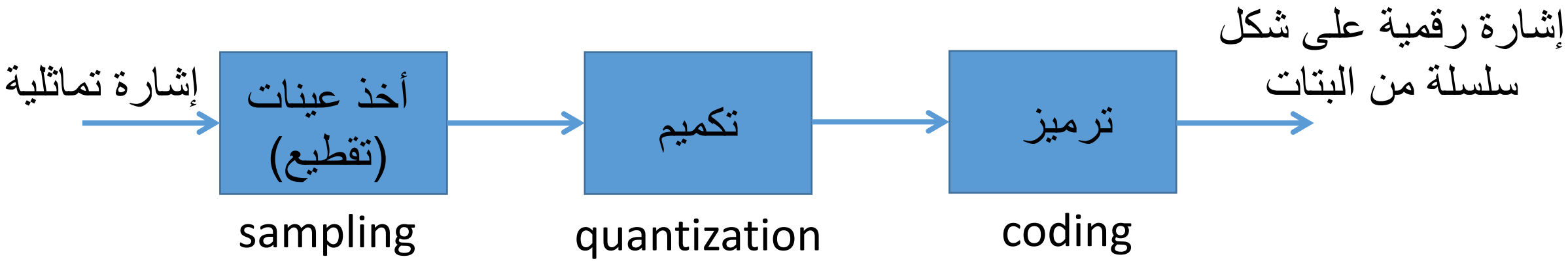
تعديل ترددي Frequency Modulation (FM)

$$y(t) = A_c.cos\left(2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t m(\tau)d\tau\right)$$

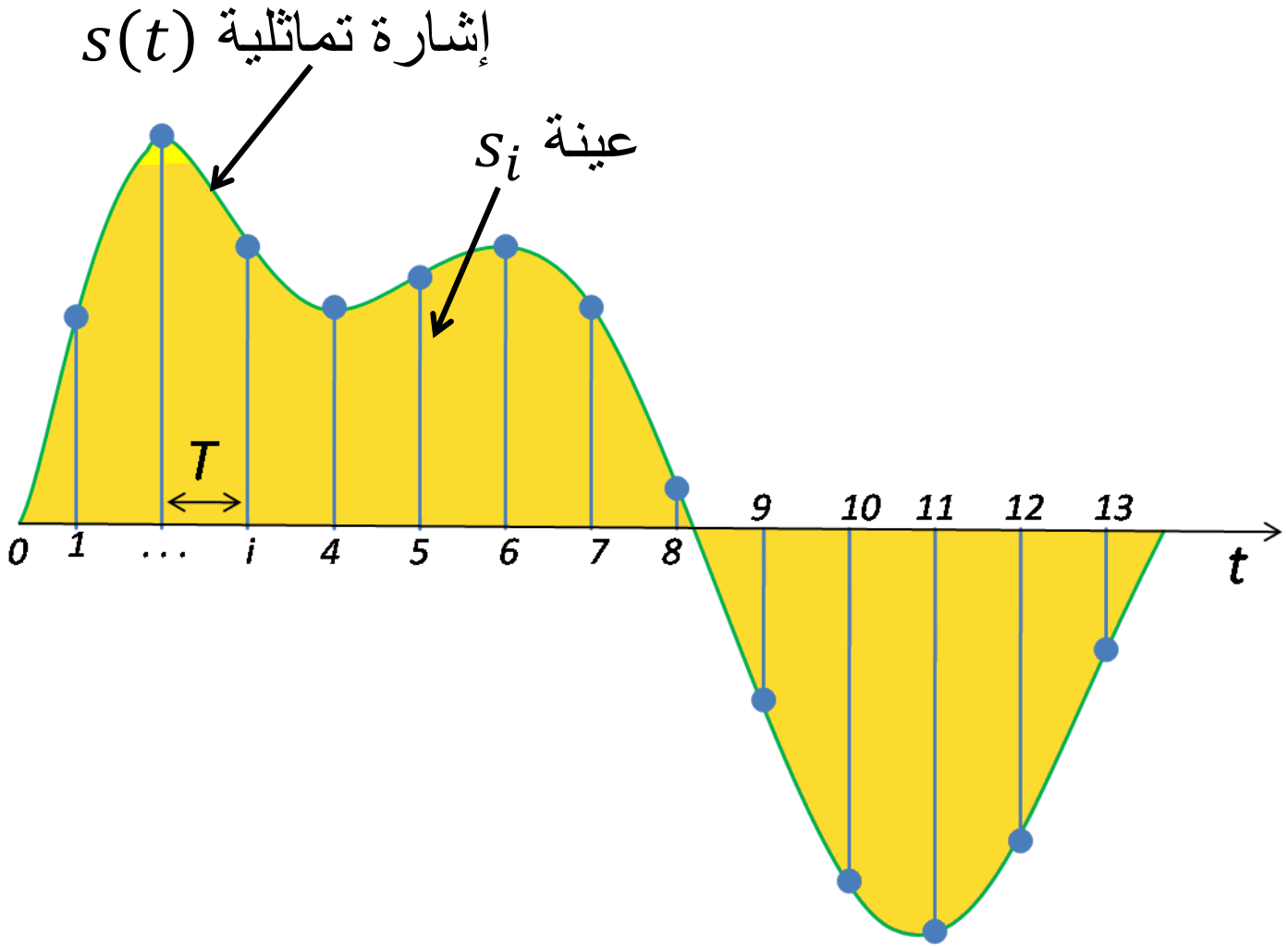


رقمنة الإشارة التماثلية Digitization

عملية تحويل الإشارة التماثلية إلى إشارة رقمية



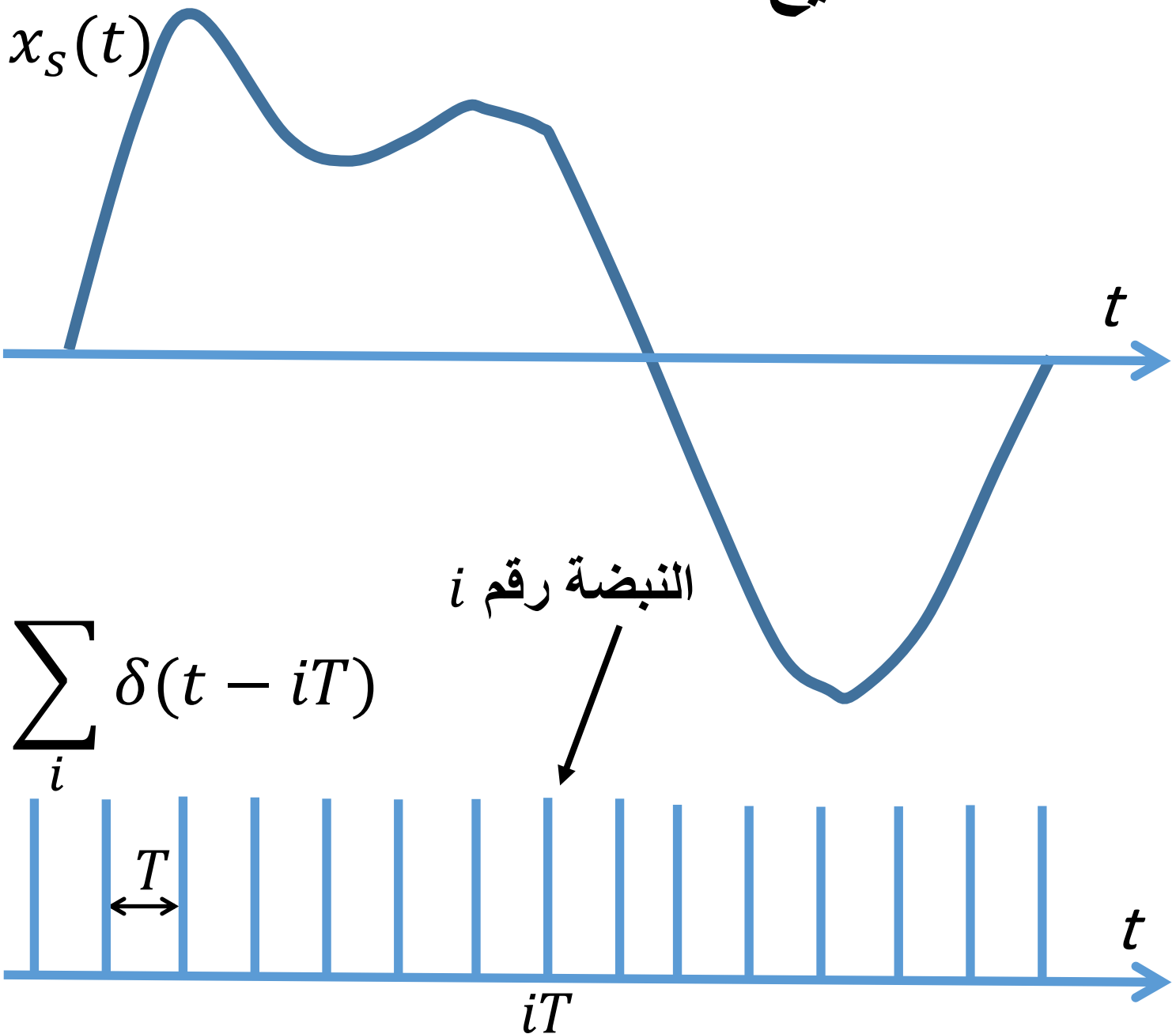
التقطيع Sampling



دور التقطيع T

تردد التقطيع $f_s = \frac{1}{T}$

التقطيع



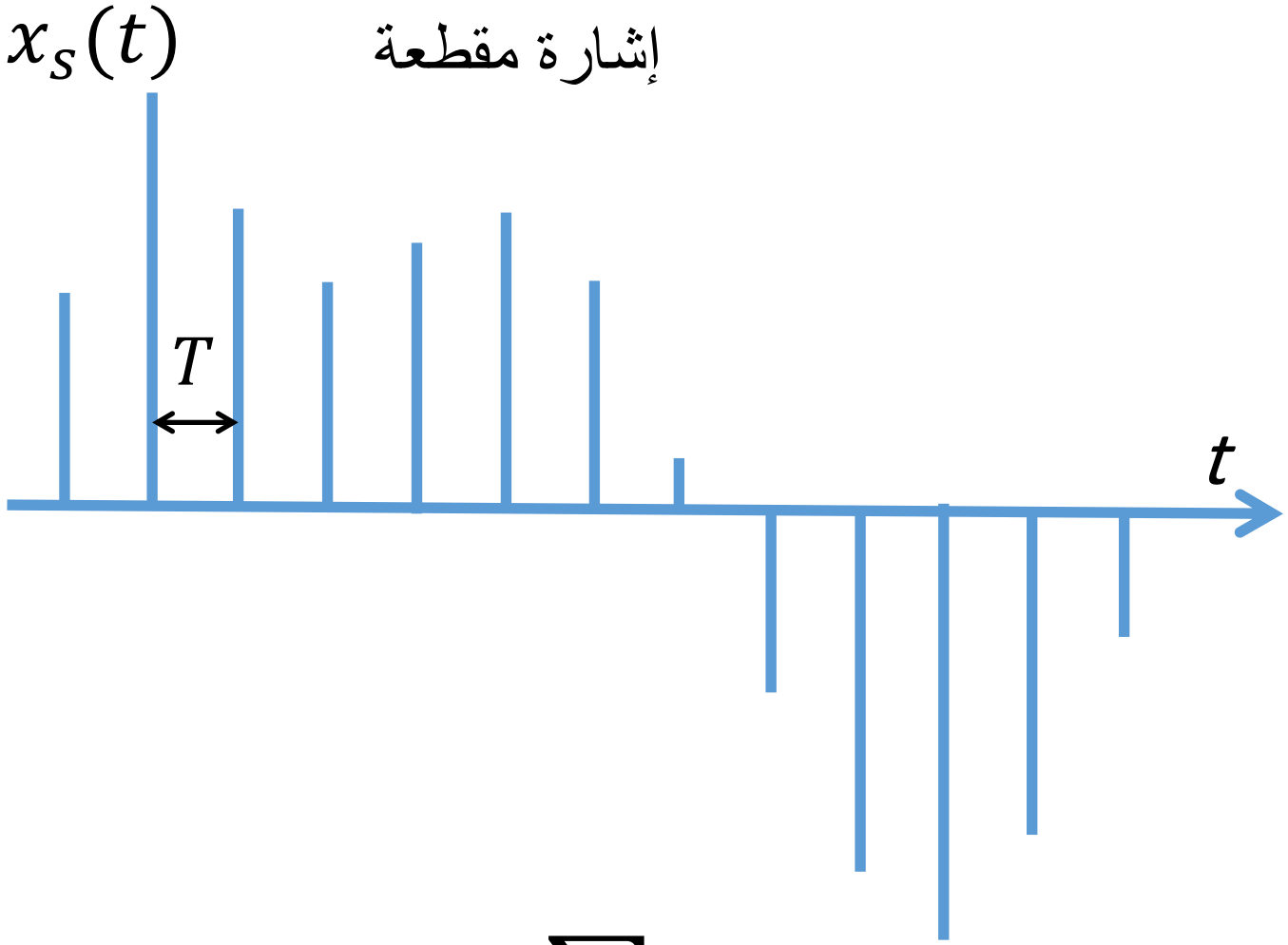
أخذ العينات

دور التقطيع T

تردد التقطيع $f_s = \frac{1}{T}$

التقطيع

أخذ العينات



دور التقطيع T

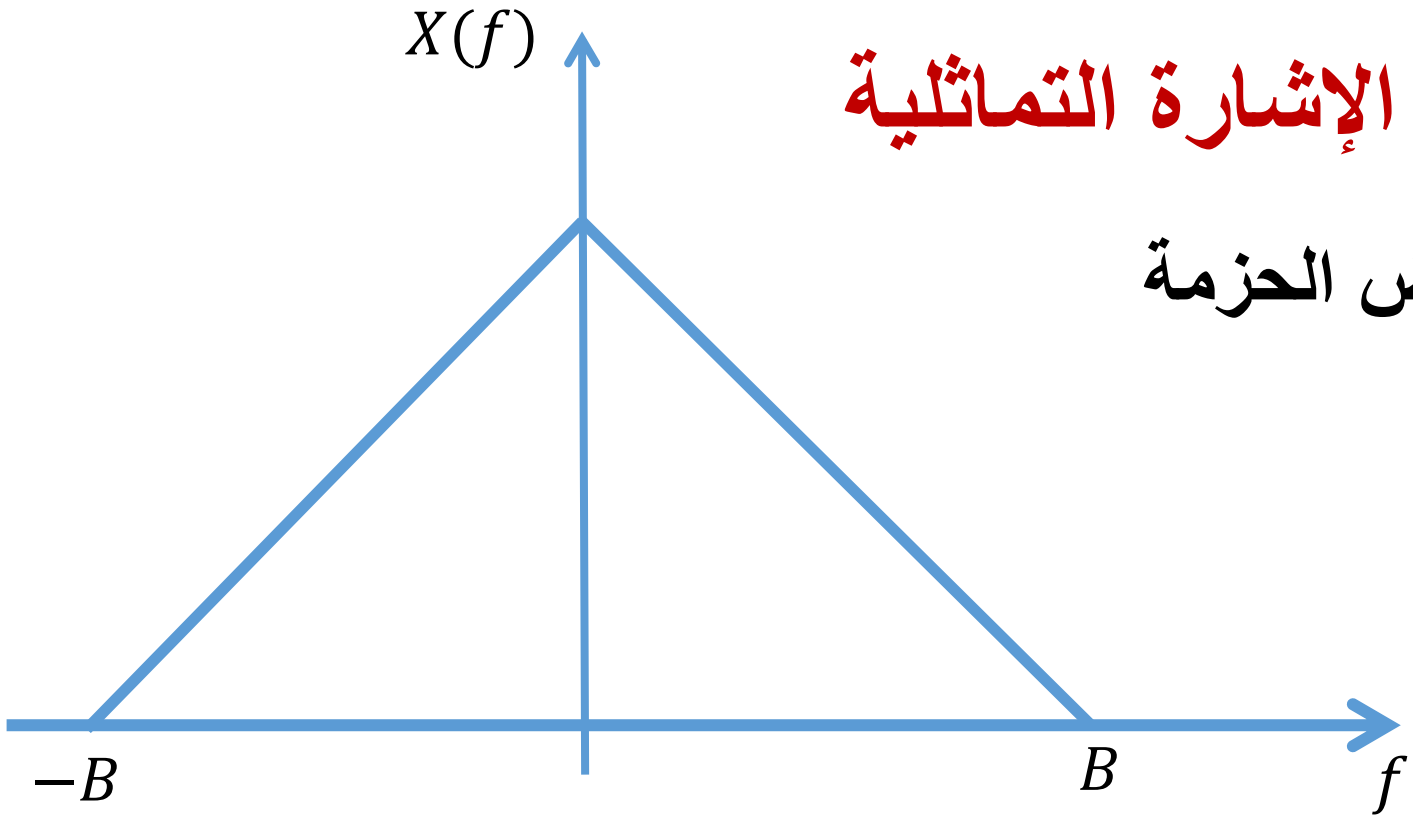
تردد التقطيع $f_s = \frac{1}{T}$

$$x_s(t) = \sum_i x(t)\delta(t - iT)$$

التقطيع

تحديد عرض حزمة طيف الإشارة التماثلية

إشارة تماثلية محدودة عرض الحزمة



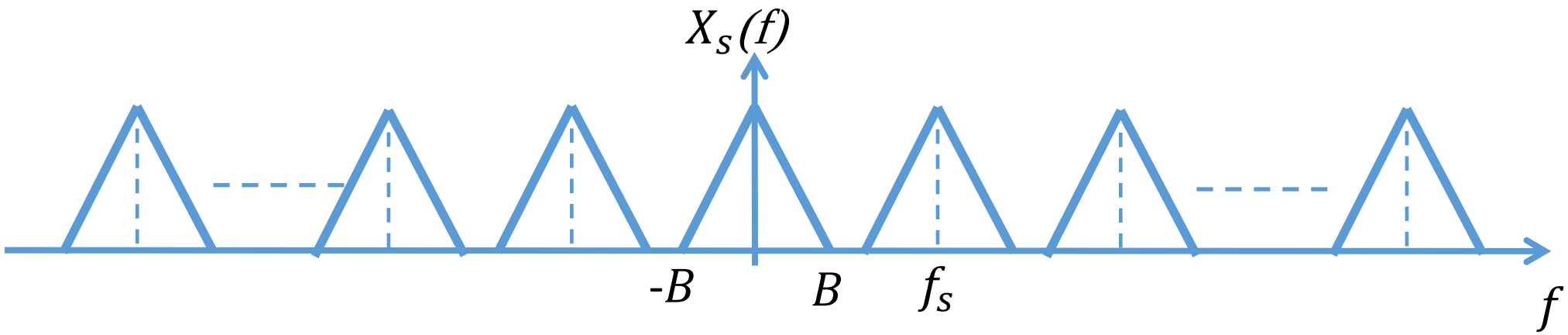
طيف إشارة تماثلية محدودة عرض الحزمة

التقطيع

نظرية نايكويست – شانون

Nyquist–Shannon sampling theorem

يؤدي التقطيع إلى ظهور توافقيات للطيف الأصلي تتكرر على يمين ويسار الطيف الأصلي بلا تناه

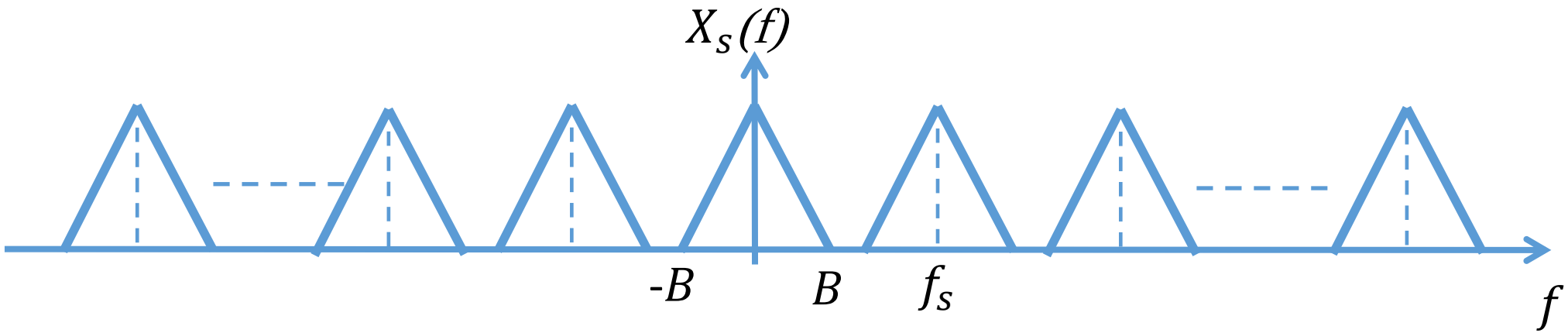


التقطيع

نظرية نايكويست – شانون
Nyquist–Shannon sampling theorem

$$f_s \geq 2B$$

إذا كانت الإشارة التماثلية محدودة عرض المجال، وكان تردد التقطيع أكبر من ضعف أعلى تردد في طيف الإشارة أو يساوي الضعف، أمكن استرداد التماثلية الإشارة الأصلية من العينات. (لا يوجد ضياع المعلومات)



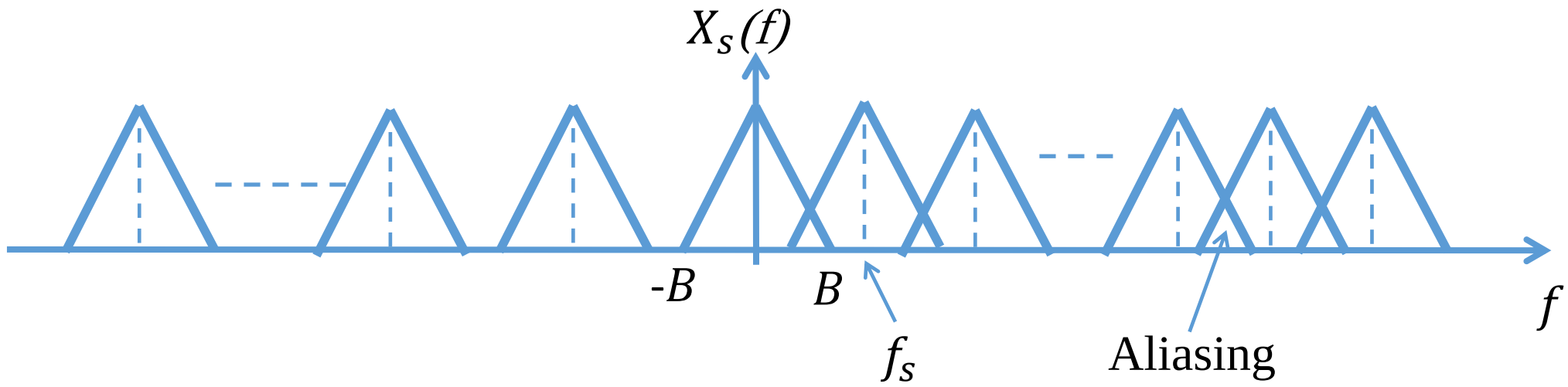
التقطيع

نظرية نايكويست – شانون

Nyquist–Shannon sampling theorem

$f_s < 2B$

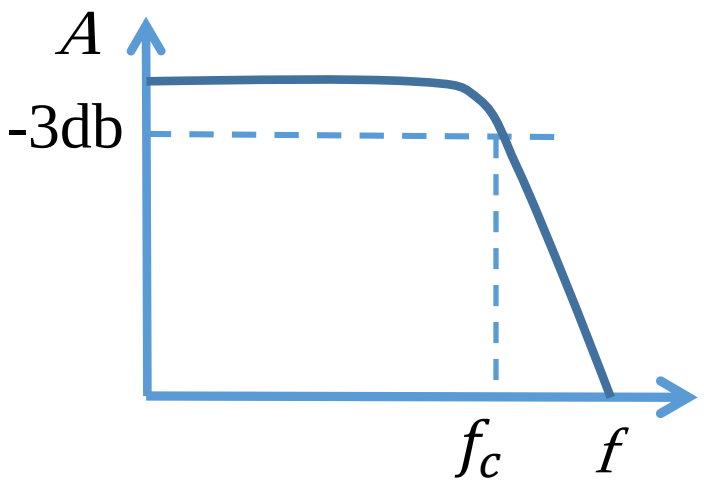
وإلا تراكبت أطياف توافقيات الطيف الأصلي مؤدية إلى تشويهها وعدم إمكان استرجاع الإشارة الأصلية من العينات. (ضياع المعلومات)



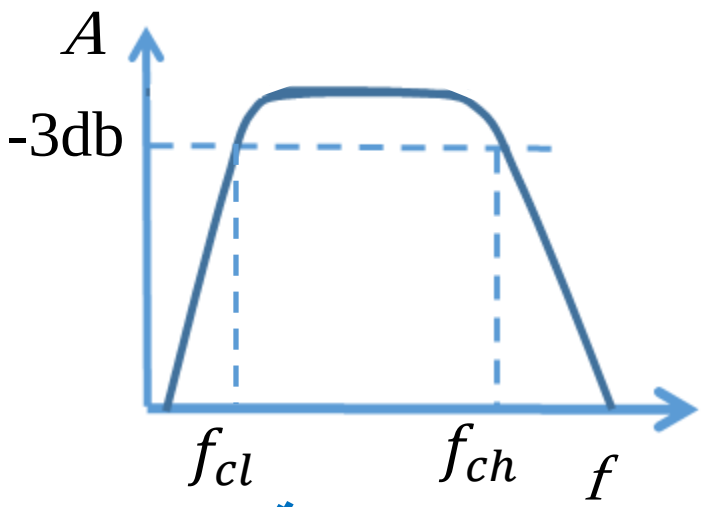
شرط نايكويست

يجب أن يكون تردد التقطيع أكبر من ضعف أعلى تردد في طيف الإشارة أو يساوي ضعفه.

لذا يجب ترشيح الإشارة بواسطة مرشح تحديد عرض الحزمة

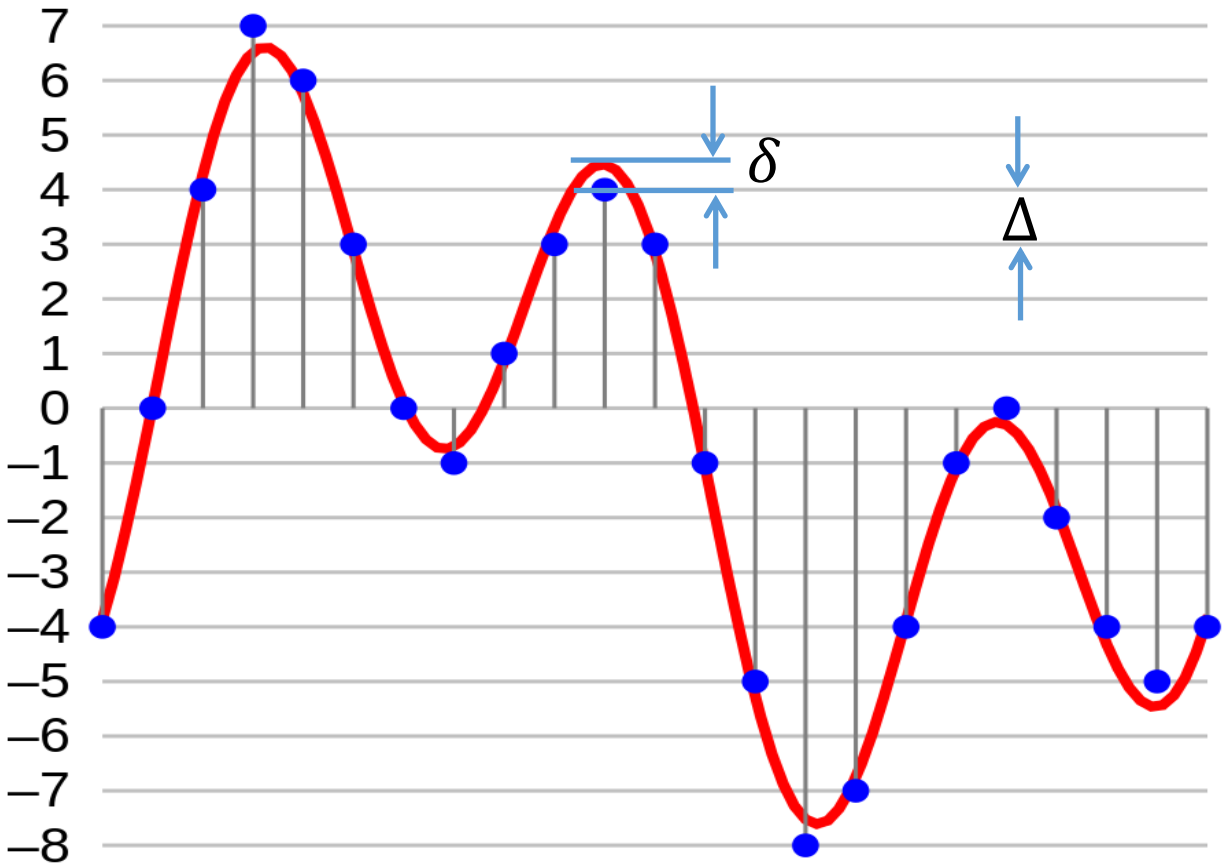


مرشح تمرير ترددات منخفضة LPF



مرشح تمرير حزمة BPF

Quantization التكميم



أشهر أنواع تحويل الإشارة التماثلية إلى رقيمة هو تعديل الترميز النبضي

Pulse code modulation (PCM)

- عدد محدود من المستويات
- من أجل n بت، يوجد 2^n مستوى

ونقول أن الترميز ذو ميز يساوي n بت

- تقرَّب العينة إلى أقرب مستوى
- خطوة التكميم: Δ
- خطأ التكميم: $\frac{\Delta}{2} \geq \delta$

نسبة الإشارة إلى ضجيج التكميم:

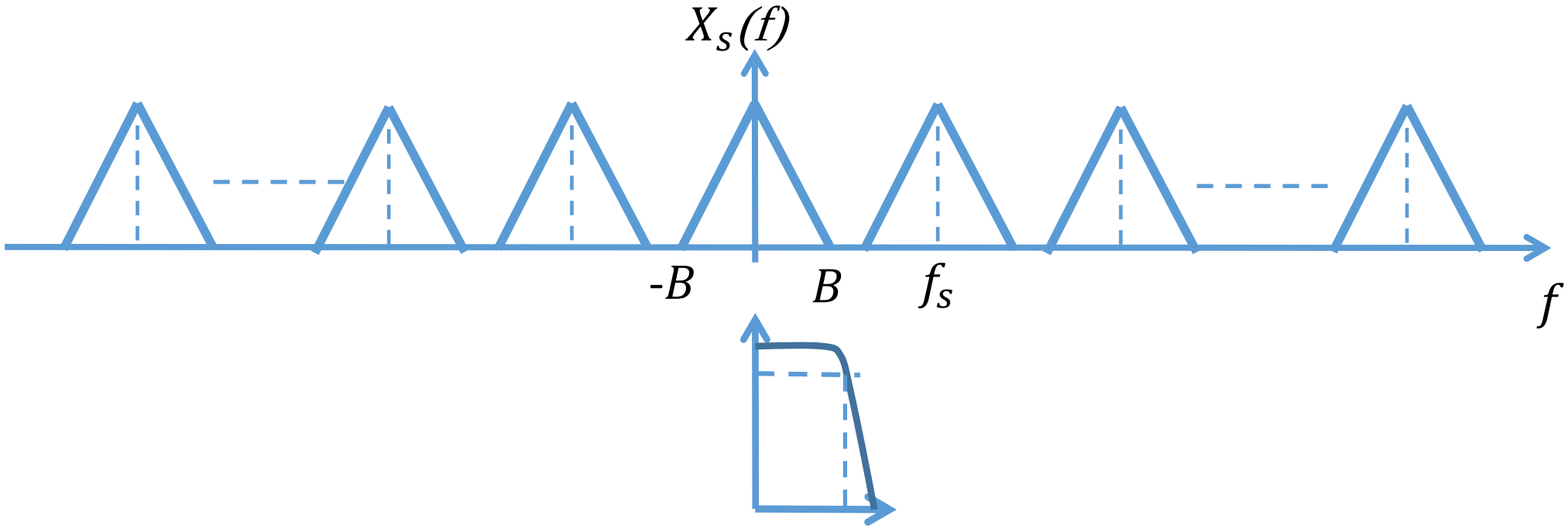
$$SQNR[db] = 6n + 1.76$$

$$SQNR[db] = 6n; \quad n \gg 1$$

استرداد الإشارة التماثلية

تُسترد الإشارة التماثلية من الإشارة المقطعة باستعمال مرشح تمرير ترددات منخفضة.

مرشح تمرير ترددات منخفضة



أدوات الرقمنة

المبدل التماثلي الرقمي analog to digital converter (ADC)

يقوم المبدل التماثلي الرقمي بمهام أخذ العينات والتكميم والترميز

المبدل الرقمي التماثلي digital to analog converter (DAC)

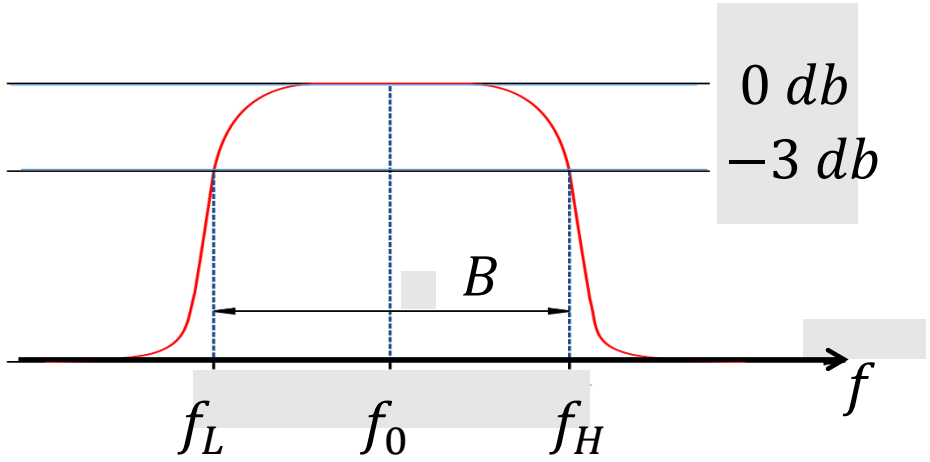
يقوم المبدل الرقمي التماثلي بمهمة تحويل العينات المكممة إلى إشارة تماثلية درجية يجري تنعيمها بواسطة مرشح تمرير الترددات المنخفضة

خصائص القناة: عرض الحزمة الترددية

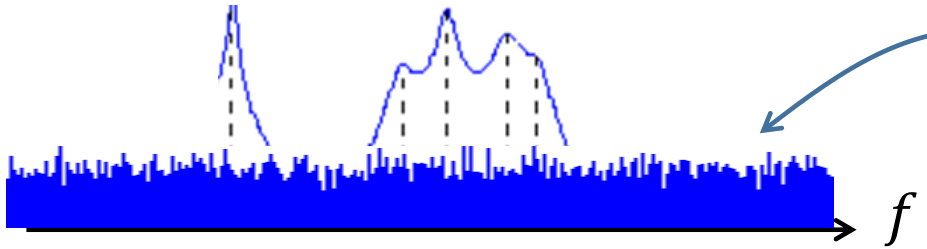
المرسل: هو الأداة التي تحضِّر إشارة البيانات لوضعها على خط الاتصال.
المستقبل: هو الأداة التي تكشف البيانات من الإشارة المستقبلة المضجة والمشوهة.

نموذج المرسِل والمستقبل في جميع أنواع الاتصالات:

مرشح تمرير حزمة



- في المرسل: يجب تحديد عرض حزمة طيف الإشارة من أجل منع تداخل أطياف القنوات المتجاورة في وسط النقل.
- في المستقبل: من أجل التخلص من الضجيج الموجود خارج حزمة طيف الإشارة.

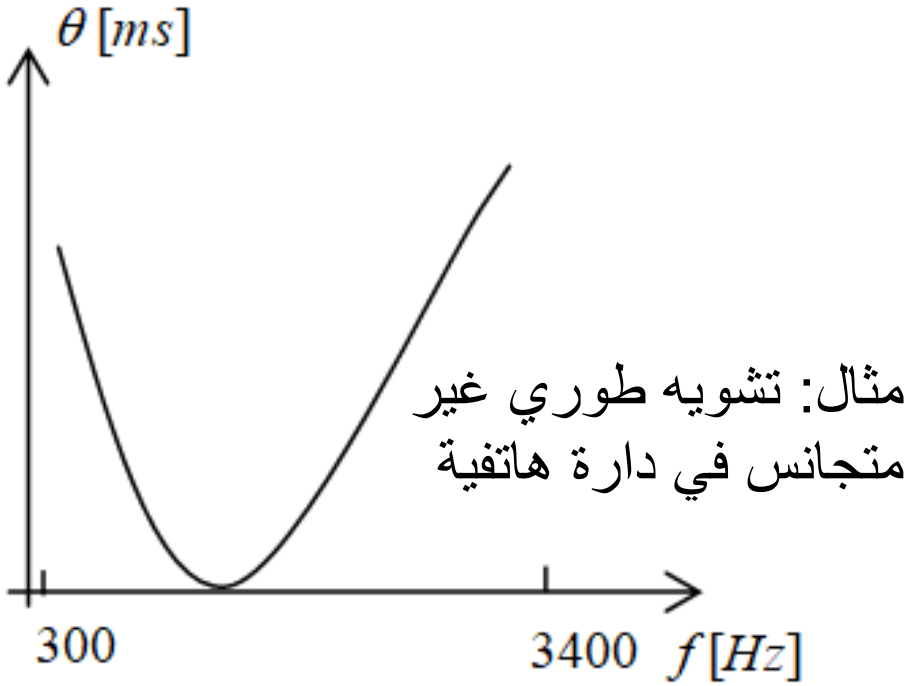


التشويه في القناة Distortion

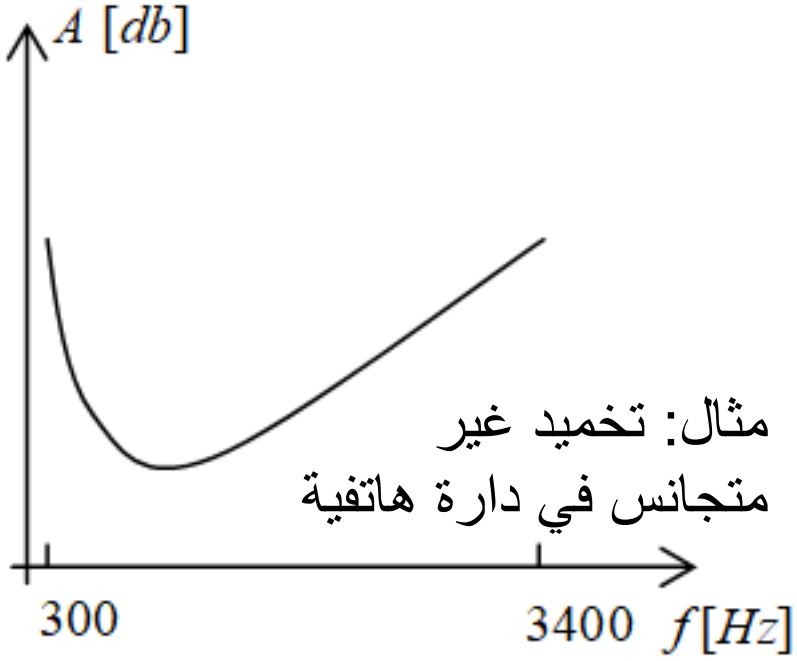
يشتمل على كل التشويهات التي تخضع لها الإشارات حين نقلها من المنبع إلى المصب.

نموذج قناة الاتصال في جميع أنواع الاتصالات:

مرشح تمرير حزمة ذو استجابة ترددية مشوهة من حيث التخميد والتأخير الطوري.



مثال: تشويه طوري غير
متجانس في دارة هاتفية



مثال: تخميد غير
متجانس في دارة هاتفية

ضجيج القناة Noise

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

ضجيج القناة

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

ضجيج القناة

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

ضجيج القناة

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

ضجيج القناة

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

ضجيج القناة

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

ضجيج القناة

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

ضجيج القناة

- الضجيج الحراري: ينجم عن التجهيزات الإلكترونية.
- ضجيج التكميم: ينجم عن رقمنة الإشارة التماثلية. مهمل عادة إلا في حالات خاصة.
- الضجيج الرشقي: يحصل غالبا في الاتصالات الراديوية وينجم عن البرق عادة.
- الصدى: ينجم عن انعكاس الإشارة عن المستقبل بسبب عدم التوافق معه.
- التسميع: ينجم عن الترابط الكهرمغنطيسي بين الأسلاك أو عدم الترشيح الجيد للقنوات المتجاورة.
- التداخل: تراكب الإشارات من قنوات مختلفة، خاصة في الاتصالات الراديوية عندما لا يكون التنسيق الكهرمغنطيسي جيدا.
- تعدد المسارات: ينجم عن انعكاس الإشارة عن الحواجز وطبقات الجو المتأينة، ويكون سيئا للغاية في حالة الحركة لأنه يصبح متغيرا.
- الانزياح الترددي: ويحصل في وصلات التردد الحامل، وخاصة في الوصلات الراديوية والكبل المحوري.

Signal to Noise Ratio نسبة الإشارة إلى الضجيج

أحد العوامل التي تحدد جودة القناة هو نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة الضجيج الذي تُدخله القناة في الإشارة، وتقدر عادة بالديسيبل

$$SNR[db] = \frac{signal\ power}{noise\ power}$$

سعة القناة Capacity

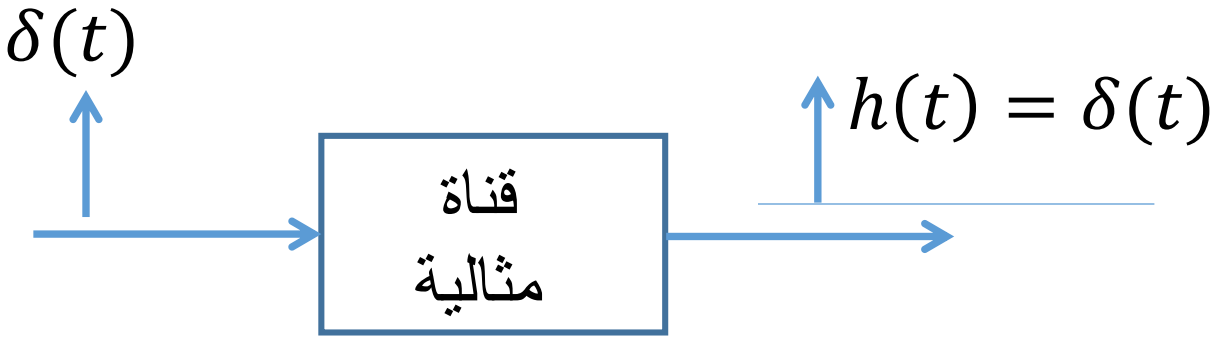
سرعة نقل البيانات على قناة الاتصال المثالية
بوجود الضجيج الحراري (الغوصي) فقط

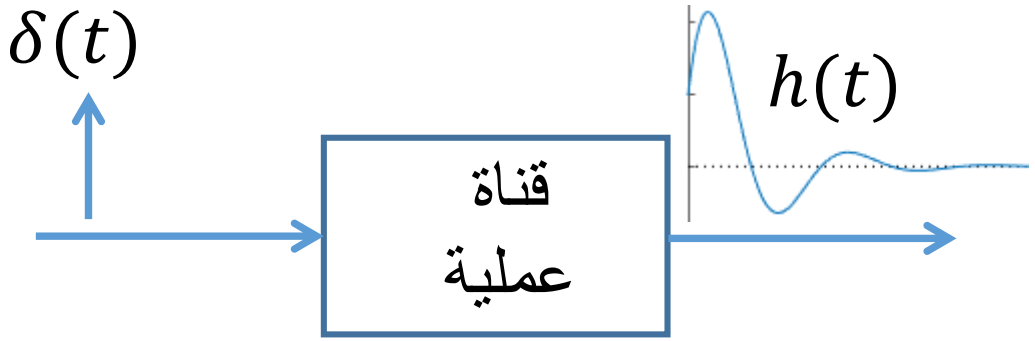
$$C = w \ log_2(1 + SNR) \ bit/sec$$

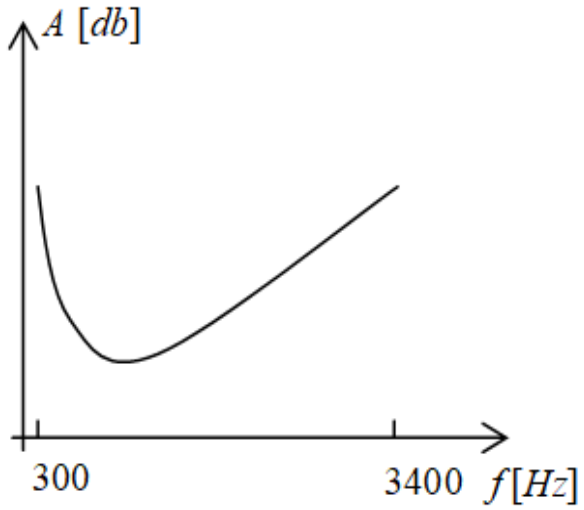
SNR: نسبة الإشارة إلى الضجيج الخطية.
w: عرض الحزمة الترددية للقناة بالهرتز.

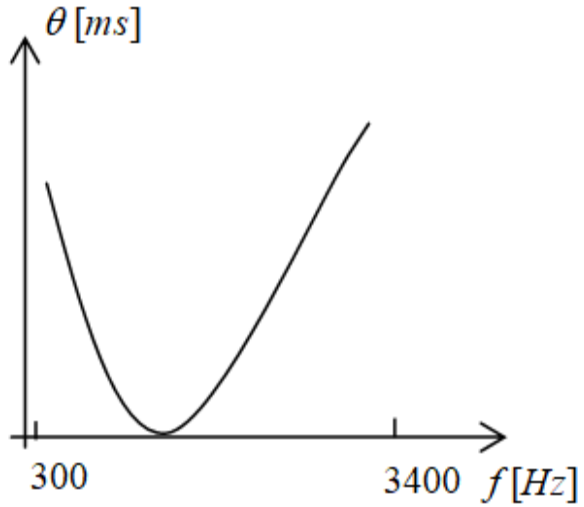
عندما يكون الضجيج صفرا، تصبح سعة القناة لانهائية.

استجابة القناة





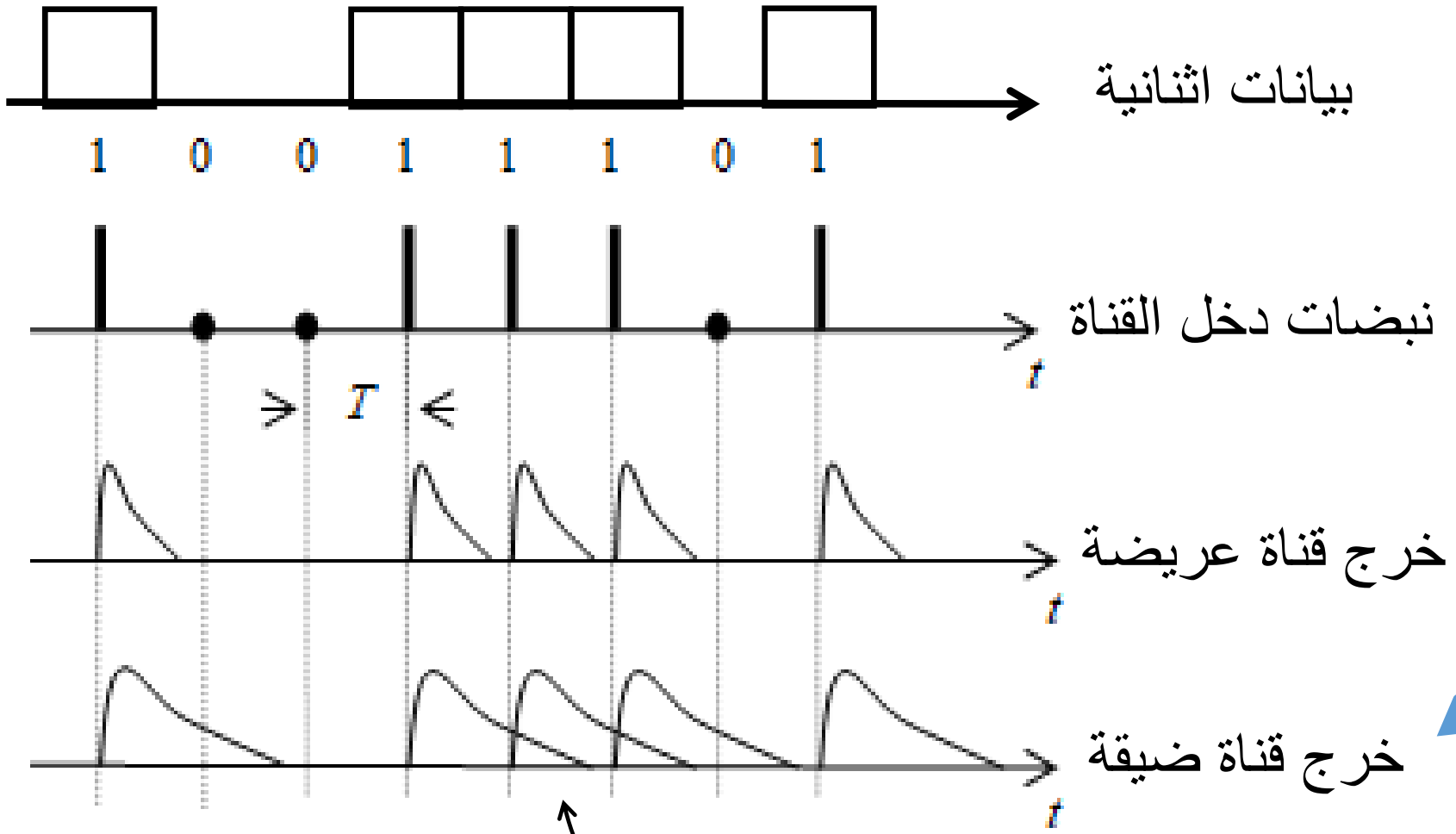




كلما كانت القناة أضيق، وكان عدم تجانس التخميد والتأخير أكبر، كانت استجابة القناة $h(t)$ أكثر امتدادا وتعرجا على محور الزمن.

التداخل بين الرموز

Intersymbol Interference



تتراكب النبضات في خرج القناة الضيقة مؤدية إلى عدم إمكان كشفها مباشرة.

المودم Modem

وظائف المودم:

- تشكيل الإشارة الرقيمة وتحضيرها للنقل على خط الاتصال في طرف الإرسال.
- كشف الإشارة في طرف الاستقبال بوجود الضجيج والتشويه.

وظائف المودم

مرسل المودم:

يمتد طيف الإشارة الرقمية عادة من الصفر إلى ترددات عالية تبعا لدور الإشارة. وغالبا ما تكون قنوات الاتصال ذات استجابة تمرير حزمة. لذا يجب إزاحة طيف الإشارة لكي يتوافق مع استجابة القناة الترددية. إزاحة الطيف تحصل بتحميل الإشارة على حامل، وتُعرف العملية في حالة الإشارة الرقمية بالترنيم shift keying.

الترنيم يقوم بتشكيل الحامل بناء على البيانات

الترنيم Shift Keying

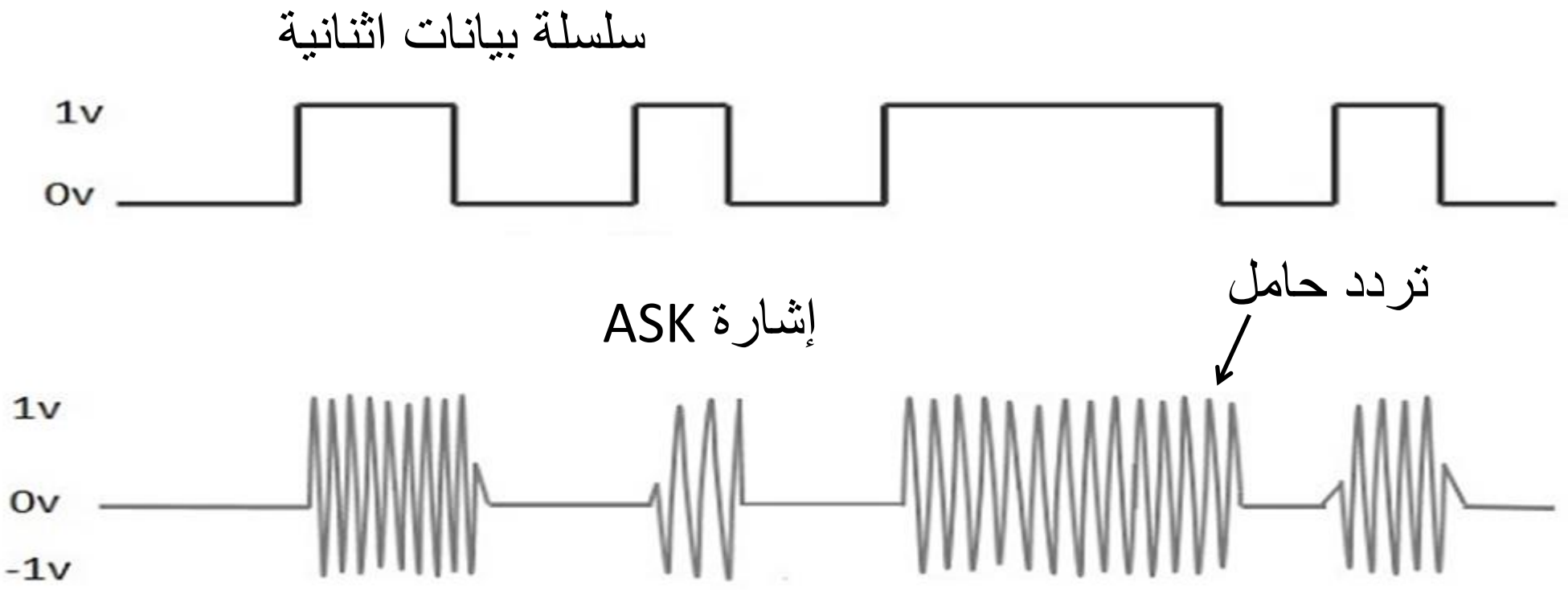
مرسل المودم:

أنواع الترنيم

- ترنيم بالإزاحة المطالية Amplitude shift keying (ASK)
- ترنيم بالإزاحة الطورية Phase shift keying (PSK)
- ترنيم بالإزاحة الترددية Frequency shift keying (FSK)

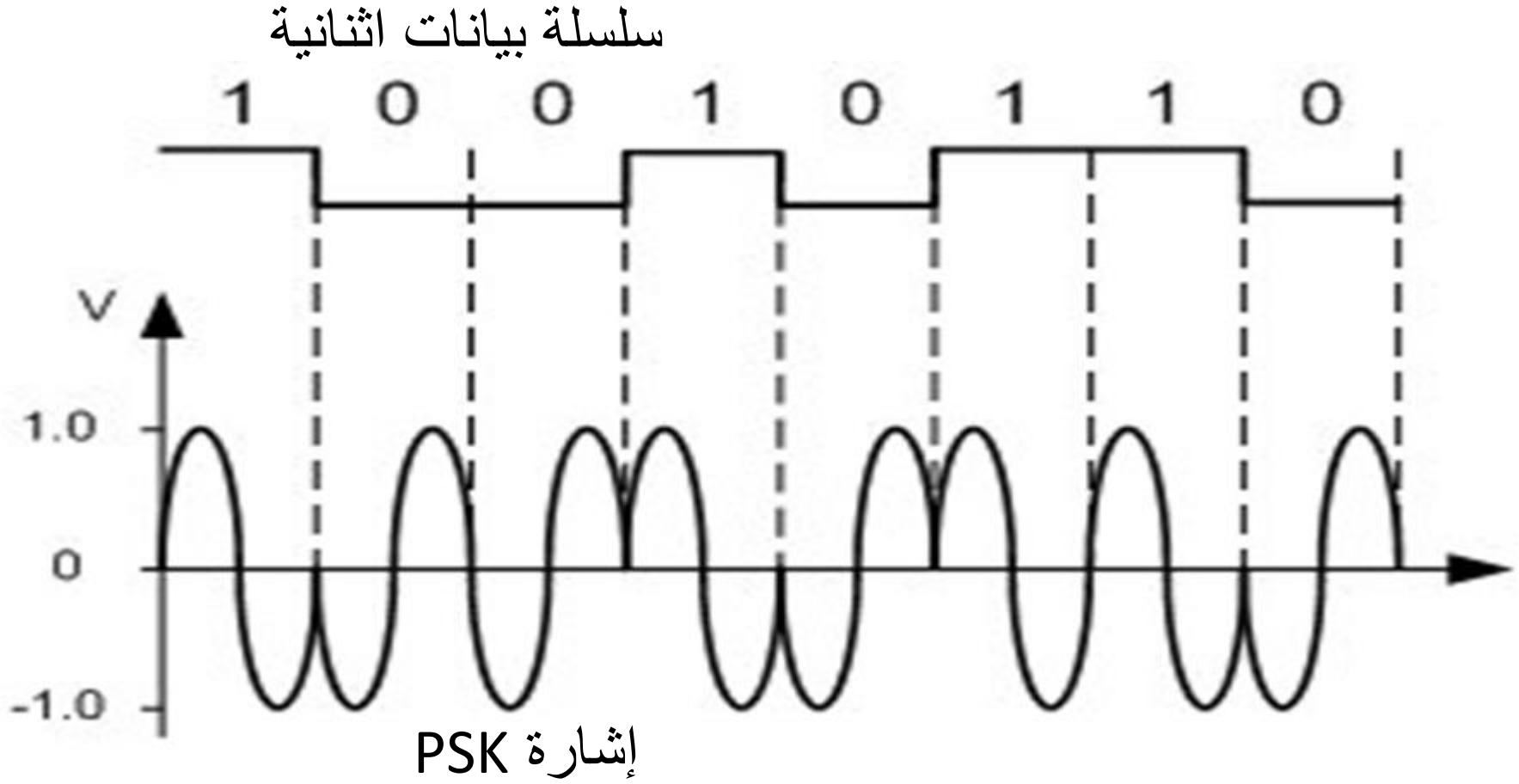
الترنيم

الترنيم بالإزاحة المطالية ASK



الترنيم

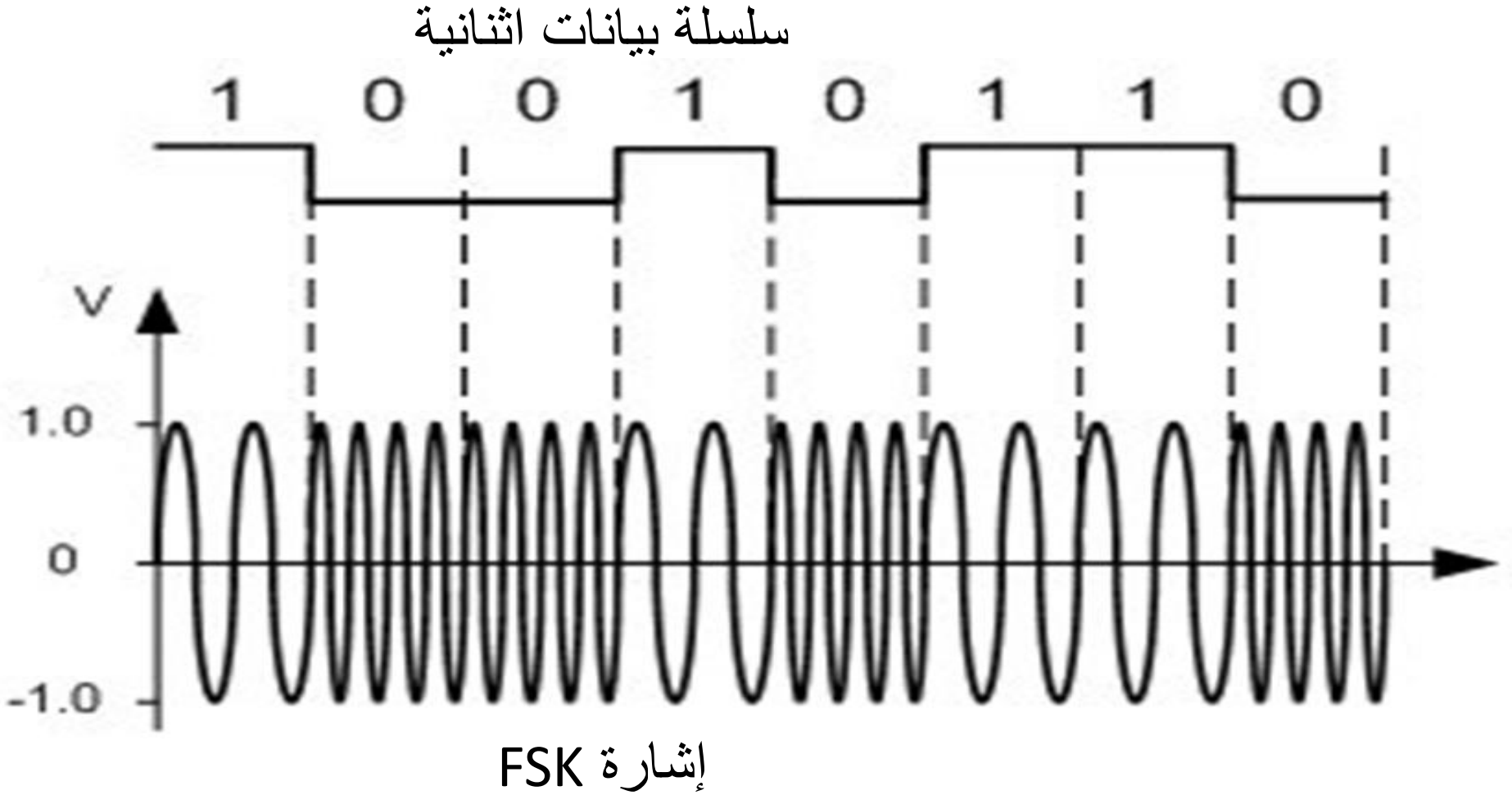
الترنيم بالإزاحة الطورية PSK



إشارة PSK

الترنيم

الترنيم بالإزاحة الترددية FSK



إشارة FSK

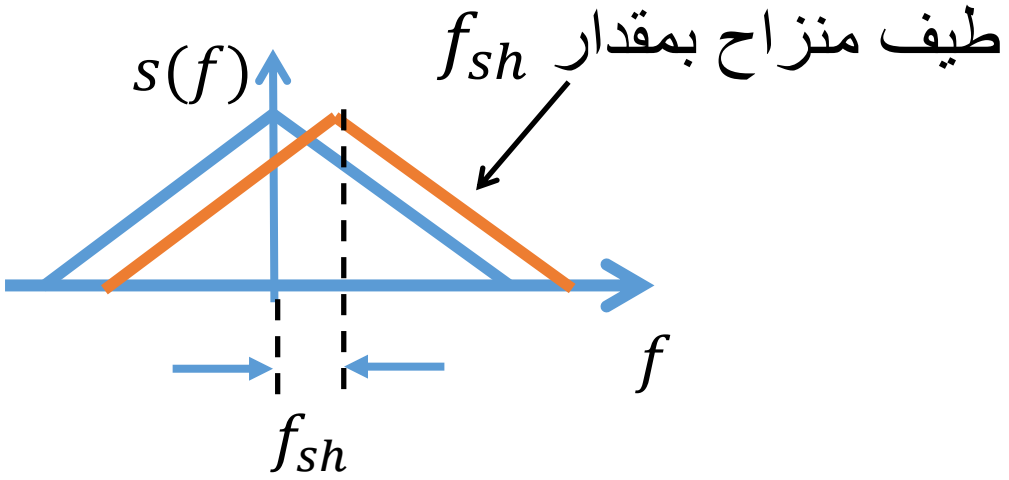
وظائف المودم

مهام مستقبِل المودم:

- التخلص من الانزياح الترددي.
- التسوية equalization.
- الترنيم المعاكس وإعادة الإشارة إلى مجالها الترددي الأصلي.
- إشارة البيانات وإرسالها إلى مصبها.

وظائف المودم

مهام مستقبِل المودم:



التخلص من الانزياح الترددي.

طيف الإشارة الأصلي: $S(f)$
طيف الإشارة المنزاحة ترديا: $S(f + f_{sh})$

المشكلة العويصة هي تقدير قيمة f_{sh} المجهولة.
بعد التقدير يُجرى التصحيح بسهولة.

وظائف المودم

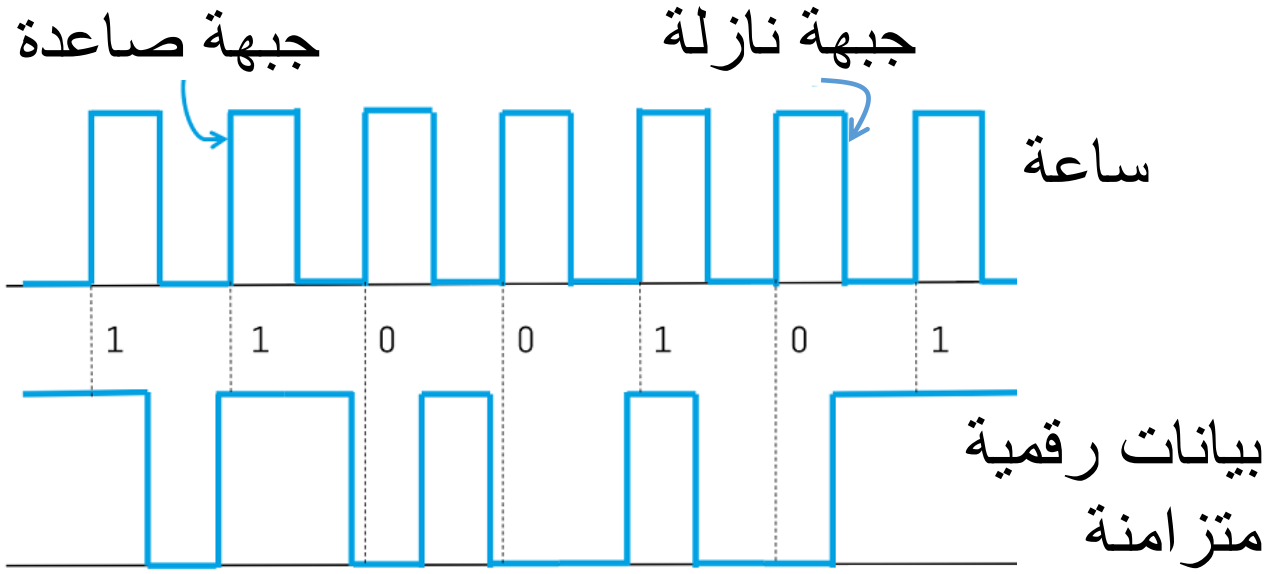
مهام مستقبِل المودم:

الترنيم المعاكس والتسوية equalization

نتيجة لضيق عرض استجابة القناة وللتشويهين المطالي والطوري اللذين تُدخلهما في الإشارة، يحصل تراكب لرموز الإشارة المتتالية، وهذا يؤدي إلى منع كشف الإشارة الصحيح إذا لم يُتخلَّص منه.

في تقنيات التسوية الحديثة، ثمة خوارزميات تعزل مكونات التداخل بين الرموز وتجمِّع مكونات كل رمز معا، وبذلك ترفع قيمة استطاعة الإشارة إلى الضجيج ومن ثَمَّ تسمح بكشف الإشارة من الضجيج على نحو صحيح. تسمى هذه العملية بالتسوية.

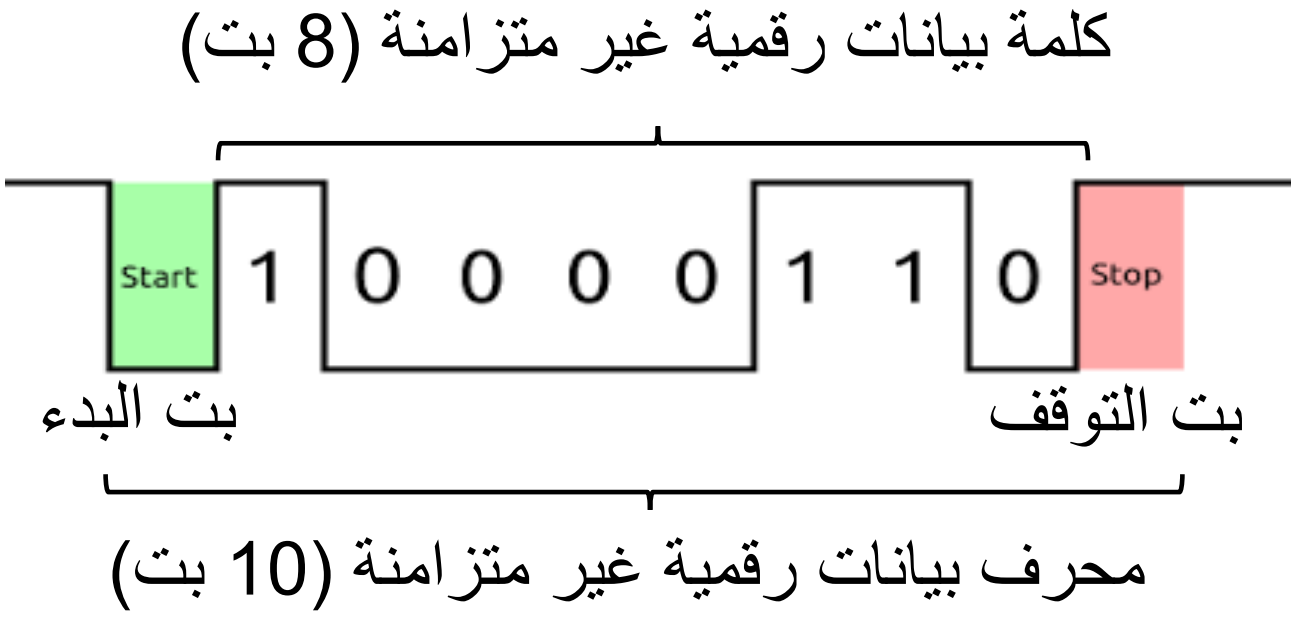
البيانات المتزامنة Synchronous Data



- إشارة البيانات الرقمية المربعة متزامنة مع إشارة ساعة ذات تردد ثابت معروف.
- تؤخذ عينات الإشارة عادة عند الجبهة الصاعدة أو النازلة من نبضات الساعة.
- غالبا ما تُرمَّز البيانات على شكل كلمات طولها 8 بت (ترميز أسكي)، ويمكن أن يصل طول الكلمة إلى 128 أو حتى 1024 بت في بعض التطبيقات.
- تحتاج إلى إجراءات مزامنة للمستقبل مع المرسل قد تكون معقدة أحيانا.

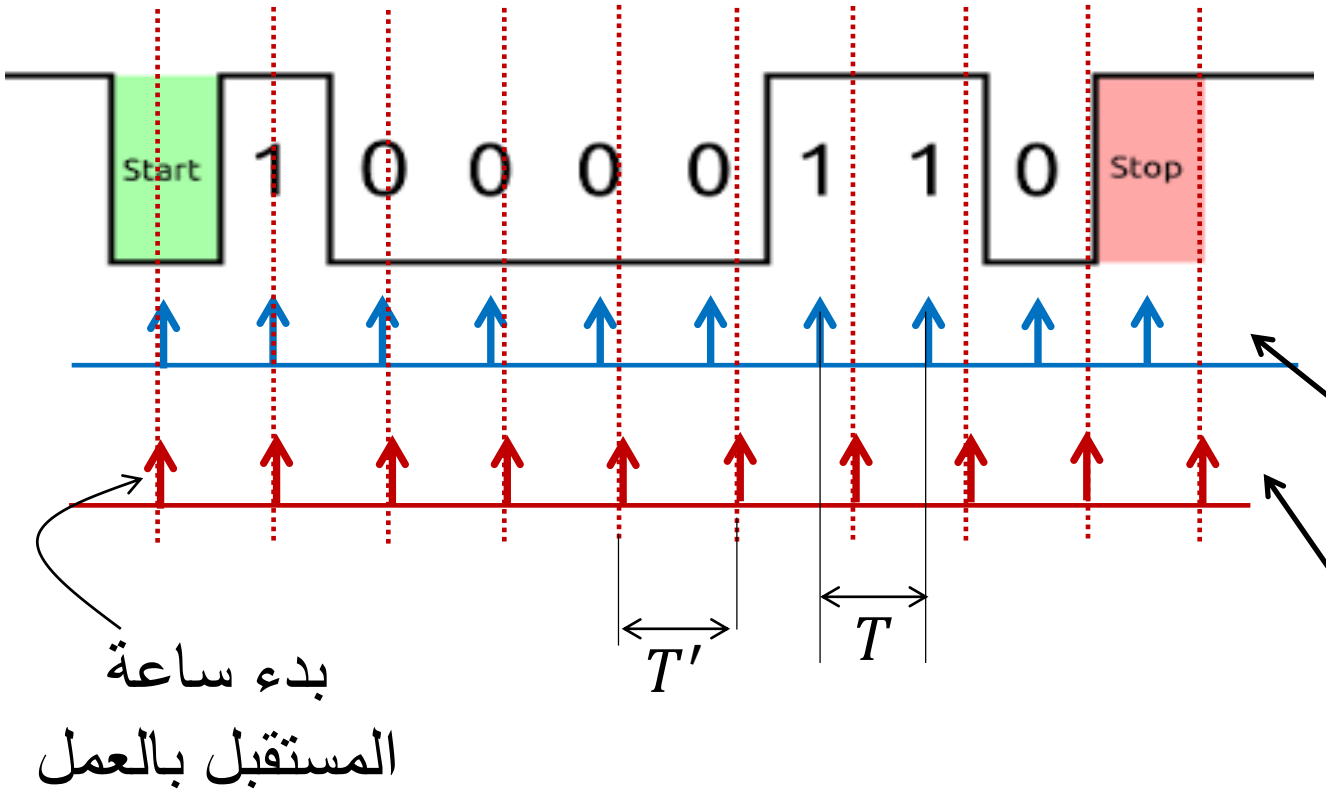
البيانات غير المتزامنة
Asynchronous Data

- طول المحرف 10 بتات= 8 بتات بيانات + بت بدء + بت توقف.
أحيانا تُضاف بت اختبار قيمتها تساوي مجموع بتات البيانات، وتُستعمل لأغراض تصحيح الأخطاء.



- هدر ناجم عن إرسال بتات التزامن مع كل كلمة.
- لا يحتاج إلى إجراءات مزامنة للمستقبل مع المرسل.

البيانات غير المتزامنة



دور ساعة المستقبل أكبر من
دور ساعة الإشارة المستقبلة

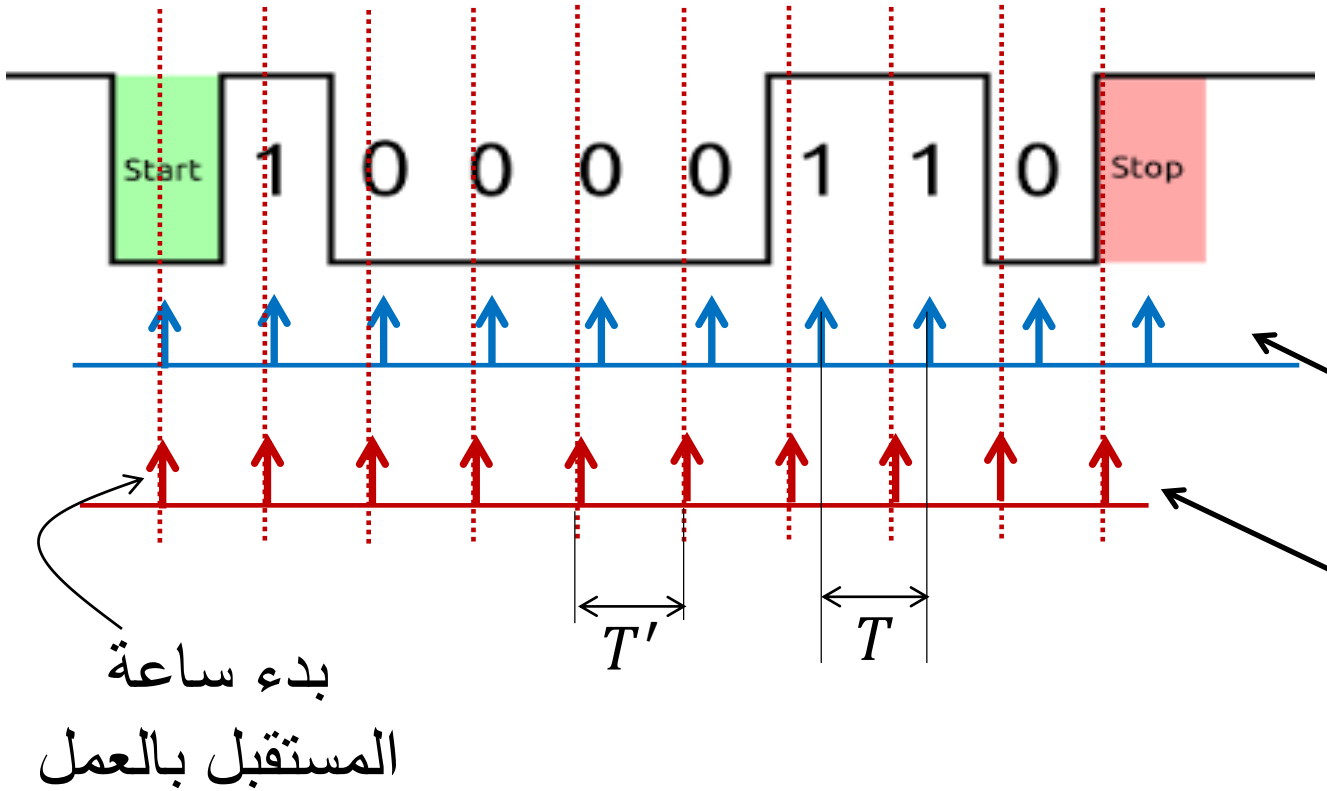
$$9T' = 9.5T$$

$$T' = \frac{9.5}{9}T$$

الحد الأقصى

البيانات غير المتزامنة

دور ساعة المستقبل أصغر من دور ساعة الإشارة المستقبلة



$$9T' = 8.5T$$

الحد الأدنى

$$T' = \frac{8.5}{9}T$$

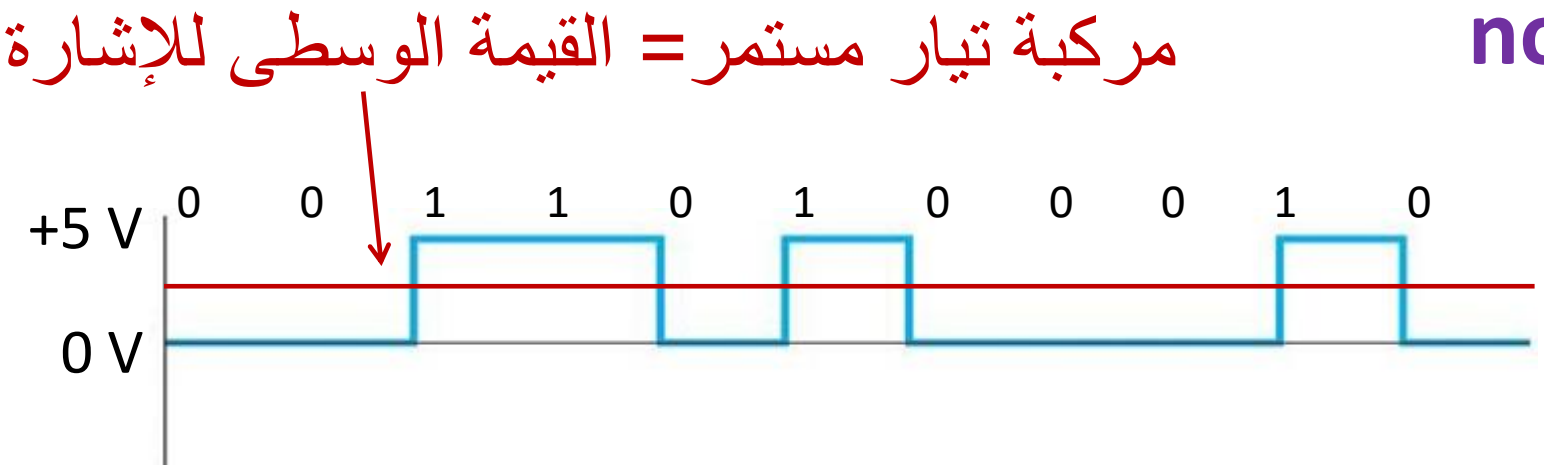
البيانات غير المتزامنة

دور تردد أخذ عينات إشارة الـ start-stop في كلمة طولها n بت:

$$\frac{n-0.5}{n}T < T' < \frac{n+0.5}{n}T$$

تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا

تمثيل وحيد القطبية unipolar nonreturn-t-zero (NRTZ)

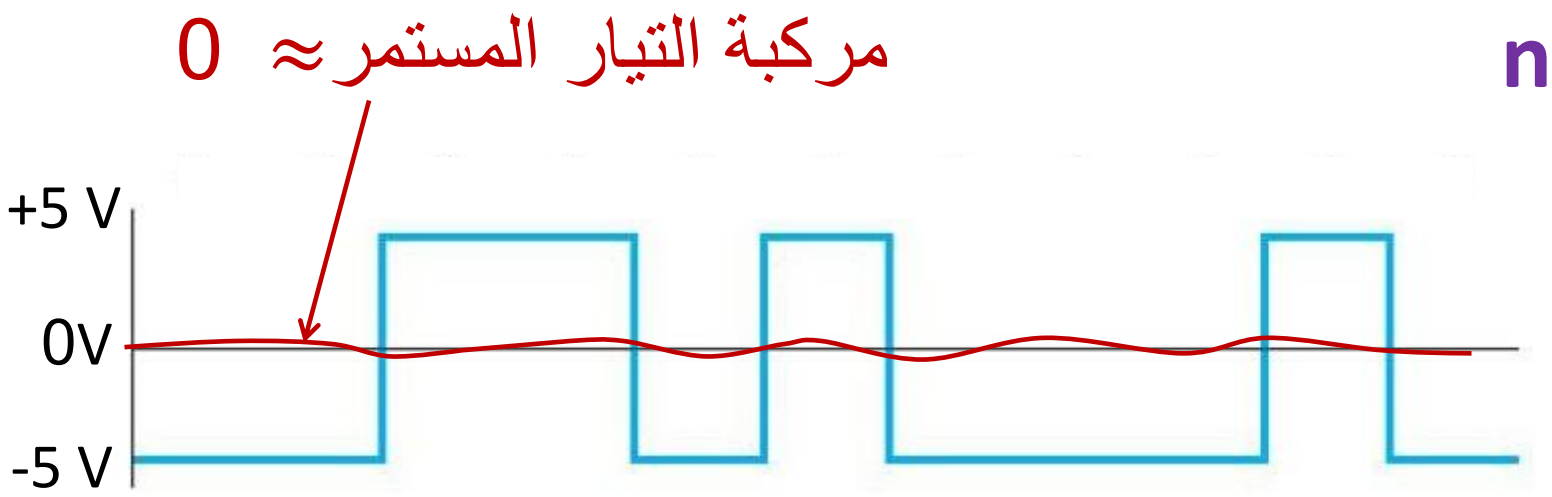


يُستعمل في الدارات الإلكترونية حيث تكون الإشارات ضعيفة ومنخفضة الاستطاعة.

لا يُستعمل في الاتصالات بسبب احتواء الإشارة على مركبة تيار مستمر غير مفيدة لكشف البيانات وضارة من حيث استهلاكها لطاقة غير مفيدة.

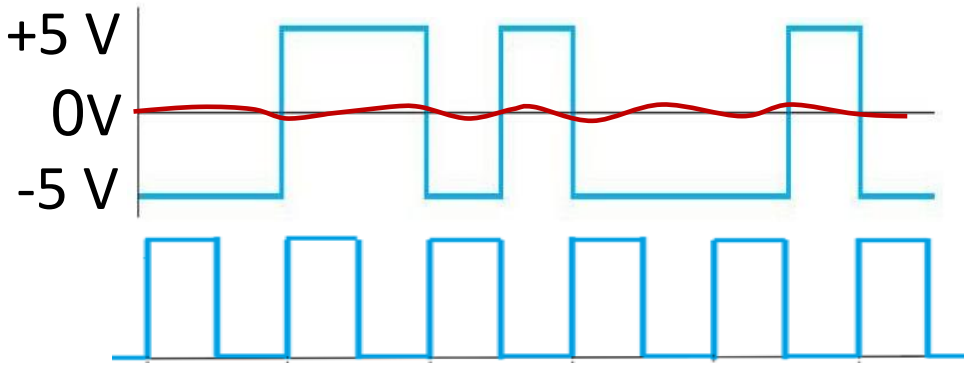
تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا

تمثيل ثنائي القطبية bipolar nonreturn-t-zero (NRTZ)



تنعدم فيه المركبة المستمرة تقريبا

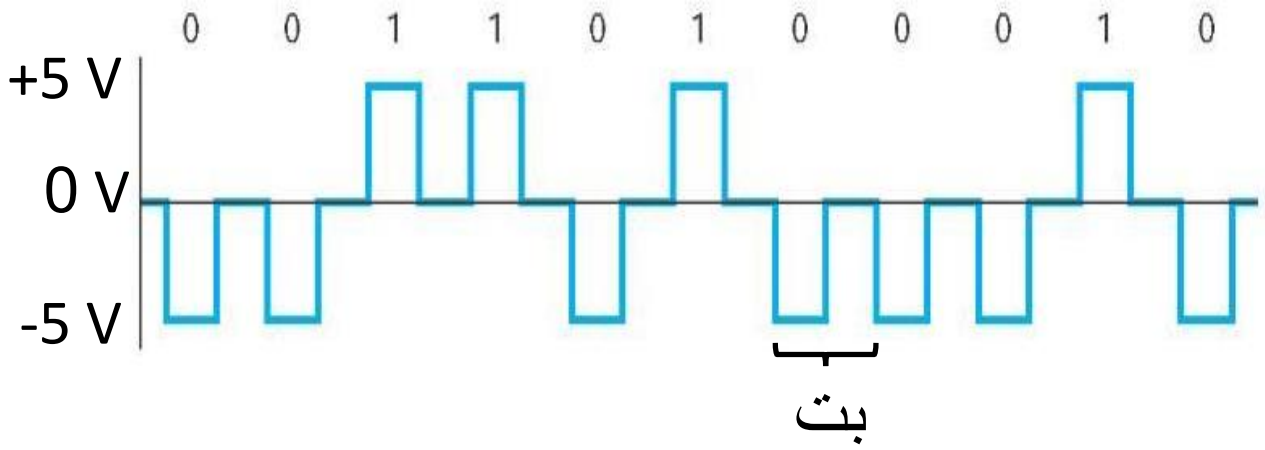
تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا



التمثيل ثنائي القطبية مع عدم الرجوع إلى الصفر
bipolar nonreturn-t-zero (NRTZ)

- تحتاج الإشارة الرقمية المتزامنة إلى ساعة في المستقبل من أجل عمل الدارات الإلكترونية على إيقاعها. فإذا كانت الإشارة الرقيمة من هذا النوع، وجب إرسال إشارة الساعة معها مستقلة عنها. **وهذه مثلبة كبيرة.**
- أو يجب توليد الساعة محليا في المستقبل، وهذا يحتاج إلى مرجع لاشتقاق الساعة منه. وتكون الإشارة الرقمية نفسها حينئذ هي المرجع نظرا لأن تغيراتها متواقتة مع الساعة.
- لكن إذا وردت ضمن الإشارة الرقمية سلسلة طويلة من الواحدات أو الأصفار، اختفت التغيرات أثناء تلك السلسلة، واضطربت عملية اشتقاق الساعة.

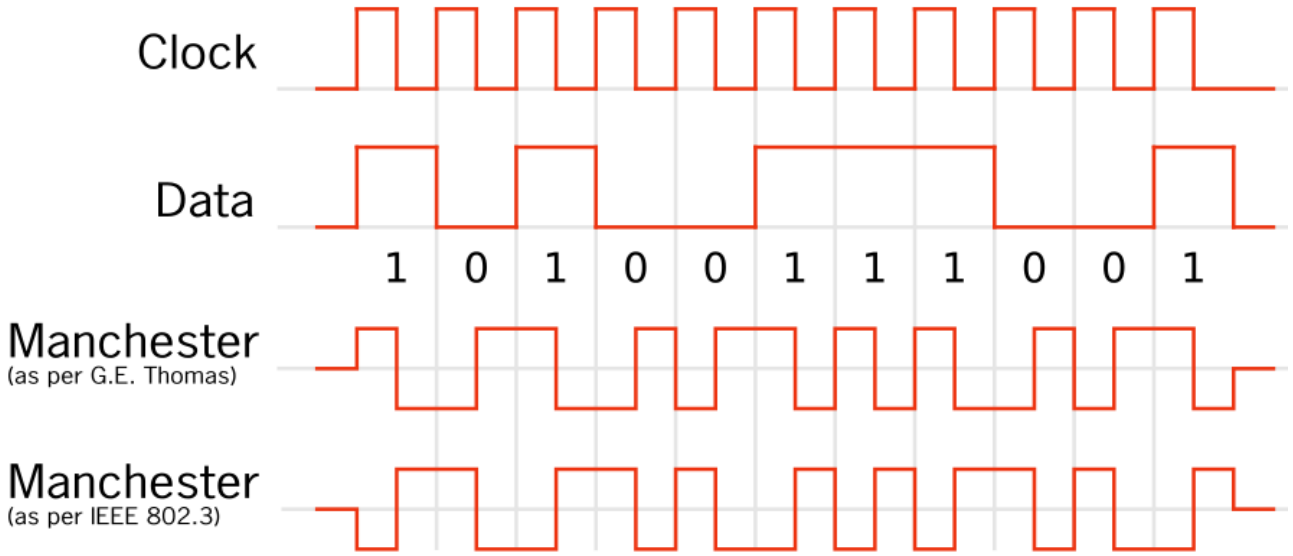
تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا



التمثيل الثنائي القطبية مع عودة إلى الصفر
bipolar return-t-zero (NRTZ)

تُقسم البت إلى نصفين، يأخذ النصف الأول قيمة المستوي المعبّر عن قيمة البت (+5 V أو -5 V مثلا) وتأخذ النصف الآخر قيمة الصفر. وحينئذ تبقى التغيرات المتواقتة مع الساعة موجودة دائما في الإشارة التي تمثل حينئذ مرجعا ممتازا لدارات اشتقاق الساعة في المستقبل. لكن القيمة الوسطى تبقى متأرجحة حول الصفر بسبب وجود سلاسل طويلة من الواحدات أو الأصفار.

تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا



تمثيل مانشتر

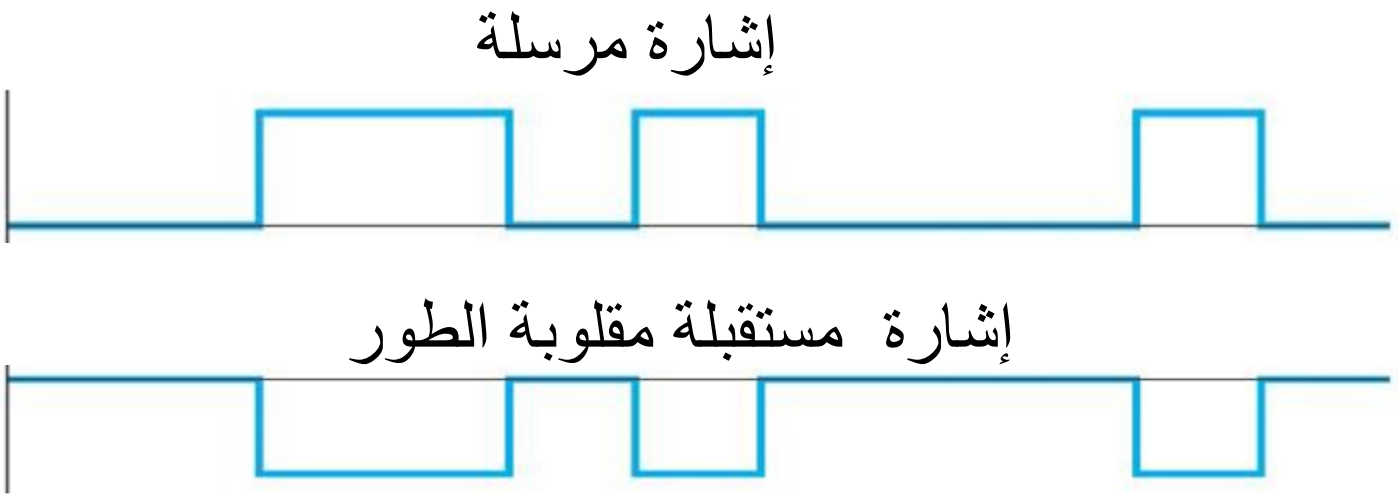
Manchester coding

تُقسم البت إلى نصفين، فإذا كانت قيمتها 1، تأخذ الإشارة قيمة موجبة في النصف الأول، وسالبة في الثاني، والعكس في حالة الـ 0.

مزاياها: تحمل إشارة الساعة التي تُشتق منها مباشرة، ومركبة التيار المستمر منعدمة تماما.

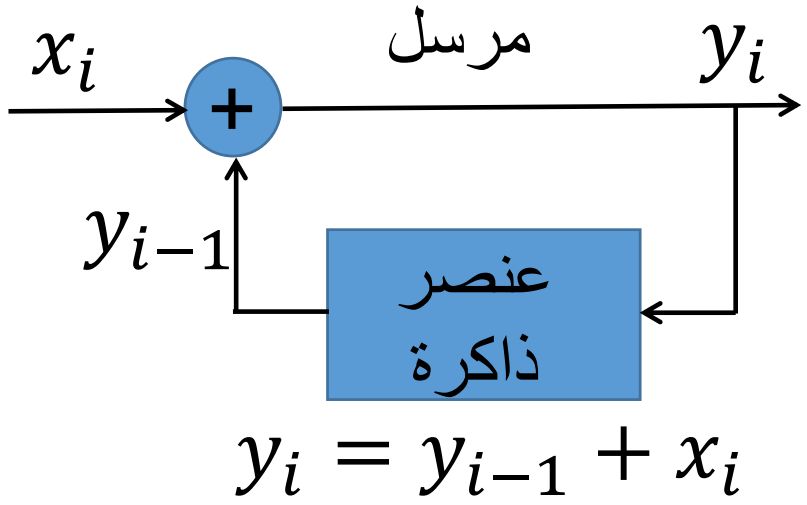
تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا

مثلبة أنواع تمثيل إشارة البيانات: انقلاب الطور

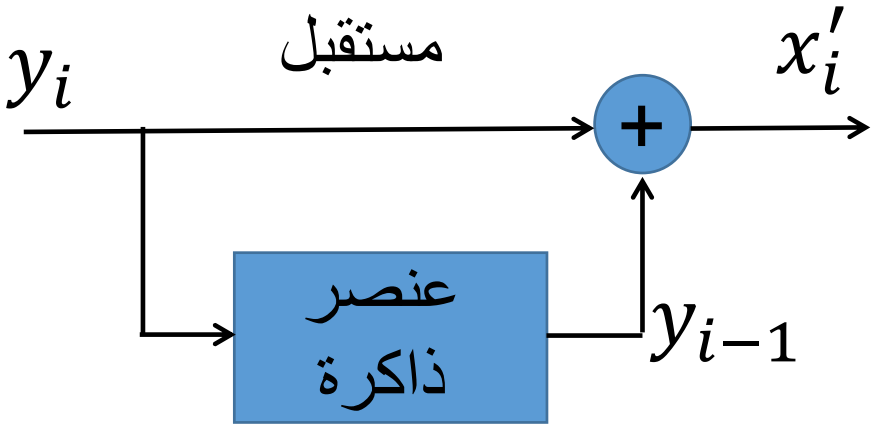


في اتصالات التردد الحامل، وخاصة في حالة الترنيم الطوري، يمكن أن تحصل إزاحة طورية ثابتة في طور الإشارة في المستقبل، وهذا ما يجعله مختلفا عن طورها في المرسل. وهذا يتطلب إجراءات لكشف تلك الإزاحة من أجل التخلص منها. ومن تلك الإجراءات استعمال الترميز التفاضلي.

تمثيل إشارة البيانات الرقمية كهربائيا



$$y_i = y_{i-1} + x_i$$



$$x'_i = y_i + y_{i-1}$$

الترميز التفاضلي differential coding

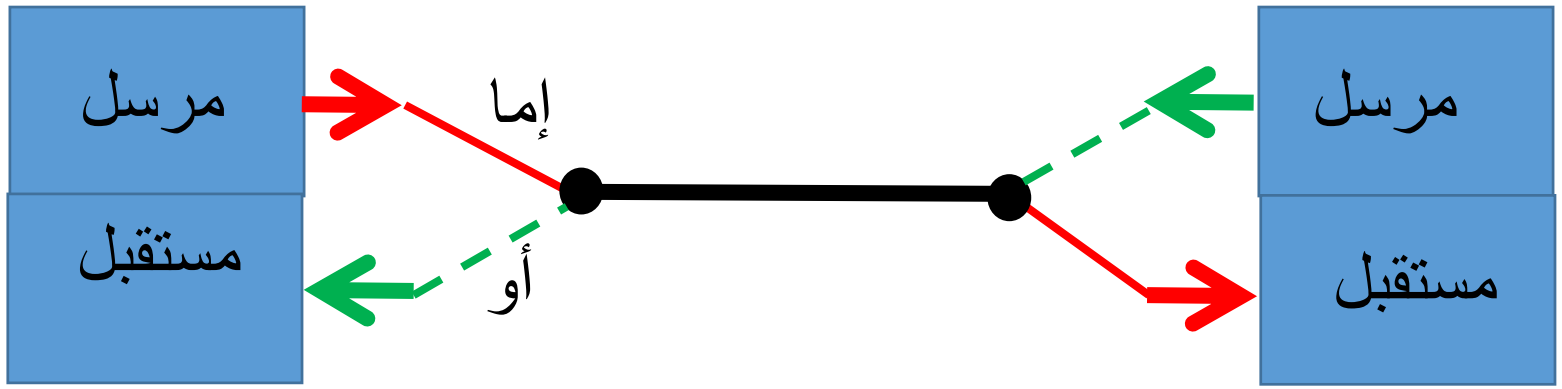
تُحمل قيمة البت فيه على تغير الإشارة، لا على قيمة مستواها. البت المرسلة تساوي سابقتها إذا كانت البت التي سوف تُرسل 0، ومقلوب سابقتها إذا كانت البت التي سوف تُرسل 1.

يُستعمل حيث يمكن أن يحصل تغير في طور الإشارة المستقبلة، أي أن يُستقبل الواحد صفرا والصفر واحدا مثلا.

سيئة الترميز التفاضلي هو تضاعف عدد أخطاء النقل:
إذا استُقبل y_i خطأ، كان كل من x_i و x_{i+1} خطأ.

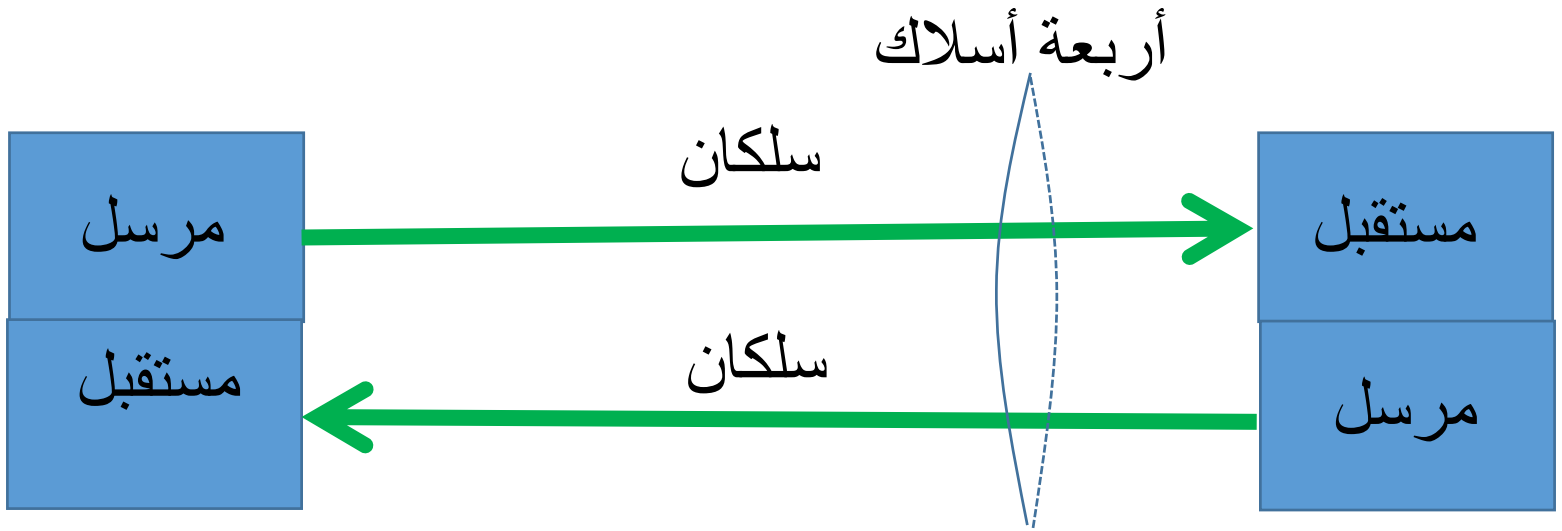
اتجاه نقل البيانات

نقل وحيد الاتجاه simplex



نقل ثنائي الاتجاهات بالتناوب
باستعمال خط اتصال واحد
Half Duplex

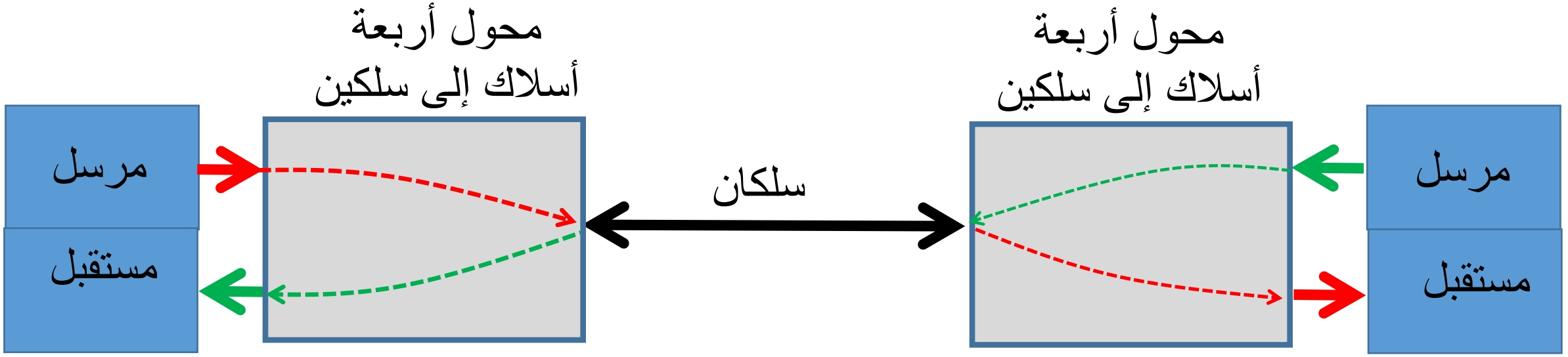
اتجاه نقل البيانات



نقل بالاتجاهين باستعمال خطي اتصال (أربعة أسلاك)
Full Duplex

- **أداء ممتاز**
- **هدر في خطوط الاتصال**

اتجاه نقل البيانات



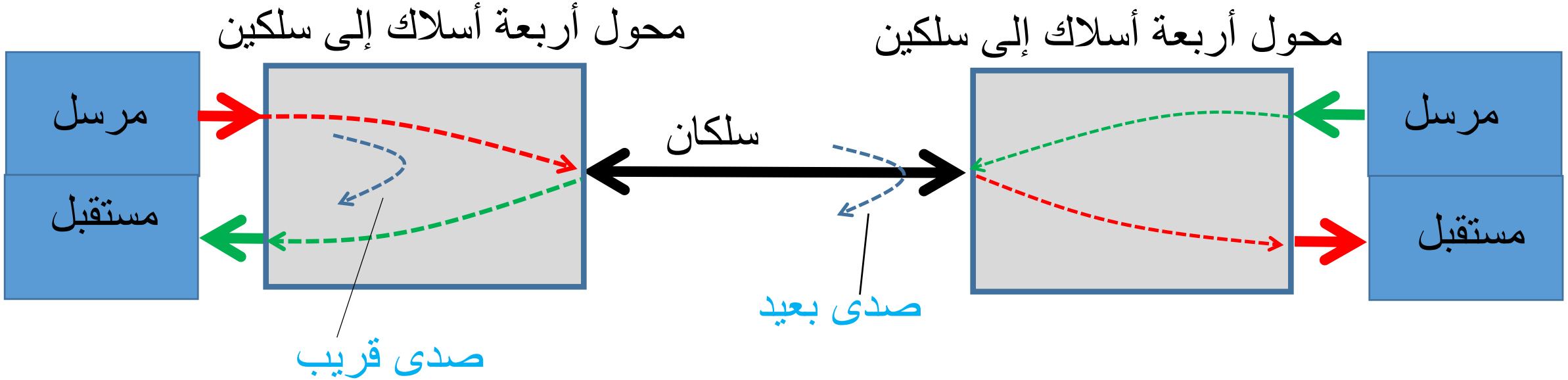
نقل ثنائي الاتجاهات بالتناوب باستعمال خط اتصال واحد
2-wire Full Duplex

- **خط اتصال واحد**
- **يمكن أن تحصل أصداء في حالة عدم توازن محول الأربعة أسلاك إلى سلكين**

اتجاه نقل البيانات

أصداء نقل البيانات Echos

2-wire Full Duplex



- صدى قريب: ينجم عن انعكاس الإشارة في المحول في نفس طرف الإرسال.
- صدى بعيد: ينجم عن انعكاس الإشارة في المحول في طرف الاستقبال.

اتجاه نقل البيانات

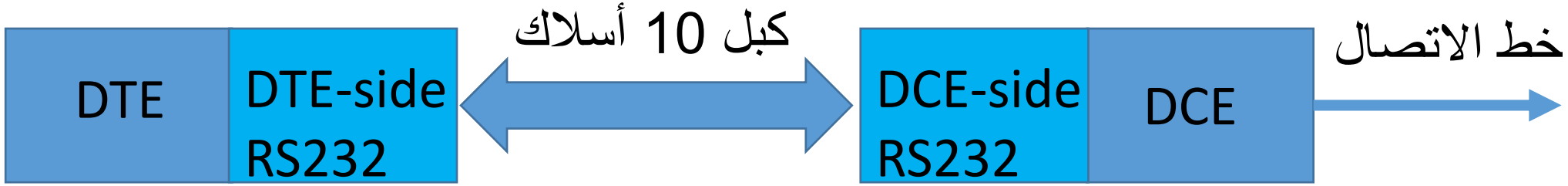
أصداء نقل البيانات Echos

- الصدى مريح في الاتصالات الهاتفية الكلامية الأرضية، ومزعج جدا في الاتصالات الفضائية.
- سيء جدا لنقل البيانات الرقمية.

الإنترفاس التسلسلي RS232

صلة الوصل بين:

- **مطراف البيانات (الحاسوب مثلا)** data terminal equipment (DTE)
- **وجهاز نقل البيانات (المودم مثلا)** data communication equipment (DCE)



الإنترفاس التسلسلي RS232

جاكات الـ RS232

الأنثى في جانب المودم،
والذكر في جانب المطراف.

الجاك DE9: 9 نقاط

الجاك DB25: 25 نقطة

الإنترفاس التسلسلي RS232

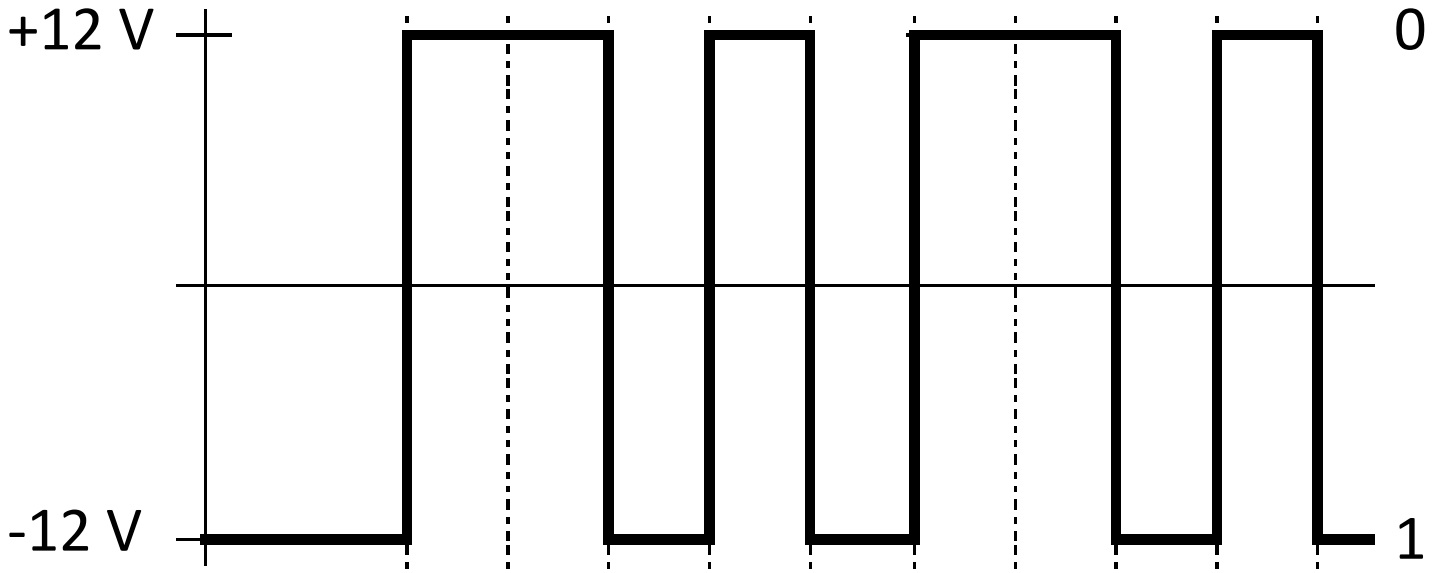
Signal			Direction				
Name	V.24 (de) circuit	Abbreviation	DTE	DCE	DB-25	DE-9 (TIA-574)	
Transmitted Data	103	TxD	Out	In	2	3	
Received Data	104	RxD	In	Out	3	2	
Data Terminal Ready	108/2	DTR	Out	In	20	4	
Data Carrier Detect	109	DCD	In	Out	8	1	
Data Set Ready	107	DSR	In	Out	6	6	
Ring Indicator	125	RI	In	Out	22	9	
Request To Send	105	RTS	Out	In	4	7	
Clear To Send	106	CTS	In	Out	5	8	
Signal Ground	102	G	Common		7	5	
Protective Ground	101	PG	Common		1	N/A	

Signal			Direction				
Name	V.24 (de) circuit	Abbreviation	DTE comp	DCE modem	DB-25	DE-9 (TIA-574)	
Transmitted Data	103	TxD	Out	In	2	3	
Received Data	104	RxD	In	Out	3	2	
Data Terminal Ready	108/2	DTR	Out	In	20	4	
Data Carrier Detect	109	DCD	In	Out	8	1	

Data Set Ready	107	DSR	In	Out	6	6
Ring Indicator	125	RI	In	Out	22	9
Request To Send	105	RTS	Out	In	4	7
Clear To Send	106	CTS	In	Out	5	8
Signal Ground	102	G	Common		7	5
Protective Ground	101	PG	Common		1	N/A

مستويات إشارات الإنترفاس RS232

+3 to +25 V

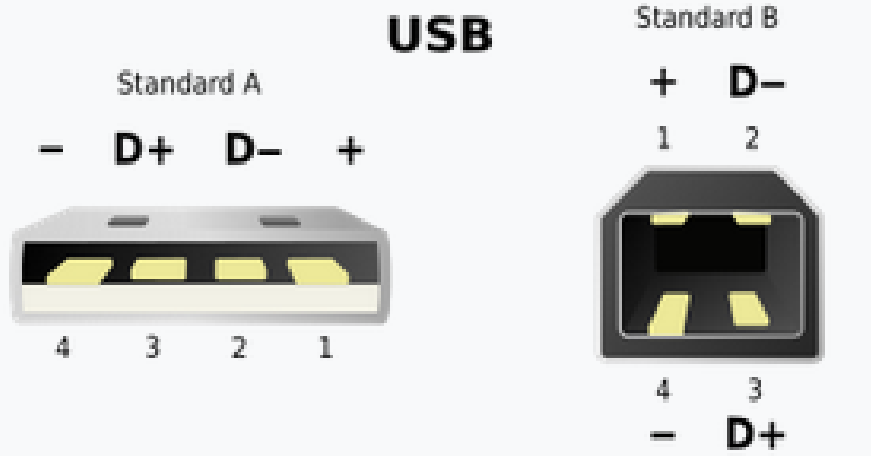


-3 to -25 V

سرعات النقل الشائعة (bit/sec):

50, 75, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 7200, 9600, 14400, 19200, 56000,…, 460800

المسرى التسلسلي العام
Universal Serial Bus (USB)



The type-A plug (left) and type-B plug (right)

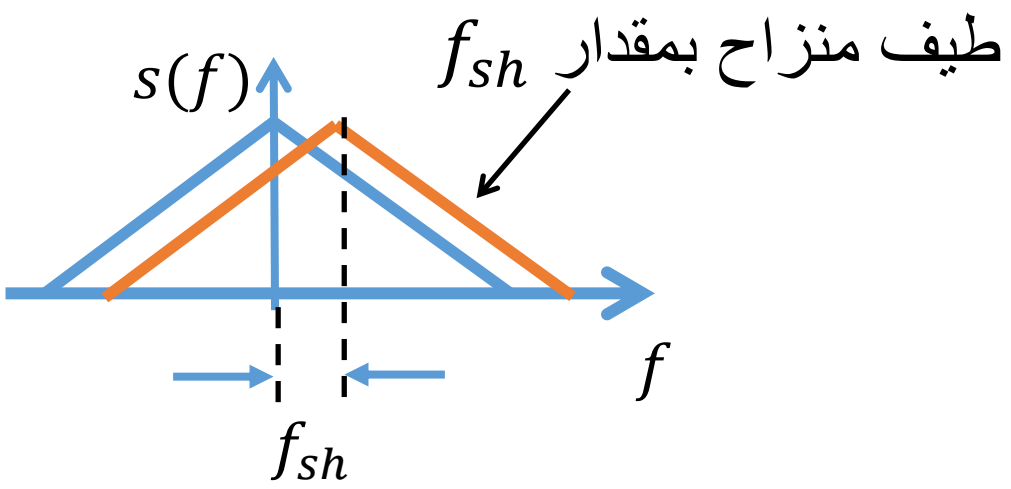
Pin 1	V_{BUS} (+5 V)
Pin 2	Data−
Pin 3	Data+
Pin 4	Ground

Bitrate	1.5, 12, 480, 5,000, 10,000, 20,000 Mbit/s

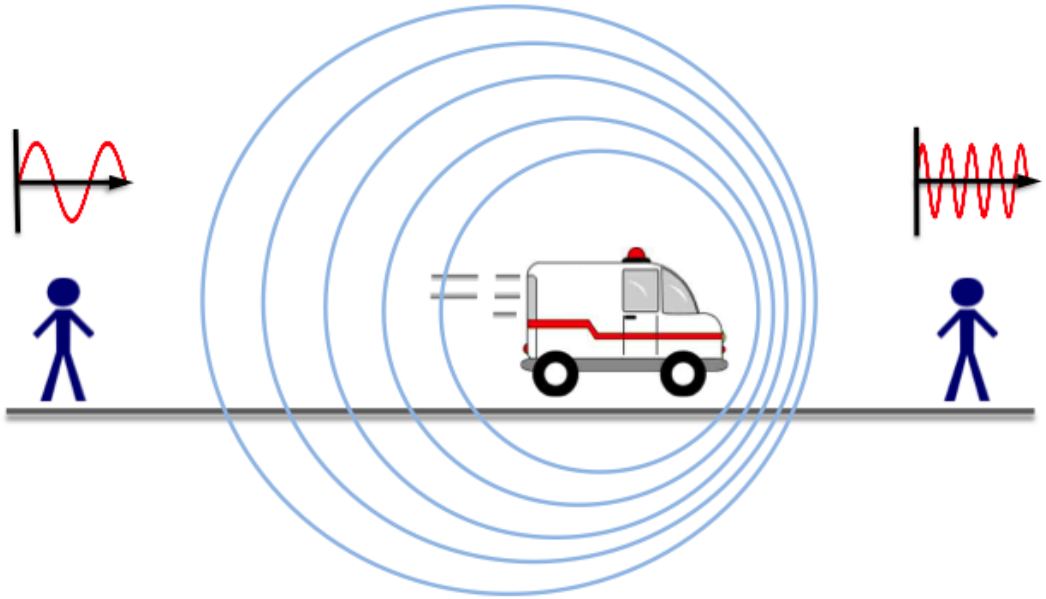
انعكاسات تعدد المسارات
Multipath Propagation

- تسيء الإشارات المنعكسة جدا إلى نقل الإشارة الرقمية.
- تظهر في الاتصالات الراديوية خاصة.
- تؤدي إلى تعدد الظلال في التلفزيون التماثلي الأرضي.

Doppler Effect مفعول دوبلر



مفعول دوبلر Doppler Effect



- يسمى مقدار الانزياح بتردد دوبلر.
- ينجم عن حركة جهاز الاستقبال أو عن عدم تساوي التردد المرجعي مع التردد الحامل في اتصالات الـ SSB.
- يسيء جدا إلى نقل الإشارة الرقمية.

لماذا الانتقال إلى الإشارات الرقمية؟

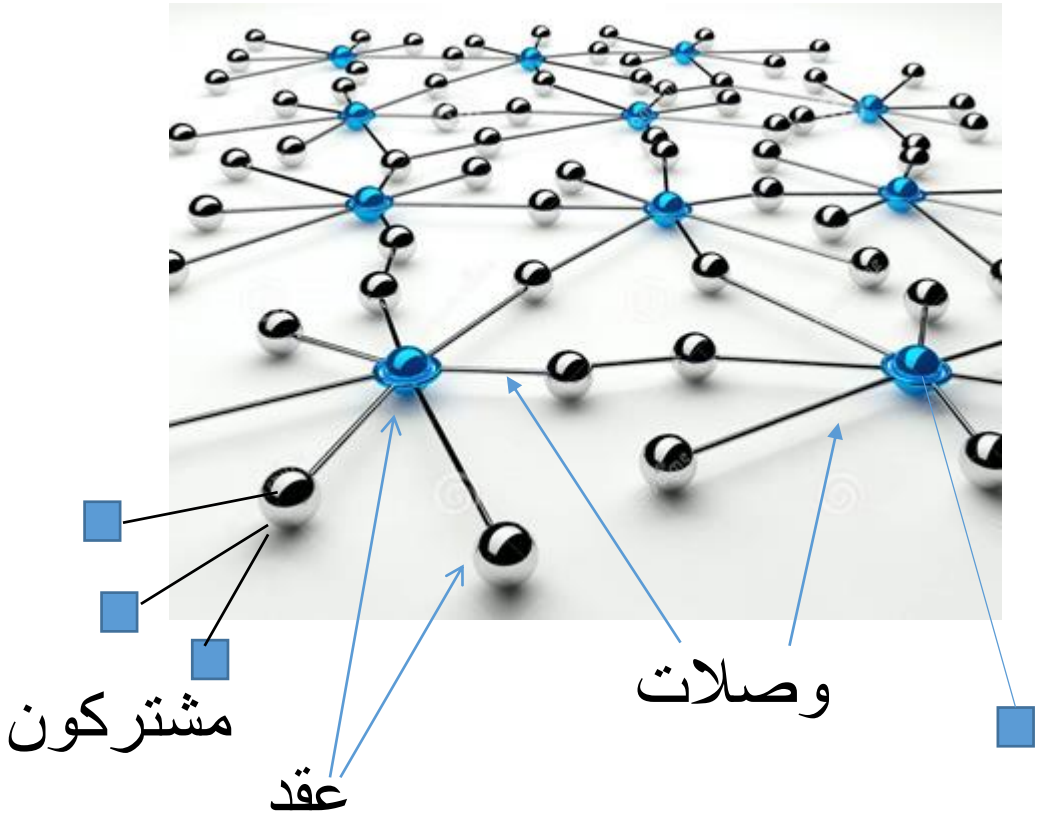
	الإشارة الرقمية	الإشارة التماثلية
المناعة من الضجيج	**يُعاد توليد** الإشارة الرقمية أثناء نقلها في معيدات خاصة، وهذا يمكِّن من استرجاعها كما هي في الأصل. وفي حالة وجود أخطاء نقل، يمكن التخلص منها بتقنيات كشف وتصحيح الخطأ.	**يتراكم الضجيج والتشويه** الموجود ضمن حزمة طيف الإشارة أثناء انتشارها ولا توجد طريقة للتخلص منه.
التداول	سهلة التداول جدا	صعبة التداول
الخزن	سهل جدا	صعب
التكلفة	أقل	أعلى عموما

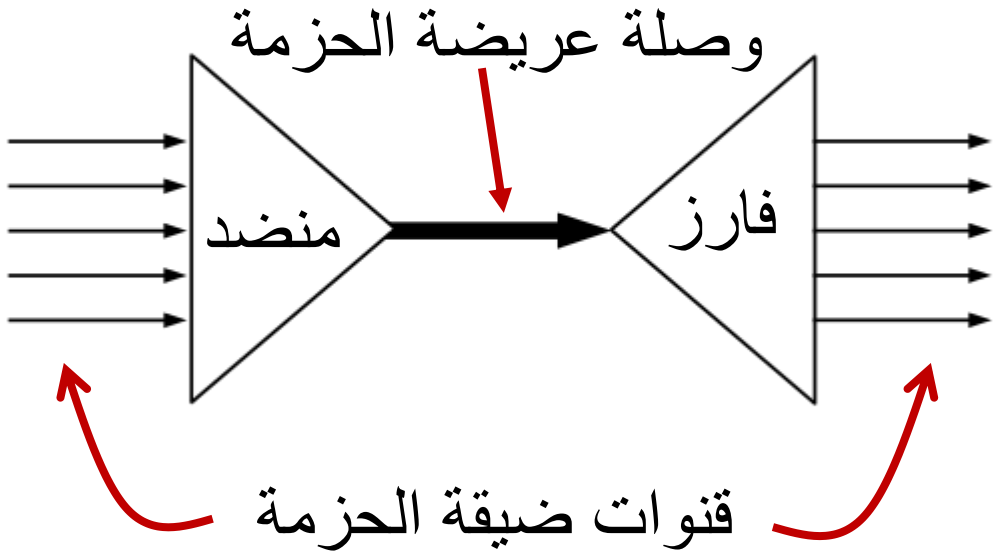
لماذا الانتقال إلى الإشارات الرقمية؟

	الإشارة الرقمية	الإشارة التماثلية
المزج	البيانات الرقمية من مصادر مختلفة سهلة المزج معا	لا يمكن مزجها مع بيانات وإشارات من مصادر أخرى
ضجيج الرقمنة	ضجيج التكميم، لكن يمكن تقليصه بزيادة عدد البتات	لا يوجد ضجيج تكميم
عرض الحزمة	تحتاج إلى قناة عريضة الحزمة الترددية	تحتاج إلى قناة استجابتها الترددية متوافقة مع طيفها.
التزامن	تحتاج إلى إجراءات تزامن متنوعة بين المرسل والمستقبل	لا تحتاج إلى تزامن
الإظهار	الإظهار الرقمي سهل جدا	صعوبة بالغة في الإظهار

التنضيد Multiplexing

التنضيد هو تجميع عدد من القنوات التماثلية أو الرقمية الضيقة الحزمة في وصلة واحدة عريضة الحزمة.





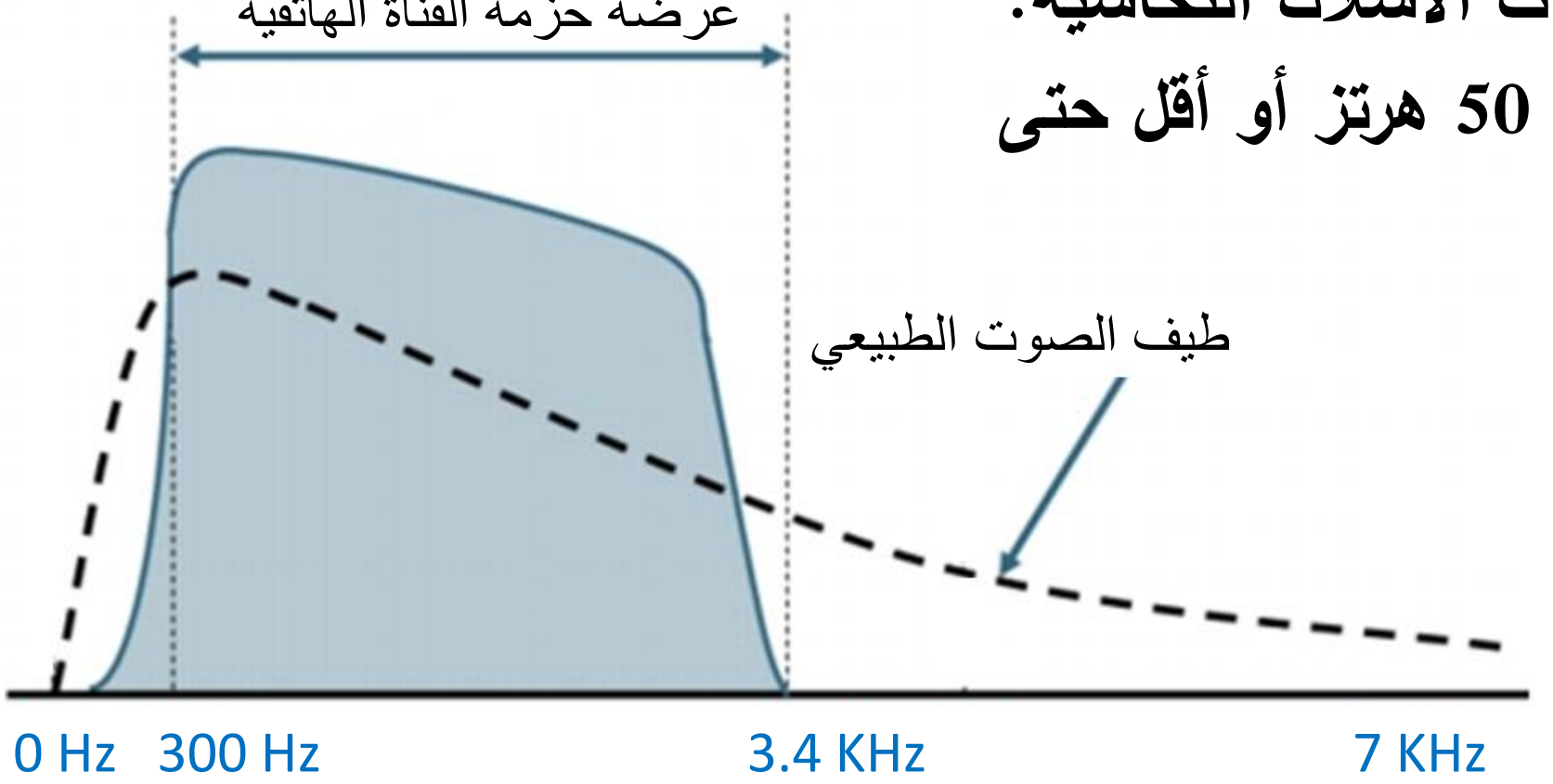
التنضيد

- يُجرى تنضيد القنوات الضيقة عند مدخل الوصلة العريضة بواسطة المنضد.
- يُجرى فرز القنوات الضيقة عند مخرج الوصلة العريضة بواسطة الفارز.
- يُطبَّق التنضيد على الوصلات فقط: يحصل تنضيد القنوات على مدخل الوصلة العريضة، ويحصل فرزها على مخرجها. ضمن العقد، حيث يحصل توجيه البيانات، تكون تلك البيانات مفروزة، سواء أكانت تماثلية أم رقمية.

التنضيد

القناة الضيقة

- تاريخيا القناة الضيقة هي قناة الاتصال الهاتفية.
- عرضها محدود بسبب مواصفات الأسلاك النحاسية.
- يمتد طيف الصوت من حوالي 50 هرتز أو أقل حتى أكثر من 16000 هرتز.

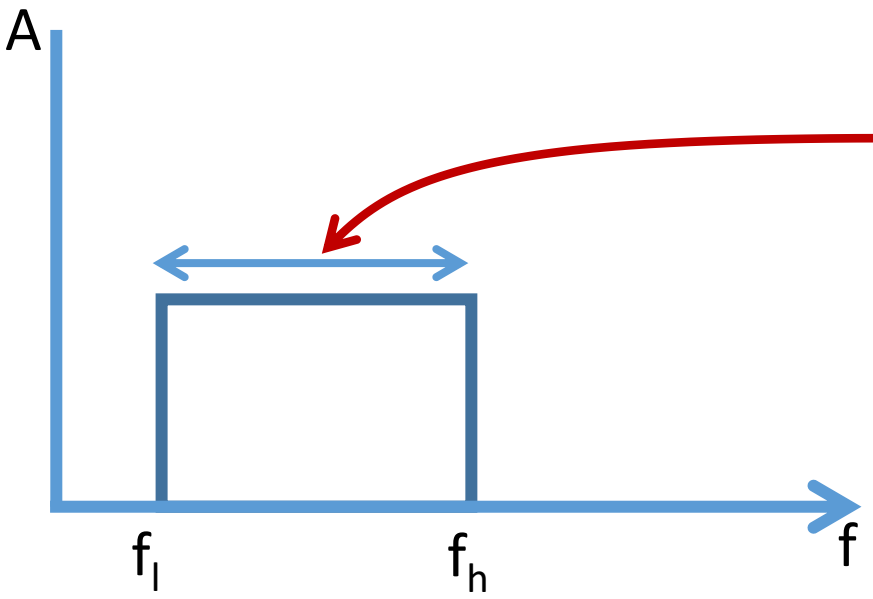


التنضيد

القناة العريضة

- هي القناة ذات عرض المجال الترددي الذي يتسع لعدد من القنوات الضيقة.
- ليست هناك حدود لتعريف القناة العريضة. فالأمر نسبي: يمكن لقناة عريضة تضم عددا من القنوات الهاتفية أن تكون ضيقة بالنسبة إلى قناة أعرض تضم عددا من تلك القناة العريضة.

التنضيد



عرض الحزمة Band Width

في الأصل، عرض الحزمة هو الفرق بين أعلى تردد f_h وأدنى تردد f_l تنقلهما القناة، ويُقدَّر بالهرتز Herz.

سرعة نقل البيانات Bit Rate: عدد البتات التي تستطيع القناة نقلها في الثانية.

عرض الحزمة ⟷ سرعة نقل البيانات

استعمال متبادل

لأن سرعة نقل البيانات على القناة متناسبة مع عرض حزمتها: كلما كانت القناة أعرض أمكن نقل بيانات عليها بسرعة أكبر.

التنضيد

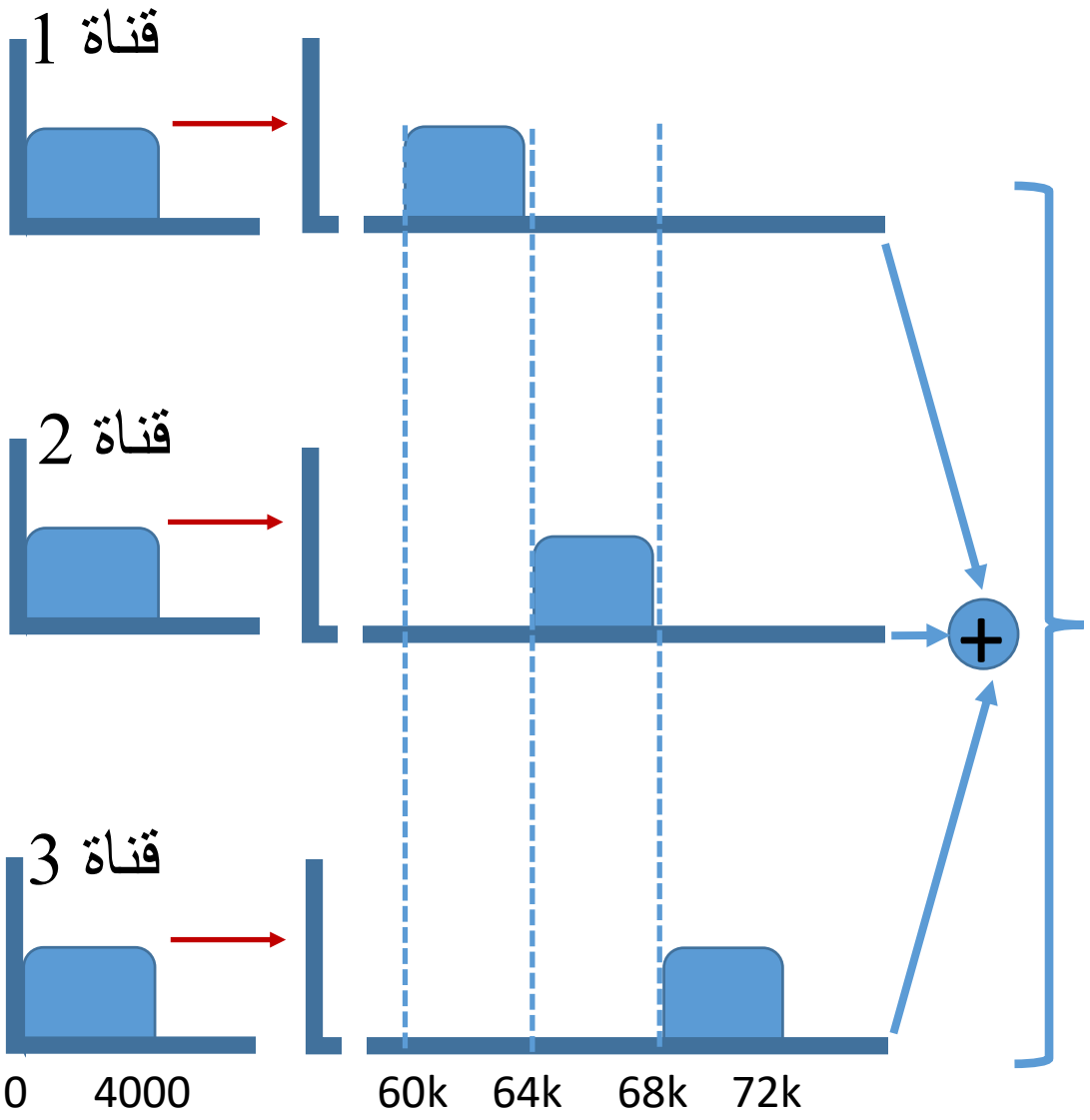
أنواع التنضيد

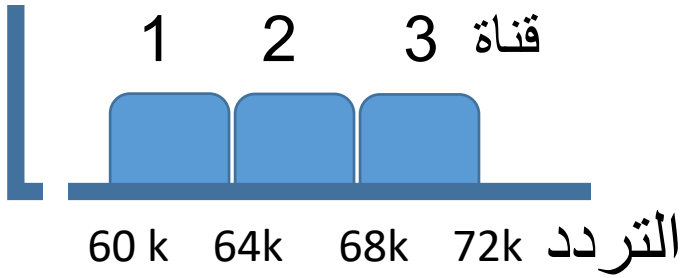
هناك أنواع مختلفة من التنضيد، أهمها وأكثرها شيوعا:

1. التنضيد بالتقسيم الترددي (FDM) Frequency Division Multiplexing.
2. التنضيد بالتقسيم الزمني (TDM) Time Division Multiplexing.
3. التنضيد بالتقسيم الرمازي (CDMA) Code Division Multiple Access.

التنضيد

التنضيد بالتقسيم الترددي Frequency Division Multiplexing (FDM)





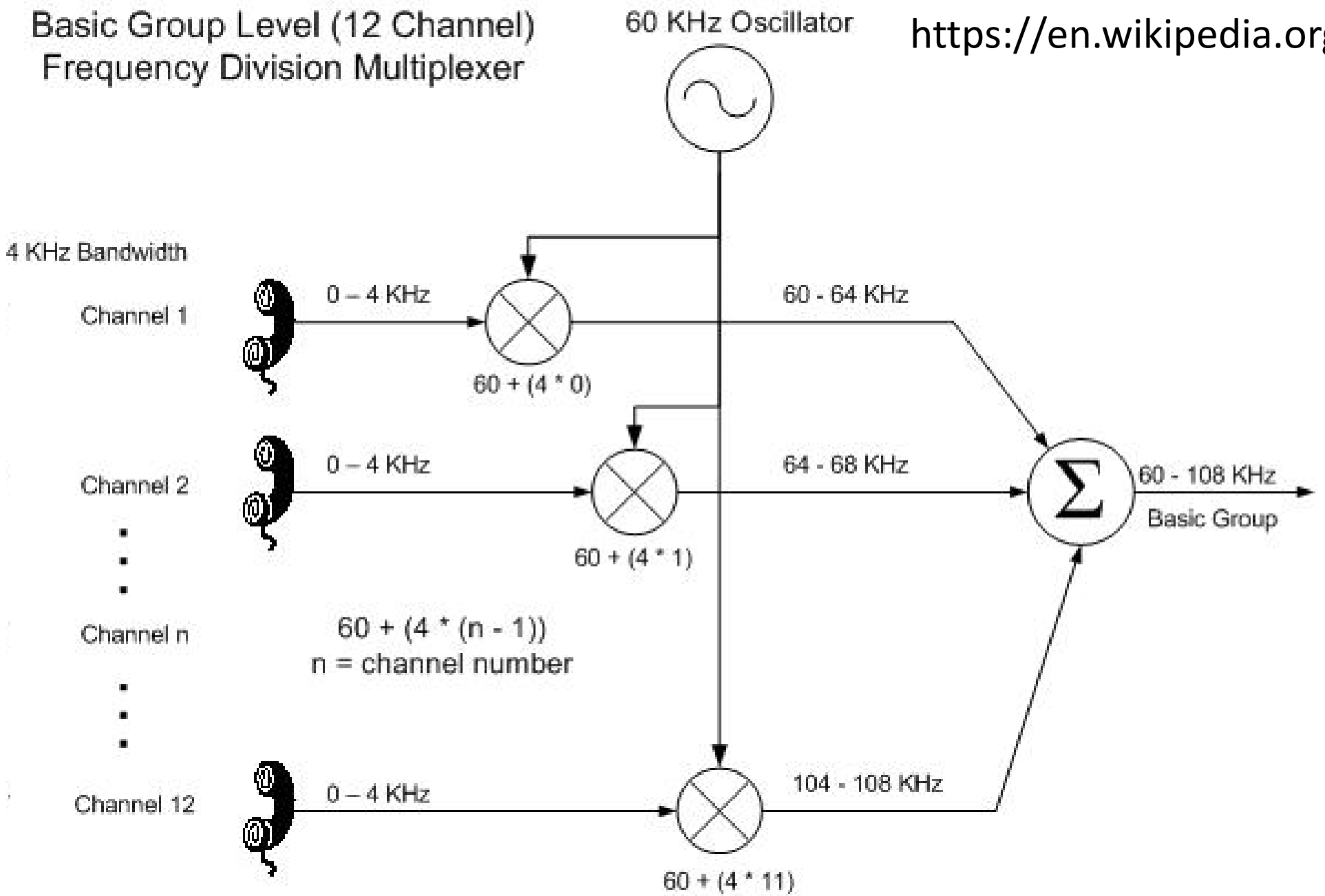
التنضيد

التنضيد بالتقسيم الترددي

- تُصفُّ القنوات جنبا إلى جنب في مجال التردد:
- تُزاح القنوات بالتعديل الترددي بترددات حاملة وتُجمع معا. الترددات الحاملة تساوي في هذا المثال: 60 KHz، (60+4)KHz،
- يُستعمل التنضيد الترددي في وصلات الترددات الراديوية عموما، وهو أقدم أنواع التنضيد.
- (60+4+4)KHz

Basic Group Level (12 Channel) Frequency Division Multiplexer

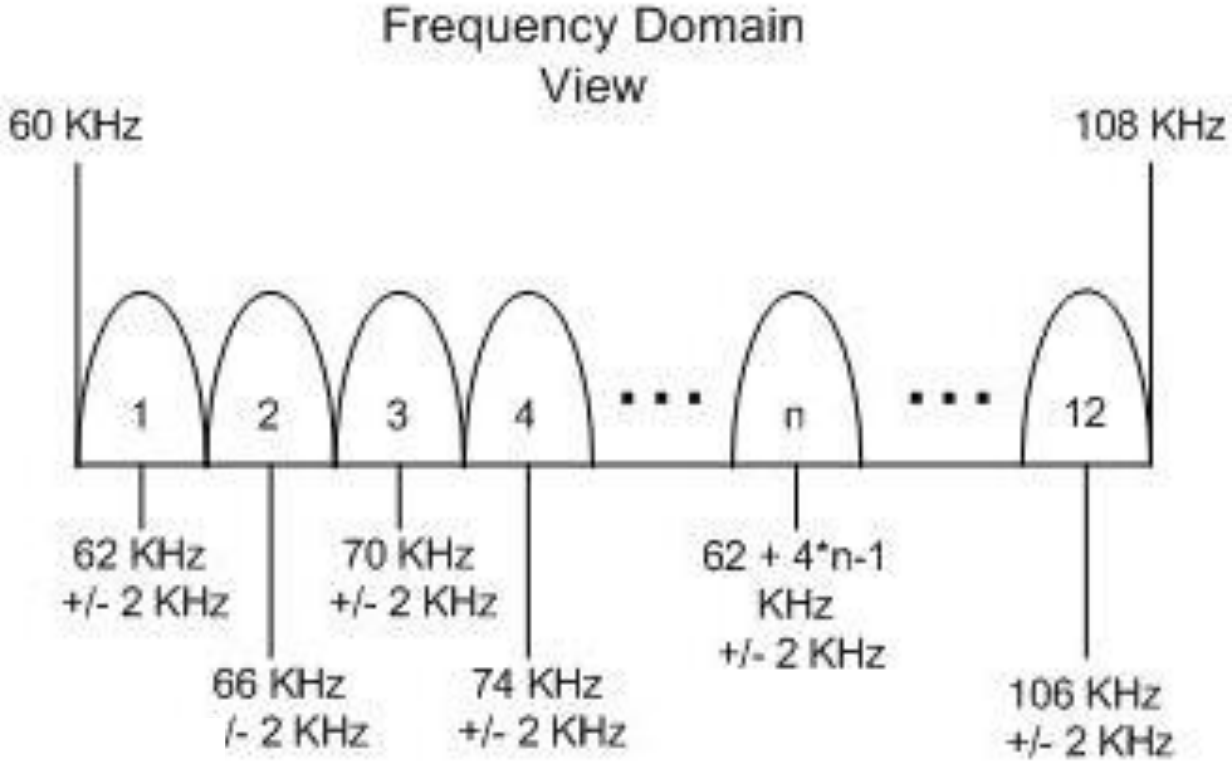
https://en.wikipedia.org/wiki/L-carrier



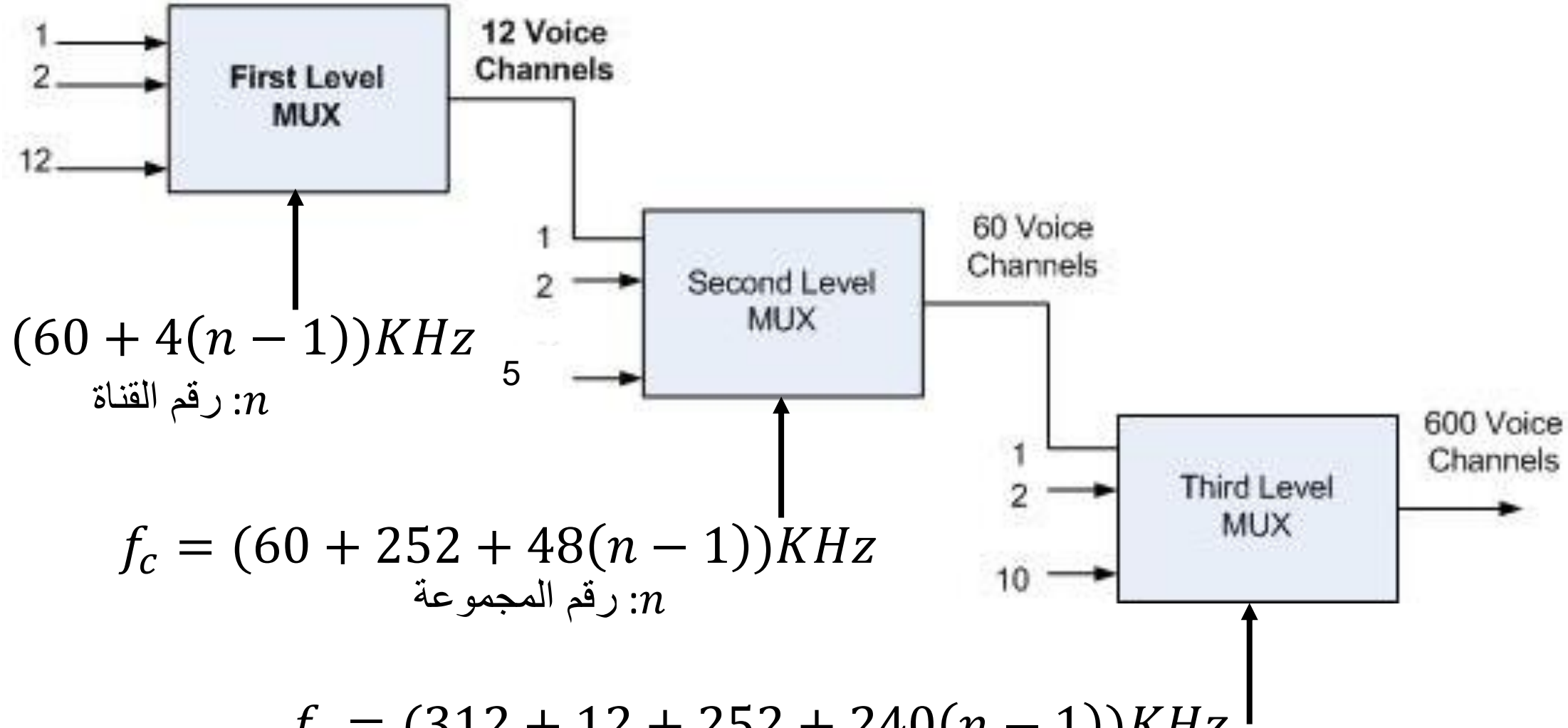
Input Freq + Osc + (BW * Offset)
Offset = channel No. -1

Basic Group Level (12 Channel) Frequency Division Multiplexer

https://en.wikipedia.org/wiki/L-carrier



https://en.wikipedia.org/wiki/L-carrier



$$f_c = (60 + 4(n-1))KHz$$

n: رقم القناة

$$f_c = (60 + 252 + 48(n-1))KHz$$

n: رقم المجموعة

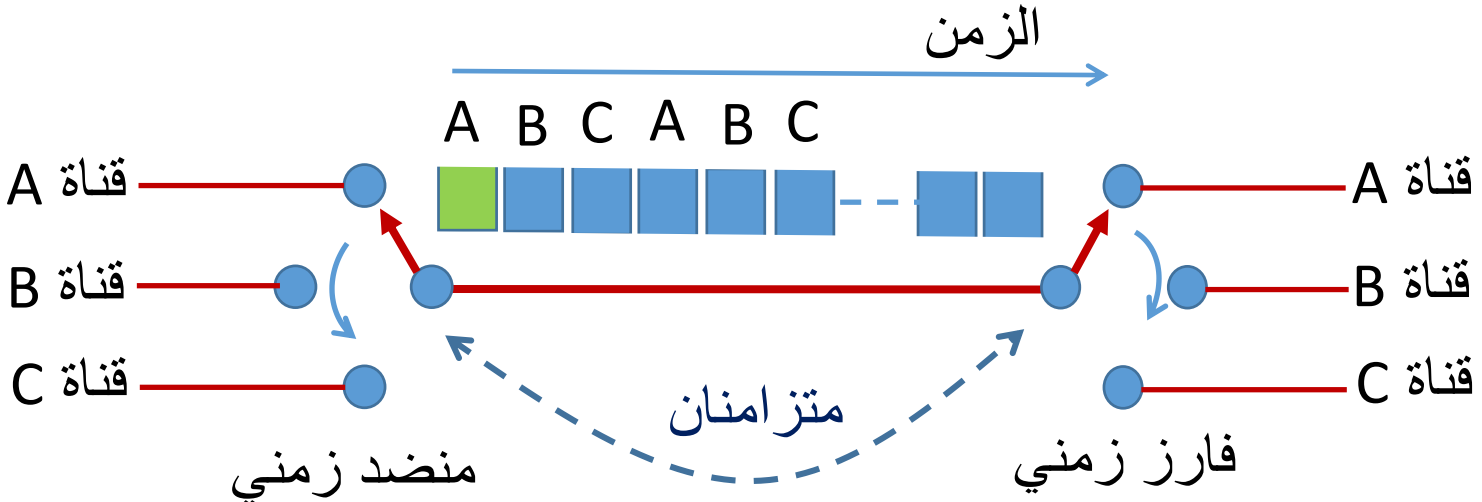
$$f_c = (312 + 12 + 252 + 240(n-1))KHz$$

n: رقم المجموعة

التنضيد

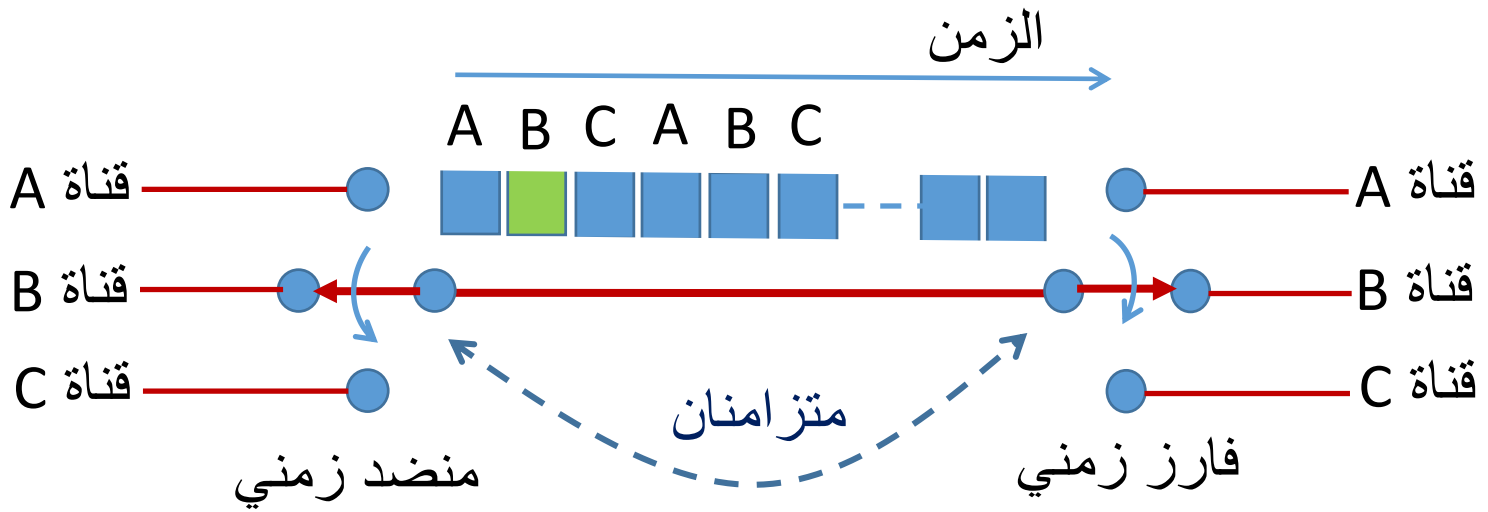
التنضيد بالتقسيم الزمني Time division Multiplexing

يأخذ المنضد بايتات أو بتات أو عينات من قنوات بطيئة (ضيقة) على التتالي ويصفها واحدة تلو أخرى زمنيا على قناة سريعة (عريضة). ويقوم الفارز في الطرف الآخر من القناة بفرز القنوات الضيقة وإعادتها إلى ما كانت عليه.



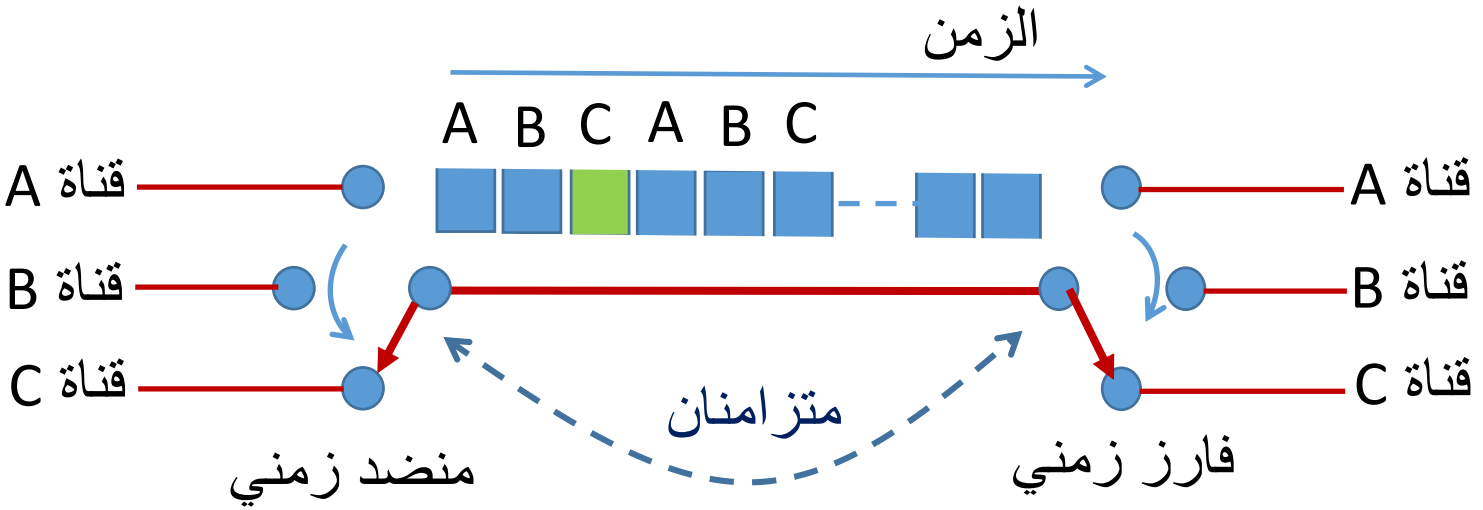
التنضيد

التنضيد بالتقسيم الزمني



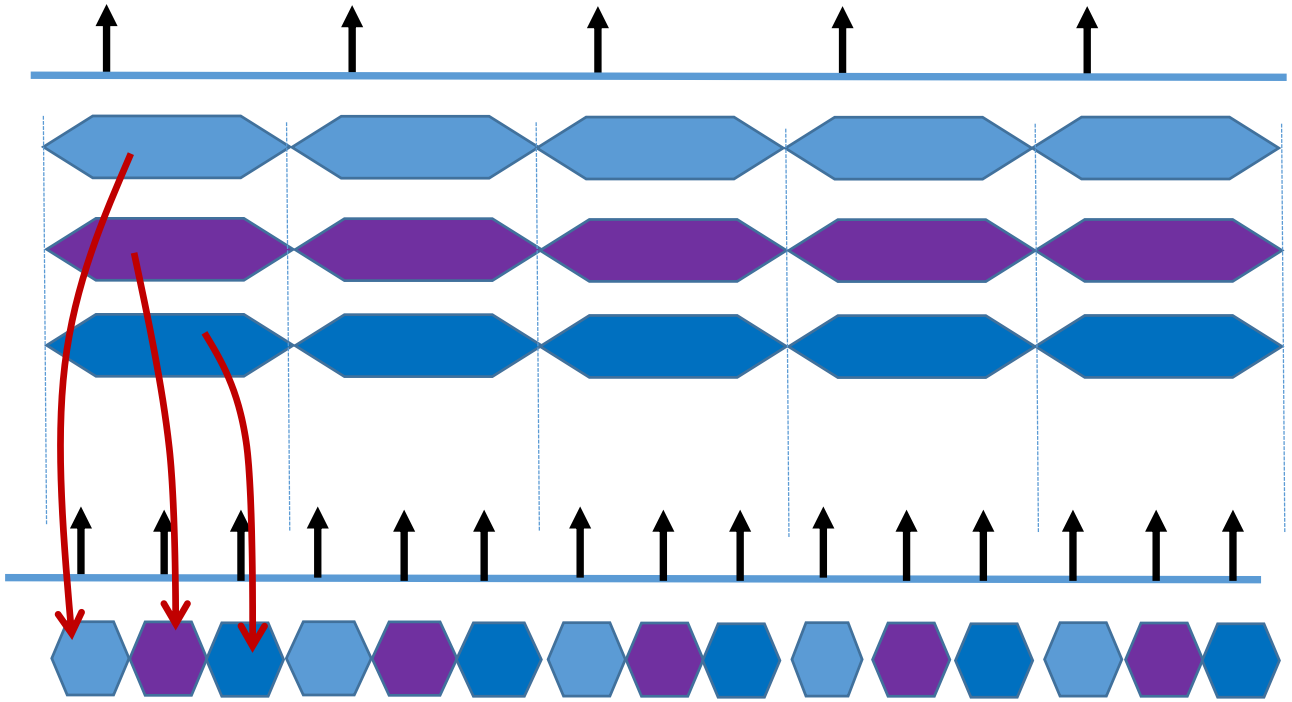
التنضيد

التنضيد بالتقسيم الزمني



التنضيد

التنضيد بالتقسيم الزمني



ساعة القنوات البطيئة

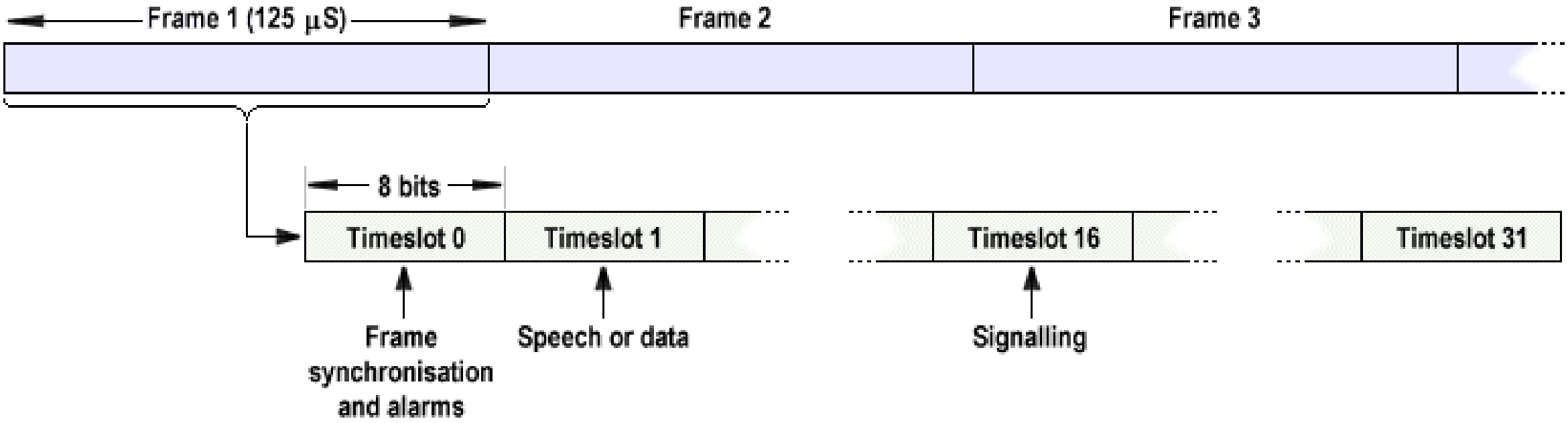
ساعة قناة التقسيم الزمني السريعة تساوي 3 أمثال ساعة القنوات في هذا المثال

القناة السريعة

التنضيد

التنضيد بالتقسيم الزمني – مثال: النظام E1

تتألف سلسلة البيانات على القناة العريضة (2048 كيلو بت/ثا) من أطر متتالية يحمل كل منها 32 قناة يحمل كل منها 64 كيلو بت/ثا: 30 قناة للبيانات، واثنتان للخدمات (تزامن وإنذارات).



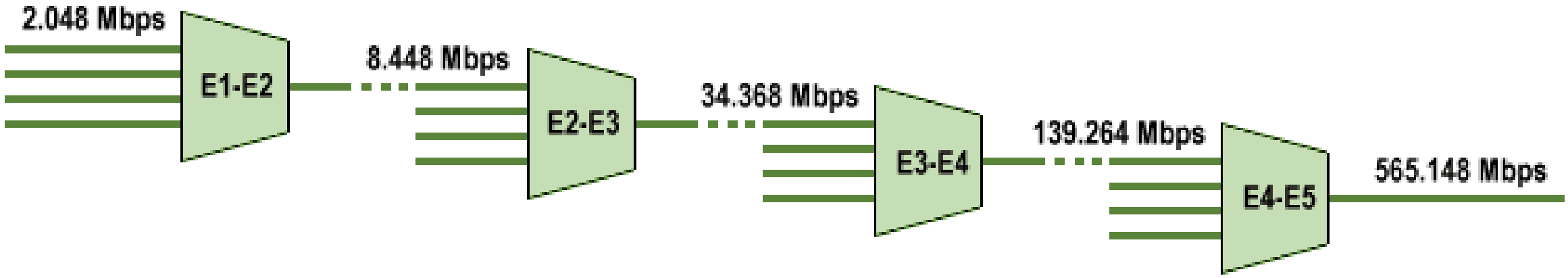
التنضيد

التنضيد بالتقسيم الزمني

مثال: نظام PDH (plesiochronous digital hierarchy)

(الهرمية الرقمية شبه المتزامنة)

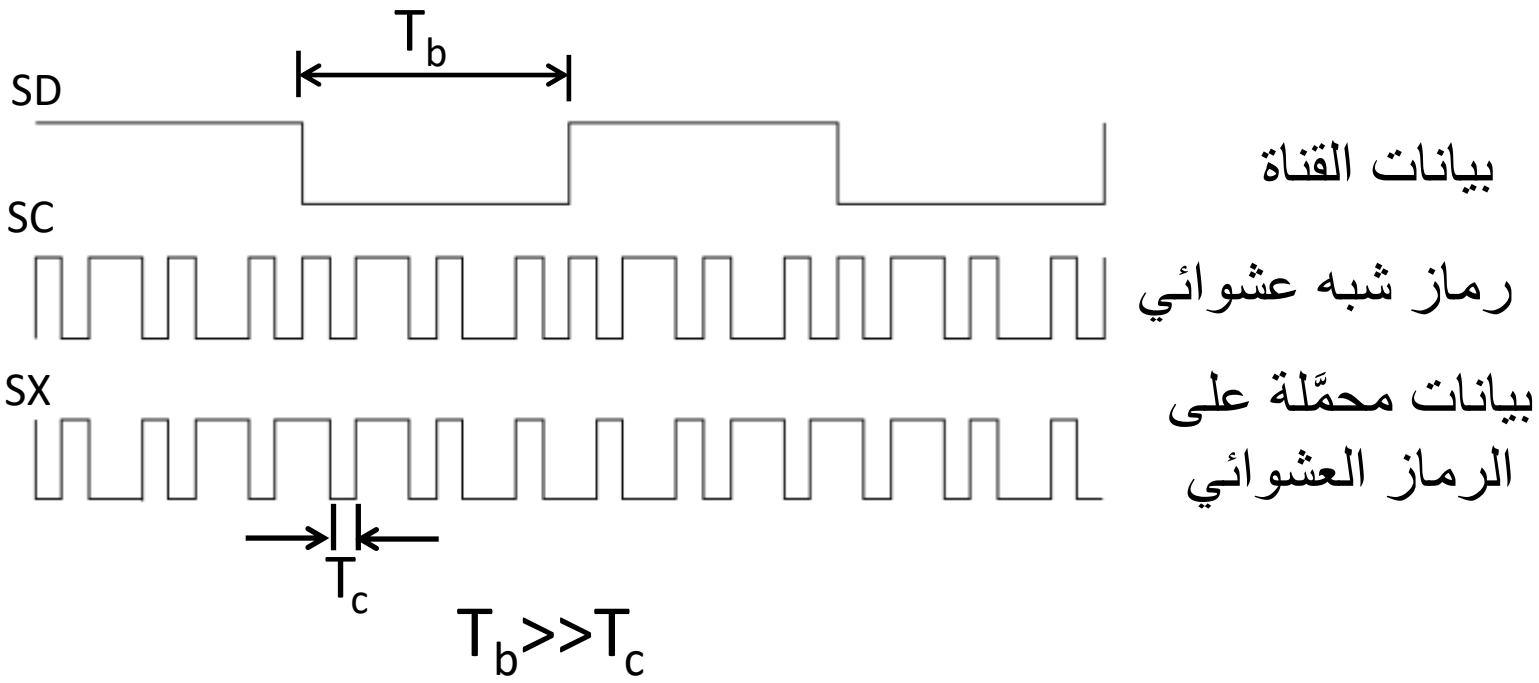
سلسلة متتالية من التنضيد: تُنضَّد 4 قنوات E1 في قناة E2 سرعتها 8.448 ميغا بت/ثا. وتنضد 4 قنوات E2 في قناة E3 سرعتها 34.368 ميغا بت/ثا.. إلخ.



التنضيد

التنضيد بالتقسيم الرمازي Code Division Multiplexing (CDM)

تشارُك عدد من القنوات الضيقة بقناة عريضة في كامل المجال الترددي في نفس الوقت، وذلك بتحميلها على أرمزة متعامدة.

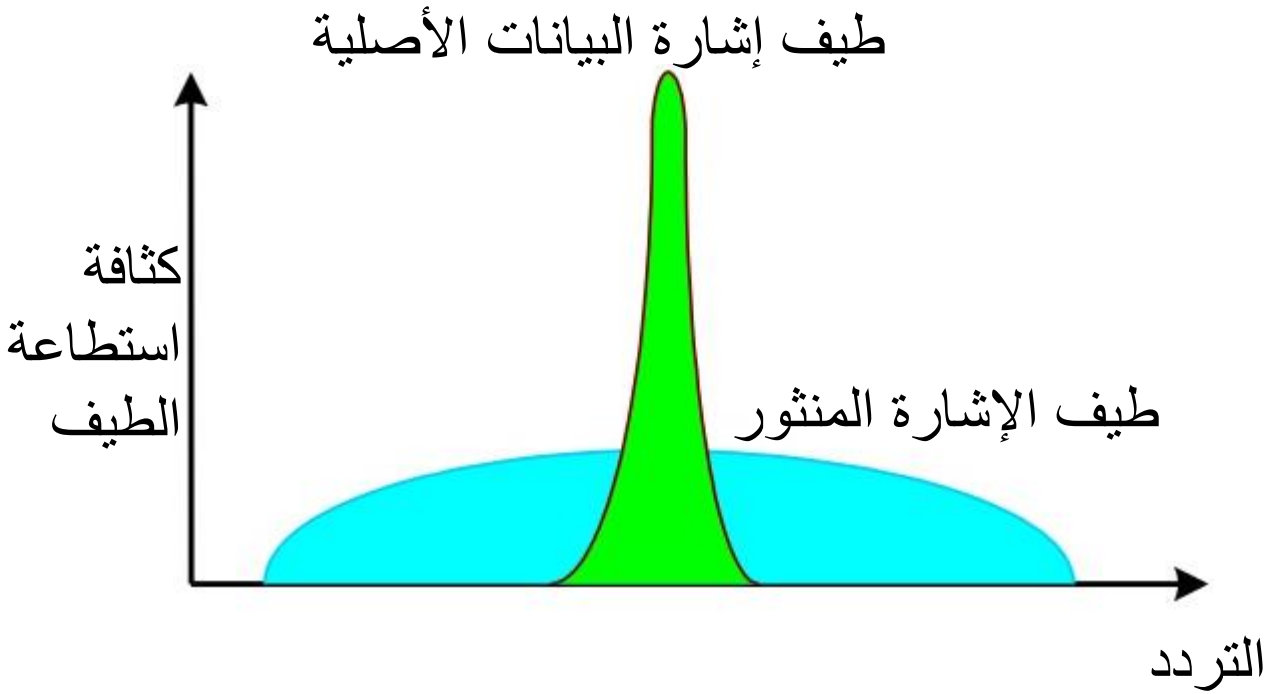


تحميل القناة على الرماز بتقنية الطيف المنثور

$SX = SD \text{ exor } SC$

التنضيد

التنضيد بالتقسيم الرمازي



الطيف المنثور ذو كثافة استطاعة طيفية منخفضة جدا وقريبة من كثافة استطاعة الضجيج.

التنضيد

التنضيد بالتقسيم الرمازي

تُحمَّل القنوات المختلفة على أرمزة متعامدة.

الأرمزة المتعامدة، هي أرمزة تساوي توابع الترابط فيما بينها صفرا. طبعا، تابع الترابط الذاتي لكل رماز يساوي 1.

في طرف الاستقبال، تُجرى عملية ترابط بين الإشارة المستقبلة والرماز الخاص بالقناة التي نريد عزلها من الإشارة المستقبلة. فتكون النتيجة الإشارة المستقبلة.

مثال: https://en.wikipedia.org/wiki/Code-division_multiple_access

التنضيد

التنضيد بالتقسيم الرمازي

If sender0 has code (1, −1) and data (1, 0, 1, 1), and sender1 has code (1, 1) and data (0, 0, 1, 1), and both senders transmit simultaneously, then this table describes the coding steps:

تبديل مستويات

Step	Encode sender0	Encode sender1
0	code0 = (1, −1), data0 = (1, 0, 1, 1)	code1 = (1, 1), data1 = (0, 0, 1, 1)
1	encode0 = 2(1, 0, 1, 1) − (1, 1, 1, 1) = (1, −1, 1, 1)	encode1 = 2(0, 0, 1, 1) − (1, 1, 1, 1) = (−1, −1, 1, 1)
2	signal0 = encode0 ⊗ code0 = (1, −1, 1, 1) ⊗ (1, −1) = (1, −1, −1, 1, 1, −1, 1, −1)	signal1 = encode1 ⊗ code1 = (−1, −1, 1, 1) ⊗ (1, 1) = (−1, −1, −1, −1, 1, 1, 1, 1)

Because signal0 and signal1 are transmitted at the same time into the air, they add to produce the raw signal

(1, −1, −1, 1, 1, −1, 1, −1) + (−1, −1, −1, −1, 1, 1, 1, 1) = (0, −2, −2, 0, 2, 0, 2, 0).

التنضيد

التنضيد بالتقسيم الرمازي

This raw signal is called an interference pattern. The receiver then extracts an intelligible signal for any known sender by combining the sender's code with the interference pattern. The following table explains how this works and shows that the signals do not interfere with one another:

Step	Decode sender0	Decode sender1
0	code0 = (1, −1), signal = (0, −2, −2, 0, 2, 0, 2, 0)	code1 = (1, 1), signal = (0, −2, −2, 0, 2, 0, 2, 0)
1	decode0 = pattern.vector0	decode1 = pattern.vector1
2	decode0 = ((0, −2), (−2, 0), (2, 0), (2, 0)) · (1, −1)	decode1 = ((0, −2), (−2, 0), (2, 0), (2, 0)) · (1, 1)
3	decode0 = ((0 + 2), (−2 + 0), (2 + 0), (2 + 0))	decode1 = ((0 − 2), (−2 + 0), (2 + 0), (2 + 0))
4	data0=(2, −2, 2, 2), meaning (1, 0, 1, 1)	data1=(−2, −2, 2, 2), meaning (0, 0, 1, 1)

التنضيد

التنضيد بالتقسيم الرمازي

Further, after decoding, all values greater than 0 are interpreted as 1, while all values less than zero are interpreted as 0. For example, after decoding, data0 is (2, −2, 2, 2), but the receiver interprets this as (1, 0, 1, 1). Values of exactly 0 means that the sender did not transmit any data, as in the following example:

Assume signal0 = (1, −1, −1, 1, 1, −1, 1, −1) is transmitted alone. The following table shows the decode at the receiver:

Step	Decode sender0	Decode sender1
0	code0 = (1, −1), signal = (1, −1, −1, 1, 1, −1, 1, −1)	code1 = (1, 1), signal = (1, −1, −1, 1, 1, −1, 1, −1)
1	decode0 = pattern.vector0	decode1 = pattern.vector1
2	decode0 = ((1, −1), (−1, 1), (1, −1), (1, −1)) · (1, −1)	decode1 = ((1, −1), (−1, 1), (1, −1), (1, −1)) · (1, 1)
3	decode0 = ((1 + 1), (−1 − 1), (1 + 1), (1 + 1))	decode1 = ((1 − 1), (−1 + 1), (1 − 1), (1 − 1))
4	data0 = (2, −2, 2, 2), meaning (1, 0, 1, 1)	data1 = (0, 0, 0, 0), meaning no data

When the receiver attempts to decode the signal using sender1's code, the data is all zeros, therefore the cross-correlation is equal to zero and it is clear that sender1 did not transmit any data.

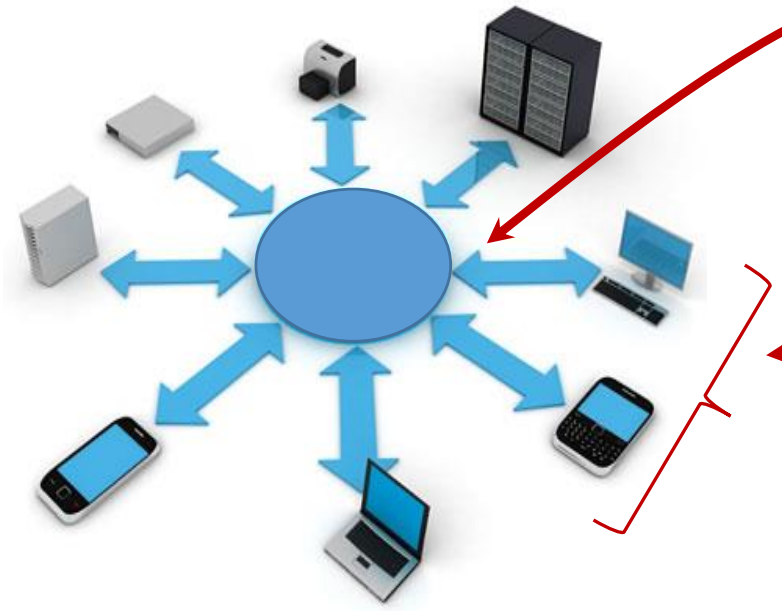
مقارنة التنضيدين الترددي والزمني

تنضيد بالتقسيم الزمني	تنضيد بالتقسيم الترددي
تحتل جميع القنوات كامل عرض الحزمة الترددية للوصلة في نفس الوقت.	تحتل القنوات المختلفة نطاقات ترددية مختلفة ضمن حزمة الوصلة الترددية الرئيسية.
يُفضل التنضيد الزمني للإشارات الرقمية.	يُفضل التنضيد الترددي للإشارات التماثلية، ومنها التماثلية التي تحمل بيانات رقمية.
تحتاج إلى مزامنة ساعة المستقبل مع ساعة المرسِل.	تحتاج إلى توليد تردد كشف مرجعي في المستقبل مساو للتردد الحامل.
دارات بسيطة عموما.	دارات معقدة عموما.
لا يوجد تداخل بين القنوات (تسميع).	يوجد تداخل بين القنوات (تسميع) بسبب الترشيح السيء للقنوات المتجاورة.

أما التقسيم الرمازي فيشابه التقسيم الزمني من حيث المزايا والمثالب من حيث المبدأ، مع تميزه بمرونة تخصيص الأرمزة للقنوات.

البنية البروتوكولية
لشبكات نقل البيانات

شبكات البيانات الرقمية
Digital Data Networks



تتكوَّن شبكة البيانات الرقمية من:

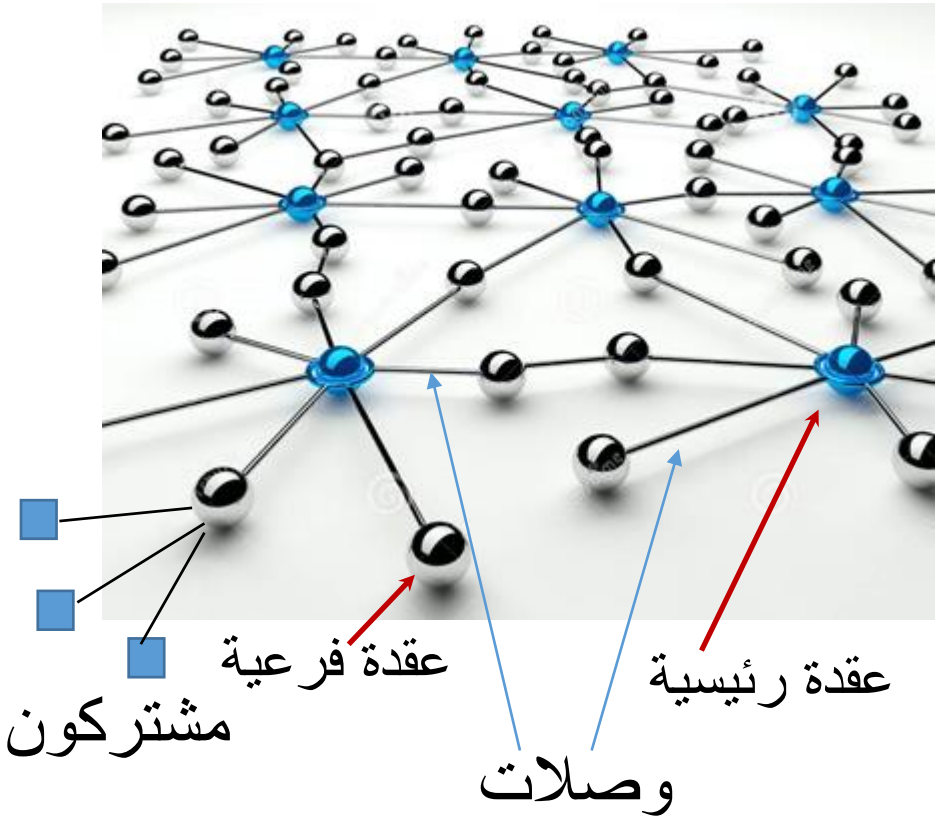
- شبكة الاتصالات الرقمية
- مجموعة الطرفيات المتصلة بها التي تتبادل البيانات فيما بينها: حواسيب، هواتف ذكية، طابعات، آلات صناعية، مركبات فضائية..

شبكات الاتصالات الرقمية
Digital Comm. Networks

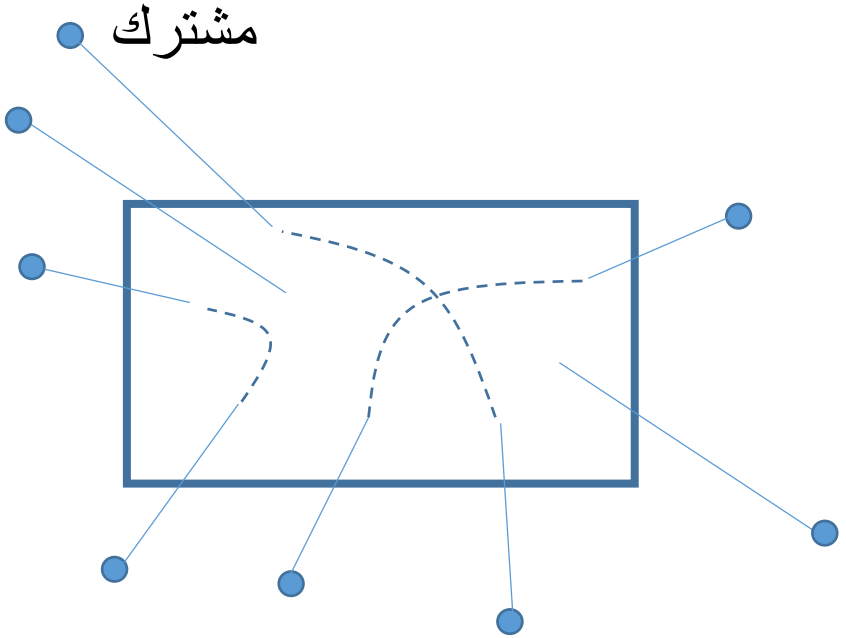
البنية البروتوكولية لشبكات نقل البيانات

تتكوَّن شبكة الاتصالات الرقمية من:

- عقد اتصالات مهمتها توجيه البيانات
- خطوط اتصالات (وصلات): سلكية، راديوية، فضائية، ألياف ضوئية مهمتها نقل البيانات.
- مشتركون (أفراد أو آلات)



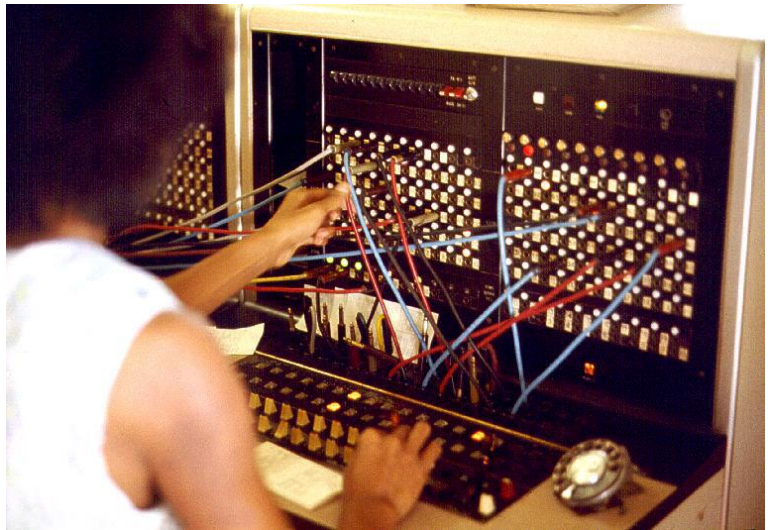
شبكات الاتصالات الرقمية



مهمة العقدة:

الوصل بين خطوط الاتصال الواردة إليها والخارجة منها، سواء أكانت خطوط مشتركين أو وصلات مع عقد أخرى.

مثال: عقدة وحيدة مع n مشترك: تحتاج إلى $\frac{n(n-1)}{2}$ وصلة داخلية لتحقيق اتصال الجميع بالجميع في آن واحد. لذلك يُستعمل التبديل بواسطة عدد محدود من الوصلات الداخلية.



طبولوجيا الشبكات Topology

تعبِّر طبولوجيا الشبكة عن توزع عقدها المختلفة وطرائق توصيلها مع بعضها.

طبولوجيا الشبكات

التجهيزات التي تُستعمل في الشبكات

- المخدِّم server: وهو حاسوب عادة يدير ويقوم بتخديم الحركة في عقدة الاتصالات.
- الموجه router: وهو جهاز متخصص عادة مهمته توجيه الحركة بين الشبكة والمستعملين.
- الموزِّع hub: جهاز متخصص مهمته تفريع الشبكة المحلية.
- المودم modem: جهاز متخصص لتحويل البيانات الرقمية إلى إشارة بيانات تماثلية بغية نقلها على خط الاتصال.
- البوابة port: هو مدخل ومخرج البيانات إلى الجهاز الرقمي. وهو مجموعة مكونات منطقية تحدد عملية معينة ونوعا معينا من خدمة الشبكة.

طبولوجيا الشبكات

اعتبارات تصميمية لطبولوجيا الشبكة

- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى في حالة حصول أعطال في الوصلات والعقد.
- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى أثناء الحركة الكثيفة.
- يجب أن توصل الشبكة البيانات إلى مصباتها سليمة وبأمان تام.
- يجب أن تكون الشبكة سهلة التعديل والتوسيع.
- يجب أن يكون تشخيص أعطال الشبكة متوفرا وسهلا.
- يجب ألا يستغرق إصلاح الأعطال مدة طويلة، ويفضل جدا استعمال وحدات إلكترونية جاهزة ثم إصلاح القطع المعطلة بعيدا عن الشبكة.
- يجب ألا تكون إدارة الشبكة صعبة.

طبولوجيا الشبكات

اعتبارات تصميمية لطبولوجيا الشبكة

- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى في حالة حصول أعطال في الوصلات والعقد.
- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى أثناء الحركة الكثيفة.
- يجب أن توصل الشبكة البيانات إلى مصباتها سليمة وبأمان تام.
- يجب أن تكون الشبكة سهلة التعديل والتوسيع.
- يجب أن يكون تشخيص أعطال الشبكة متوفرا وسهلا.
- يجب ألا يستغرق إصلاح الأعطال مدة طويلة، ويفضل جدا استعمال وحدات إلكترونية جاهزة ثم إصلاح القطع المعطلة بعيدا عن الشبكة.
- يجب ألا تكون إدارة الشبكة صعبة.

طبولوجيا الشبكات

اعتبارات تصميمية لطبولوجيا الشبكة

- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى في حالة حصول أعطال في الوصلات والعقد.
- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى أثناء الحركة الكثيفة.
- يجب أن توصل الشبكة البيانات إلى مصباتها سليمة وبأمان تام.
- يجب أن تكون الشبكة سهلة التعديل والتوسيع.
- يجب أن يكون تشخيص أعطال الشبكة متوفرا وسهلا.
- يجب ألا يستغرق إصلاح الأعطال مدة طويلة، ويفضل جدا استعمال وحدات إلكترونية جاهزة ثم إصلاح القطع المعطلة بعيدا عن الشبكة.
- يجب ألا تكون إدارة الشبكة صعبة.

طبولوجيا الشبكات

اعتبارات تصميمية لطبولوجيا الشبكة

- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى في حالة حصول أعطال في الوصلات والعقد.
- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى أثناء الحركة الكثيفة.
- يجب أن توصل الشبكة البيانات إلى مصباتها سليمة وبأمان تام.
- يجب أن تكون الشبكة سهلة التعديل والتوسيع.
- يجب أن يكون تشخيص أعطال الشبكة متوفرا وسهلا.
- يجب ألا يستغرق إصلاح الأعطال مدة طويلة، ويفضل جدا استعمال وحدات إلكترونية جاهزة ثم إصلاح القطع المعطلة بعيدا عن الشبكة.
- يجب ألا تكون إدارة الشبكة صعبة.

طبولوجيا الشبكات

اعتبارات تصميمية لطبولوجيا الشبكة

- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى في حالة حصول أعطال في الوصلات والعقد.
- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى أثناء الحركة الكثيفة.
- يجب أن توصل الشبكة البيانات إلى مصباتها سليمة وبأمان تام.
- يجب أن تكون الشبكة سهلة التعديل والتوسيع.
- يجب أن يكون تشخيص أعطال الشبكة متوفرا وسهلا.
- يجب ألا يستغرق إصلاح الأعطال مدة طويلة، ويفضل جدا استعمال وحدات إلكترونية جاهزة ثم إصلاح القطع المعطلة بعيدا عن الشبكة.
- يجب ألا تكون إدارة الشبكة صعبة.

طبولوجيا الشبكات

اعتبارات تصميمية لطبولوجيا الشبكة

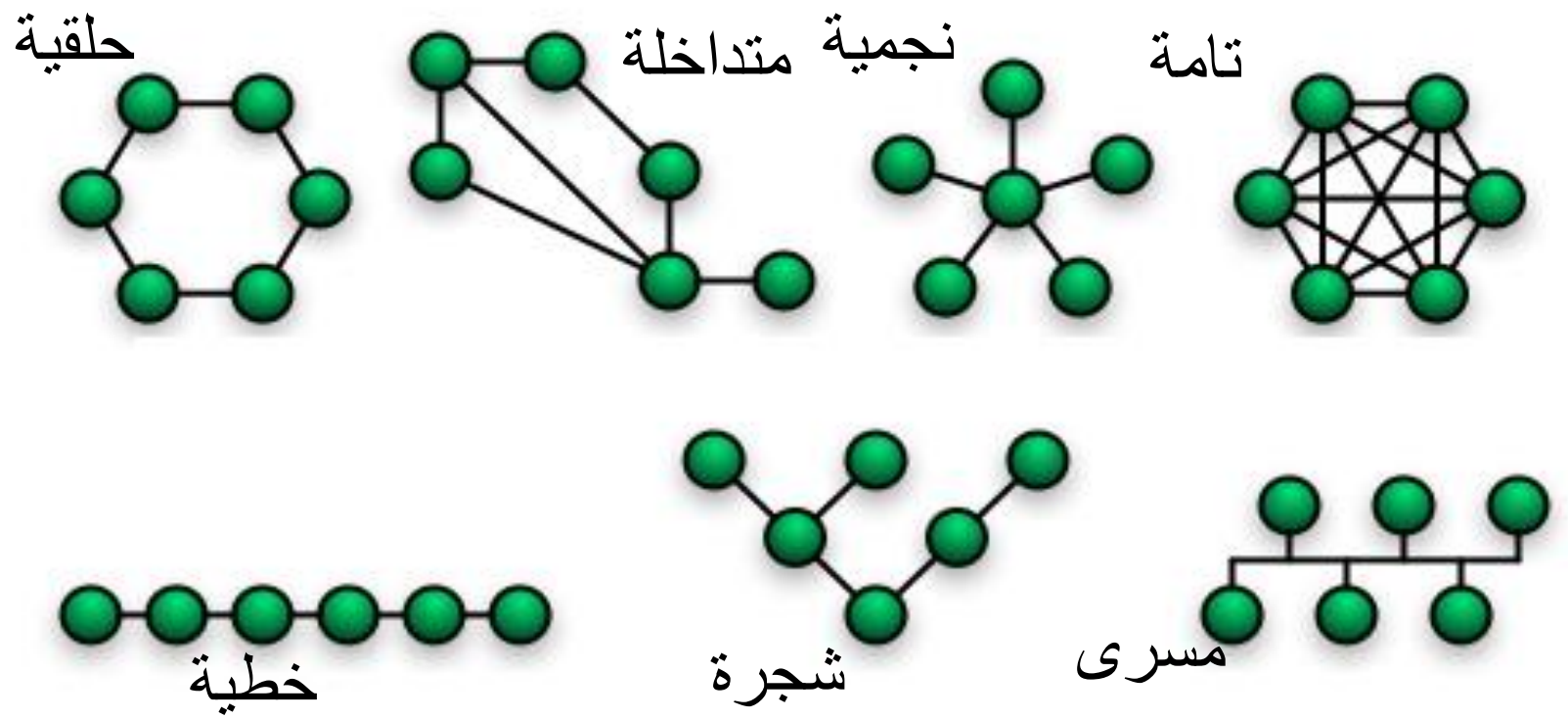
- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى في حالة حصول أعطال في الوصلات والعقد.
- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى أثناء الحركة الكثيفة.
- يجب أن توصل الشبكة البيانات إلى مصباتها سليمة وبأمان تام.
- يجب أن تكون الشبكة سهلة التعديل والتوسيع.
- يجب أن يكون تشخيص أعطال الشبكة متوفرا وسهلا.
- يجب ألا يستغرق إصلاح الأعطال مدة طويلة، ويفضل جدا استعمال وحدات إلكترونية جاهزة ثم إصلاح القطع المعطلة بعيدا عن الشبكة.
- يجب ألا تكون إدارة الشبكة صعبة.

طبولوجيا الشبكات

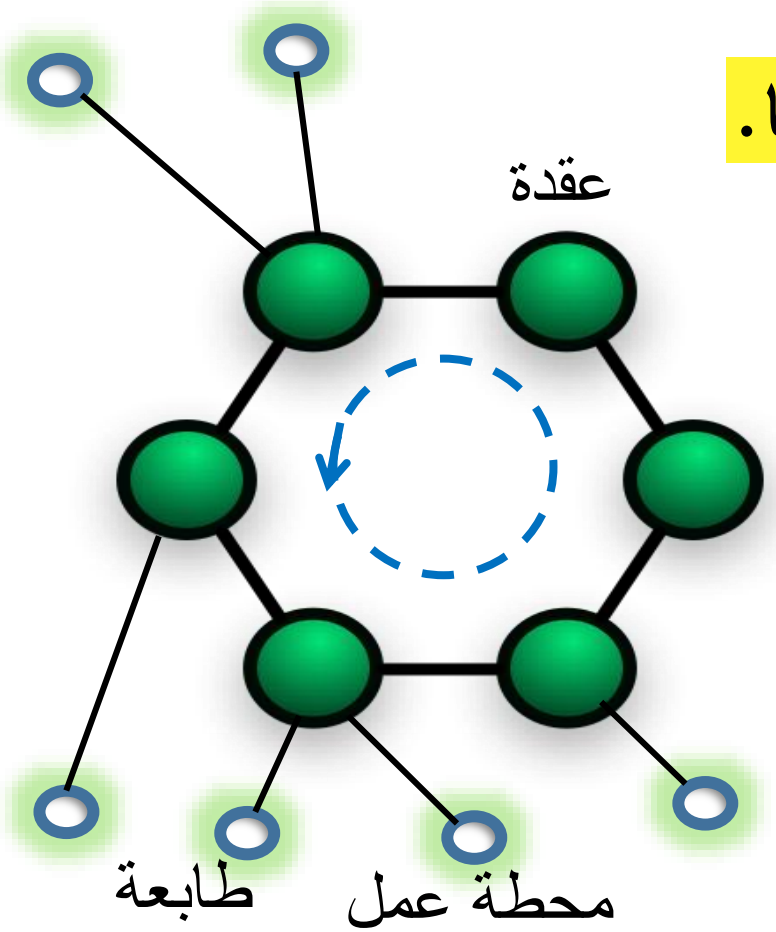
اعتبارات تصميمية لطبولوجيا الشبكة

- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى في حالة حصول أعطال في الوصلات والعقد.
- يجب أن تبقى الشبكة عاملة كل الوقت حتى أثناء الحركة الكثيفة.
- يجب أن توصل الشبكة البيانات إلى مصباتها سليمة وبأمان تام.
- يجب أن تكون الشبكة سهلة التعديل والتوسيع.
- يجب أن يكون تشخيص أعطال الشبكة متوفرا وسهلا.
- يجب ألا يستغرق إصلاح الأعطال مدة طويلة، ويفضل جدا استعمال وحدات إلكترونية جاهزة ثم إصلاح القطع المعطلة بعيدا عن الشبكة.
- يجب ألا تكون إدارة الشبكة صعبة.

طبولوجيا الشبكات



طبولوجيا الشبكات

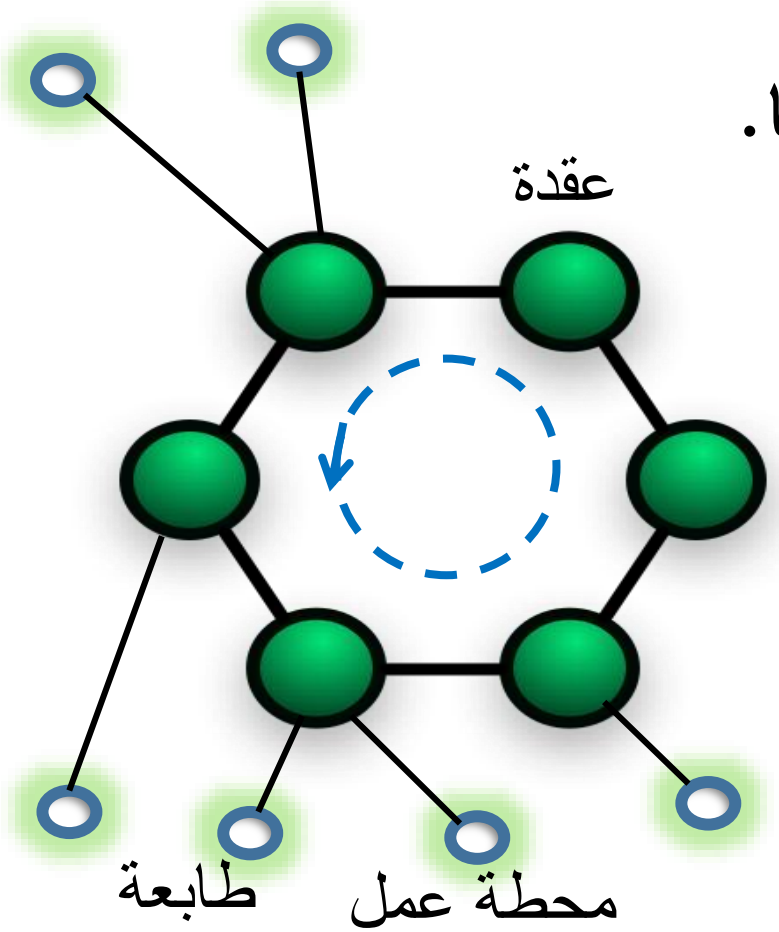


الشبكة الحلقية Ring Network

- تتصل كل عقدة بعقدتين، وتدور البيانات حول الحلقة بكاملها.
- تُستعمل في الشبكات المحلية غالبا.
- لا توجد عقدة مركزية لإدارة الاتصالات، وهذه مزية.
- تصل البيانات مرتبة إلى المستقبل، وهذه مزية.
- من مساوئها توقف العمل إذا انقطعت إحدى الوصلات أو توقفت إحدى العقد.
- إضافة عقد جديدة تستلزم تعديلات في العقد القائمة.
- يزداد التأخير بزيادة عدد العقد.
- تتحدد سرعة النقل بسرعة أبطأ وصلة في الحلقة.

طبولوجيا الشبكات

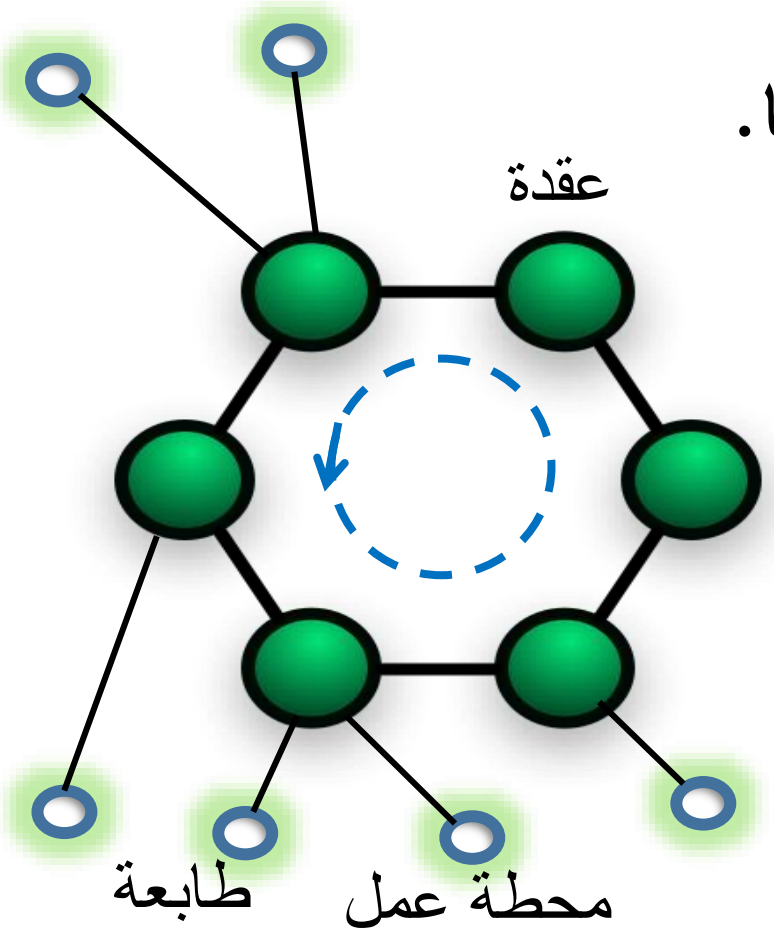
الشبكة الحلقية Ring Network



- تتصل كل عقدة بعقدتين، وتدور البيانات حول الحلقة بكاملها.
- تُستعمل في الشبكات المحلية غالبا.
- لا توجد عقدة مركزية لإدارة الاتصالات، وهذه مزية.
- تصل البيانات مرتبة إلى المستقبل، وهذه مزية.
- من مساوئها توقف العمل إذا انقطعت إحدى الوصلات أو توقفت إحدى العقد.
- إضافة عقد جديدة تستلزم تعديلات في العقد القائمة.
- يزداد التأخير بزيادة عدد العقد.
- تتحدد سرعة النقل بسرعة أبطأ وصلة في الحلقة.

طبولوجيا الشبكات

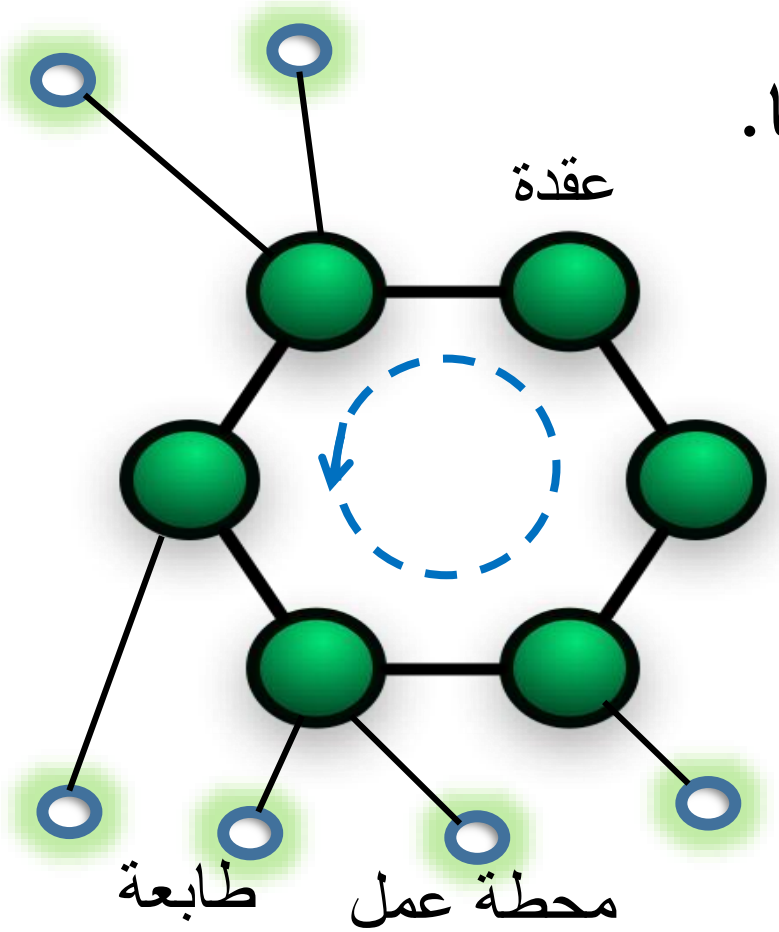
الشبكة الحلقية Ring Network



- تتصل كل عقدة بعقدتين، وتدور البيانات حول الحلقة بكاملها.
- تُستعمل في الشبكات المحلية غالبا.
- لا توجد عقدة مركزية لإدارة الاتصالات، وهذه مزية.
- تصل البيانات مرتبة إلى المستقبل، وهذه مزية.
- من مساوئها توقف العمل إذا انقطعت إحدى الوصلات أو توقفت إحدى العقد.
- إضافة عقد جديدة تستلزم تعديلات في العقد القائمة.
- يزداد التأخير بزيادة عدد العقد.
- تتحدد سرعة النقل بسرعة أبطأ وصلة في الحلقة.

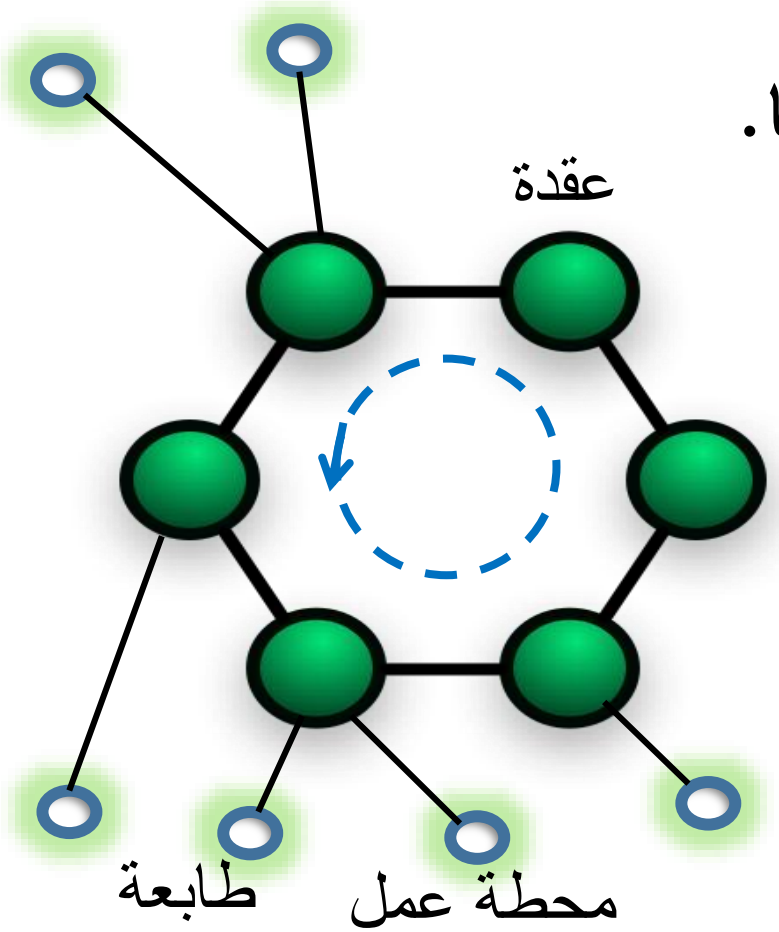
طبولوجيا الشبكات

الشبكة الحلقية Ring Network



- تتصل كل عقدة بعقدتين، وتدور البيانات حول الحلقة بكاملها.
- تُستعمل في الشبكات المحلية غالبا.
- لا توجد عقدة مركزية لإدارة الاتصالات، وهذه مزية.
- تصل البيانات مرتبة إلى المستقبل، وهذه مزية.
- من مساوئها توقف العمل إذا انقطعت إحدى الوصلات أو توقفت إحدى العقد.
- إضافة عقد جديدة تستلزم تعديلات في العقد القائمة.
- يزداد التأخير بزيادة عدد العقد.
- تتحدد سرعة النقل بسرعة أبطأ وصلة في الحلقة.

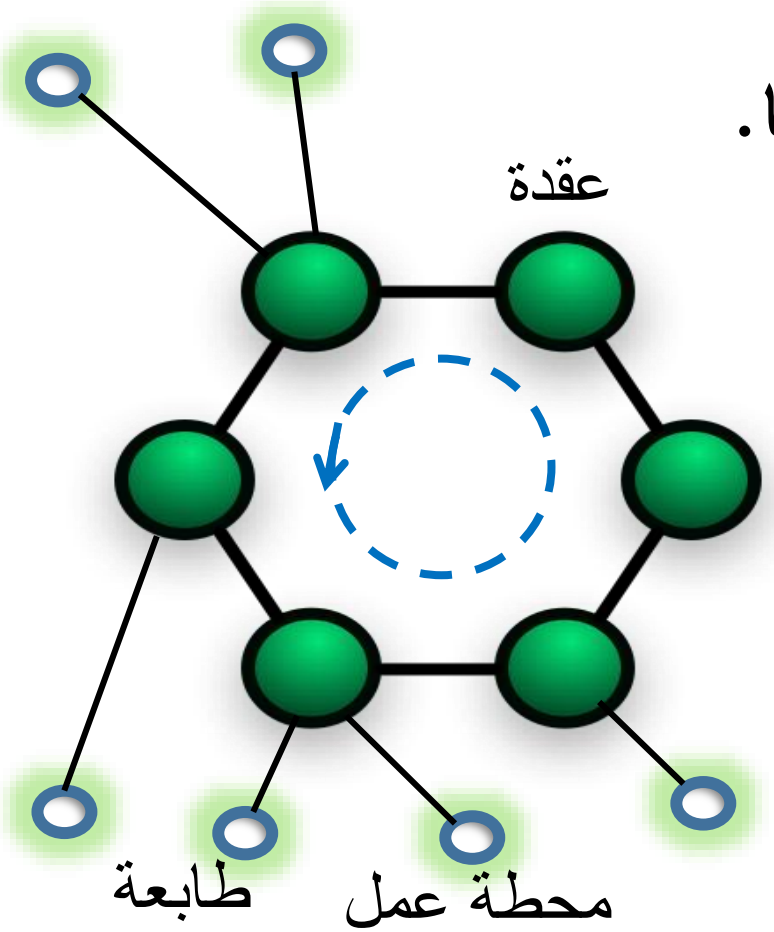
طبولوجيا الشبكات



الشبكة الحلقية Ring Network

- تتصل كل عقدة بعقدتين، وتدور البيانات حول الحلقة بكاملها.
- تُستعمل في الشبكات المحلية غالبا.
- لا توجد عقدة مركزية لإدارة الاتصالات، وهذه مزية.
- تصل البيانات مرتبة إلى المستقبل، وهذه مزية.
- من مساوئها توقف العمل إذا انقطعت إحدى الوصلات أو توقفت إحدى العقد.
- إضافة عقد جديدة تستلزم تعديلات في العقد القائمة.
- يزداد التأخير بزيادة عدد العقد.
- تتحدد سرعة النقل بسرعة أبطأ وصلة في الحلقة.

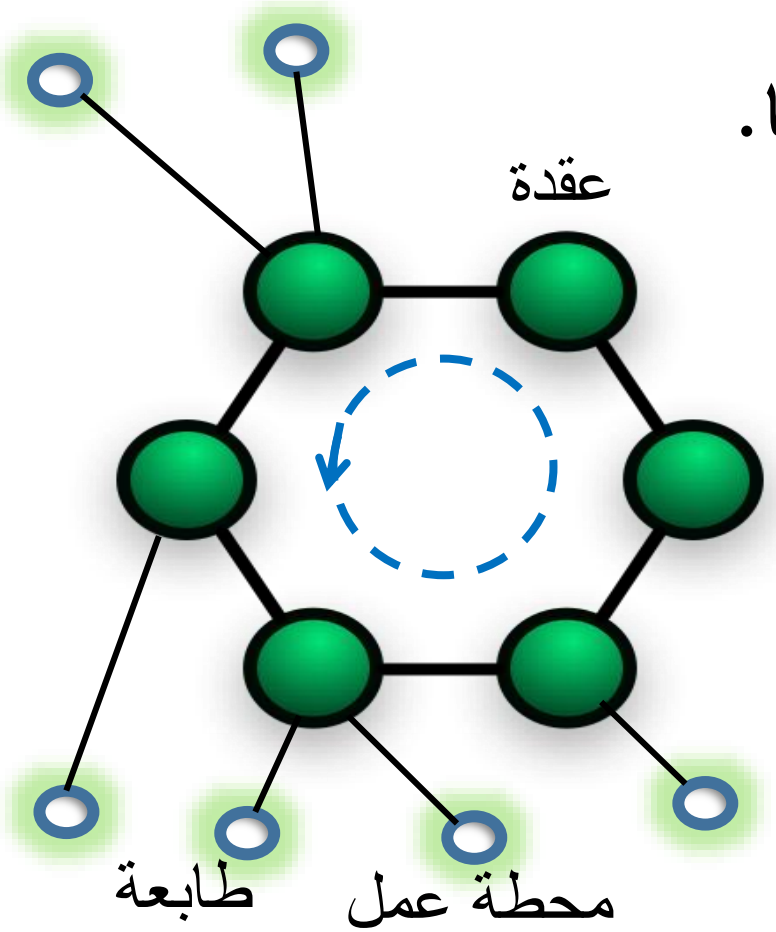
طبولوجيا الشبكات



الشبكة الحلقية Ring Network

- تتصل كل عقدة بعقدتين، وتدور البيانات حول الحلقة بكاملها.
- تُستعمل في الشبكات المحلية غالبا.
- لا توجد عقدة مركزية لإدارة الاتصالات، وهذه مزية.
- تصل البيانات مرتبة إلى المستقبل، وهذه مزية.
- من مساوئها توقف العمل إذا انقطعت إحدى الوصلات أو توقفت إحدى العقد.
- إضافة عقد جديدة تستلزم تعديلات في العقد القائمة.
- يزداد التأخير بزيادة عدد العقد.
- تتحدد سرعة النقل بسرعة أبطأ وصلة في الحلقة.

طبولوجيا الشبكات

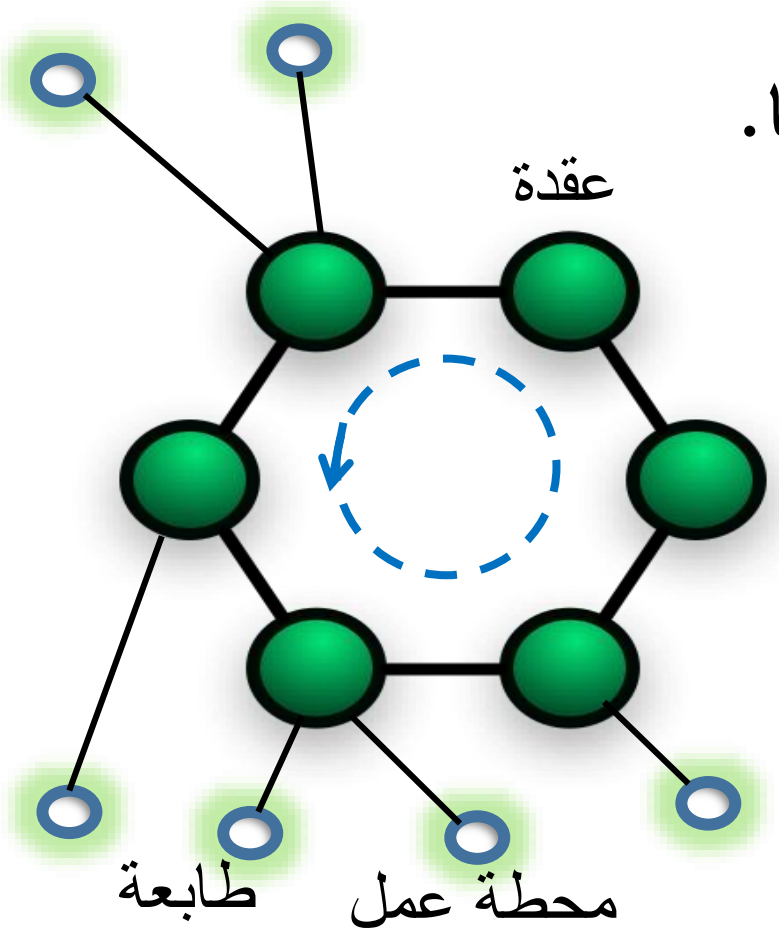


الشبكة الحلقية Ring Network

- تتصل كل عقدة بعقدتين، وتدور البيانات حول الحلقة بكاملها.
- تُستعمل في الشبكات المحلية غالبا.
- لا توجد عقدة مركزية لإدارة الاتصالات، وهذه مزية.
- تصل البيانات مرتبة إلى المستقبل، وهذه مزية.
- من مساوئها توقف العمل إذا انقطعت إحدى الوصلات أو توقفت إحدى العقد.
- إضافة عقد جديدة تستلزم تعديلات في العقد القائمة.
- يزداد التأخير بزيادة عدد العقد.
- تتحدد سرعة النقل بسرعة أبطأ وصلة في الحلقة.

طبولوجيا الشبكات

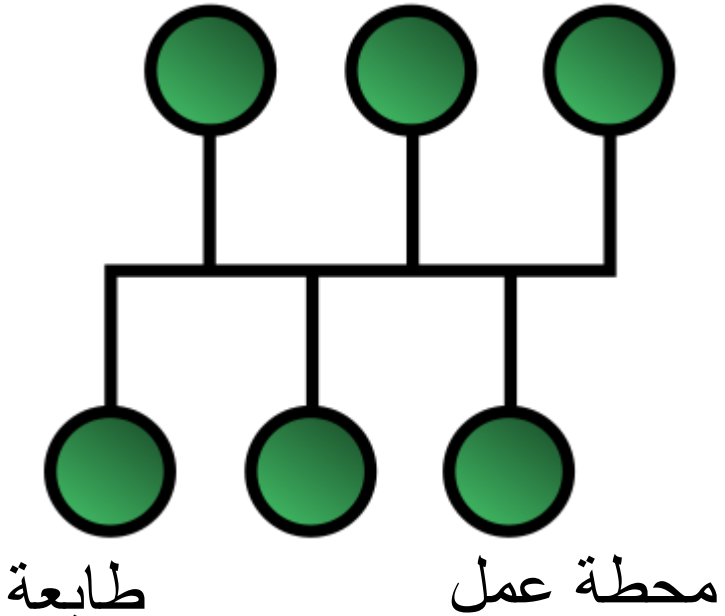
الشبكة الحلقية Ring Network



- تتصل كل عقدة بعقدتين، وتدور البيانات حول الحلقة بكاملها.
- تُستعمل في الشبكات المحلية غالبا.
- لا توجد عقدة مركزية لإدارة الاتصالات، وهذه مزية.
- تصل البيانات مرتبة إلى المستقبل، وهذه مزية.
- من مساوئها توقف العمل إذا انقطعت إحدى الوصلات أو توقفت إحدى العقد.
- إضافة عقد جديدة تستلزم تعديلات في العقد القائمة.
- يزداد التأخير بزيادة عدد العقد.
- تتحدد سرعة النقل بسرعة أبطأ وصلة في الحلقة.

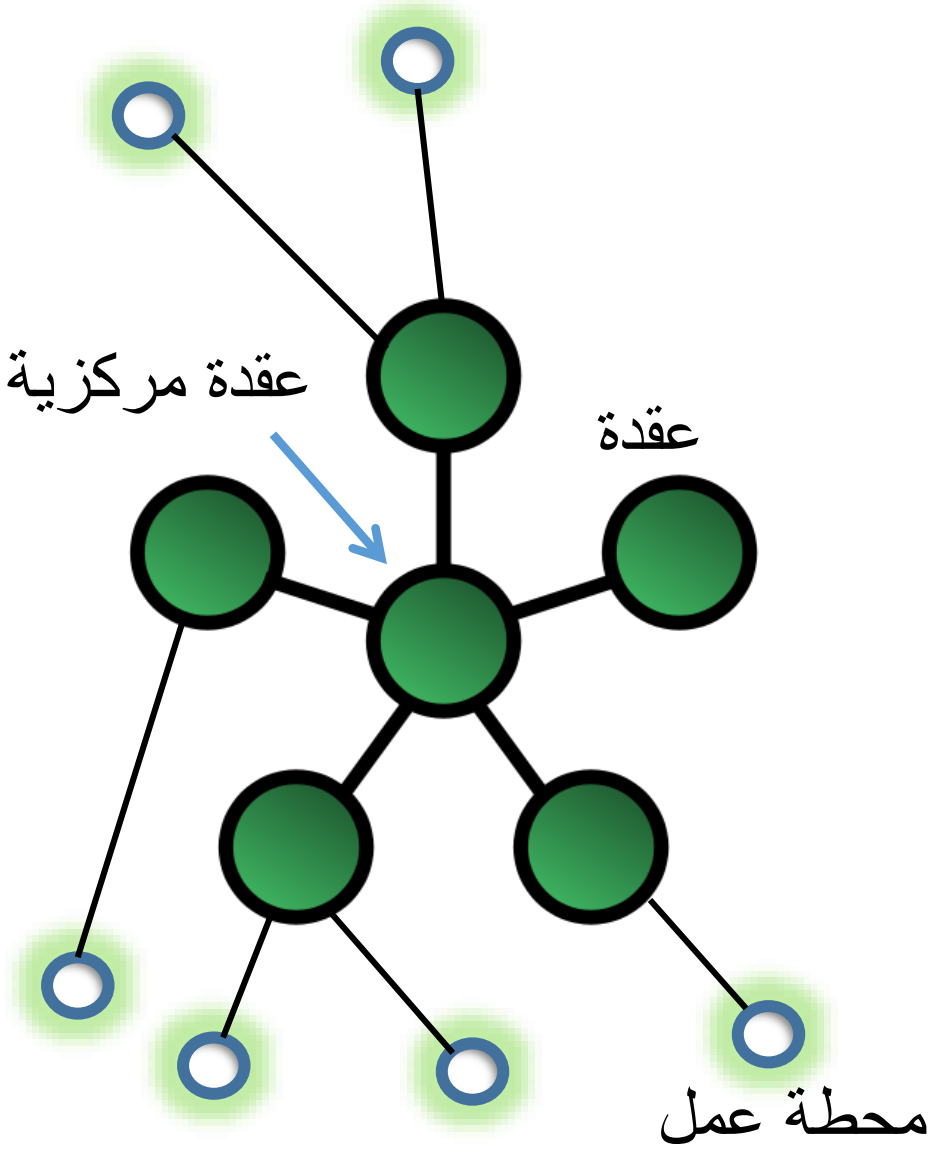
طبولوجيا الشبكات

شبكة المسرى Bus Network



- الطرفية هي العقدة
- إما تكنولوجيا مسرى الحاسوب
- أو تكنولوجيا البث والتنصت (تحسس الحامل)
- شائعة الاستعمال في الشبكات المحلية الصغيرة (إثرنت)
- سهلة التوسيع، إذ يمكن وصل الطرفية بالمسرى مباشرة.
- إذا تعطلت محطة لا تؤثر على عمل غيرها.
- سيئتها هي أن زيادة الحركة تزيد من اختناقها سريعا.

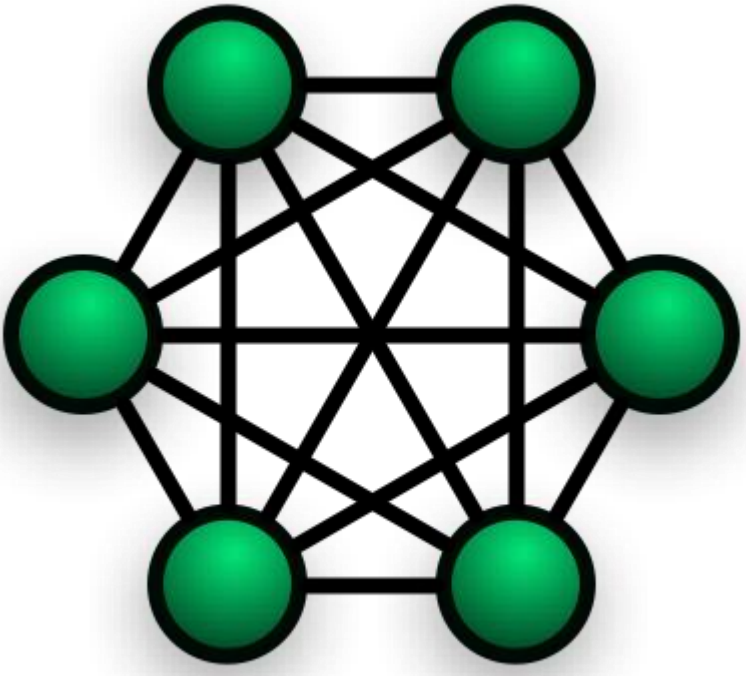
طبولوجيا الشبكات



الشبكة النجمية Star Network

- عقدة مركزية تخدِّم جميع العقد الأخرى
- إذا تعطلت عقدة فرعية لا تؤثر على عمل الشبكة
- سهلة التوسعة
- تتعطل الشبكة بأسرها إذا تعطلت العقدة الرئيسية
- تكاليفها عالية بسبب طول الكبال الكبير اللازمة لها
- عبء الحركة بكامله يقع على العقدة المركزية

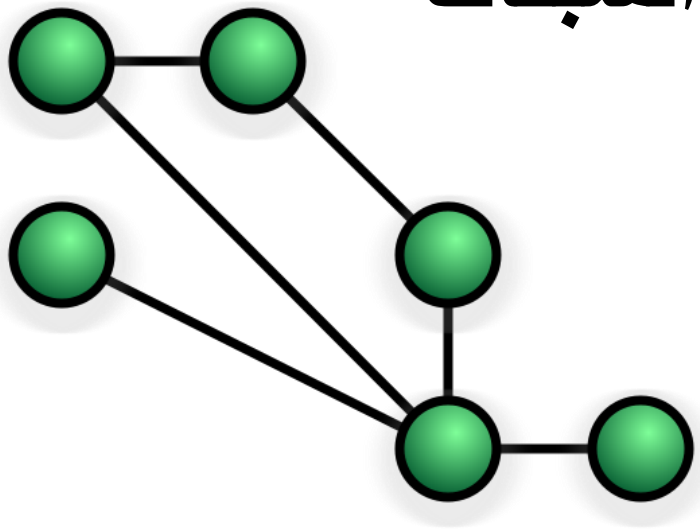
طبولوجيا الشبكات



الشبكة الكاملة Full Network

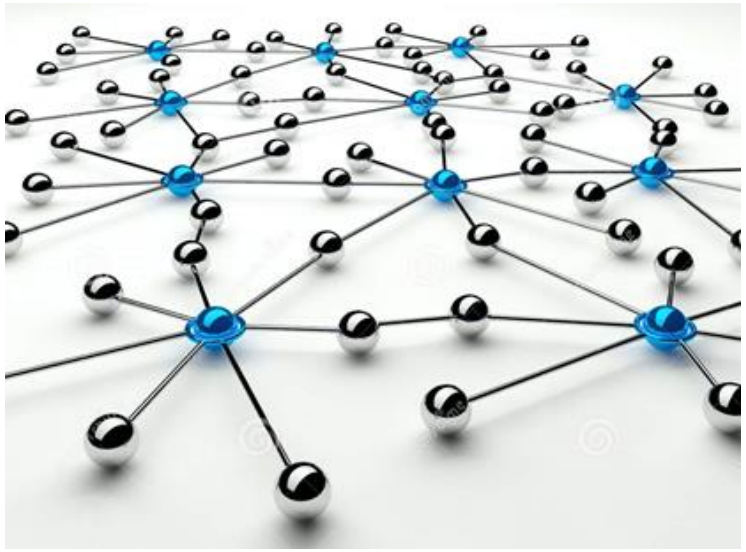
- كل عقدة متصلة بالعقد الأخرى
- لا توجد عقدة مركزية
- عدد الوصلات بين العقد: $C = \frac{n(n-1)}{2}$
- اتصال فوري دون تأخير
- تعطل أي عقدة أو وصلة يؤثر فيها فقط
- تكلفة عالية لأن عدد الوصلات بين العقد يزداد مع مربع عدد العقد

طبولوجيا الشبكات

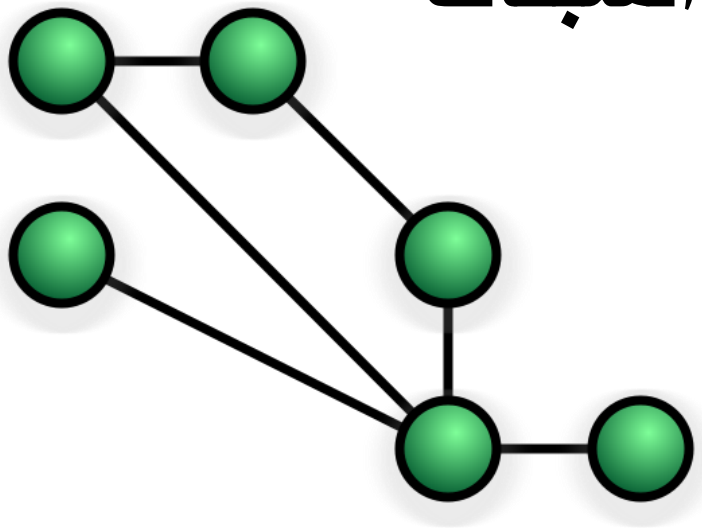


الشبكة المختلطة Mesh Network

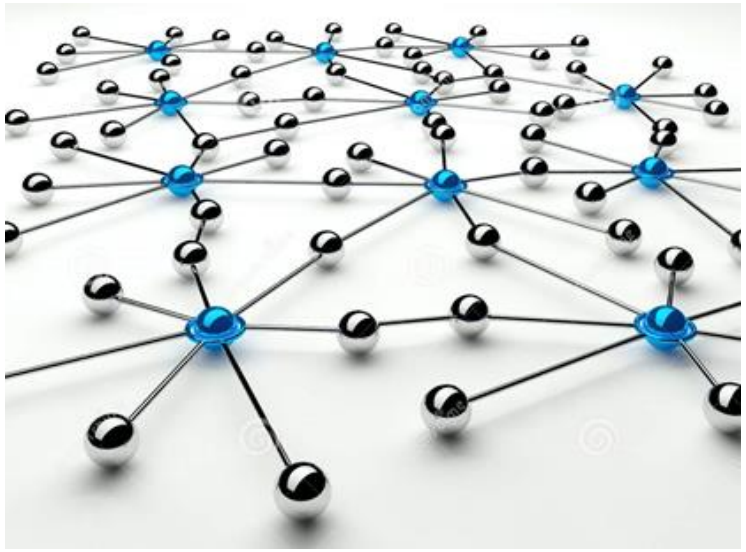
- يمكن لكل عقدة أن تتصل بعقدة واحدة أو أكثر.
- توفر مسارات بديلة غالبا.
- لا توجد طريقة محددة للوصل بين العقد.
- يتحدد توزع العقد بطبيعة حركة الاتصالات والتوزع الجغرافي.
- هي السائدة في جميع أنواع الاتصالات العامة.
- يمكن توسيعها بحسب الحاجة.
- يمكن أن تحصل اختناقات في وقت الذروة



طبولوجيا الشبكات

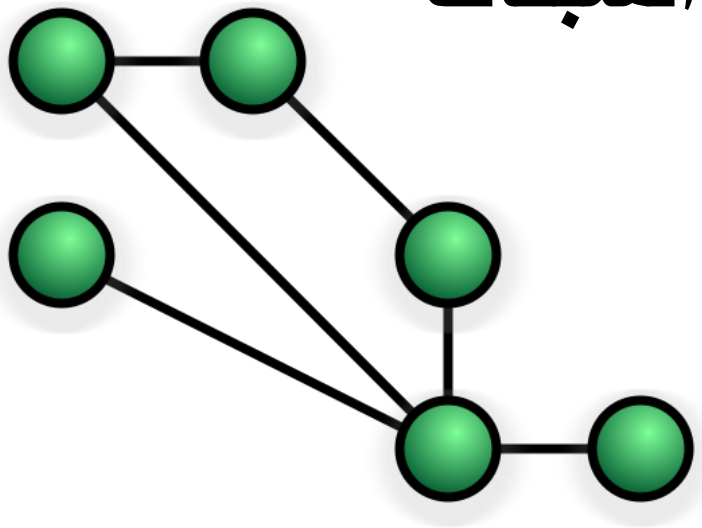


الشبكة المختلطة Mesh Network

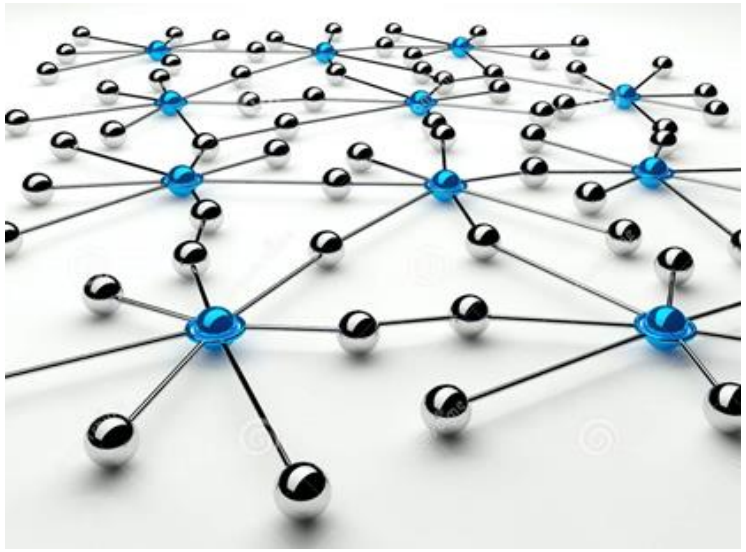


- يمكن لكل عقدة أن تتصل بعقدة واحدة أو أكثر.
- توفر مسارات بديلة غالبا.
- لا توجد طريقة محددة للوصل بين العقد.
- يتحدد توزع العقد بطبيعة حركة الاتصالات والتوزع الجغرافي.
- هي السائدة في جميع أنواع الاتصالات العامة.
- يمكن توسيعها بحسب الحاجة.
- يمكن أن تحصل اختناقات في وقت الذروة

طبولوجيا الشبكات

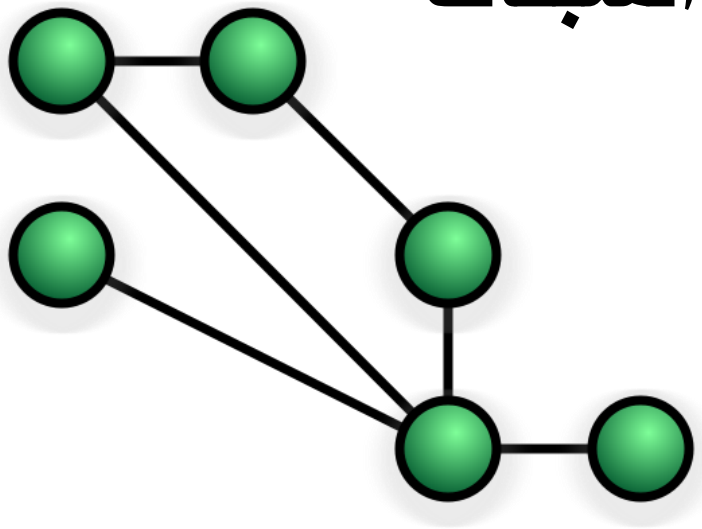


الشبكة المختلطة Mesh Network



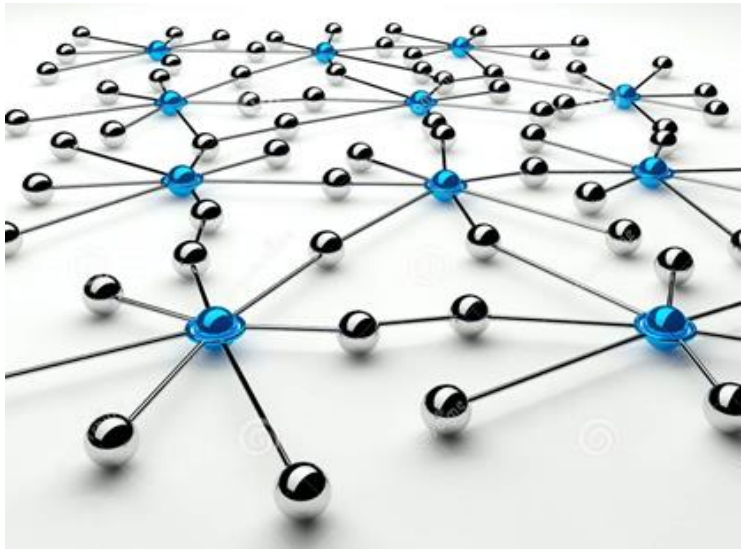
- يمكن لكل عقدة أن تتصل بعقدة واحدة أو أكثر.
- توفر مسارات بديلة غالبا.
- لا توجد طريقة محددة للوصل بين العقد.
- يتحدد توزع العقد بطبيعة حركة الاتصالات والتوزع الجغرافي.
- هي السائدة في جميع أنواع الاتصالات العامة.
- يمكن توسيعها بحسب الحاجة.
- يمكن أن تحصل اختناقات في وقت الذروة

طبولوجيا الشبكات

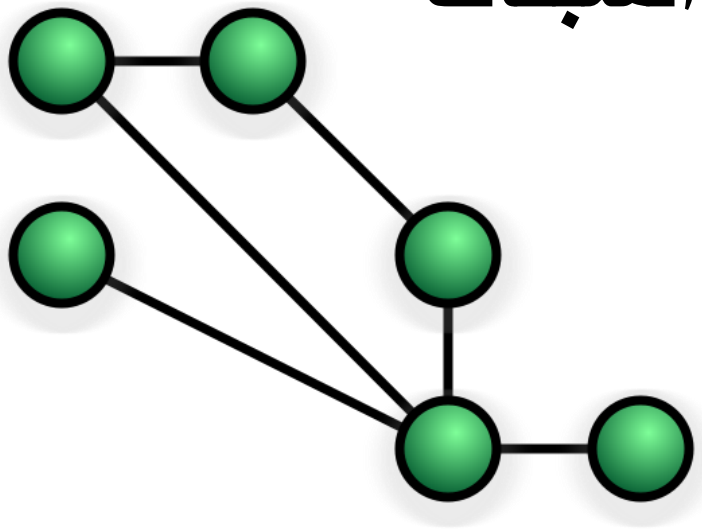


الشبكة المختلطة Mesh Network

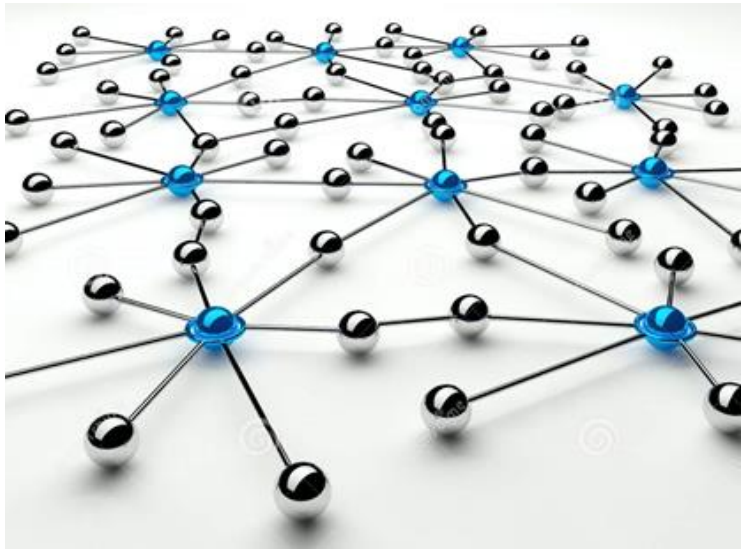
- يمكن لكل عقدة أن تتصل بعقدة واحدة أو أكثر.
- توفر مسارات بديلة غالبا.
- لا توجد طريقة محددة للوصل بين العقد.
- يتحدد توزع العقد بطبيعة حركة الاتصالات والتوزع الجغرافي.
- هي السائدة في جميع أنواع الاتصالات العامة.
- يمكن توسيعها بحسب الحاجة.
- يمكن أن تحصل اختناقات في وقت الذروة



طبولوجيا الشبكات

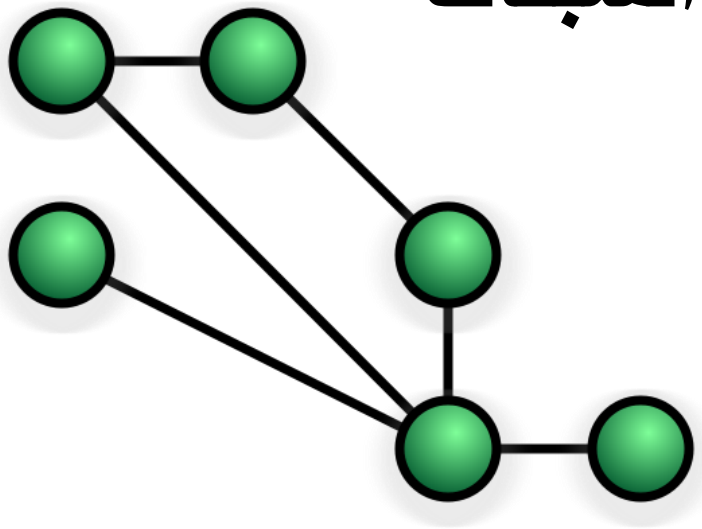


الشبكة المختلطة Mesh Network

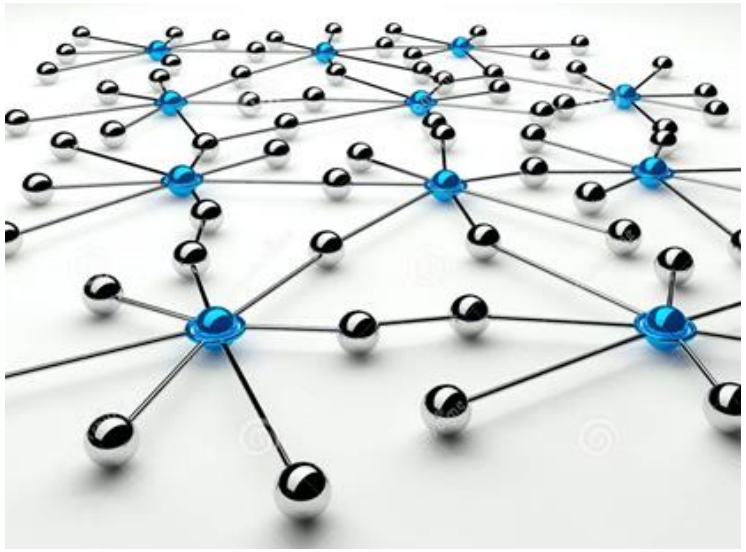


- يمكن لكل عقدة أن تتصل بعقدة واحدة أو أكثر.
- توفر مسارات بديلة غالبا.
- لا توجد طريقة محددة للوصل بين العقد.
- يتحدد توزع العقد بطبيعة حركة الاتصالات والتوزع الجغرافي.
- هي السائدة في جميع أنواع الاتصالات العامة.
- يمكن توسيعها بحسب الحاجة.
- يمكن أن تحصل اختناقات في وقت الذروة

طبولوجيا الشبكات

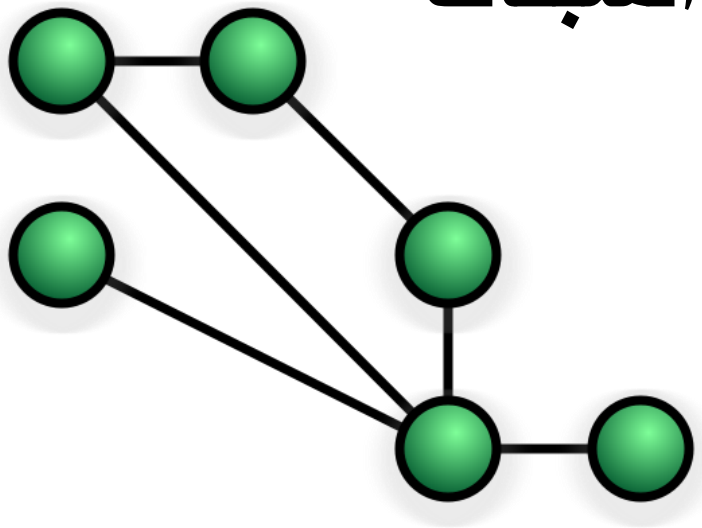


الشبكة المختلطة Mesh Network

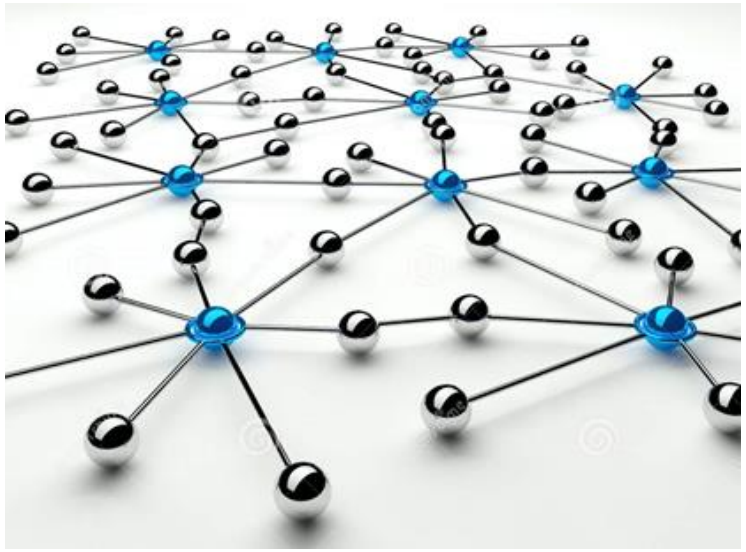


- يمكن لكل عقدة أن تتصل بعقدة واحدة أو أكثر.
- توفر مسارات بديلة غالبا.
- لا توجد طريقة محددة للوصل بين العقد.
- يتحدد توزع العقد بطبيعة حركة الاتصالات والتوزع الجغرافي.
- هي السائدة في جميع أنواع الاتصالات العامة.
- يمكن توسيعها بحسب الحاجة.
- يمكن أن تحصل اختناقات في وقت الذروة

طبولوجيا الشبكات



الشبكة المختلطة Mesh Network



- يمكن لكل عقدة أن تتصل بعقدة واحدة أو أكثر.
- توفر مسارات بديلة غالبا.
- لا توجد طريقة محددة للوصل بين العقد.
- يتحدد توزع العقد بطبيعة حركة الاتصالات والتوزع الجغرافي.
- هي السائدة في جميع أنواع الاتصالات العامة.
- يمكن توسيعها بحسب الحاجة.
- يمكن أن تحصل اختناقات في وقت الذروة.

طبولوجيا الشبكات

الخط الساخن Hot line

خط ثابت مفتوح دائما بين طرفين، ويمكن أن يمر عبر عدد من الوصلات والعقد. وتُطلق هذه التسمية عادة على الخطوط القائمة بين المسؤولين.

الخط المستأجر Leased line

هو خط ساخن تستأجره الشركات عادة مدة زمنية معينة لقاء مبلغ من المال.

طبولوجيا الشبكات

التأخير في الشبكة

التأخير هو المدة التي تستغرقها البيانات في انتقالها عبر الشبكة من المرسِل إلى المرسَل إليه. وهو عامل مهم من عوامل اختيار وتصميم طبولوجيا الشبكة. ويتألف هذا التأخير من مدتين: مدة المعالجة في العقدة، ومدة الانتشار على خط الاتصال

طبولوجيا الشبكات

التأخير في الشبكة

- مدة المعالجة في العقد: هي المدة التي تستغرقها العقد في توجيه البيانات. وهو يتبع لعدد العقد التي يمكن للبيانات أن تمر بها. ويتضمن التأخير في كل عقدة ما يلي:

  * مدة المعالجة لتحديد المسار التالي للبيانات حين خروجها من العقدة.

  * مدة التوقُّف في رتل الانتظار في العقدة بانتظار المعالجة أو بانتظار الخروج منها.

  * مدة الإرسال من العقدة وهي تتناسب مع كمية البيانات المنقولة.

طبولوجيا الشبكات

التأخير في الشبكة

- مدة الانتشار على خط الاتصال: تنتشر الإشارة بسرعة قريبة من سرعة الضوء على خطوط الاتصالات. وهذه المدة مهملة عادة على خطوط الاتصال الأرضية والراديوية. أما في الاتصالات الفضائية، فتكون طويلة بسبب المسافة الطويلة إلى القمر الصنعي المتزامن مع الأرض صعودا وهبوطا.

طبولوجيا الشبكات

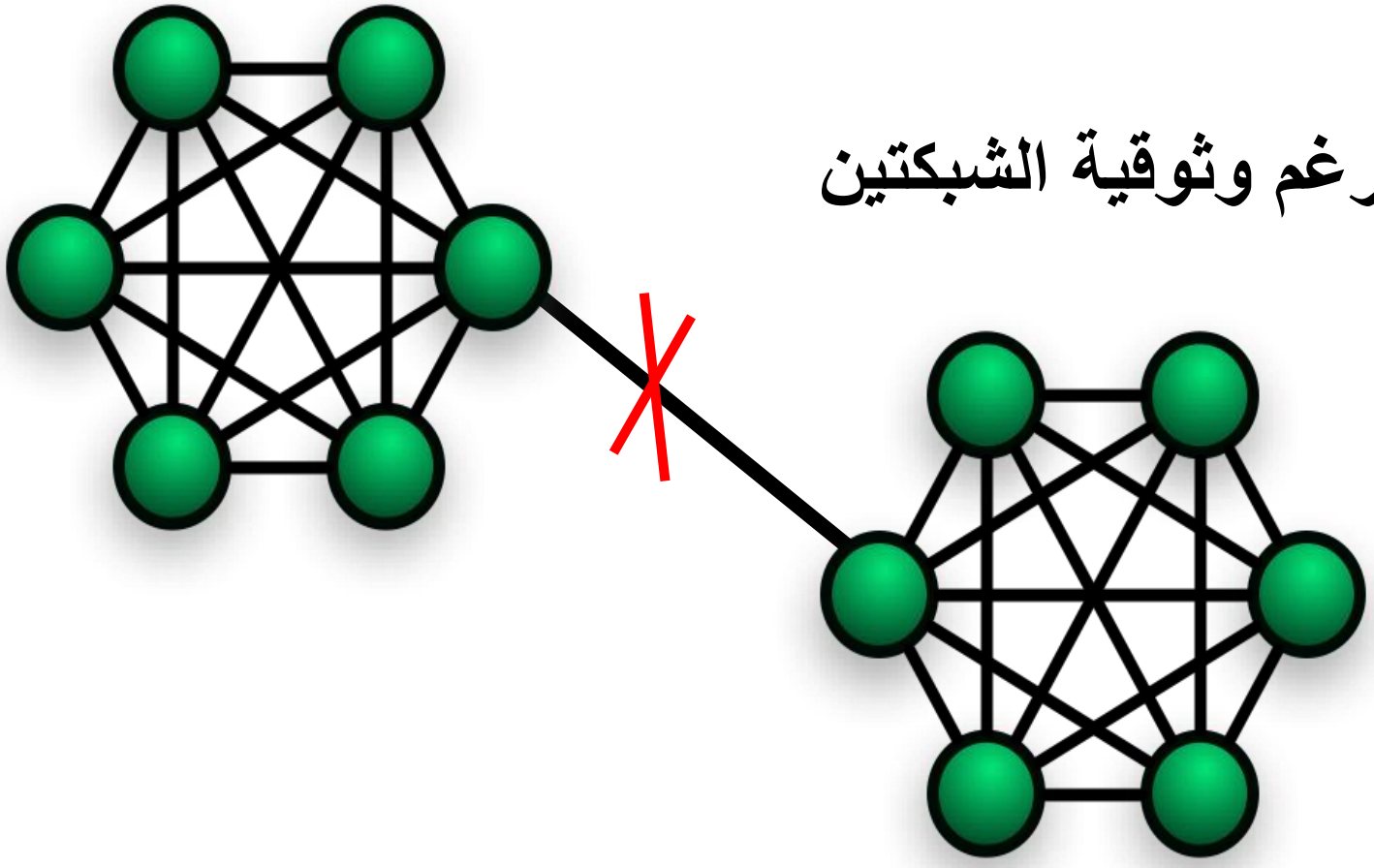
وثوقية الشبكة

- الشبكة الوحيدة الوصلة (حلقية، مسرى..إلخ): الوثوقية سئية جدا لأن انقطاع الوصلة أو تعطل أي عقدة يؤدي إلى عزل العقد بعضا عن بعض.
- الشبكة التامة: يمكن اختيار وصلات احتياطية حين اللزوم.
- الشبكة المختلطة: يجب تصميم الشبكة بحيث يمكن تأمين مسارات بديلة في حالة تعطل بعض العقد أو الوصلات. وفي هذه الحالة، تقاس الوثوقية بالعدد الأعظمي للوصلات والعقد التي يمكن إزالتها من الشبكة مع بقائها قادرة على تحقيق الاتصال بين جميع المشتركين فيها.

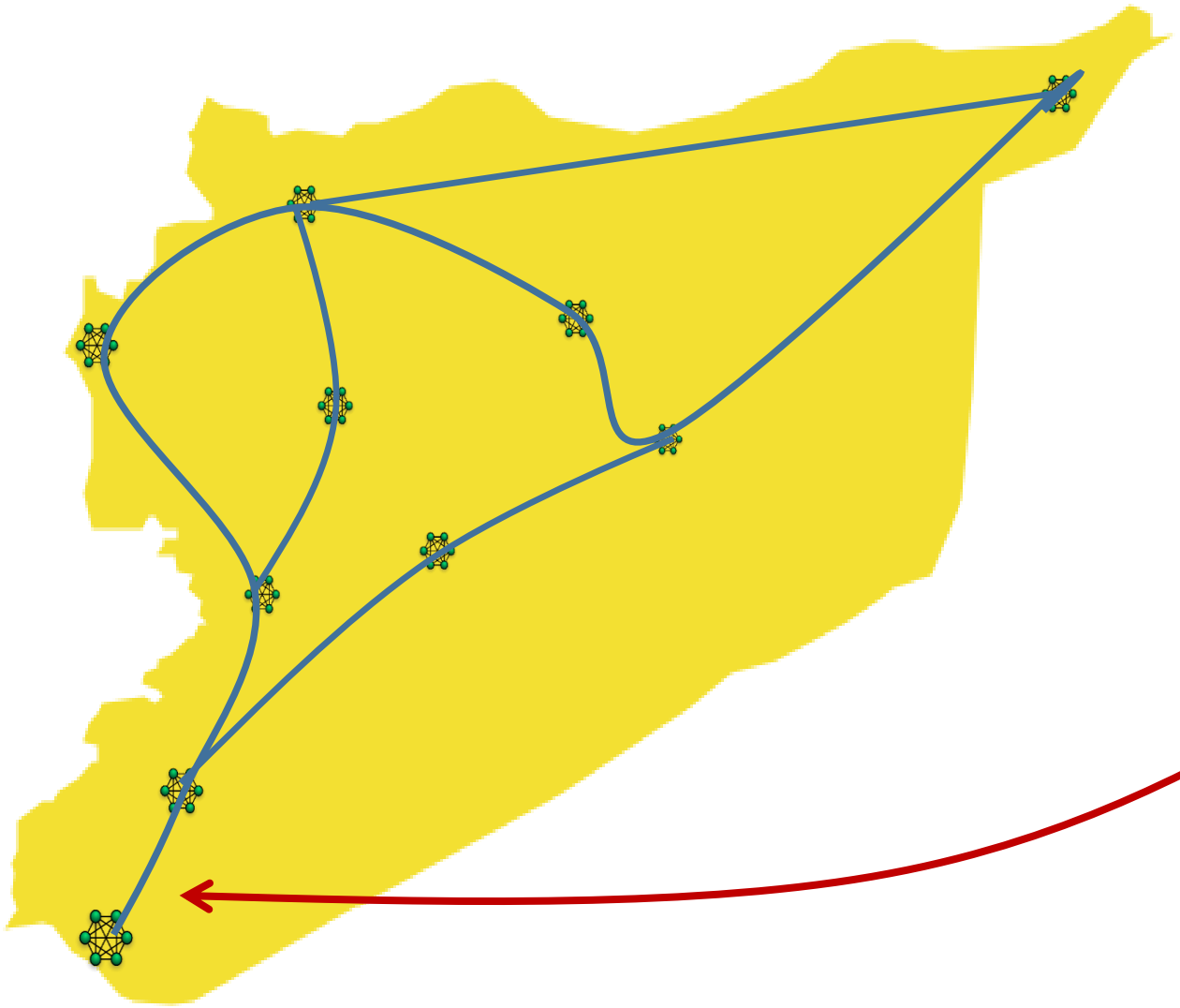
طبولوجيا الشبكات

وثوقية الشبكة

مثال: شبكة وثوقيتها ضعيفة جدا برغم وثوقية الشبكتين الكاملتين العالية



طبولوجيا الشبكات



وثوقية الشبكة

مثال افتراضي للشبكة السورية:

اتصالات المنطقة الجنوبية غير موثوقة

البنية الشرائحية Layered Architecture

من أجل ضمان نقل سليم للبيانات بين الطرفين المرسِل والمرسَل إليه، على شبكة الاتصال تحقيق ما يلي:

1. توصيل البيانات إلى المرسَل إليه حصرا، وعلى نحو سليم.
2. استيقان مصادر البيانات وحمايتها من السرقة والعبث بها.

تحت هذين البندين تندرج مهام جزئية كثيرة يجري تنفيذها بواسطة العتاديات (التجهيزات الإلكترونية) والبروتوكولات (برمجيات).

البنية الشرائحية

البروتوكول:

البروتوكول في شبكات الاتصال هو مجموعة الإجراءات والقواعد التي تحقق النقل السليم الموثوق للبيانات من المرسل إلى المستقبل.

البنية الشرائحية

البروتوكول XON, XOFF

- أبسط بروتوكول معروف هو بروتوكول التحكم بتدفق البيانات برمجيا: **XOFF** and **XON**
- عندما تكون الطابعة جاهزة لاستقبال البيانات، تُرسِل إلى الحاسوب **XON**.
- وعندما تقترب ذاكرتها من الامتلاء تُرسِل إلى الحاسوب **XOFF**.
- لا يرسل الحاسوب أي بيانات بروتوكولية إلى الطابعة.

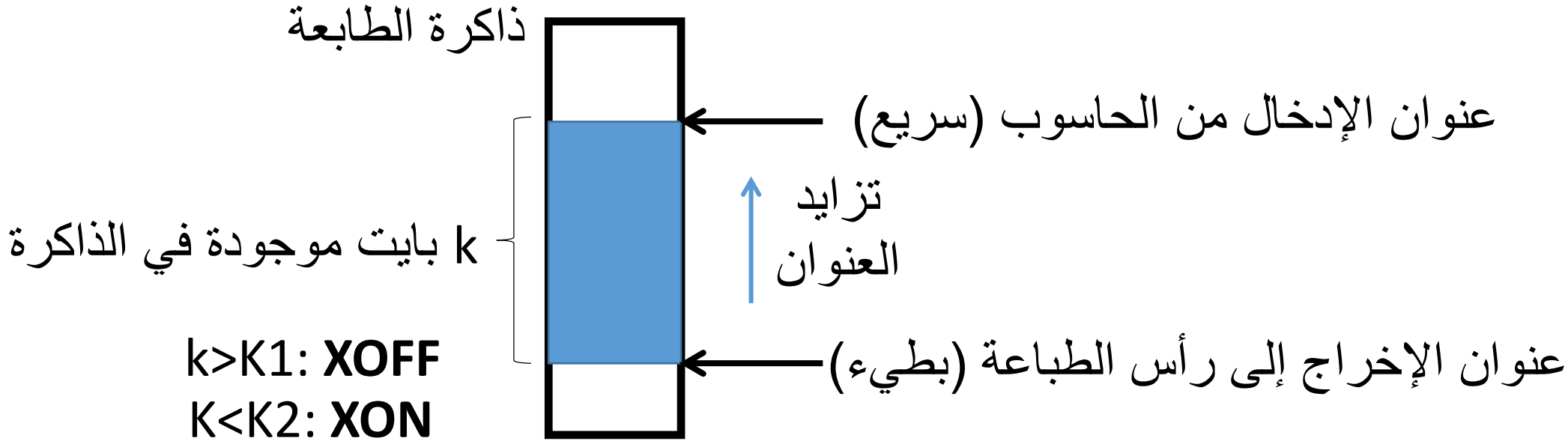
XOFF/XON representations in ASCII

Code	Meaning	ASCII	Dec	Hex	Keyboard
XOFF	Pause transmission	DC3	19	13	Ctrl + S
XON	Resume transmission	DC1	17	11	Ctrl + Q

البنية الشرائحية

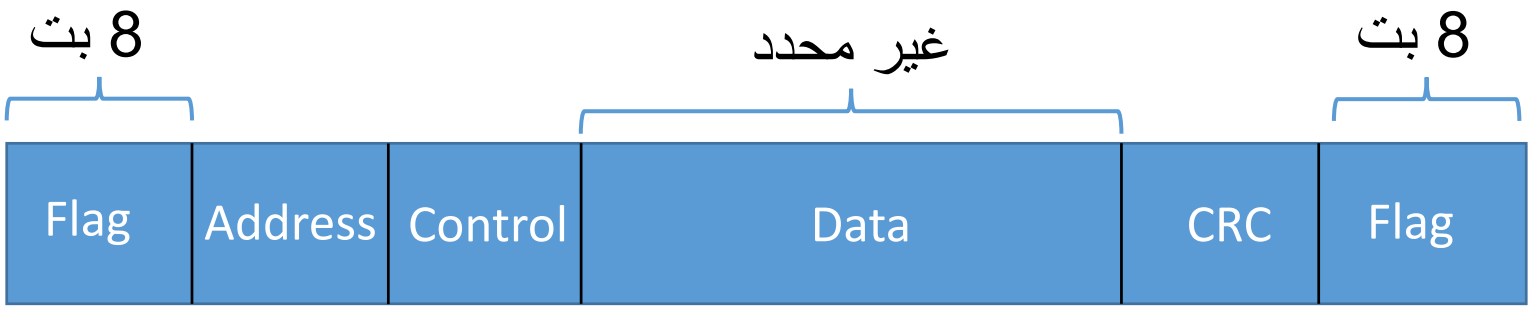
البروتوكول XON, XOFF

عندما تكون الطابعة جاهزة لاستقبال البيانات، تُرسل إلى الحاسوب XON.
وعندما تقترب ذاكرتها من الامتلاء تُرسِل إلى الحاسوب XOFF.



البنية الشرائحية

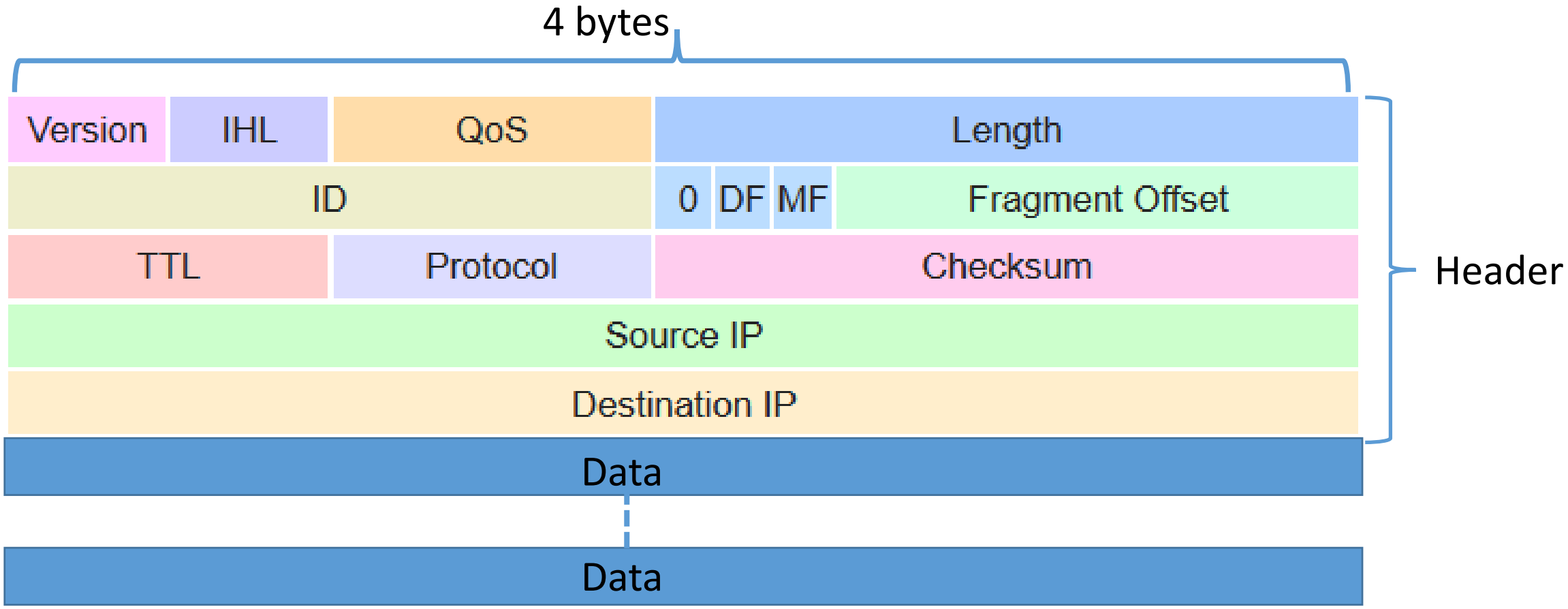
رزمة البيانات:



البنية الشرائحية

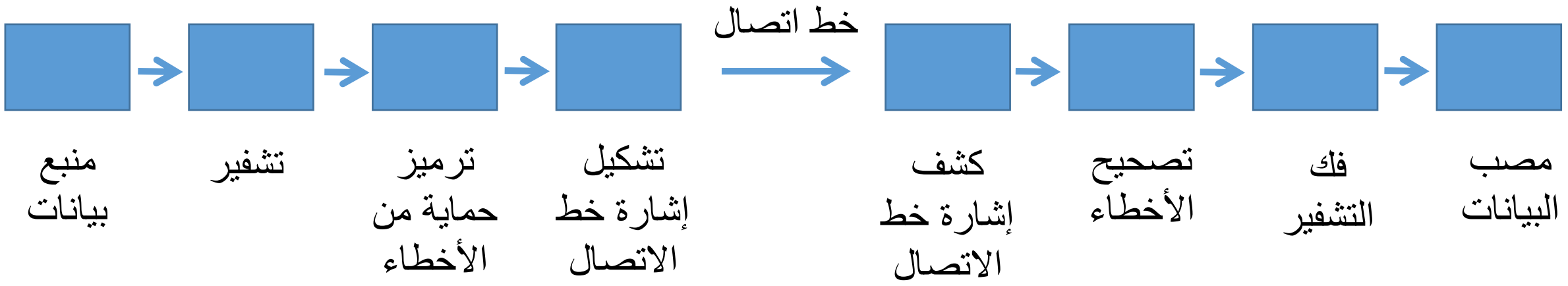
https://en.wikipedia.org/wiki/Network_packet

مثال: بنية إطار بروتوكول الإنترنت TCP/IP



البنية الشرائحية

مثال لعملية اتصال:

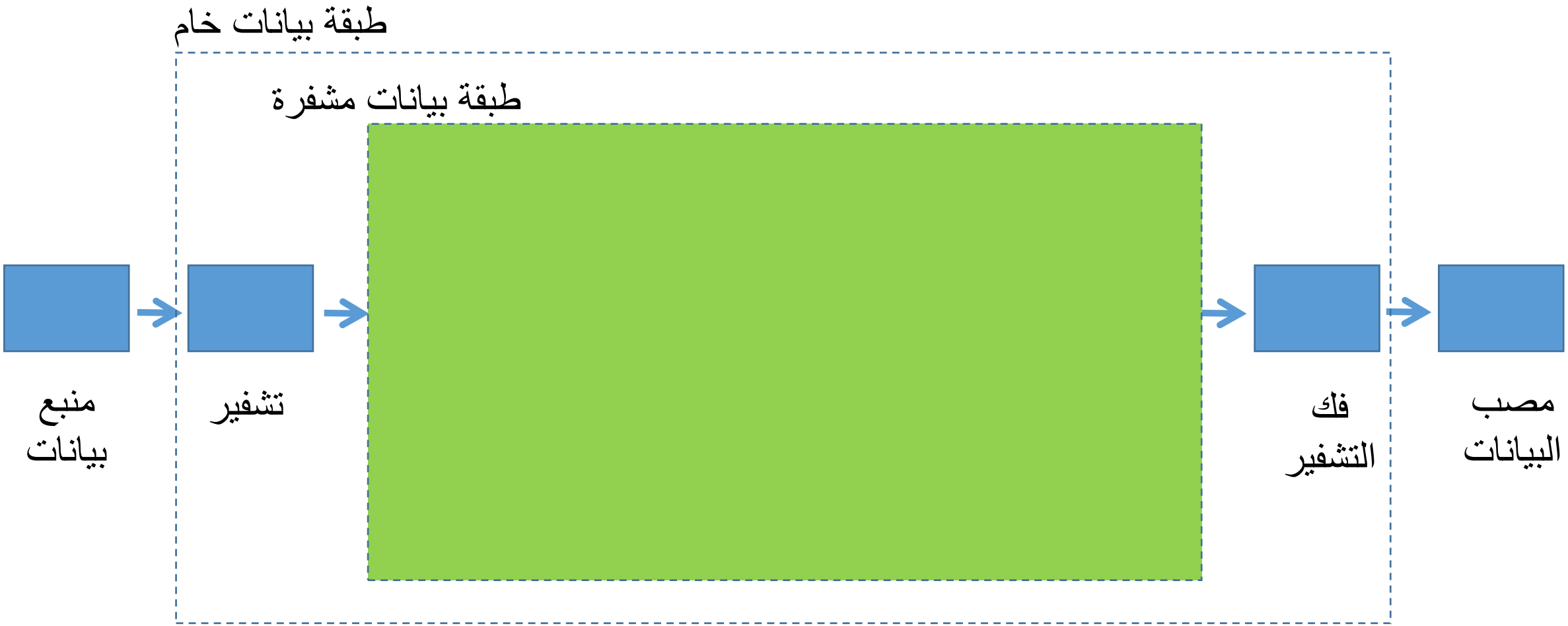


البنية الشرائحية

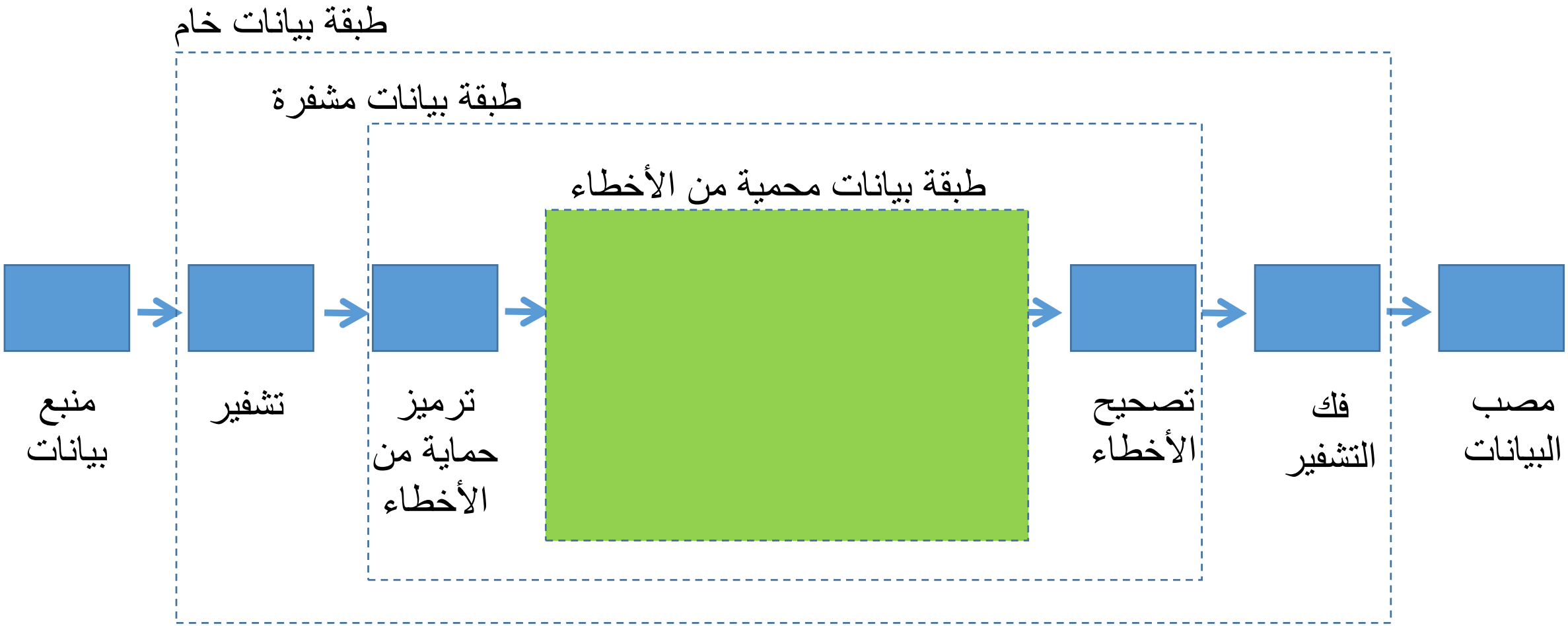
طبقات قشرة البصلة في عملية الاتصال:

كل طبقة ترى الطبقة التي خارجها منبعا للبيانات، وترى الطبقة التي بداخلها قناة اتصال.

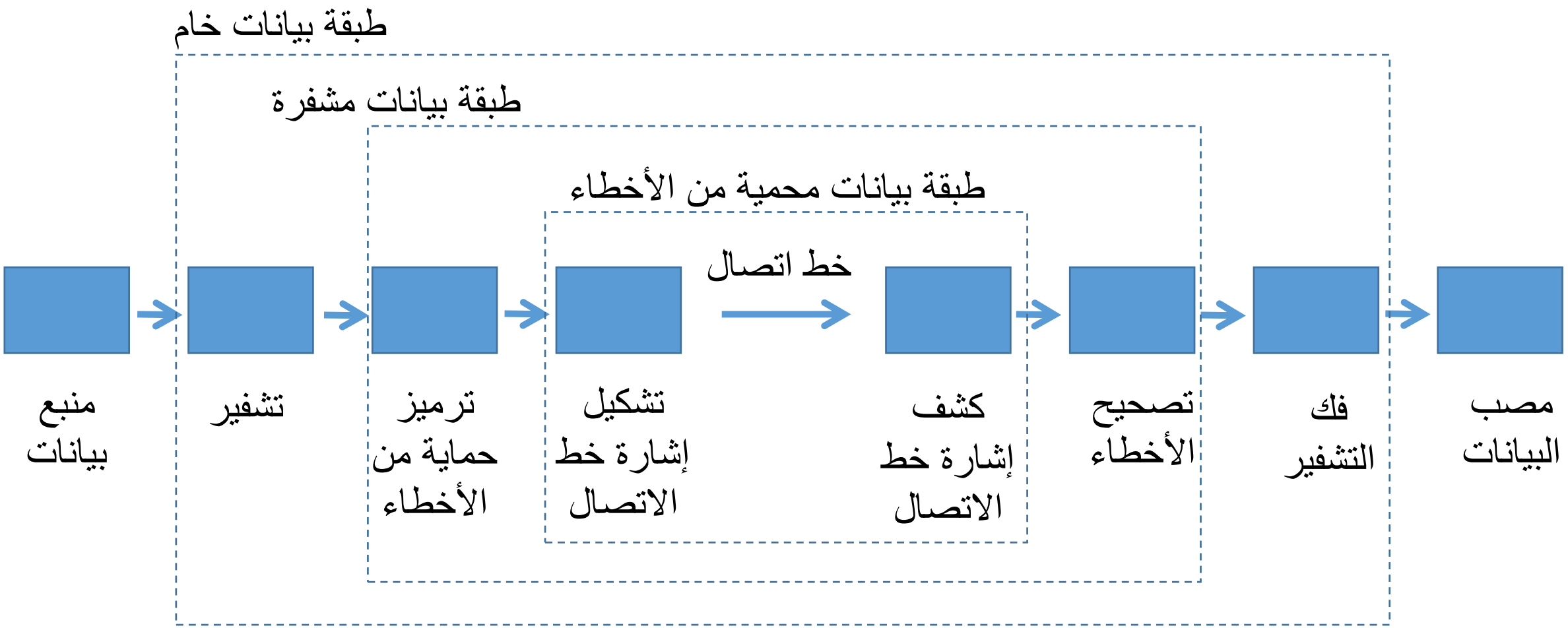
البنية الشرائحية



البنية الشرائحية

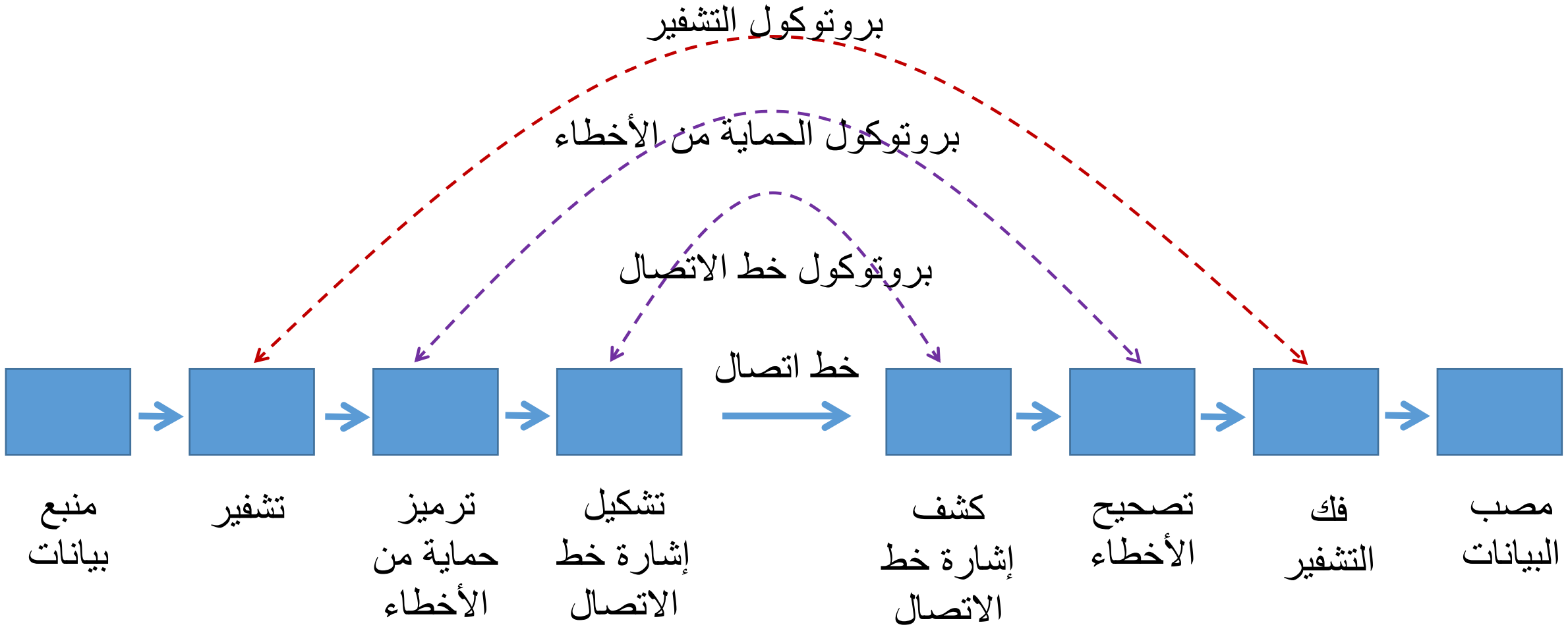


البنية الشرائحية



البنية الشرائحية

مثال: بروتوكولات قشرة البصلة في عملية الاتصال:



البنية الشرائحية

ISO-OSI model

البروتوكولات في شبكات الاتصالات الرقمية أعقد بكثير من بروتوكول التحكم بالتدفق البسيط. وقد حُدِّدت المهام التي تنفِّذها البروتوكولات فيما يُعرف بـ:

نموذج لنظام الاتصال المفتوح
model for Open System Interconnection (OSI)

نموذج مرجعي يصف سبع شرائح (طبقات) في نظام الاتصال المفتوح وضعته منظمة المقايِس الدولية International organization of Standardization (ISO).

البنية الشرائحية

ISO-OSI model

أغراض النموذج:

- تمثيل المرجع في عملية تطوير وخلق خدمات اتصالات جديدة وتحديد الإجراءات اللازمة لها.
- تمكين جميع المستعملين من التواصل معا برغم اختلاف مصادر تجهيزاتهم.

البنية الشرائحية

ISO-OSI model

المبادئ التي وُضِع النموذج على أساسها:

- تُخلق شريحة حيثما كانت ثمة حاجة لعزل مجموعة وظائف من أسرة واحدة.
- تحتوي الشريحة على وظائف محددة ومعرَّفة.
- يهدف النموذج إلى وضع بروتوكولات شرائحية موصَّفة عالميا.
- يجب أن يكون مقدار البيانات الإضافية (بيانات التحكم والخدمة .. إلخ) التي تمر بين الشرائح المتجاورة أصغريا.
- يجب أن يكون عدد الشرائح كبيرا بقدر كاف، دون إفراط، لتحقيق أغراضه.

البنية الشرائحية

ISO-OSI model

المبادئ التي وُضِع النموذج على أساسها:

- تُخلق شريحة حيثما كانت ثمة حاجة لعزل مجموعة وظائف من أسرة واحدة.
- تحتوي الشريحة على وظائف محددة ومعرَّفة.
- يهدف النموذج إلى وضع بروتوكولات شرائحية موصَّفة عالميا.
- يجب أن يكون مقدار البيانات الإضافية (بيانات التحكم والخدمة .. إلخ) التي تمر بين الشرائح المتجاورة أصغريا.
- يجب أن يكون عدد الشرائح كبيرا بقدر كاف، دون إفراط، لتحقيق أغراضه.

البنية الشرائحية

ISO-OSI model

المبادئ التي وُضِع النموذج على أساسها:

- تُخلق شريحة حيثما كانت ثمة حاجة لعزل مجموعة وظائف من أسرة واحدة.
- تحتوي الشريحة على وظائف محددة ومعرَّفة.
- يهدف النموذج إلى وضع بروتوكولات شرائحية موصَّفة عالميا.
- يجب أن يكون مقدار البيانات الإضافية (بيانات التحكم والخدمة .. إلخ) التي تمر بين الشرائح المتجاورة أصغريا.
- يجب أن يكون عدد الشرائح كبيرا بقدر كاف، دون إفراط، لتحقيق أغراضه.

البنية الشرائحية

ISO-OSI model

المبادئ التي وُضِع النموذج على أساسها:

- تُخلق شريحة حيثما كانت ثمة حاجة لعزل مجموعة وظائف من أسرة واحدة.
- تحتوي الشريحة على وظائف محددة ومعرَّفة.
- يهدف النموذج إلى وضع بروتوكولات شرائحية موصَّفة عالميا.
- يجب أن يكون مقدار البيانات الإضافية (بيانات التحكم والخدمة .. إلخ) التي تمر بين الشرائح المتجاورة أصغريا.
- يجب أن يكون عدد الشرائح كبيرا بقدر كاف، دون إفراط، لتحقيق أغراضه.

البنية البروتوكولية لشبكات نقل البيانات البنية الشرائحية

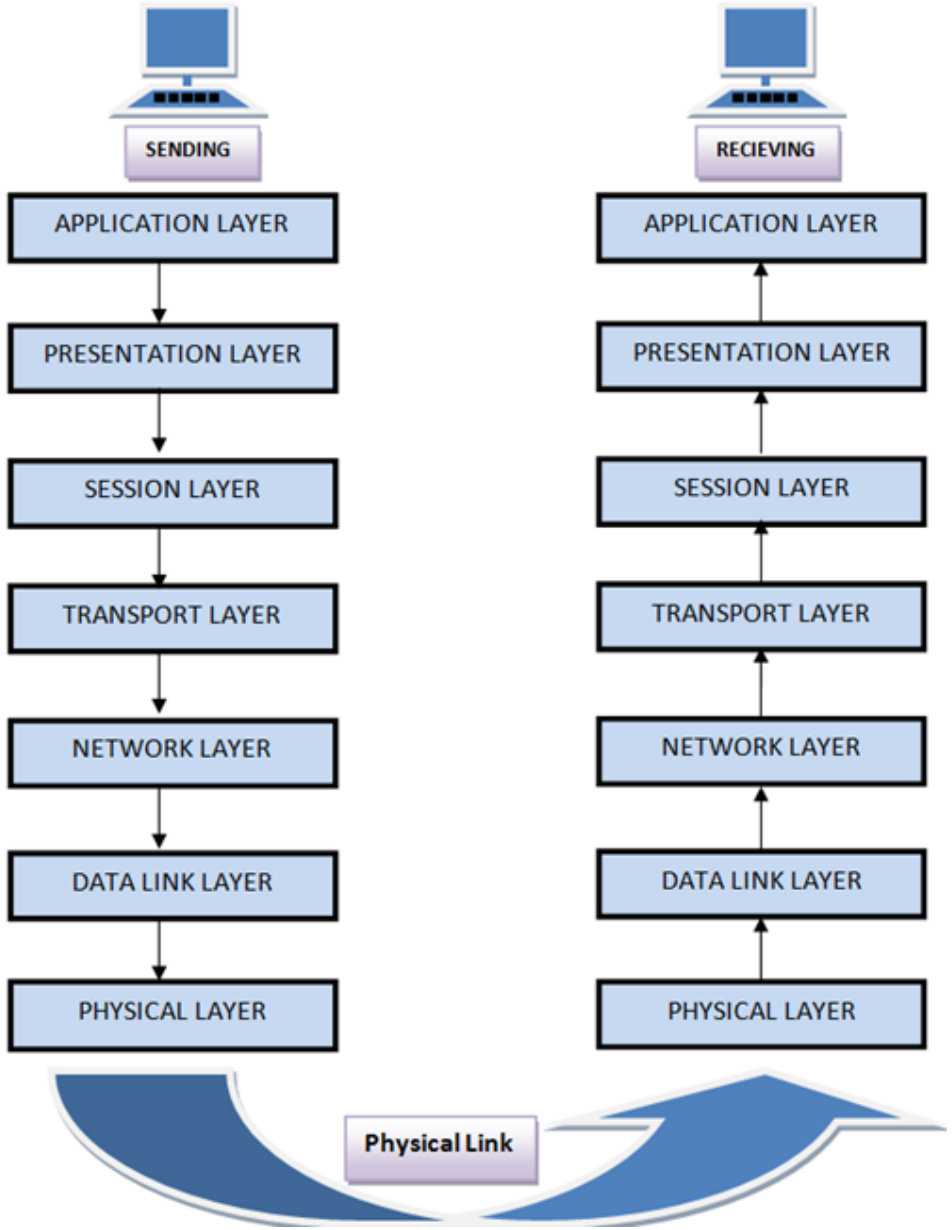
ISO-OSI model

المبادئ التي وُضِع النموذج على أساسها:

- تُخلق شريحة حيثما كانت ثمة حاجة لعزل مجموعة وظائف من أسرة واحدة.
- تحتوي الشريحة على وظائف محددة ومعرَّفة.
- يهدف النموذج إلى وضع بروتوكولات شرائحية موصَّفة عالميا.
- يجب أن يكون مقدار البيانات الإضافية (بيانات التحكم والخدمة .. إلخ) التي تمر بين الشرائح المتجاورة أصغريا.
- يجب أن يكون عدد الشرائح كبيرا بقدر كاف، دون إفراط، لتحقيق أغراضه.

ISO-OSI model

البنية البروتوكولية لشبكات نقل البيانات



شريحة التطبيق

شريحة التقديم

شريحة الحصة

شريحة النقل

شرائح في نظام التشغيل

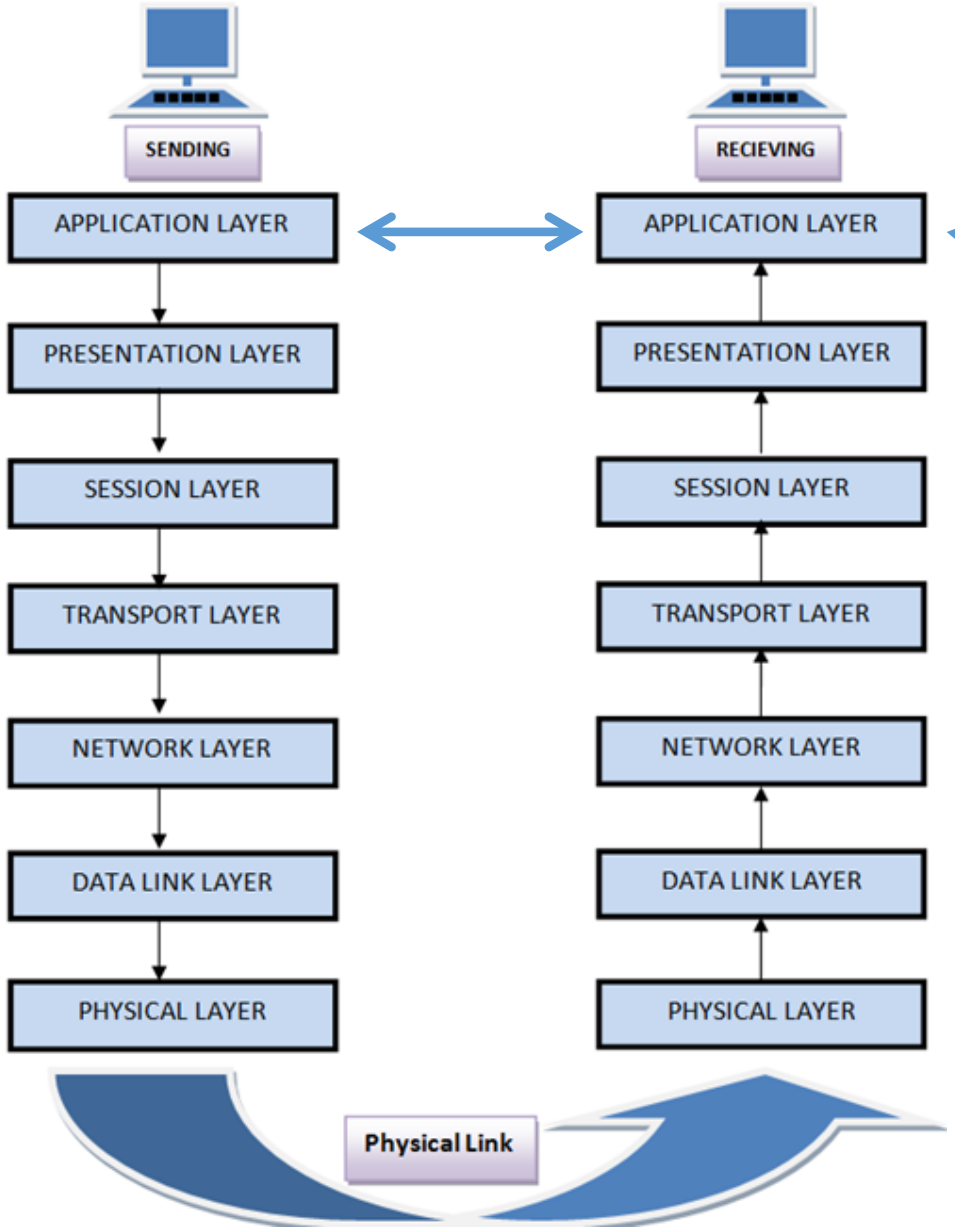
شريحة الشبكة

شريحة الوصلة

الشريحة الفيزيائية

شرائح التراسل

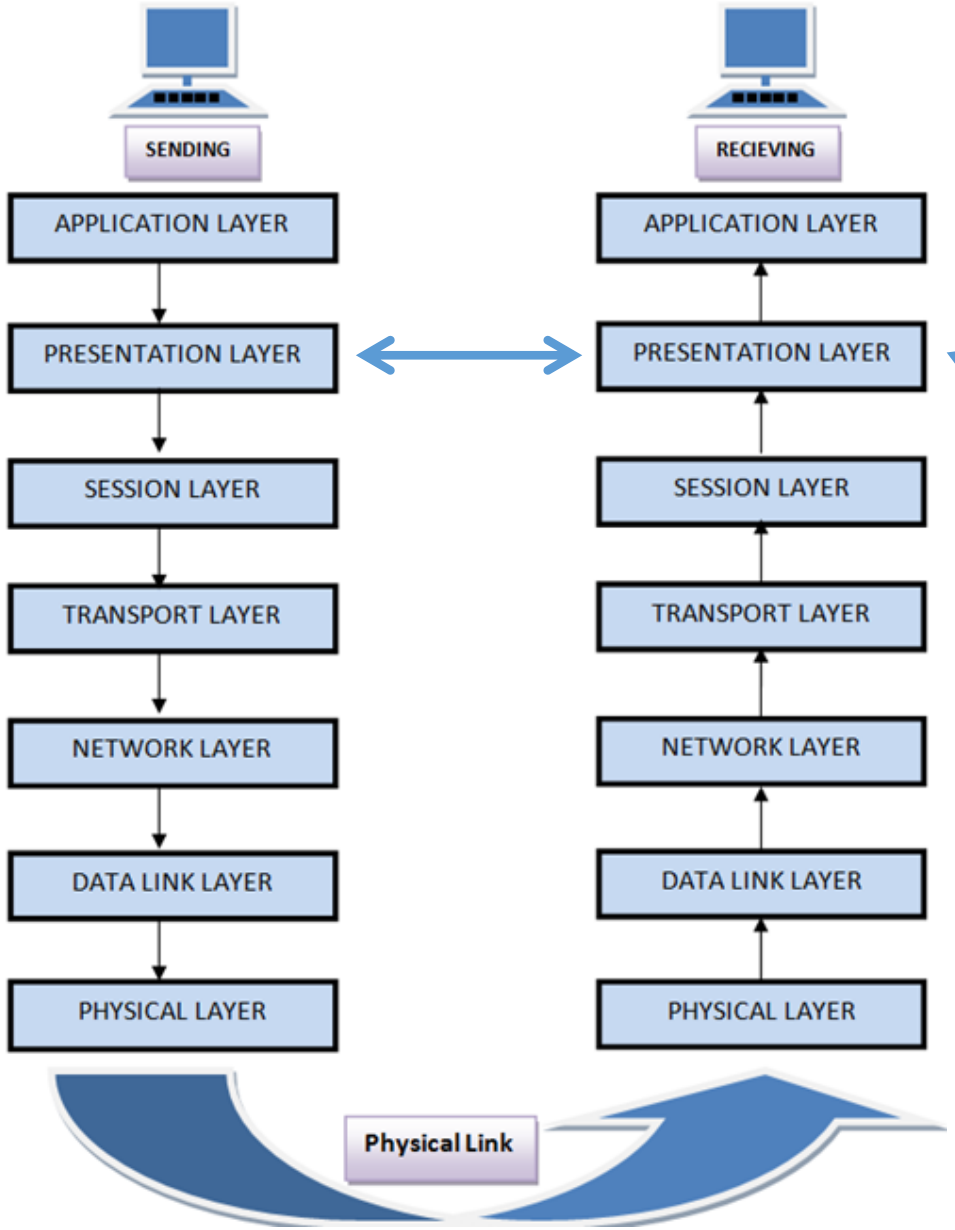
ISO-OSI model



شريحة التطبيق

شريحة التطبيقات التي من مثل شبكات التواصل الاجتماعي والبريد الإلكتروني والوب.. إلخ.

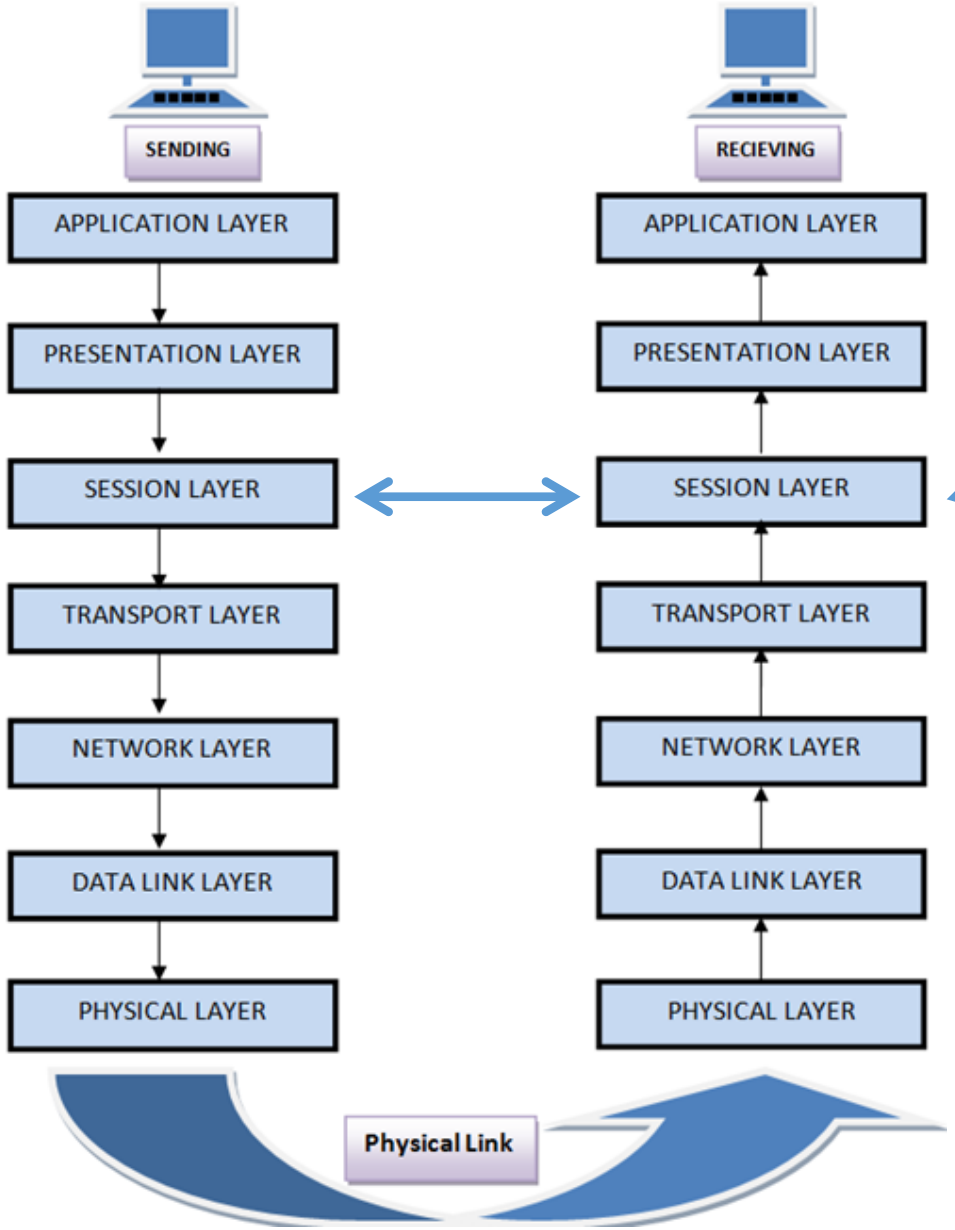
ISO-OSI model



شريحة التقديم

شريحة تُجرى فيها عمليات على البيانات من مثل التشفير وتحديد اللغة وضغط البيانات.. إلخ.

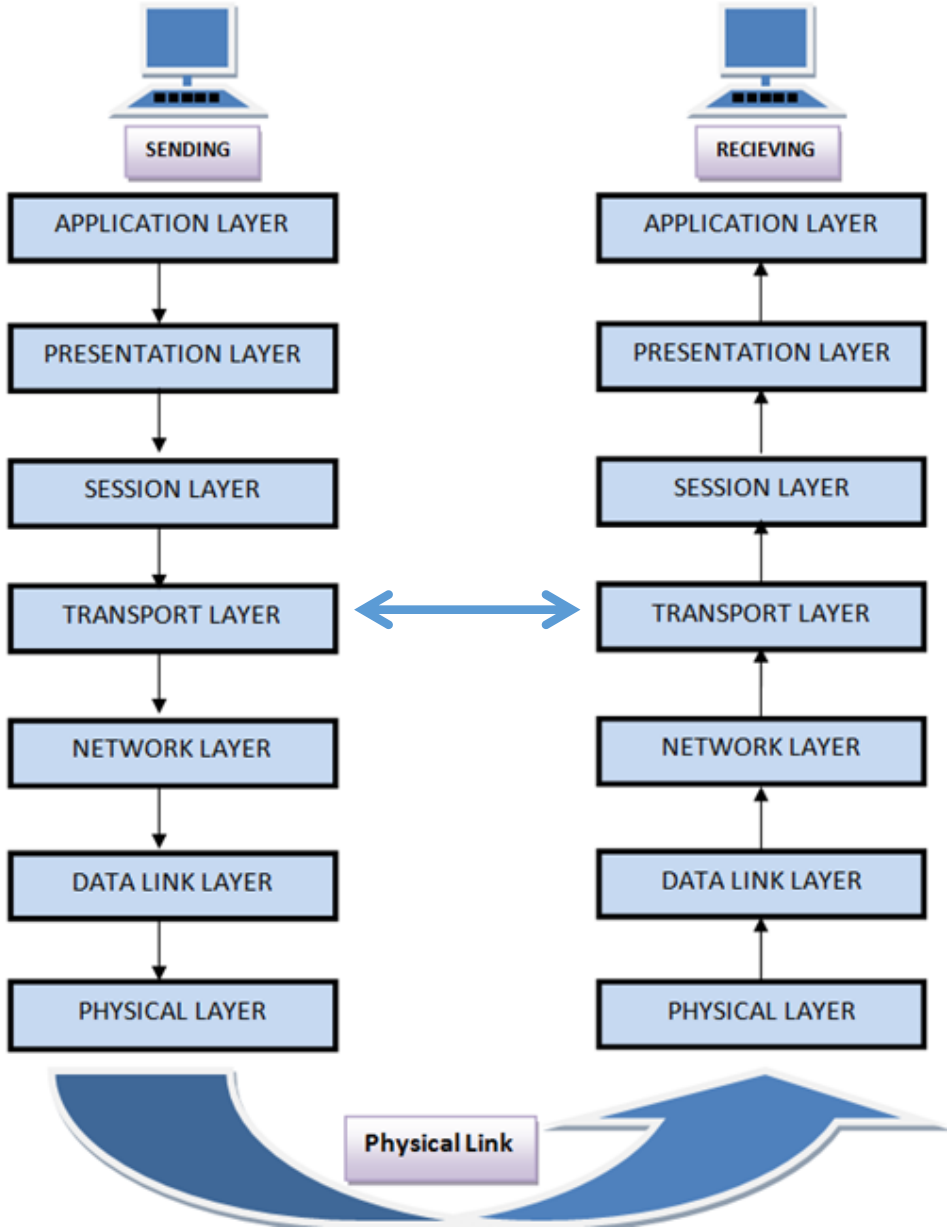
ISO-OSI model



شريحة الحصة

شريحة تُشرف على إقامة الاتصال والتعارف بين المتصلين واستيقان هويتيهما.. إلخ.

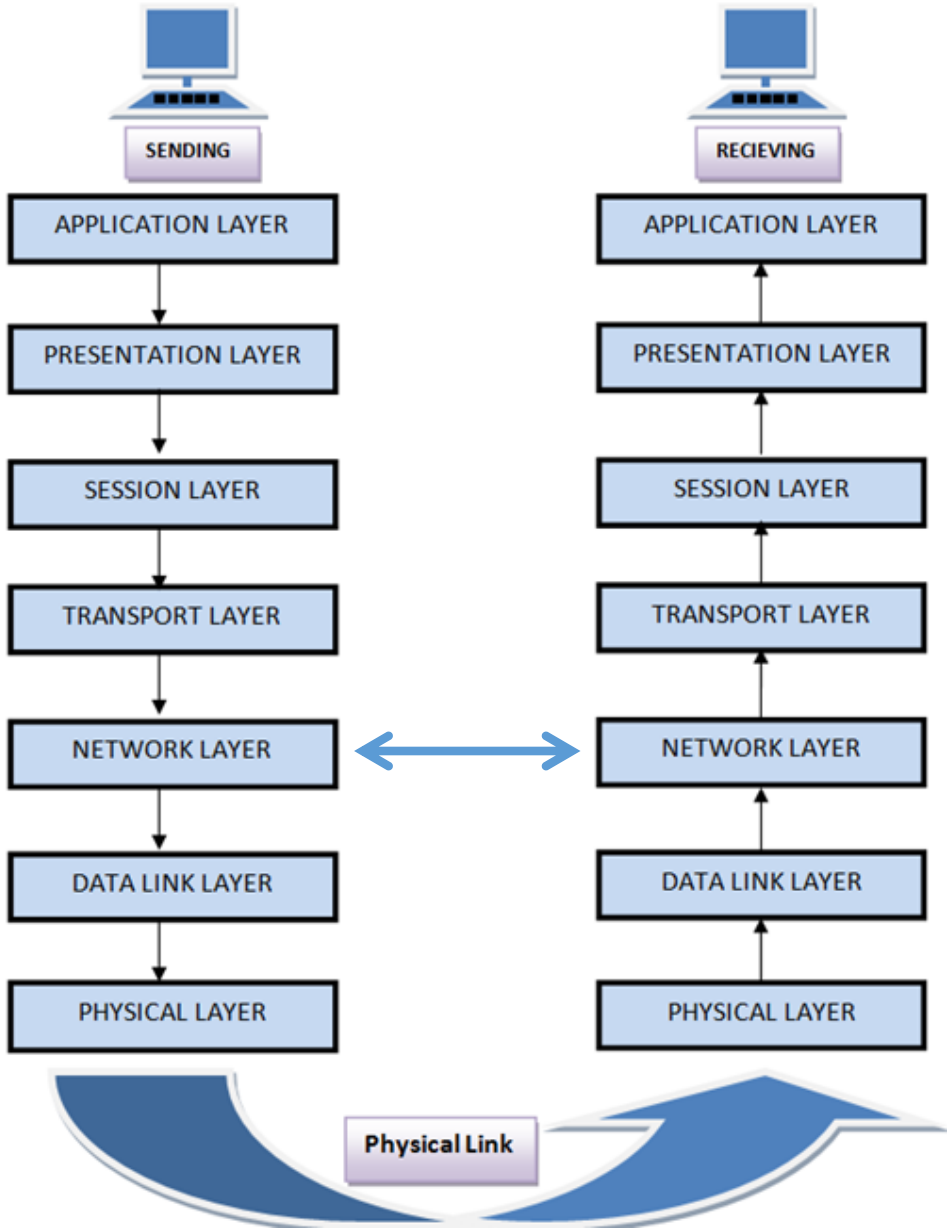
ISO-OSI model



شريحة النقل

شريحة تُشرف على تحضير البيانات للنقل وتأمين وثوقيتها وتنضيدها.. إلخ. من أمثلة مهام هذه الشريحة تنفيذ بروتوكول الإنترنت TCP/IP.

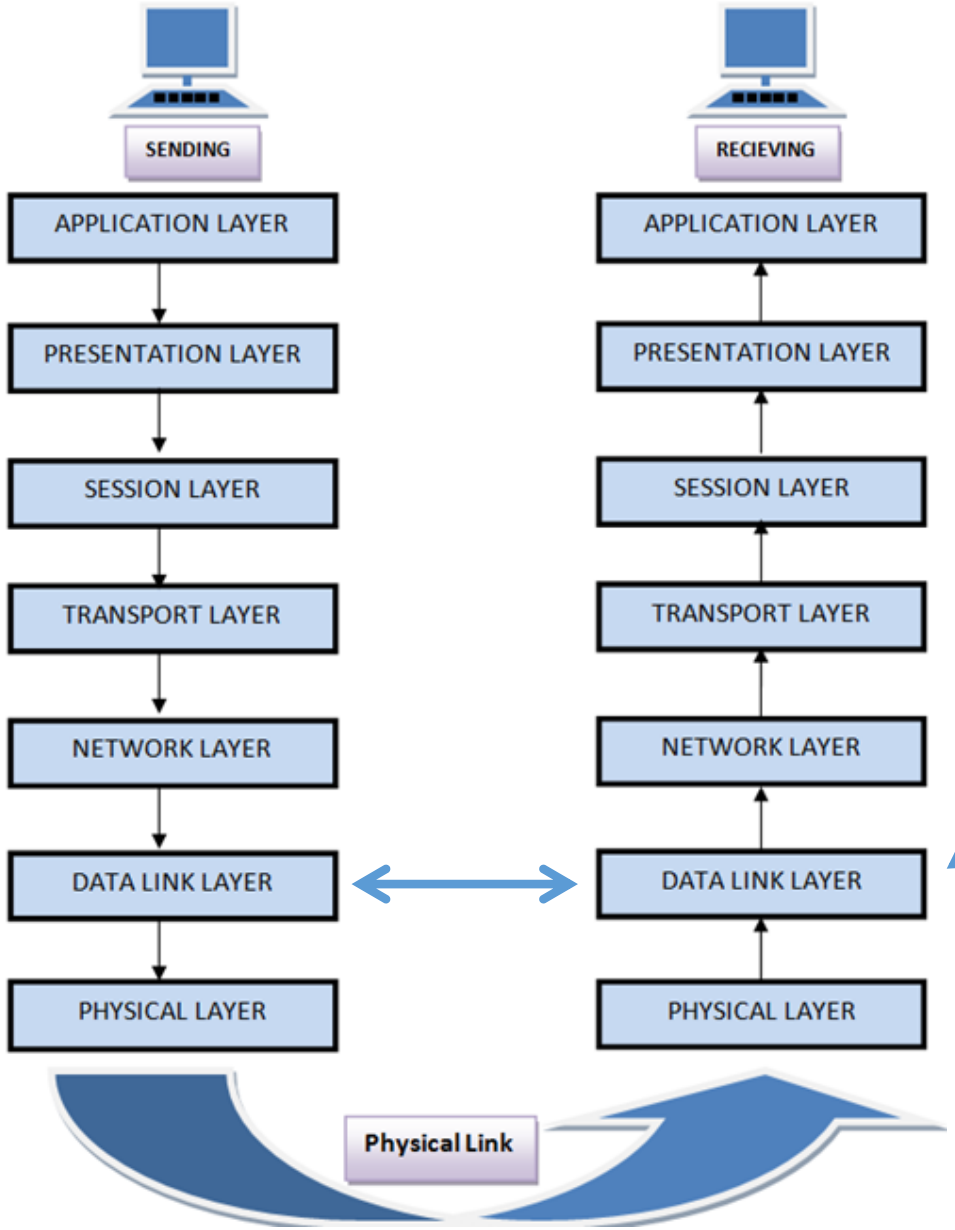
ISO-OSI model



شريحة الشبكة

شريحة تُشرف على تسيير البيانات في الشبكة وتوجيهها.

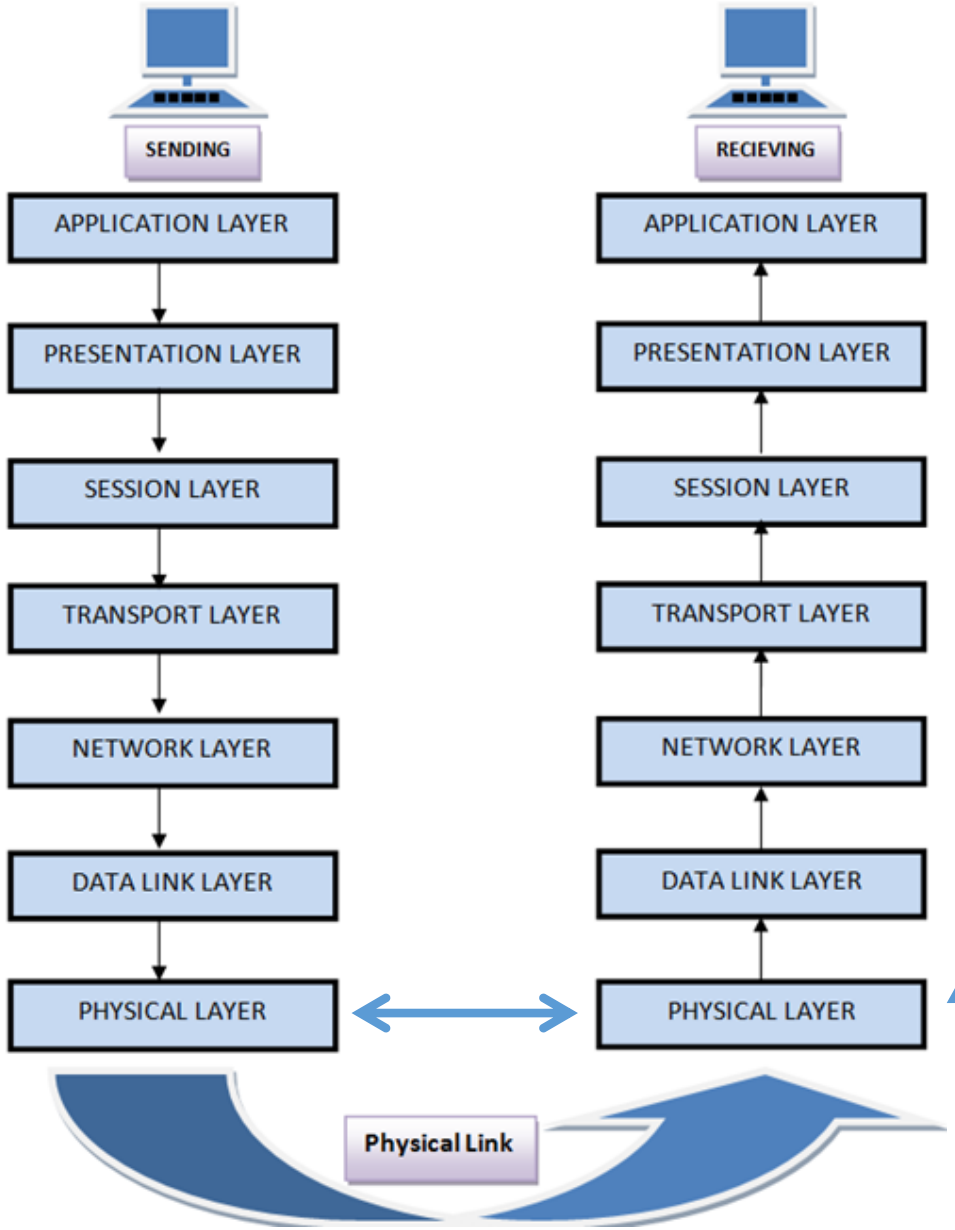
ISO-OSI model



شريحة الوصلة

شريحة تُشرف على نقل البيانات على الوصلة والتحقق من سلامتها. في هذه الشريحة تُكوَّن الأطر.

ISO-OSI model



الشريحة الفيزيائية

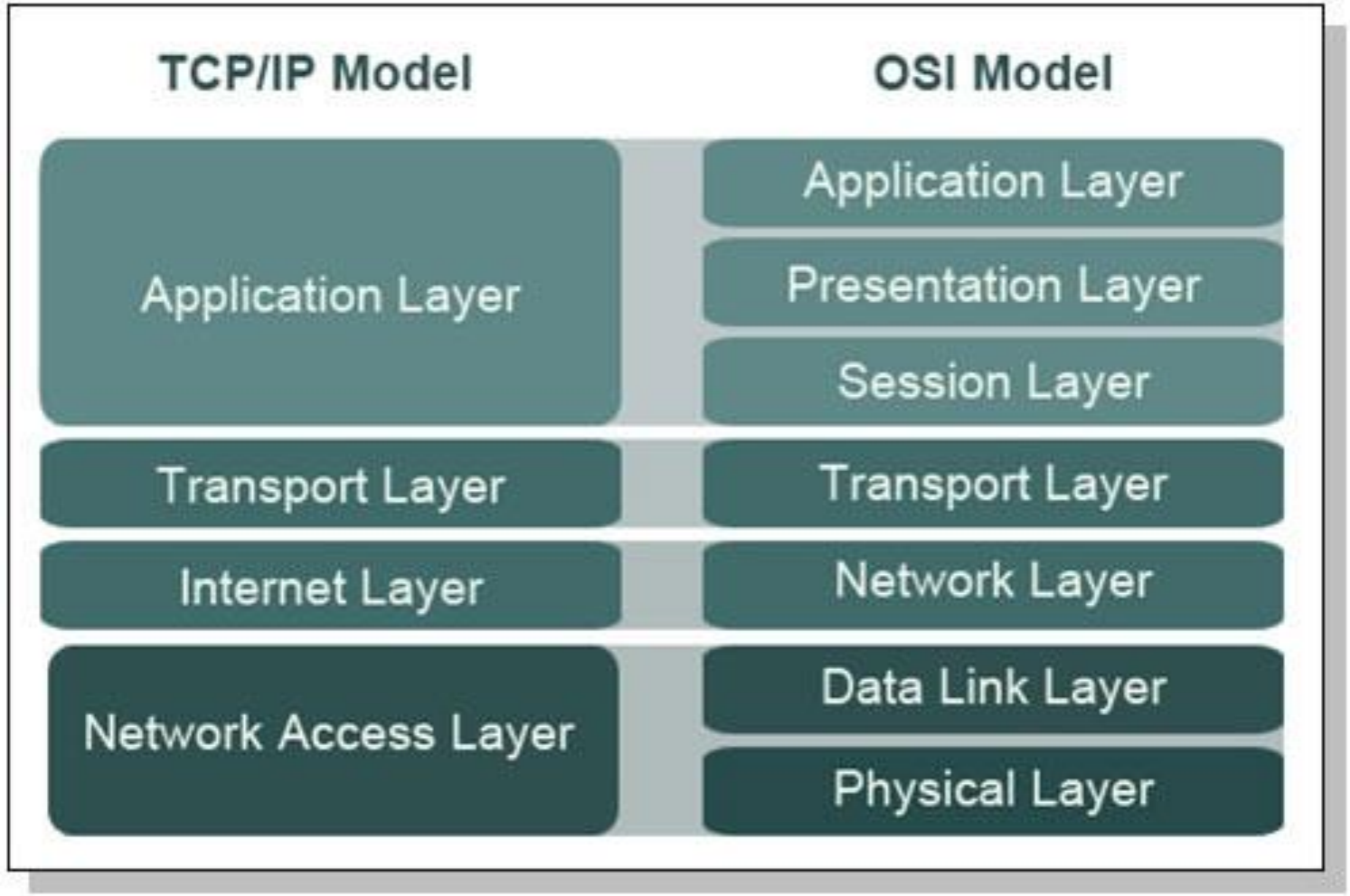
شريحة التجهيزات والعتاديات التي يتألف منها خط الاتصال.

تم تقديم تقنيات ومهام هذه الشريحة في فصل:

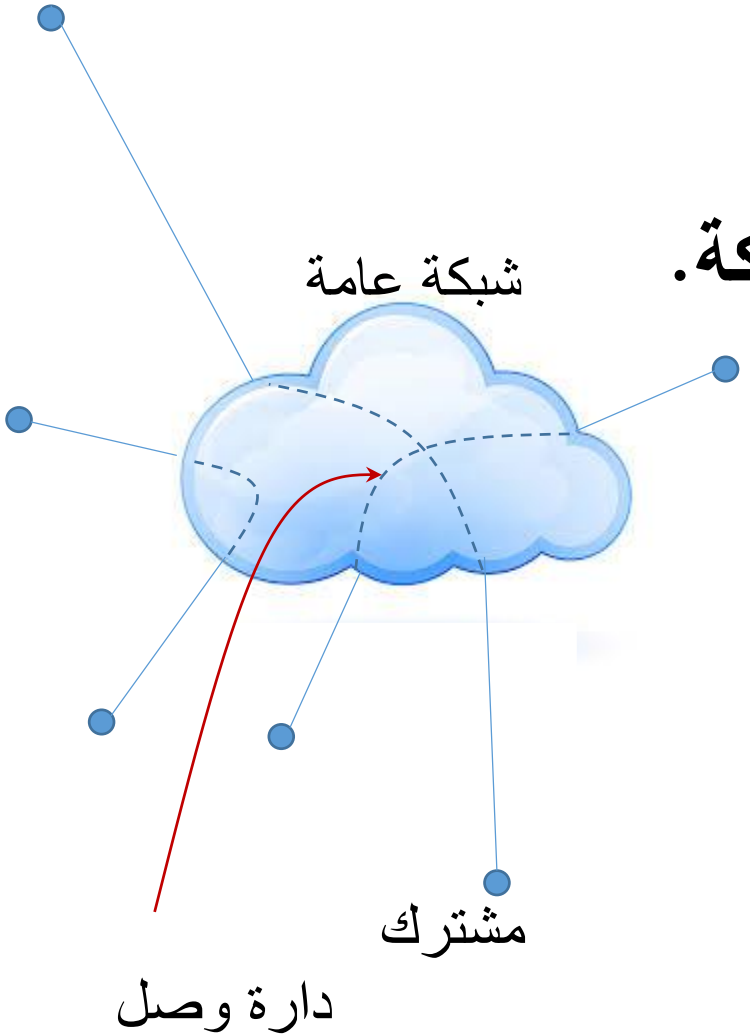
المفاهيم والتقنيات الأساسية للاتصالات

البنية الشرائحية

مقارنة نموذج البروتوكول TCP/IP مع OSI



شريحة الشبكة- التبديل
Switching



تعاريف:

المشترِك: هو شخص أو حاسوب أو أي آلة أخرى موصولة بالشبكة.

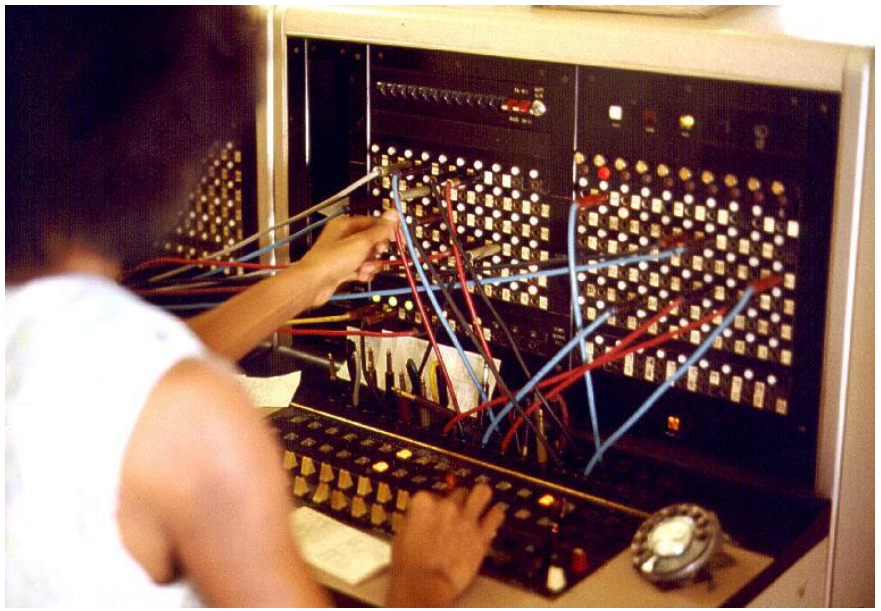
التبديل: هو عملية وصل مشترك مع آخر عبر الشبكة.

دارة الوصل: دارة ضمن الشبكة تصل بين مشتركين.

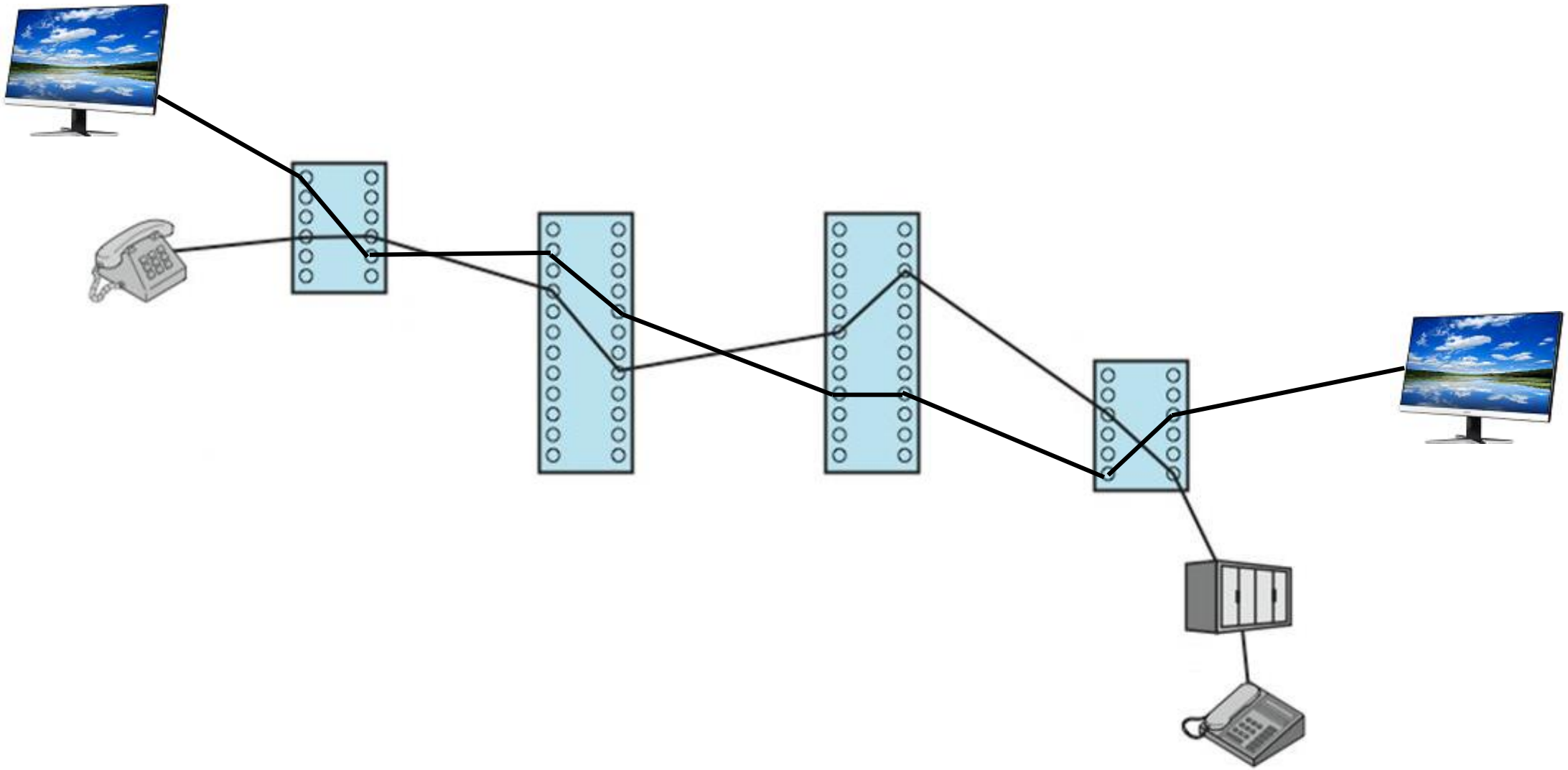
التبديل

التبديل اليدوي

- أول أنواع التبديل في التاريخ.
- استمر استعماله حتى أيامنا هذه في بعض المناطق النائية.



التبديل



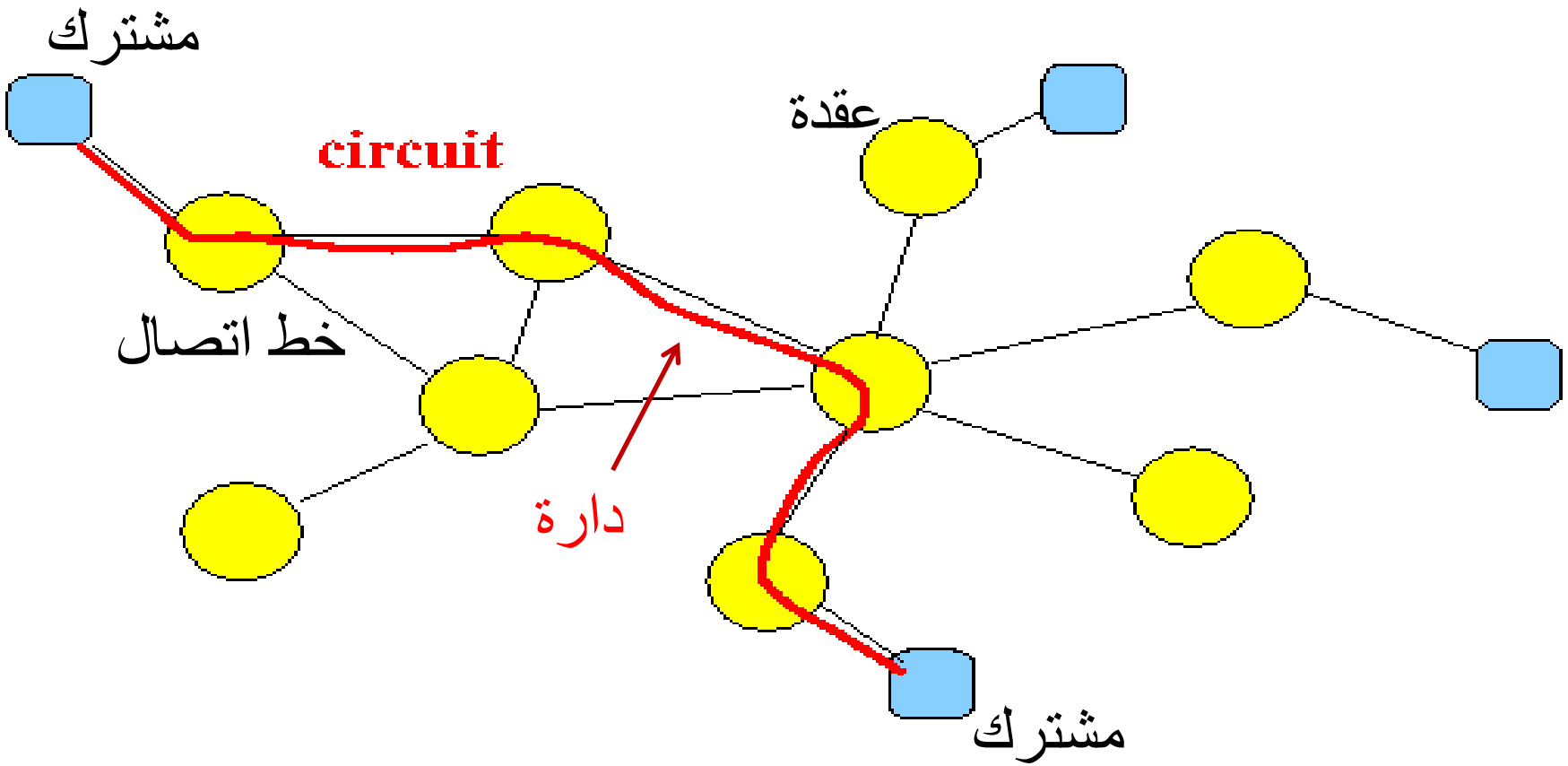
التبديل

أنواع التبديل

تبديل بالدارات Circuit Switching
تبديل بالرزم Packet Switching

التبديل

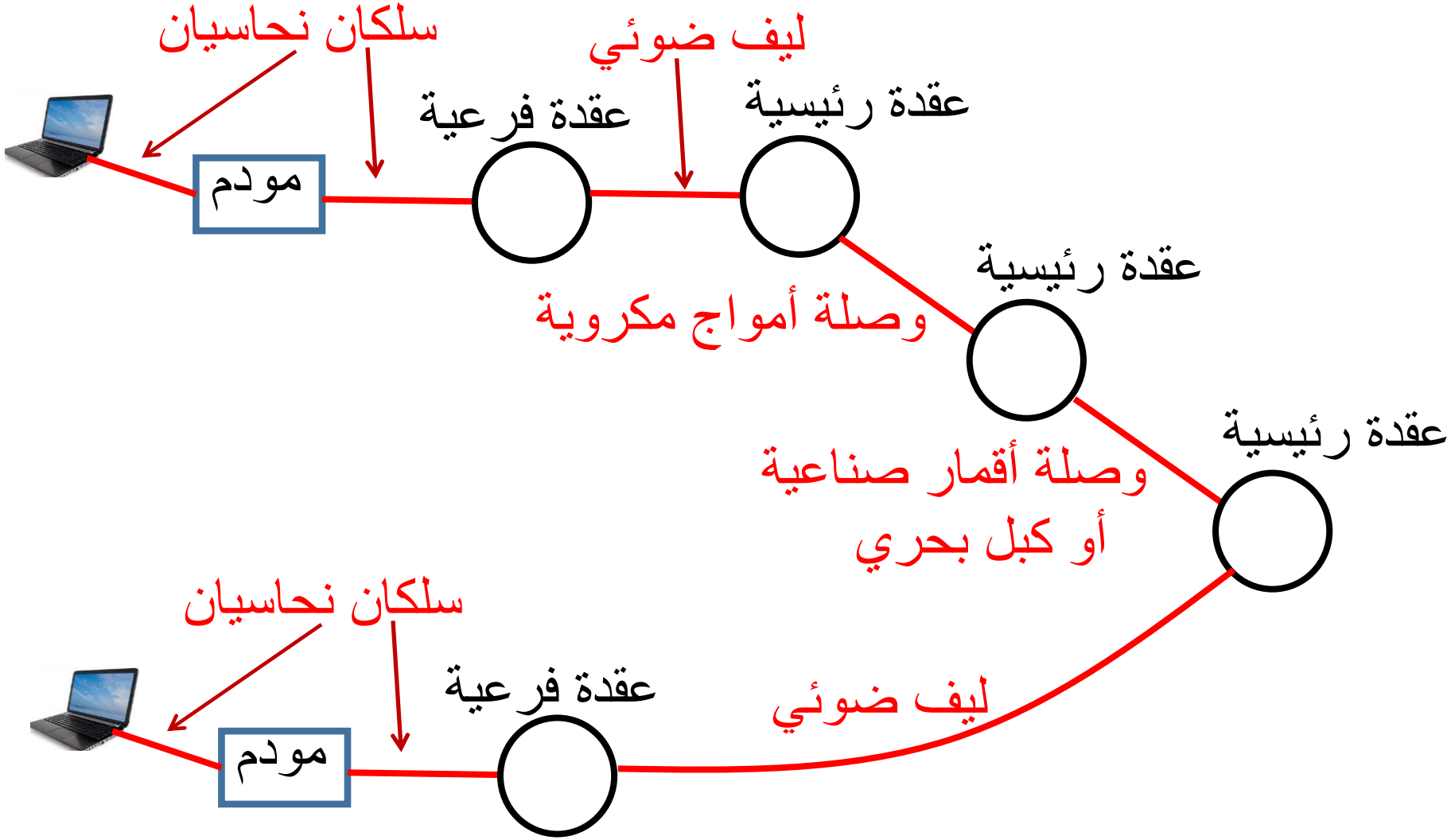
التبديل بالدارات



التبديل

التبديل بالدارات

مثال للدارة



التبديل

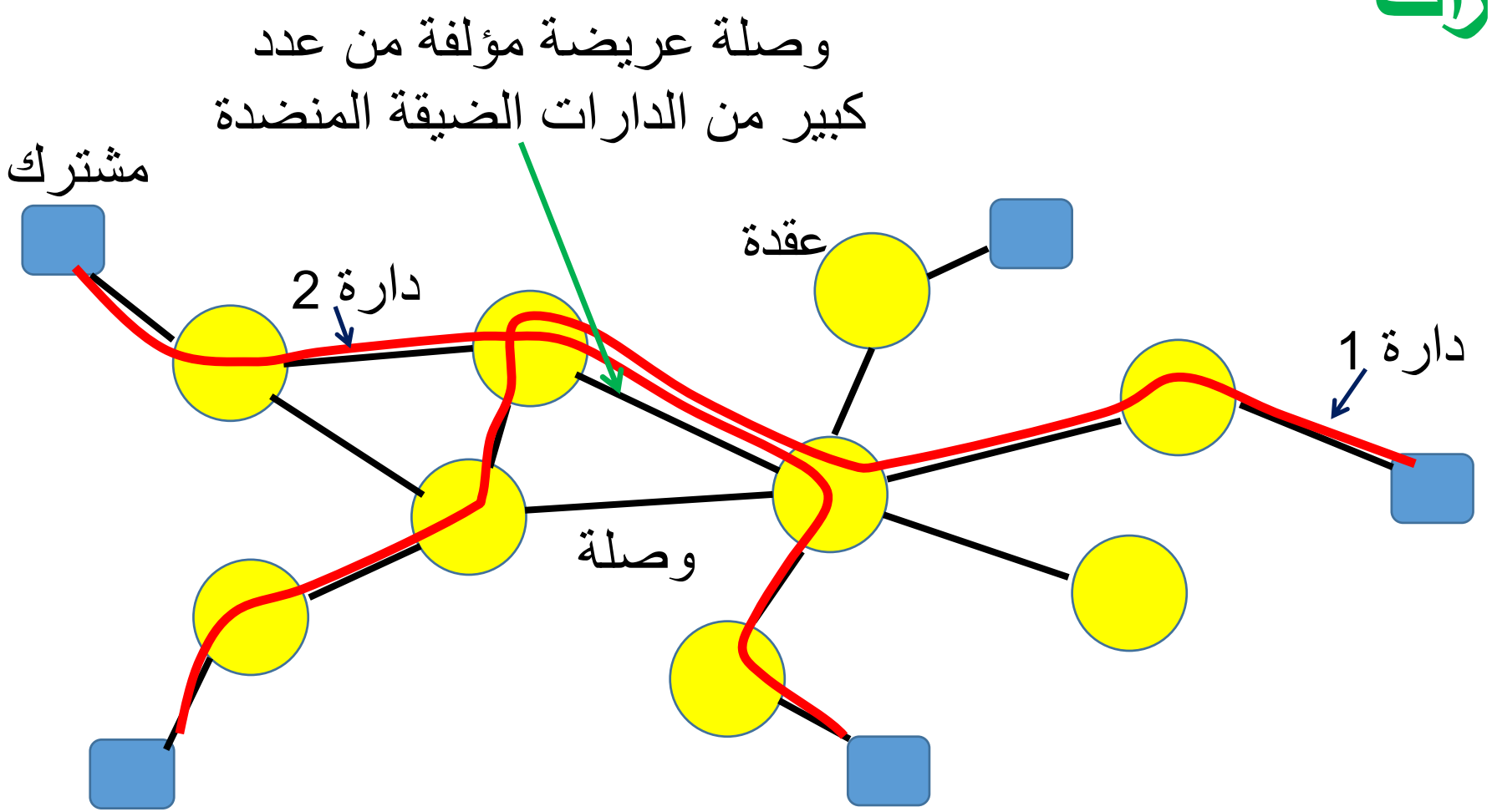
التبديل بالدارات

في الليف الضوئي أو وصلة الأمواج المكروية أو الوصلة الفضائية وغيرها من القنوات ذات المجال الترددي العريض التي يمكن أن تحمل عددا كبيرا من الدارات ذات المجال الترددي الضيق بالتنضيد الزمني أو الترددي أو الرمازي:

كل دارة إفرادية منضدة يمكن أن تكون جزءا من دارة الاتصال في نمط التبديل بالدارات

التبديل

التبديل بالدارات



التبديل

مراحل إقامة الاتصال في التبديل بالدارات

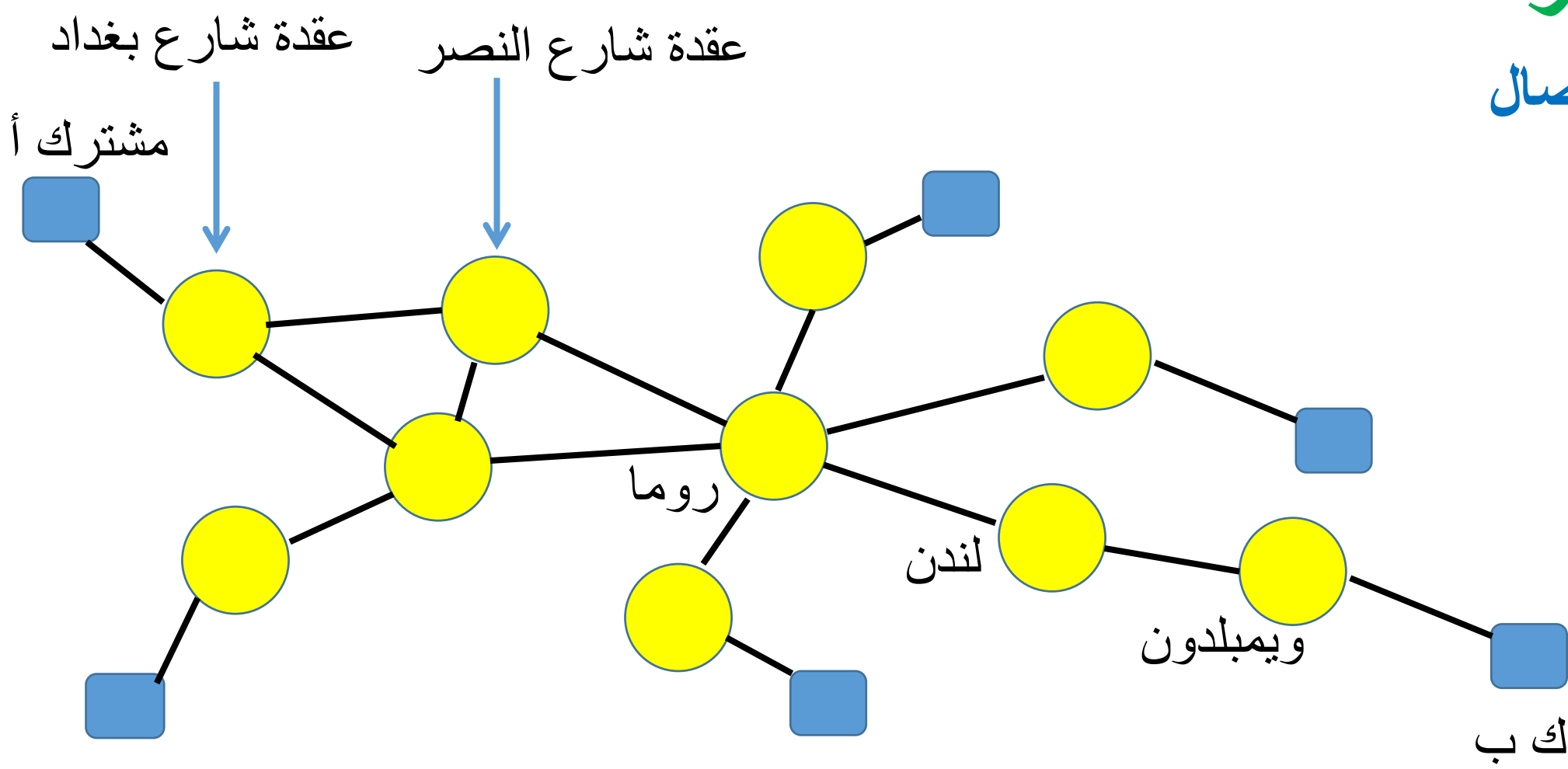
1) يطلب المرسل إقامة الاتصال
2) إذا كانت هناك دارة وصل متوفرة أُعطي المرسل الموافقة على تقديم عنوان المستقبل.
3) يقدم المرسل عنوان المرسَل إليه (رقم الهاتف مثلا).
4) تقوم الشبكة بتحديد مسار الدارة بناء على العنوان. يمكن أن يحصل تأخير بسيط أثناء تحديد المسار (إقامة الاتصال) تبعا لمقدار الحركة في الشبكة.
5) إذا كان المستقبل غير مشغول، أعطته تنبيها متزامنا مع إعلام المرسِل بذلك، وإلا أعلمت المرسِل بانشغال المستقبل.
6) بعد إنها ء المتصلَيْن اتصالهما، تُحرَّر الدارة.

التبديل

التبديل بالدارات

مراحل إقامة الاتصال

مثال غير حقيقي



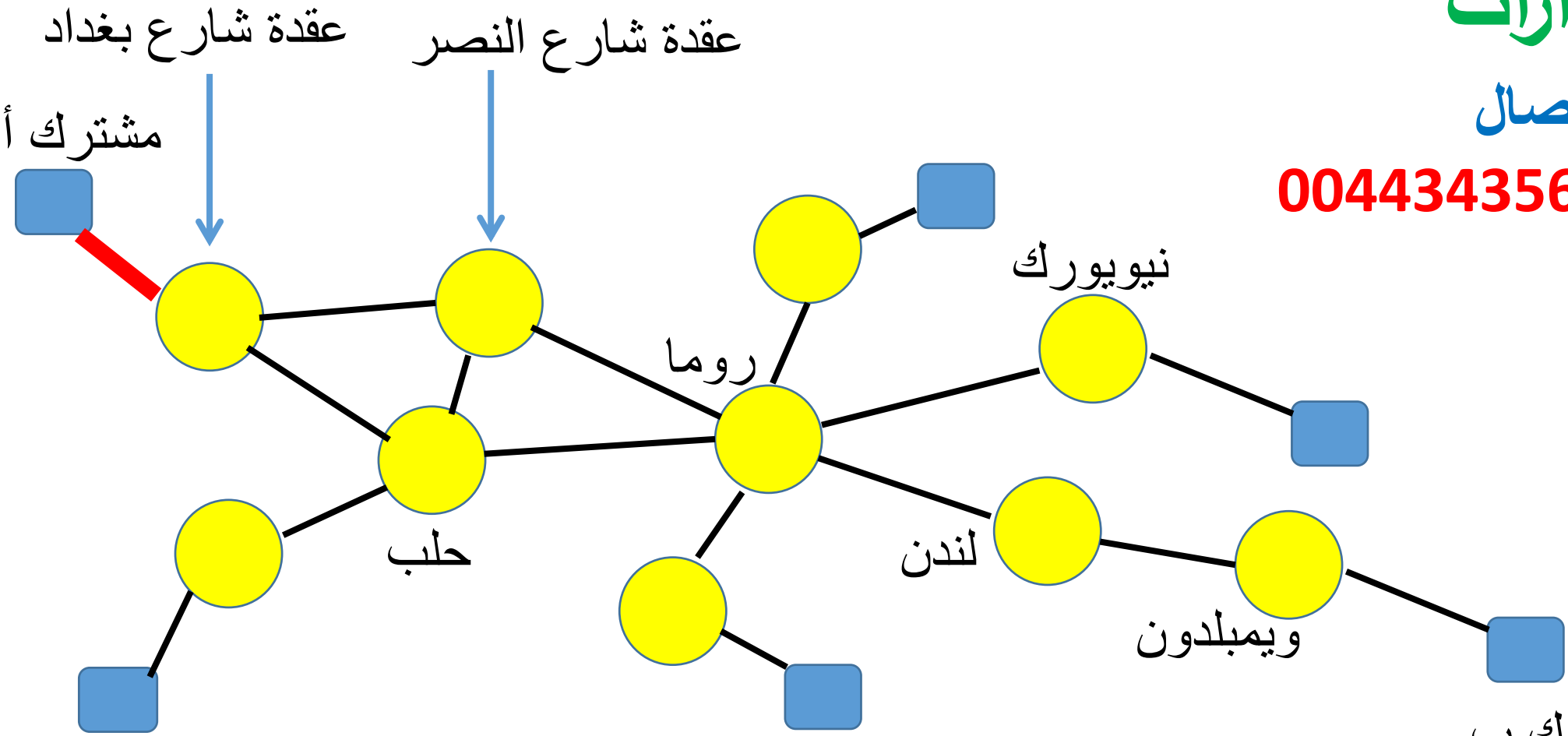
التبديل

التبديل بالدارات

مراحل إقامة الاتصال

طلب الرقم 00443435673 8

مثال غير حقيقي



00443435673 8

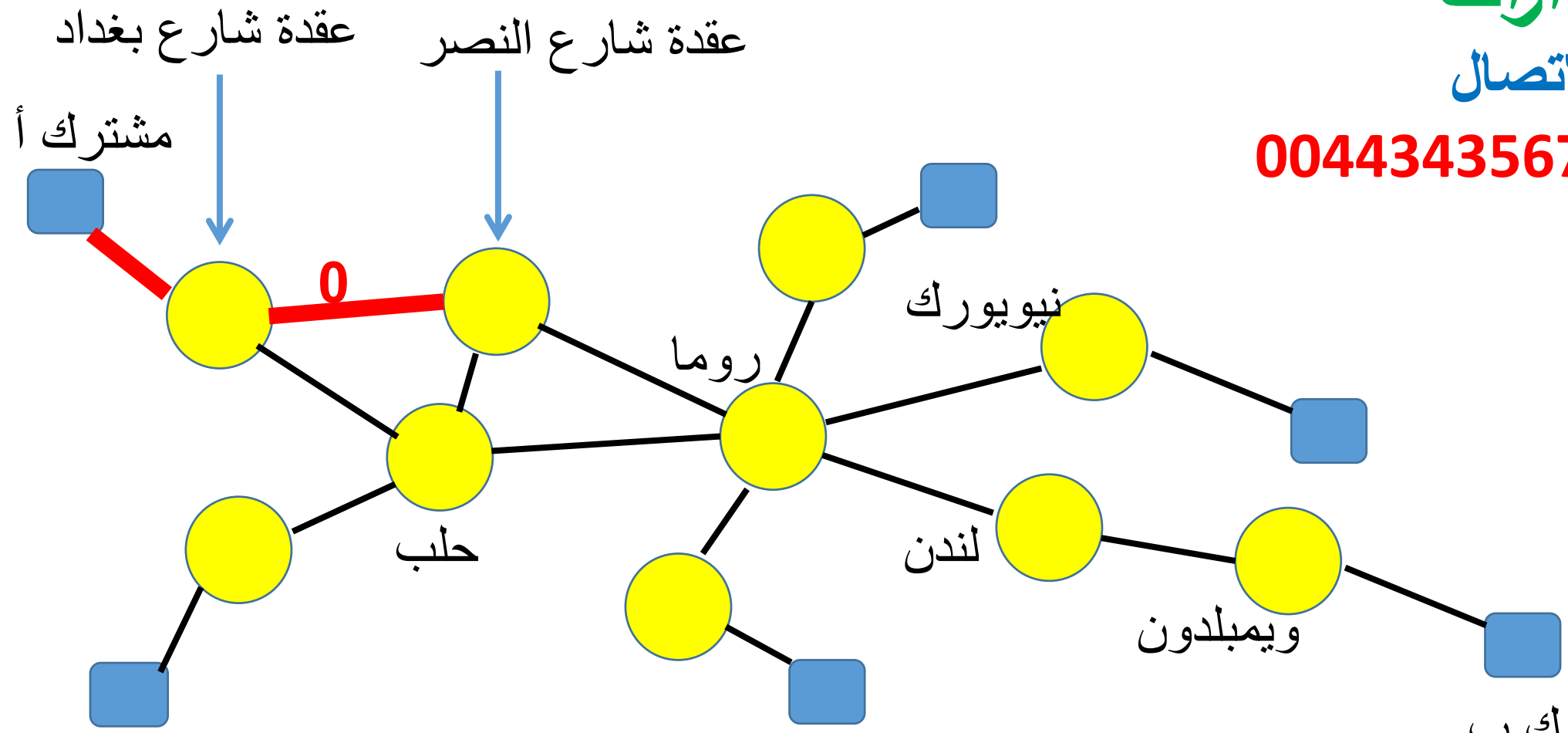
التبديل

التبديل بالدارات

مراحل إقامة الاتصال

طلب الرقم 00443435673 8

مثال غير حقيقي



00443435673 8

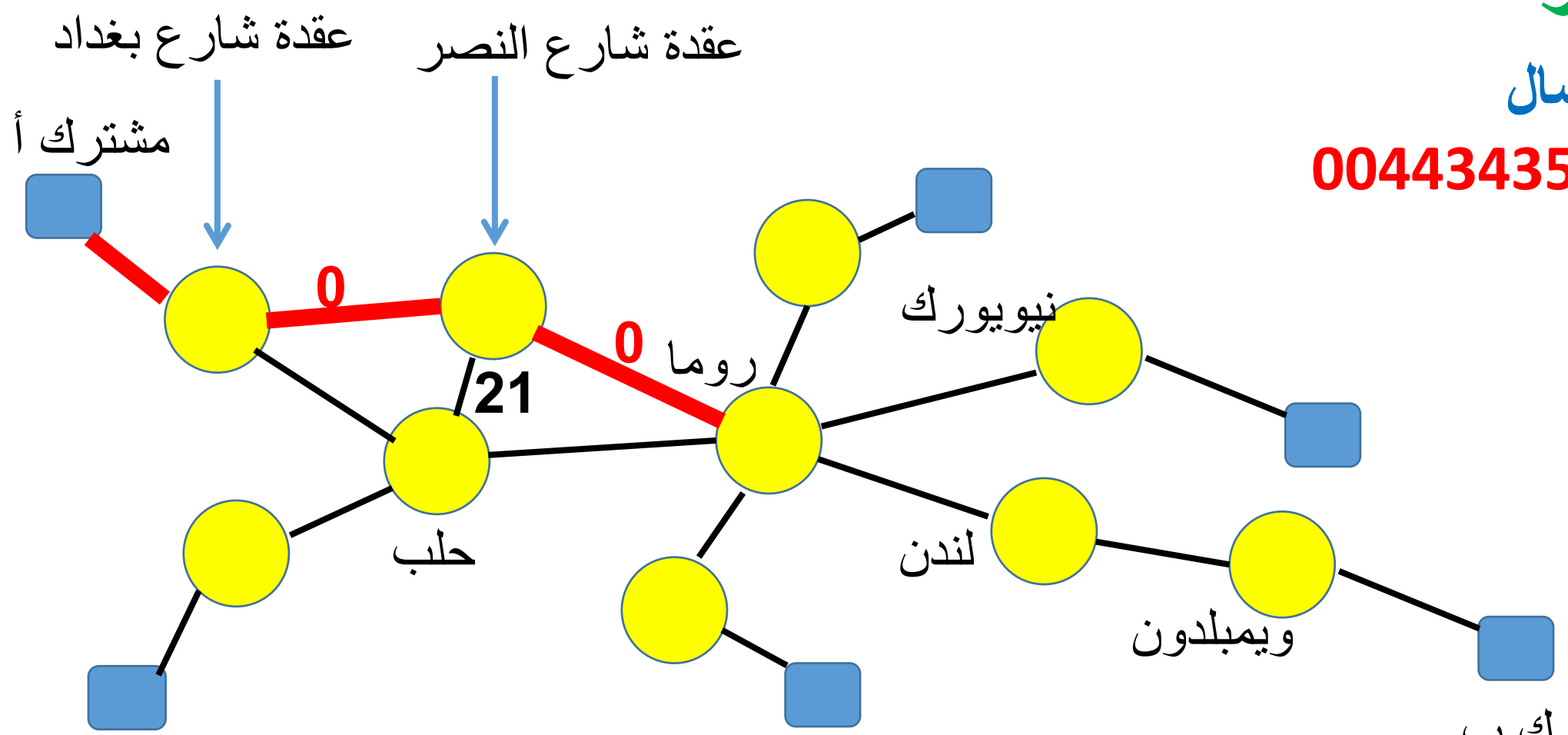
التبديل

التبديل بالدارات

مراحل إقامة الاتصال

طلب الرقم 00443435673 8

مثال غير حقيقي



00443435673 8

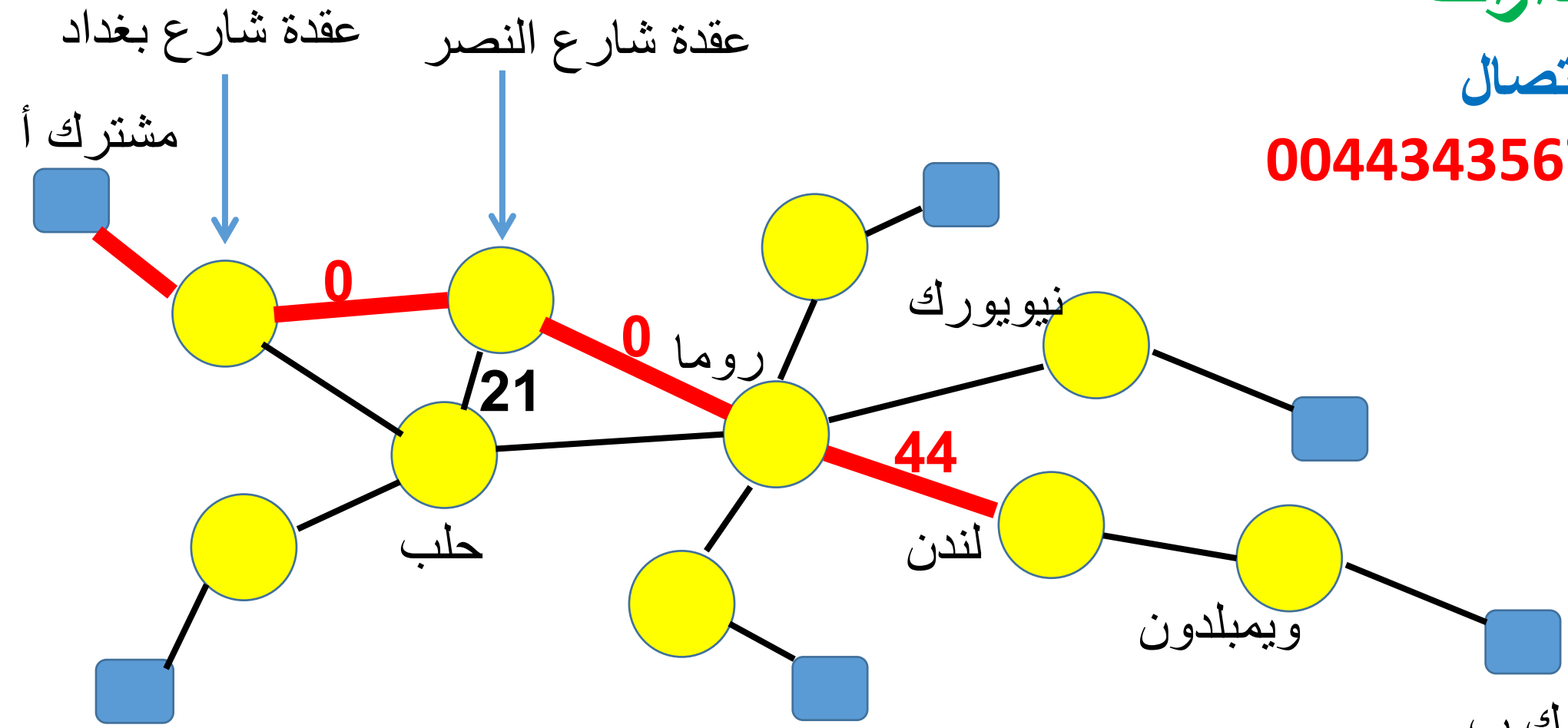
التبديل

التبديل بالدارات

مراحل إقامة الاتصال

طلب الرقم 004434356738

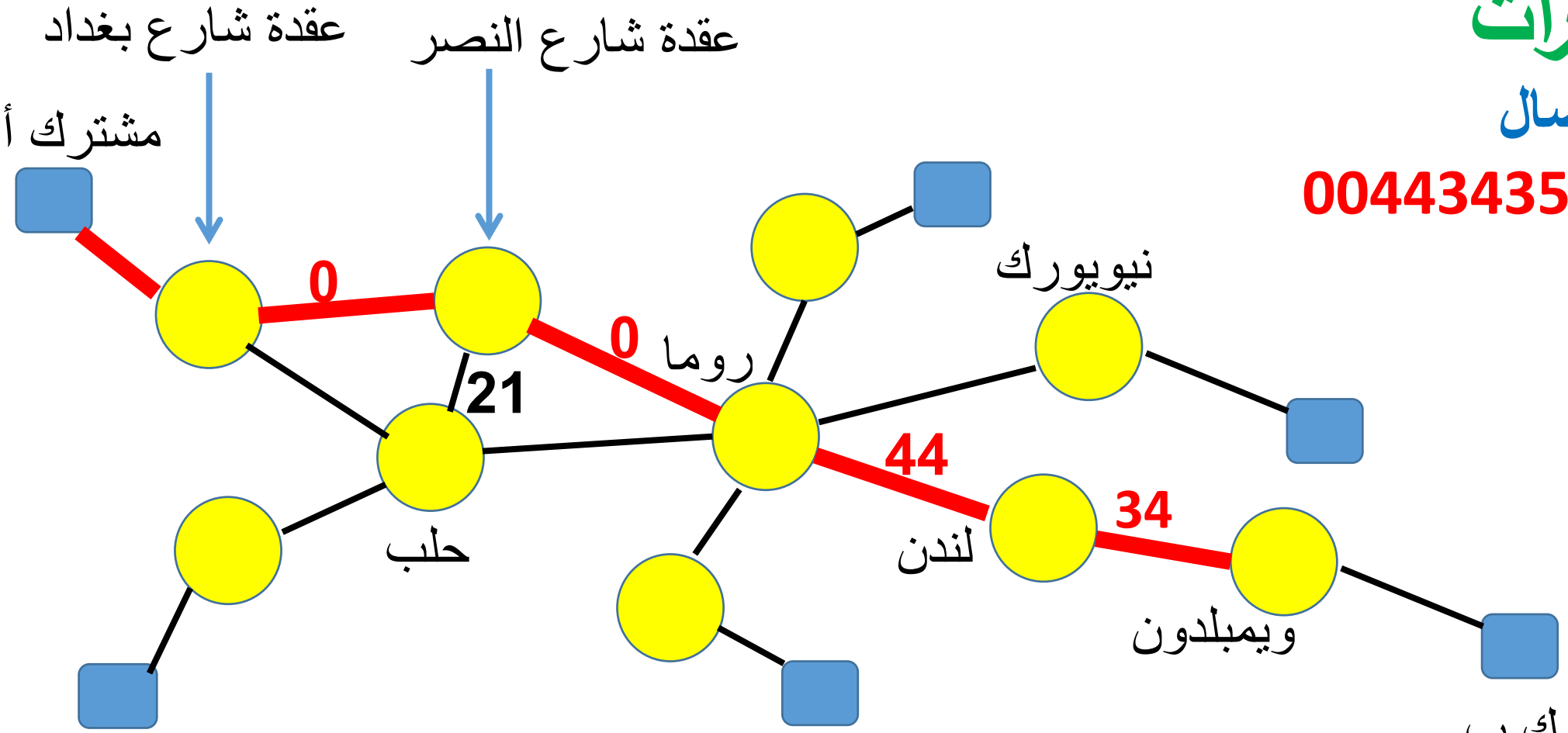
مثال غير حقيقي



004434356738

التبديل

مثال غير حقيقي



التبديل بالدارات

مراحل إقامة الاتصال

طلب الرقم 00443435673 8

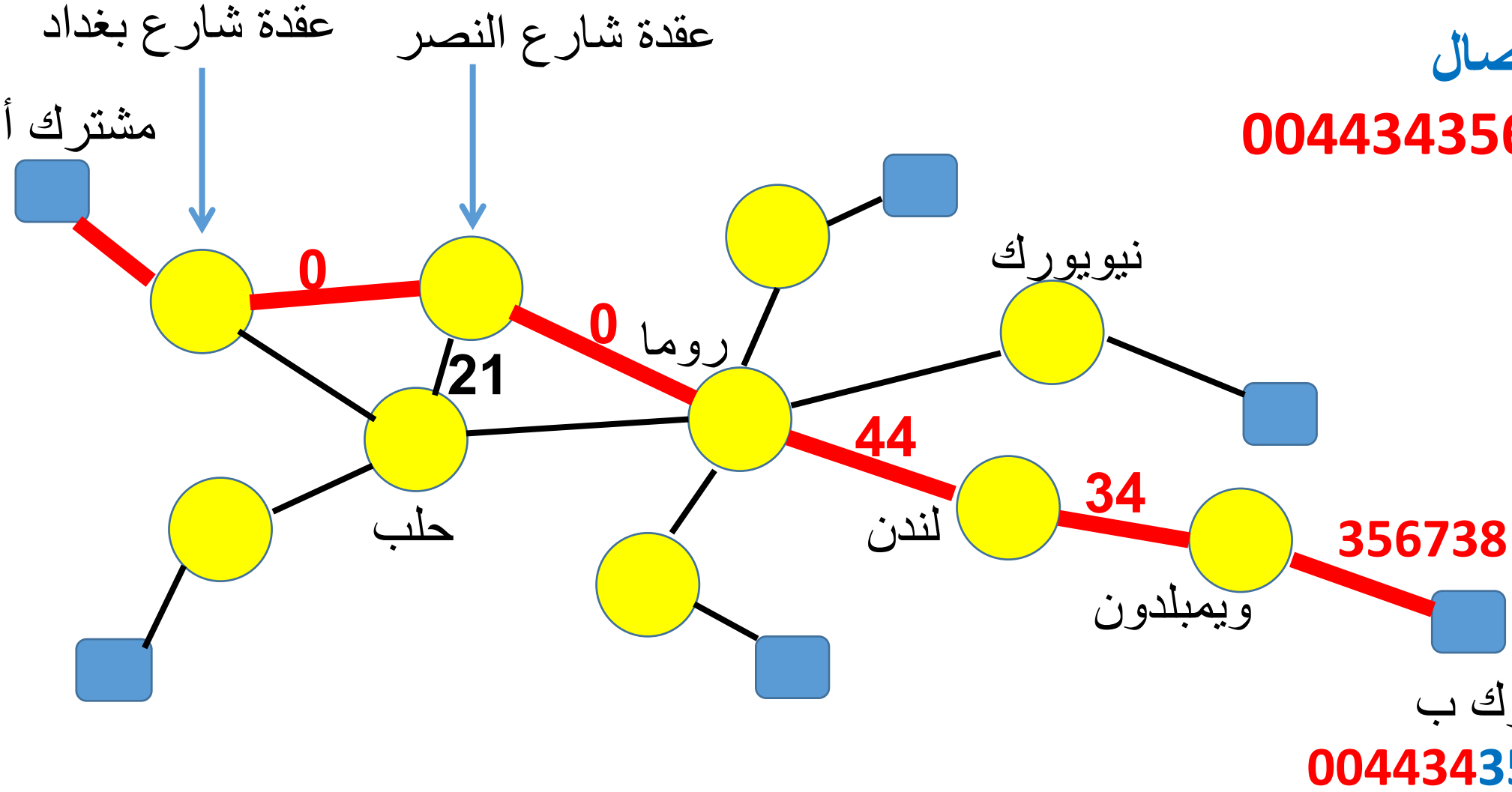
التبديل

التبديل بالدارات

مراحل إقامة الاتصال

طلب الرقم 004434356738

مثال غير حقيقي



التبديل

إقامة الاتصال في التبديل بالدارات

- تُقام دارة فيزيائية (سلكية أو راديوية مفردة أو منضدة) بين المشتركَيْن.
- تبقى الدارة محجوزة للمشتركَيْن طوال مدة اتصالهما، ولا يستعملها أحد غيرهما.
- عند انتهاء الاتصال بين المشتركَيْن، تتحرر الدارة كي يستعملها مشتركون آخرون.
- الدارة المقامة هي واحدة من عدد مناسب من الدارات المتوفرة.
- تُقام الدارة وفقا لخوارزميات تحديد المسار.
- تسلك البيانات المنقولة جميعا نفس المسار.
- التأخير الوحيد الذي تعاني منه البيانات هو التأخير الناجم عن انتشار الإشارة الحاملة للبيانات فقط.

التبديل

مزايا التبديل بالدارات

- نقل مستمر للبيانات من دون أي انقطاع.
- وصول البيانات مرتبة إلى المستقبل كما خرجت من المرسل، ولذا لا ضرورة لفرمتتها.
- لا يوجد ضياع في عرض الحزمة ناجم عن وجود بيانات توجيه إضافية. أي إنها تحقق الاستعمال الأعظمي لعرض المجال.

التبديل

مثالب التبديل بالدارات

- هدر عرض الحزمة عندما لا تكون هناك معلومات للنقل (في حالة الصمت أو عدم وجود بيانات للنقل).
- يمكن حصول اختناق في الشبكة نتيجة لمحدودية عدد دارات الوصل بين المشتركين، أي لا يستطيع مشتركون غير متصلين إقامة اتصال حتى يُنهي آخرون اتصالهم.
- تأخير إقامة الاتصال، أي لا يبدأ الاتصال إلا بعد إقامة الدارة.

التبديل

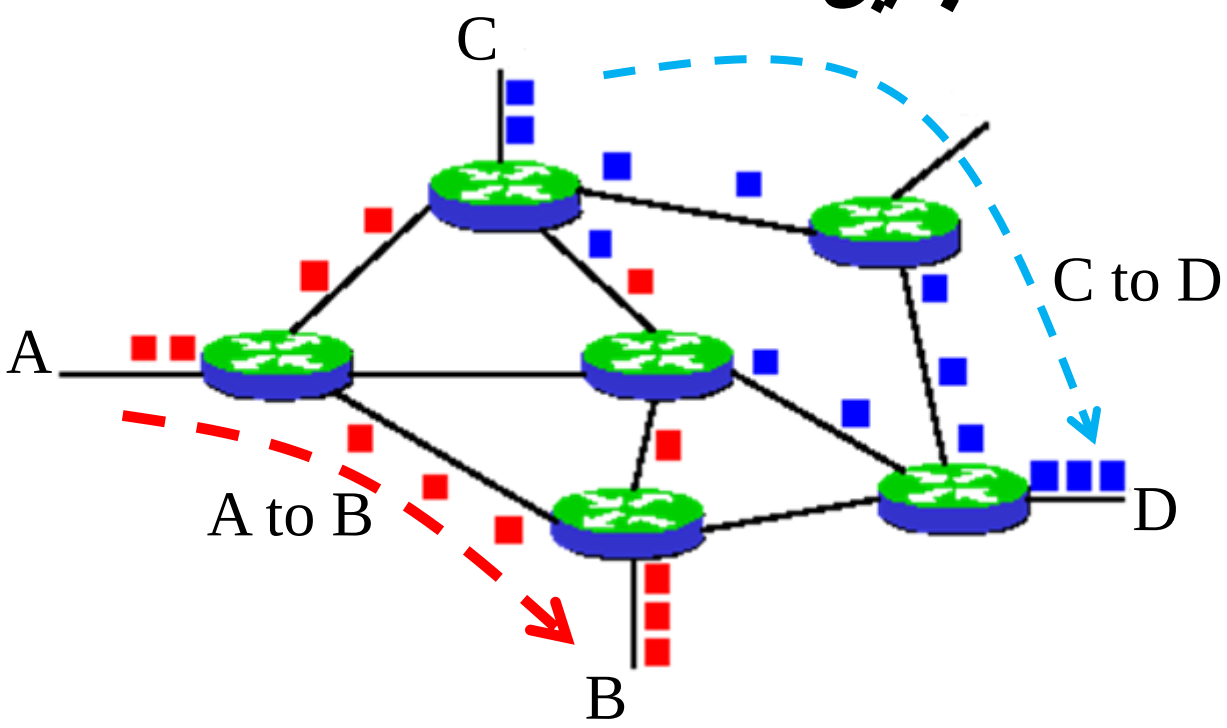
التبديل بالرزم
Packet Switching

رزمة البيانات

تجزَّأ البيانات إلى رزم مستقلة يتألف كل منها مبدئيا من:

- حقل المقدمة الذي يدل على بداية الرزمة
- حقل التحكم الذي يحمل عادة عنوان المرسَل إليه
- حقل البيانات الذي يحمل بيانات الرسالة الأصلية
- حقل بيانات إضافية تخص التعارف وتصحيح الأخطاء ..
- حقل الذيل الذي يدل على نهاية الرزمة
- طول الرزمة محدود بين 128 و 1024 بت، على سبيل المثال

التبديل

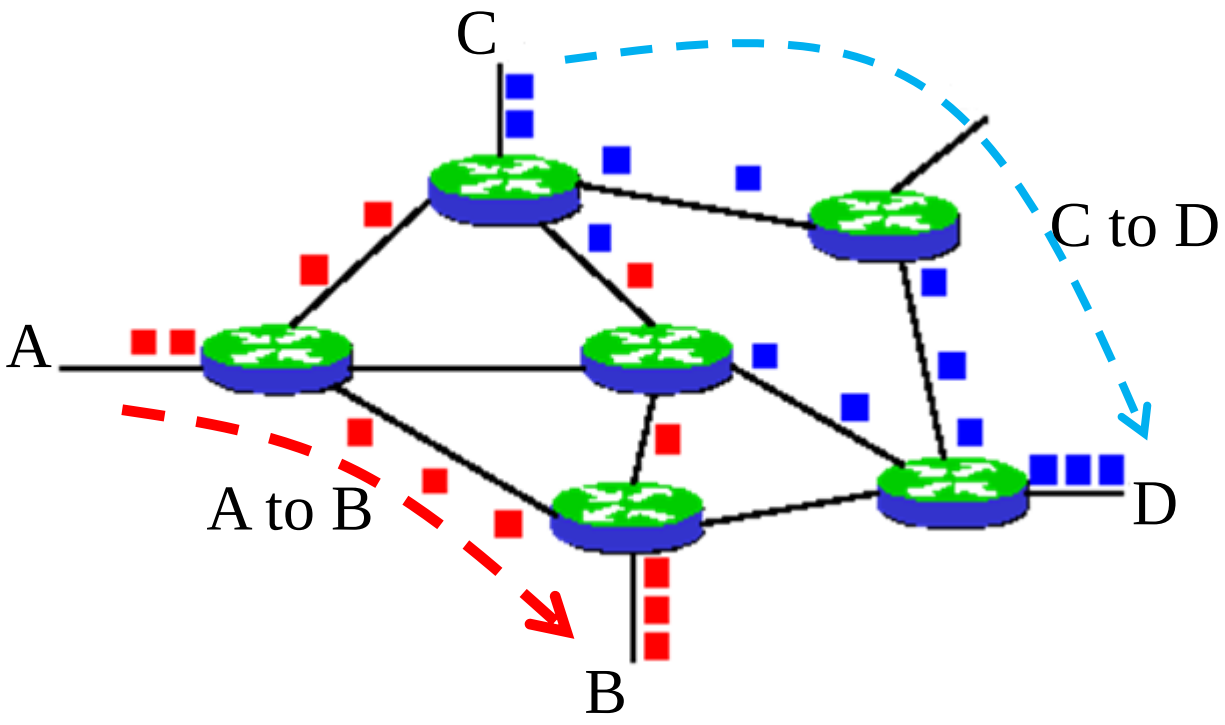


التبديل بالرزم

مسارات رزم البيانات

- تُعامل كل رزمة على أنها رسالة مستقلة
- تُرسَل الحزمة إلى الشبكة عبر خط الاتصال مباشرة حين جهوزيتها
- يمكن للرزمة أن تسلك أي مسار متاح لها عبر الشبكة باتجاه المرسَل إليه، وليس من الضروري أن تسلك جميع رزم الاتصال الواحد نفس المسار. ويمكن لرزم من اتصالات مختلفة أن تتشارك في إحدى وصلات المسار

التبديل



التبديل بالرزم

اختُرع التبديل بالرزم في عام 1964 تلبية لمتطلبات الجيش الأمريكي من حيث إنشاء شبكة فيها من الوصلات الاحتياطية ما يمنع انهيار الشبكة إذا تعطل عدد كبير من العقد فيها.

التبديل

التبديل بالرزم

توجيه رزم البيانات Routing

تتعامل شريحة الشبكة مع رزم البيانات التي تردها من شريحة النقل أو من شريحة الوصلة. والرزمة هي جزء من حقل البيانات الموجود في إطار البيانات الذي تنقله شريحة الوصلة.

التبديل

التبديل بالرزم

خوارزميات توجيه رزم البيانات في نمط الرزم المستقلة

تُوّجَّه الرزم عبر الشبكة من المرسِل إلى المرسّل إليه وفقا لخوارزميات مصممة لهذا الغرض. وتحصل عمليات التوجيه في العقد. عندم تصل رزمة إلى عقدة، على خوارزمية التوجيه في العقدة أن تختار خرجا من مخارجها يضع الرزمة على أفضل مسار باتجاه المرسَل إليه.

يمكن لخوارزمية التوجيه أن تكون ثابتة: تتحدد أثناء تصميم الشبكة (معظم الشبكات الهاتفية تعمل في هذا النمط)، أو متكيِّفة، بمعنى أنها تتغير تبعا للحركة في الشبكة.

التبديل

التبديل بالرزم

خوارزميات توجيه رزم البيانات في نمط الرزم المستقلة

خصائص الخوارزميات الأساسية:

- الصحة: يجب أن لا تؤدي الخوارزمية بالرزمة إلى عنوان خطأ أو إلى طريق مسدود.
- البساطة: يجب ألا تحتوي الخوارزمية على تعقيدات لا مسوغ لها.
- المناعة: يجب ألا يؤدي تعطل بعض العقد أو الوصلات إلى انهيار الخوارزمية.

التبديل

التبديل بالرزم

خوارزميات توجيه رزم البيانات في نمط الرزم المستقلة

خصائص الخوارزميات الأساسية:

- الاستقرار: في حالة الخوارزميات المتكيفة، يجب ألا تتخذ الخوارزمية قرارات توجيه خاطئة نتيجة لكثافة الحركة.
- الأمثلية: يجب أن تحقق الخوارزمية أعلى مردود من حيث جعل تأخير الرزم أصغريا.
- العدل: يجب أن تتعامل الخوارزمية مع جميع مصادر البيانات بالتساوي.

التبديل

التبديل بالرزم: خوارزميات توجيه رزم البيانات في نمط الرزم المستقلة

خوارزمية الإغراق Flooding

تُرسِل العقدة الرزمة على جميع الوصلات المتصلة بها عدا الوصلة التي وردت منها. وحينئذ لا بد من أن تصل إلى المرسَل إليه.

يؤدي الإغراق إلى تضاعف عدد نسخ الرزمة على نحو لانهائي في الشبكة، وهذا يؤدي إلى اختناقها.

يُعالَج التضاعف اللامتناهي بتحديد عدد الوصلات التي يمكن للرزمة أن تمر بها، وذلك بواسطة عداد فيها تُنقص قيمته بـ 1 حين المرور في كل وصلة. وعندما تصل القيمة إلى الصفر تُهمل.

التبديل

التبديل بالرزم: خوارزميات توجيه رزم البيانات في نمط الرزم المستقلة

مزايا خوارزمية الإغراق

- مفيدة من حيث التطبيقات التي تحتاج إلى وثوقية عالية، خاصة في التطبيقات العسكرية حيث يمكن أن يحصل تدمير لعدد من عقد ووصلات الشبكة.
- تُعتبر خوارزمية الإغراق أسرع خوارزميات توصيل الرزمة إلى المرسَل إليه، لأنها تستعمل جميع المسارات باتجاهه، ولذا تُستعمل مرجعا لقياس أداء الخوارزميات الأخرى.

مثالب خوارزمية الإغراق

تؤدي إلى حركة كثيفة في الشبكة يمكن أن تصل بها إلى الاختناق.

التبديل

التبديل بالرزم: خوارزميات توجيه رزم البيانات في نمط الرزم المستقلة

خوارزمية التوجيه الساكن static routing

- يوجد في العقدة جدول يحتوي على أرقام أفضل ثلاث وصلات خارجة من العقدة يمكن أن توصل الرزمة إلى المرسَل إليه. أرقام وصلات الخرج مرتبة بحسب الأفضليات، بمعنى أنه إذا كانت الوصلة ذات الأفضلية العليا مشغولة تُختار الوصلة التي تليها بالأفضلية.
- يوضع الجدول أثناء تصميم الشبكة ويبقى ثابتا بعدئذ.
- معظم شبكات الهاتف العامة تستعمل هذا النوع من التوجيه.
- خوارزمية بسيطة وجيدة للحركة المتنبَّأ بها أثناء التصميم. وسيئتها أنها لا تسمح بتعديل بنية الشبكة بسهولة، بل تتطلب تعديل جداول جميع العقد.

التبديل

التبديل بالرزم: خوارزميات توجيه رزم البيانات في نمط الرزم المستقلة

خوارزمية التوجيه المركزي centralized routing

يُشابه التوجيه المركزي التوجيه الساكن من حيث وجود جدول يحتوي على أرقام أفضل وصلات خارجة من العقدة بالنسبة لكل رزمة. أما الفرق بينهما فهو وجود مركز تحكم مركزي تُرسِل العقد المختلفة معلومات إليه عن طبيعة الحركة فيها، ويقوم هو بحساب جداول الحركة بناء على معلومات الحركة تلك ويرسِلها إلى العقد.

التبديل

التبديل بالرزم: خوارزميات توجيه رزم البيانات في نمط الرزم المستقلة

خوارزمية التوجيه المركزي

- الميزة الرئيسية للتوجيه المركزي هي تكييف الشبكة بما يتلاءم مع كثافة وتوزع الحركة فيها على نحو أمثلي.
- السيئة الرئيسية في هذا النوع من التوجيه وجود الحركة بين المركز والعقد الخاصة بحساب الجداول، وتلك حركة يمكن أن تكون كثيفة وتمثل عبئا على الشبكة، خاصة في العقد القريبة من المركز التي تمر فيها حركة تحديث جداول جميع العقد الأخرى.
- وثمة سيئة خطيرة أخرى هي توقف الشبكة برمتها إذا تعطل مركز التحكم واحتياطياته.

مقارنة التبديل بالدارات بالتبديل بالرزم (1)

التبديل بالدارات	التبديل بالرزم
يوجد مسار ثابت بين المرسل والمستقبل	المسار بين المرسل والمستقبل متغير
تسلك جميع الرزم نفس المسار	تسلك الرزم مسارات مختلفة
الدارة محجوزة بكاملها لاتصال واحد	لا يوجد حجز مسارات لاتصال معين
هدر في عرض الحزمة حين الصمت	لا يوجد هدر في عرض الحزمة

مقارنة التبديل بالدارات بالتبديل بالرزم (2)

التبديل بالدارات	التبديل بالرزم
لا يوجد خزن للرزم حين انشغال المستقبل	يمكن خزن الرزم وتقديمها للمستقبل حين جهوزيته
ملائم لنقل كميات كبيرة من البيانات	غير كفوء لنقل كميات كبيرة من البيانات
تأخير إقامة الاتصال	لا يوجد طور لإقامة الاتصال
لا توجد مسارات بديلة للرزم	توجد مسارات بديلة
تعطل بعض العقد يمكن أن يؤدي إلى حرمان أجزاء كبيرة الشبكة من الخدمة	تعطل بعض العقد لا يؤدي إلى عزل كلي لأجزاء من الشبكة

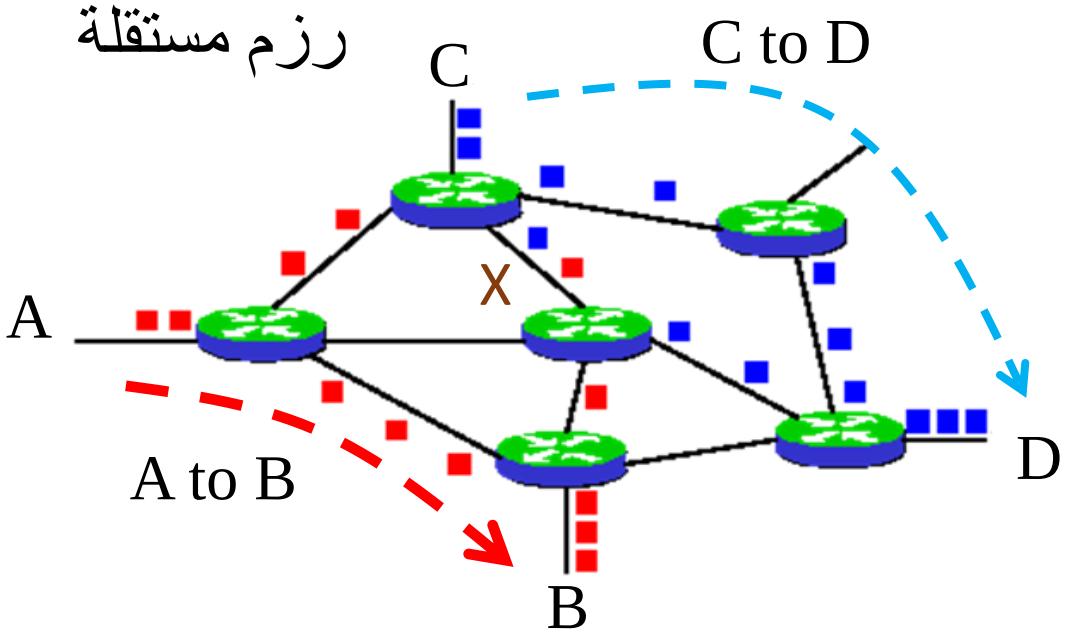
مقارنة التبديل بالدارات بالتبديل بالرزم (3)

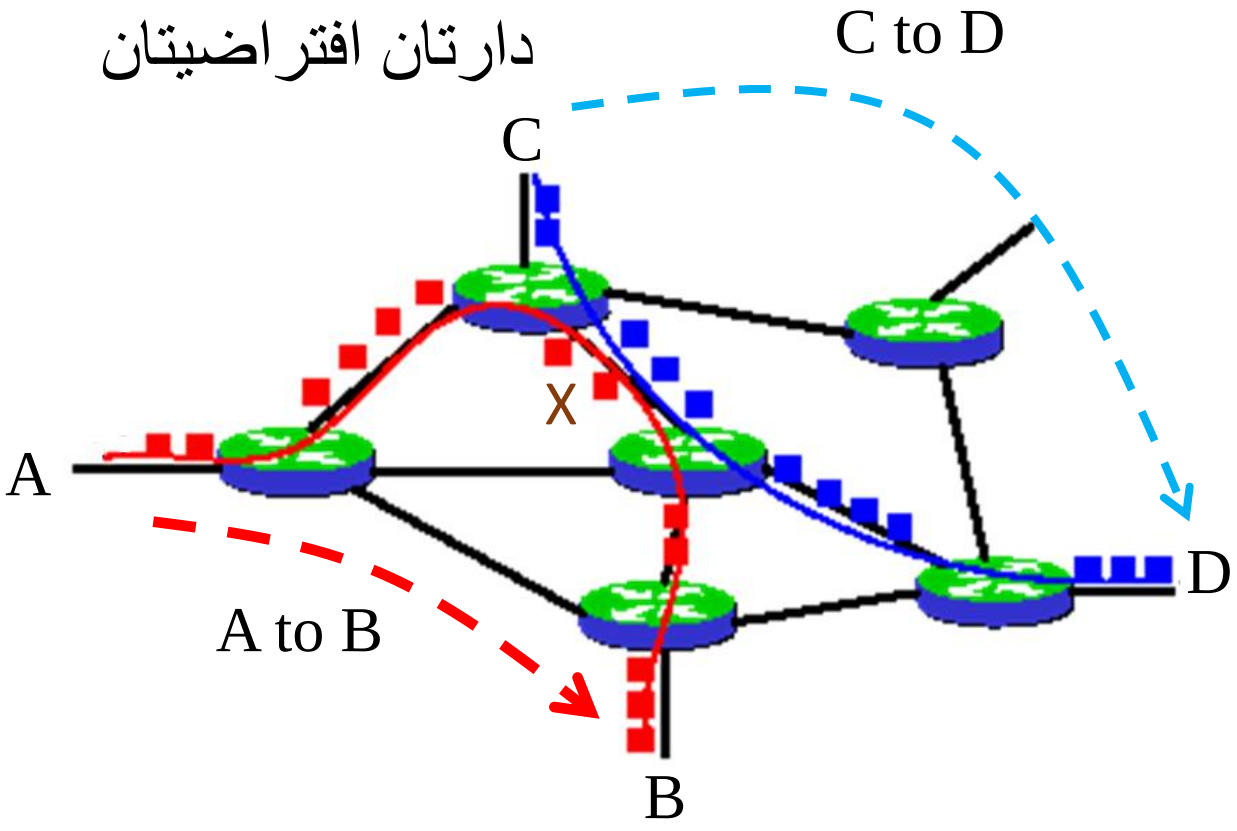
التبديل بالدارات	التبديل بالرزم
ممتاز لاتصالات الزمن الحقيقي	تدني جودة الاتصال حين وجود حركة كثيفة
اختناق في حالة الحركة الكثيفة	تدني جودة الاتصال حين وجود حركة كثيفة
تصل البيانات إلى المستقبل مرتبة، ولا يضيع أي شيء منها	قد تصل البيانات إلى المستقبل غير مرتبة، وقد يضيع بعضها
تعرفة الاتصال تتبع للمسافة والزمن	تعرفة الاتصال لا تتعلق بالمدة والزمن، ويمكن أن تكون ثابتة للباقة، أو تابعة لعدد الرزم

التبديل

الدارة الافتراضية

نمط رزم مشابه لنمط التبديل بالدارت





لاحظ أن الوصلة X مشتركة في النمطين

التبديل

أطوار الدارة الافتراضية

على غرار التبديل بالدارات، يتألف الاتصال من ثلاثة أطوار: طور إقامة الدارة الافتراضية، وطور الاتصال.

1. تُقام الدارة الافتراضية بواسطة رزمة مخصصة لذلك تنتقل عبر الشبكة كالرزم المستقلة، وفي كل عقدة تمر فيها تُدرِج رقم الدارة الافتراضية في جدول في تلك العقدة.
2. تحمل رزم البيانات رقم الدارة الافتراضية التي تخصها وتستعمله في انتقالها من عقدة إلى أخرى حتى تصل المرسَل إليه. لا تحمل الرزم عنوان المرسَل إليه.
3. بعد انتهاء الاتصال، تُلغى الدارة الافتراضية.

التبديل

مقارنة الرزم المستقلة بالدارة الافتراضية

الرزم المستقلة	الدارة الافتراضية
تنتقل كل رزمة مستقلة	تنقسم عملية الاتصال إلى مرحلتين: إقامة الدارة الافتراضية ونقل البيانات
كل رزمة تحمل عنوان المرسَل إليه	رزم إقامة الاتصال فقط هي التي تحمل عنوان المرسَل إليه
تصل الرزم إلى المرسَل إليه غير مرتبة، وعليه يقع ترتيبها	تصل الرزم إلى المرسَل إليه مرتبة، وهذه ميزة مفيدة لاتصالات الزمن الحقيقي

التبديل

مقارنة الرزم المستقلة بالدارة الافتراضية

الرزم المستقلة	الدارة الافتراضية
لا تتحكم الشبكة بتدفق البيانات، وعلى المرسَل إليه القيام بالتحكم	تتحكم الدارة الافتراضية بتدفق البيانات.
توجد مسارات بديلة للرزم	انقطاع الاتصال حين تعطل أي عقدة أو وصلة تمر عبرها الدارة الافتراضية.
لا يوجد هدر عرض الحزمة أثناء الصمت	يحصل هدر في عرض الحزمة أثناء الصمت

بروتوكولات الوصلة

Data Link Protocols

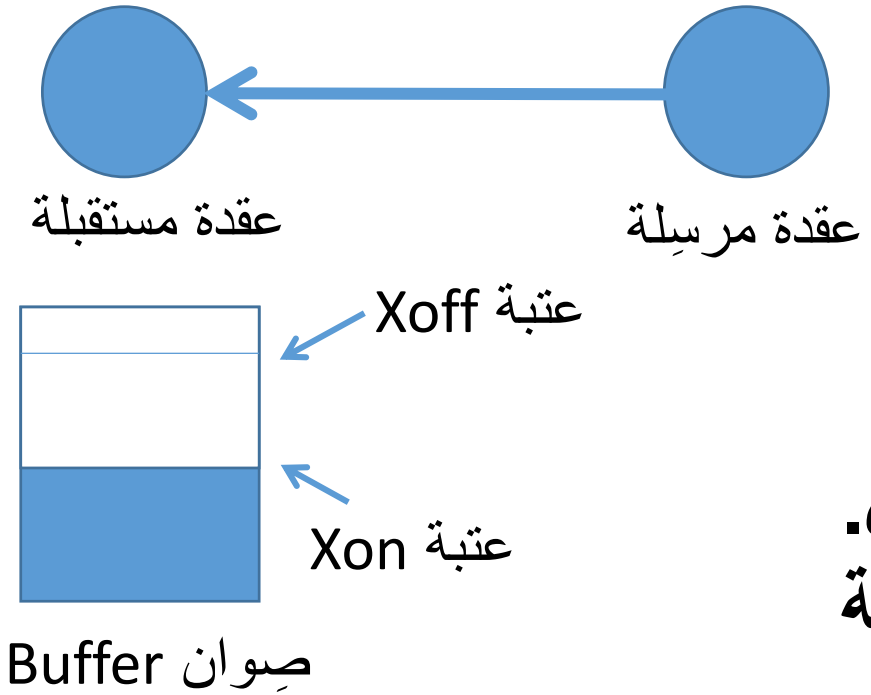
البروتوكول XOFF and XON : أبسط البروتوكولات

بروتوكول وحيد الاتجاه. لا يوجد فيه إقرار بوصول البيانات إلى المرسَل.

حينما تكون ثمة بيانات لدى العقدة المرسِلة تُرسِلها إلى العقدة المستقبلة إذا كانت قد أرسلت إليها Xon.

حينما يمتلئ صِوان العقدة المستقبلة حتى عتبة Xoff، ترسِل Xoff إلى العقدة المرسِلة، فتتوقف عن الإرسال.

وعندما يصبح مستوى البيانات في الصوان أقل من عتبة Xon، تُرسِل Xon إلى العقدة المرسلة التي تستأنف الإرسال.



بروتوكولات الوصلة

نموذج بروتوكول الوصلة

يعمل بروتوكول الوصلة بين طرفي الوصلة حصرا، ولا علاقة له بالشبكة

بروتوكولات الوصلة

الوظائف الرئيسية لبروتوكول الوصلة هي:

- التوسط بين شريحة الشبكة والشريحة الفيزيائية من حيث تحضير البيانات ونقلها بينهما بالاتجاهين.
- تصحيح أخطاء النقل التي تحصل بسبب الضجيج.
- التحكم في تدفق البيانات بين العقدتين المتراسلتين.

بروتوكولات الوصلة

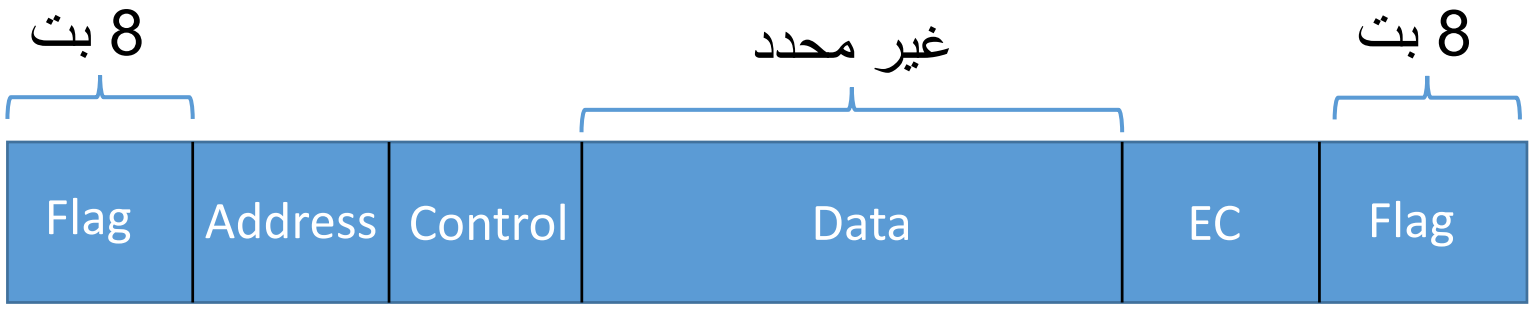
أنواع بروتوكولات الوصلة:

توجد نماذج مختلفة من بروتوكول الوصلة أعدَّتها جهات مختلفة، ومن تلك النماذج:

- **بروتوكول وصلة البيانات المتزامن** (Synchronous Data Link Protocol) SDLC **الذي طورته IBM في سبعينيات القرن الماضي.**
- **بروتوكول وصلة بيانات المستوى العالي** (High-level Data Link Control) HDLC **الذي طورته منظمة المقاييس الدولية.**
- **البروتوكول X25 الذي طوره الاتحاد الدولي للاتصالات في سبعينيات القرن الماضي لاستعماله في مختلف أنواع الشبكات الرقمية، وقد قل استعماله وحل محله بروتوكول الإنترنت.**

بروتوكولات الوصلة

مثال لإطار بروتوكول الوصلة:



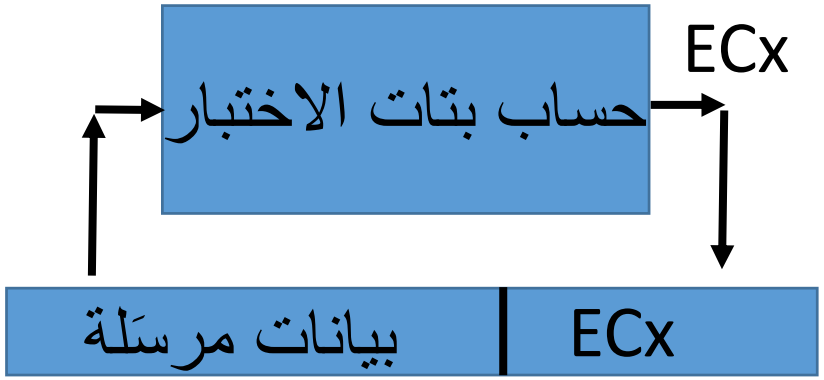
- علاّم **Flag**: يدل على بداية الإطار ونهايته، ويأخذ الشكل التالي **01111110**.
- العنوان **Address**: يحمل عنوان المرسَل إليه. يختلف طول هذا الحقل تبعا لعدد المرسَل إليهم.
- تحكم **Control**: يحمل معلومات عن نوع الإطار (معلومات، إقامة اتصال، إقرار، رقم الإطار..إلخ).
- بيانات **Data**: البيانات الذاهبة إلى شريحة الشبكة أو الواردة منها.
- معلومات كشف الأخطاء **Error Control**: معلومات تعبِّر عن بصمة البيانات يستعملها المرسَل إليه للتحقق من سلامة البيانات الواردة إليه. تشتمل هذه البصمة على العنوان والتحكم والبيانات.

https://en.wikipedia.org/wiki/High-Level_Data_Link_Control#Framing

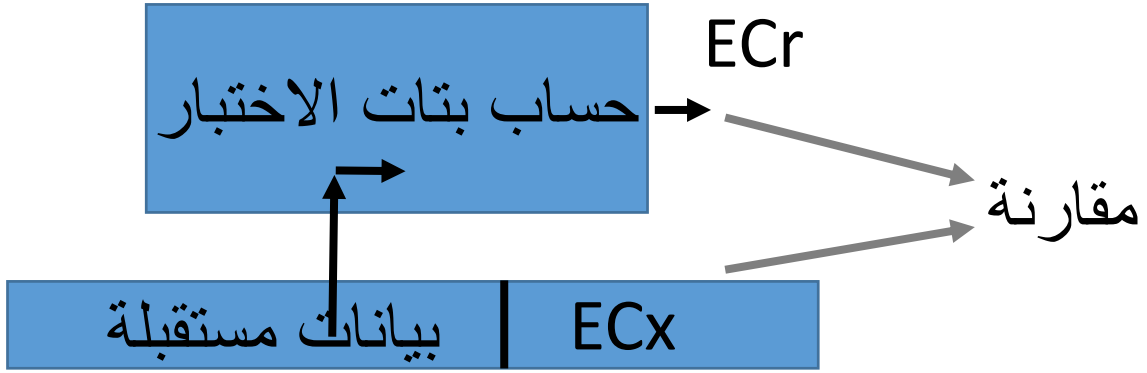
بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

تمثل بتات اختبار التكرار الدوري بصمة للبيانات يستعملها المرسَل إليه للتحقق من سلامة البيانات الواردة إليه.



إطار المرسل



إطار المستقبل

إذا كان ECr مساويا لـ ECx كانت البيانات المستقبلة سليمة باحتمال عال.

إذا كان ECr مخالفا لـ ECx كانت هناك أخطاء في البيانات المستقبلة و ECx باحتمال يساوي 1.

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

ثلاث تقنيات:

- بت الاختبار parity bit
- مجموع الاختبار checksum
- اختبار التكرار الدوري Cyclic Redundancy Check (CRC)

تقتصر هذه الطرائق على مجرد كشف وجود الخطأ، ولا تدل على مكانه، ولذا لا تستطيع تصحيح الأخطاء

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

بت التدقيق parity bit: أبسط طريقة

بت الاختبار هي بت تضاف إلى كلمة اثنانية مؤلفة من n بت وتشير إلى زوجية (أو فردية) عدد الواحدات في الكلمة. فإن اختلفت في طرف الاستقبال دلت على وجود خطأ.

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

تكشف الأخطاء التي عددها فردي،
ومن ضمنها خطؤها نفسها

بت التدقيق parity bit

كلمة بيانات سباعية	عدد الواحدات	بت تدقيق زوجية	بت تدقيق فردية
0000000	0	00000000	00000001
1010001	3	10100011	10100010
1101001	4	11010010	11010011
1111111	7	11111111	11111110

بت التدقيق الزوجية تجعل عدد الواحدات الكلي زوجيا: $pb=b1+b2+b3+b4+b5+b6+b7$

بت التدقيق الفردية تجعل عدد الواحدات الكلي فرديا: $pb=b1+b2+b3+b4+b5+b6+b7+1$

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

مجموع الاختبار checksum

- مجموع الاختبار هو مجموع عدد من البتات، ويمكن لعملية الجمع أن تكون عملية جمع أعداد صحيحة عادية أو عملية جمع اثنانية على مستوى البت.
- يمكن لعدد البتات أن يأخذ قيما من مثل 8، 16، 32.
- عدة طرائق:

مجموع اختبار بالأعداد صحيحة Integer addition checksum

جمع اختبار بالمتمم الواحدي One’s complement checksum

مجموع اختبار فلتشر Fletcher Checksum

مجموع اختبار أدلر Adler Checksum

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

مجموع الاختبار checksum

مجموع اختبار بجمع الأعداد صحيحة Integer addition checksum

مثال:

```
  0 0 1 0 0 1 0 0
  1 0 1 1 1 0 0 0
  1 1 1 1 1 1 1 1
+ 0 0 0 0 0 0 0 1
-----------------
1 1 1 0 1 1 1 0 0
```

جمع مع الحمل

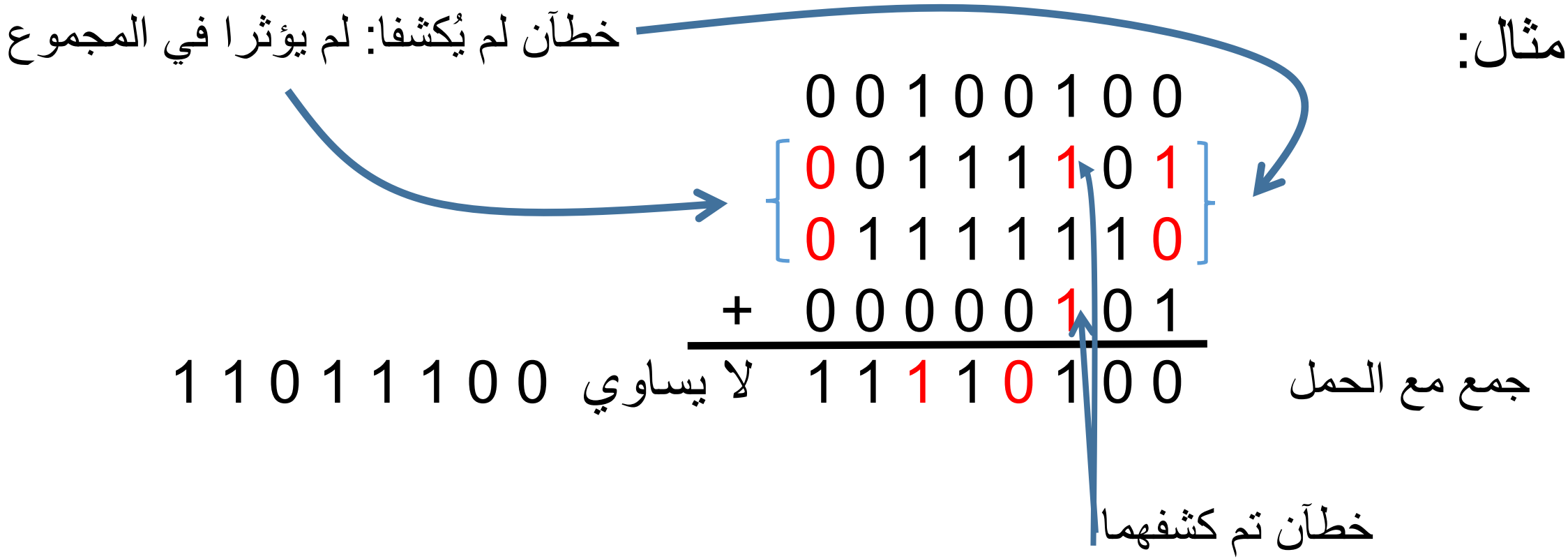
بت الحمل النهائية تهمل

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

مجموع الاختبار

مثال:



بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

مجموع الاختبار

مثال:

00100100	00100100	
01111110	00111101	
00111101	01111110	
+ 00000101	+ 00000101	
11110100	11110100	نفس المجموع في الحالتين

السيئة الأساسية لهذه الطريقة أنها لا تكشف تغير ترتيب البايتات أو الأطر

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

https://en.wikipedia.org/wiki/Fletcher%27s_checksum#Weaknesses_of_simple_checksums

مجموع اختبار فلتشر Fletcher checksum: هو مجموع جار متتال لكلمات البيانات.

مثال لحساب مجموع اختبار فلتشر لعدد من بايتات البيانات:

- استعمل المتمم الواحدي في الجمع.
- خذ كلمتين A و B، كل منهما 8 بت.
- أعطهما قيمة ابتدائية تساوي 0: A=0, B=0.
- من أجل كل بايت بيانات Ci احسب بجمع المتمم الواحدي: B=B+A A=A+Ci
- بعد جمع آخر بايت من البيانات، تكون قيمة مجموع اختبار فلتشر في البايتين A و B.

ينتج المتمم الواحدي لعدد بقلب جميع بتاته. والأعداد التي تساوي فيها البت العليا 1 هي أعداد سالبة.

- **يكشف مجموع اختبار فلتشر كل رشقات الأخطاء التي يقل طولها عن طول الكلمة A أو B. لا يكشف أخطاء البتات التي يعوض بعضها بعضا.**
- **تكشف هذه الطريقة تغير ترتيب البايتات أو الأطر.**

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

اختبار التكرار الدوري Cyclic Redundancy Check (CRC):

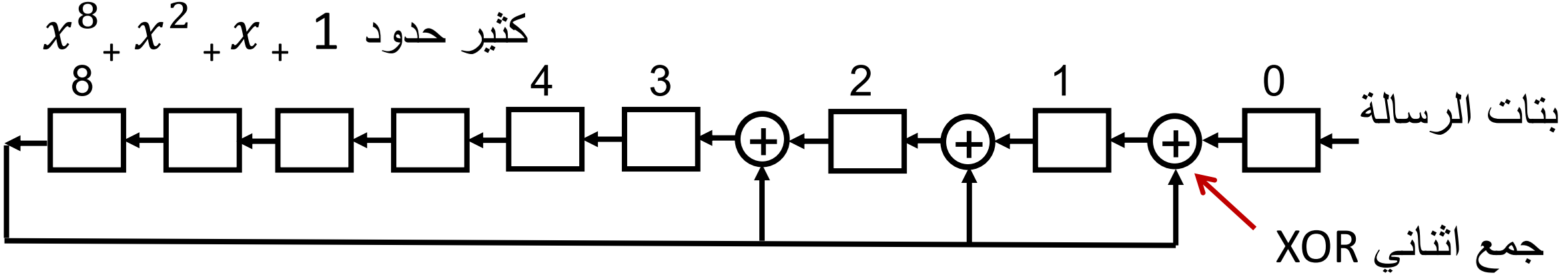
تُحسب بتات اختبار التكرار الدوري باستعمال قسمة كثيرات الحدود في حقل غالوا: تُعتبر بتات الرسالة أمثالا لكثير حدود يُقسَم على كثير حدود مولد لبتات اختبار التكرار الدوري. في هذا المثال، يُستعمل سجل إزاحة لإجراء القسمة. طول سجل الإزاحة يساوي درجة كثير الحدود المولد، وتحصل التغذية الراجعة وفقا لأمثال كثير الحدود. ويمكن لطول الرسالة أن يتخذ أي طول. وبعد إدخالها إلى سجل الإزاحة كاملة، يتم إتباعها بثمانية أصفار، وحينئذ يتبقى في سجل الإزاحة باقي القسمة الذي يمثل بتات اختبار التكرار الدوري.

بروتوكولات الوصلة

كشف أخطاء النقل

https://en.wikipedia.org/wiki/Computation_of_cyclic_redundancy_checks
https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic_redundancy_check

اختبار التكرار الدوري:



حين تطبيق اختبار التكرار الدوري ذي الطول *n* بت على رسالة مهما كان طولها، يمكنه كشف أي رشقة خطأ لا يزيد طولها عن *n* بت. ورشقة الخطأ هي عدد من البتات أولها وآخرها في حالة خطأ.

بروتوكولات الوصلة

التحكم في تدفق البيانات Flow Control

التحكم في تدفق البيانات عبر الوصلة بين عقدتين أو جهازين بحيث:

- يُرسل المرسل البيانات بوتيرة يستطيع المستقبل استيعابها في ذاكرته دون حصول ضياع فيها.
- يستمر المرسِل بالإرسال ما دامت لديه بيانات للإرسال وما دام المستقبل جاهزا للاستقبال.
- يتحقق المستقبل من سلامة البيانات باستعمال تقنيات كشف الأخطاء وإعلام المرسل بـ:
  - إقرار باستلامها إذا وصلت سليمة.
  - طلب إعادة إرسالها إذا وصلت وفيها خطأ.
- تُجرى كل تلك المهام بالاتجاهين.

بروتوكولات الوصلة

التحكم في تدفق البيانات

أمثلة لبروتوكولات الوصلة

وصلة مثالية غير واقعية:

- لا توجد أخطاء نقل.
- ذاكرة المستقبل لانهائية.

يقوم المرسل بالإرسال حينما يشاء دون أية قيود.

Protocol 1

وصلة مثالية غير واقعية

ذاكرة المستقبل غير محدودة

المرسل يرسل باستمرار

```
typedef enum {frame_arrival} event_type;
#include "protocol.h"

void sender1(void)
{
  frame s;                              /* buffer for an outbound frame */
  packet buffer;                        /* buffer for an outbound packet */

  while (true) {
      from_network_layer(&buffer);      /* go get something to send */
      s.info = buffer;                  /* copy it into s for transmission */
      to_physical_layer(&s);            /* send it on its way */
  }                                     /* Tomorrow, and tomorrow, and tomorrow,
                                           Creeps in this petty pace from day to day
                                           To the last syllable of recorded time.
                                               – Macbeth, V, v */
}
```

Protocol 1

وصلة مثالية غير واقعية

ذاكرة المستقبل غير محدودة

المستقبل يستقبل باستمرار

```
void receiver1(void)
{
  frame r;
  event_type event;                    /* filled in by wait, but not used here */

  while (true) {
       wait_for_event(&event);         /* only possibility is frame_arrival */
       from_physical_layer(&r);        /* go get the inbound frame */
       to_network_layer(&r.info);      /* pass the data to the network layer */
  }
}
```

بروتوكولات الوصلة

التحكم في تدفق البيانات

أمثلة لبروتوكولات الوصلة

- وصلة عملية بين جهازين خالية من أخطاء النقل
- ذاكرة المستقبل محدودة

مثال: البروتوكول XOFF and XON

بروتوكولات الوصلة

التحكم في تدفق البيانات

أمثلة لبروتوكولات الوصلة

وصلة عملية بين عقدتين خالية من أخطاء النقل
ذاكرة المستقبل محدودة

بروتوكول التوقف والانتظار Stop & Wait

- بروتوكول بسيط جدا يُستعمل في الوصلات الموثوقة التي لا تحصل فيها أخطاء نقل.
- يتضمن البروتوكول نقل بيانات من المرسل إلى المستقبل، ونقل إطار طلب إرسال من المستقبل إلى المرسل. لا يرسل المرسل إلا بناء على طلب إرسال من المستقبل.
- عندما يكون المستقبل جاهزا للاستقبال يرسل إطارا فارغا إلى المرسل إشعارا بجاهزيته.

Protocol 2

وصلة بين عقدتين خالية من أخطاء النقل

ذاكرة المستقبل محدودة

لا يرسل المرسل إلا حينما يستقبل إطار طلب الإرسال

```
typedef enum {frame_arrival} event_type;
#include "protocol.h"

void sender2(void)
{
  frame s;                              /* buffer for an outbound frame */
  packet buffer;                        /* buffer for an outbound packet */
  event_type event;                     /* frame_arrival is the only possibility */

  while (true) {
      from_network_layer(&buffer);      /* go get something to send */
      s.info = buffer;                  /* copy it into s for transmission */
      to_physical_layer(&s);            /* bye-bye little frame */
      wait_for_event(&event);           /* do not proceed until given the go ahead */
  }
}
```

Protocol 2

وصلة بين عقدتين خالية من أخطاء النقل

ذاكرة المستقبل محدودة

عندما يكون المستقبل جاهزا يرسل إطار طلب الإرسال

```
void receiver2(void)
{
  frame r, s;                          /* buffers for frames */
  event_type event;                    /* frame_arrival is the only possibility */
  while (true) {
        wait_for_event(&event);        /* only possibility is frame_arrival */
        from_physical_layer(&r);       /* go get the inbound frame */
        to_network_layer(&r.info);     /* pass the data to the network layer */
        to_physical_layer(&s);         /* send a dummy frame to awaken sender */
  }
}
```

بروتوكولات الوصلة

التحكم في تدفق البيانات

أمثلة لبروتوكولات الوصلة

وصلة عملية بين عقدتين بوجود أخطاء

- ذاكرة المستقبل محدودة
- نقل باتجاه واحد

بروتوكولات الوصلة

التحكم في تدفق البيانات

في الحالة العملية:

- يمكن للأطر أن تتعرض للأخطاء. حينئذ يطلب المستقبل من المرسل إعادة الإرسال Automatic Repeat request (ARQ).
- يمكن للأطر أن تتعرض للضياع. لذا يجب ترقيمها بحيث يستطيع المستقبل تحديد إن كان ثمة ضياع من أجل طلب إعادة الإرسال.
- يُرسل المستقبل إطار إقرار إلى المرسل بأنه استلم الإطار. لكن إذا ضاع إطار الإقرار فلن يعرف المرسل ذلك. لذا يُشغِّل لديه مؤقِّتا لعد المدة المتوقعة لعودة لإطار الإقرار، وإذا لم يرده أعاد الإرسال.

بروتوكولات الوصلة

التحكم في تدفق البيانات

بعد إرسال المرسل للإطار وتشغيله للمؤقت، ينتظر واحدا من ثلاثة أحداث:

1. عودة إطار إقرار سليم يفيد باستقبال الإطار المرسَل سليما، فيرسل إطار بيانات جديدا.
2. انتهاء مدة المؤقت دون ورود شيء من المستقبل. هذا يعني أن الإطار لم يصل، أو أن إطار الإقرار قد ضاع. فيعيد المرسل إرسال الإطار.

نظرا إلى أن الإطار التالي لا يُرسَل إلا بعد التحقق من إرسال الإطار السابق، لا حاجة إلا إلى ترقيم الإطر المتتالية بـ 0 و 1 على التتالي. إذا استقبل المستقبل إطارين لهما نفس الرقم، افترض أن هناك تكرارا.

Protocol 3

وصلة عملية بين عقدتين بوجود أخطاء
ذاكرة المستقبل محدودة
نقل باتجاه واحد

المرسل

```
/* Protocol 3 (PAR) allows unidirectional data flow over an unreliable channel. */

#define MAX_SEQ 1                                   /* must be 1 for protocol 3 */
typedef enum {frame_arrival, cksum_err, timeout} event_type;
#include "protocol.h"

void sender3(void)
{
  seq_nr next_frame_to_send;                        /* seq number of next outgoing frame */
  frame s;                                          /* scratch variable */
  packet buffer;                                    /* buffer for an outbound packet */
  event_type event;

  next_frame_to_send = 0;                           /* initialize outbound sequence numbers */
  from_network_layer(&buffer);                      /* fetch first packet */
```

Protocol 3

وصلة عملية بين عقدتين بوجود أخطاء
ذاكرة المستقبل محدودة
نقل باتجاه واحد

تابع المرسل

```
while (true) {
    s.info = buffer;                        /* construct a frame for transmission */
    s.seq = next_frame_to_send;             /* insert sequence number in frame */
    to_physical_layer(&s);                  /* send it on its way */
    start_timer(s.seq);                     /* if answer takes too long, time out */
    wait_for_event(&event);                 /* frame_arrival, cksum_err, timeout */
    if (event == frame_arrival) {
        from_physical_layer(&s);            /* get the acknowledgement */
        if (s.ack == next_frame_to_send) {
            stop_timer(s.ack);              /* turn the timer off */
            from_network_layer(&buffer);    /* get the next one to send */
            inc(next_frame_to_send);        /* invert next_frame_to_send */
        }
    }
}
}
```

Protocol 3

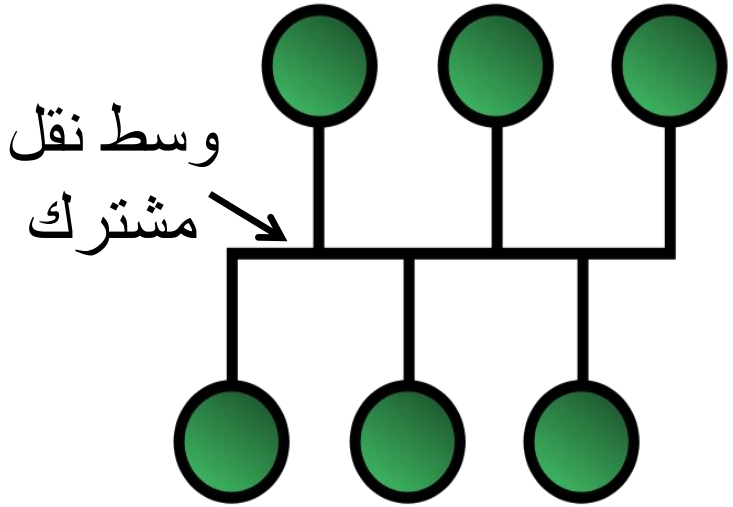
المستقبل

وصلة عملية بين عقدتين بوجود أخطاء
ذاكرة المستقبل محدودة
نقل باتجاه واحد

```
void receiver3(void)
{
  seq_nr frame_expected;
  frame r, s;
  event_type event;

  frame_expected = 0;
  while (true) {
       wait_for_event(&event);                  /* possibilities: frame_arrival, cksum_err */
       if (event == frame_arrival) {            /* a valid frame has arrived */
            from_physical_layer(&r);            /* go get the newly arrived frame */
            if (r.seq == frame_expected) {      /* this is what we have been waiting for */
                 to_network_layer(&r.info);     /* pass the data to the network layer */
                 inc(frame_expected);           /* next time expect the other sequence nr */
            }
            s.ack = 1 – frame_expected;         /* tell which frame is being acked */
            to_physical_layer(&s);              /* send acknowledgement */
       }
  }
}
```

بروتوكولات الوصلة



شبكات الدخول المتعدد بتحسس الحامل

Carrier-sense multiple access (CSMA)

- المحطات متصلة بوسط النقل المشترك مباشرة (كبل، راديو).
- تستعمل بروتوكول التحكم بوسط النقل media access control (MAC).
- تُرسَل البيانات محمَّلة على تردد حامل.

بروتوكولات الوصلة

شبكات الدخول المتعدد بتحسس الحامل

- عندما يكون لدى المحطة رزم بيانات لإرسالها، تتنصت على القناة، فإذا وجدتها غير مشغولة، أرسلت البيانات محملة على الحامل. وإذا وجدتها مشغولة، استمرت بالتنصت حتى ينتهي انشغالها.
- تستقبل جميع المحطات الأخرى البيانات، ولا تأخذها إلا المعنية بها.
- يمكن أن تجد محطتان أو أكثر وسط النقل غير مشغول في نفس الوقت فتبدأ الإرسال معا، فيحصل حينئذ تصادم للبيانات Collision.

بروتوكولات الوصلة

شبكات الدخول المتعدد بتحسس الحامل

معالجة التصادم:

تستقبل المحطة ما تُرسله في نفس الوقت، فإن وجدت البيانات غير سليمة عرفت أن ثمة تصادم.

- تحسس حامل مع إصرار 1-persistent CSMA: عندما تجد المحطة وسط النقل مشغولا، تستمر بالتنصت حتى انتهاء انشغاله وترسِل بعدئذ مباشرة. وعندما تكتشف تصادم، تتوقف عن الإرسال وتنتظر مدة عشوائية ثم تعيد الكرَّة. والإثرنت من هذا النوع.
- تحسس حامل مع عدم إصرار non-persistent CSMA: عندما تجد المحطة وسط النقل مشغولا، تتوقف عن التنصت مدة عشوائية ثم تعيد الكرَّة. والإثرنت من هذا النوع.

بروتوكولات الوصلة

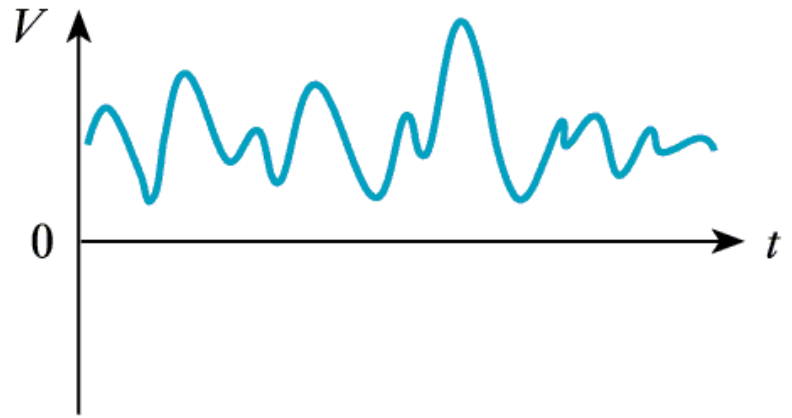
شبكات الدخول المتعدد بتحسس الحامل

- تحسس حامل مع إصرار باحتمال p p-persistent CSMA: تقع هذه الحالة بين الحالتين السابقتين. تتحسس المحطة وسط النقل، فإذا وجدته غير مشغول، أرسلت باحتمال p، وإلا تستمر بالتحسس حتى يصبح غير مشغول وترسِل باحتمال p. وإذا لم ترسِل تنتظر مدة محددة وتعيد الكرَّة. والواي فاي من هذا النوع (المقيَس 802.11).

تساعد هذه الإجراءات على تقليل معدلات التصادم.

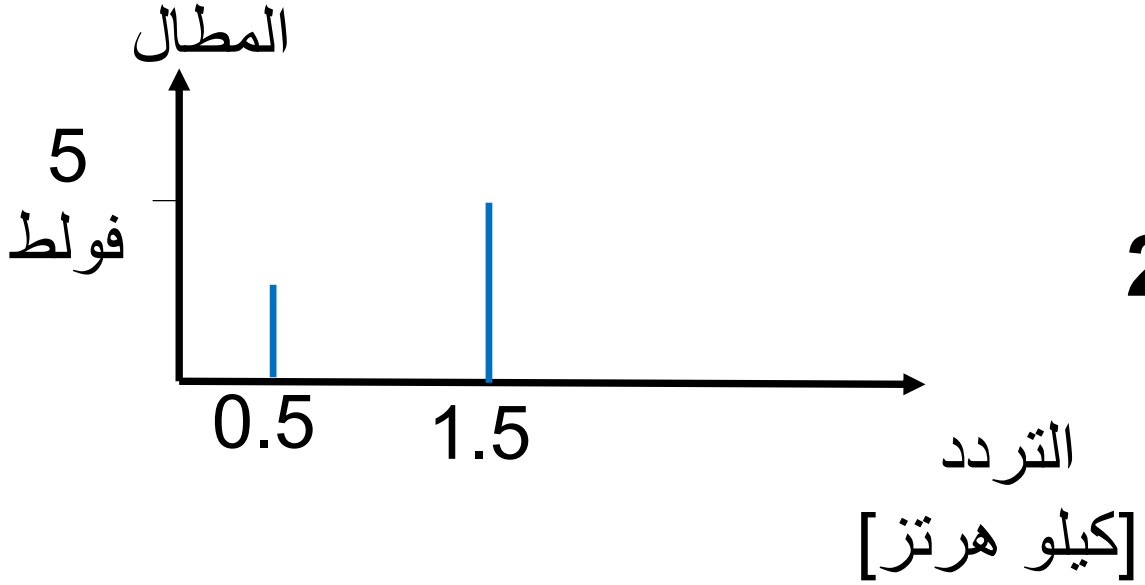
تمارین

تمارين

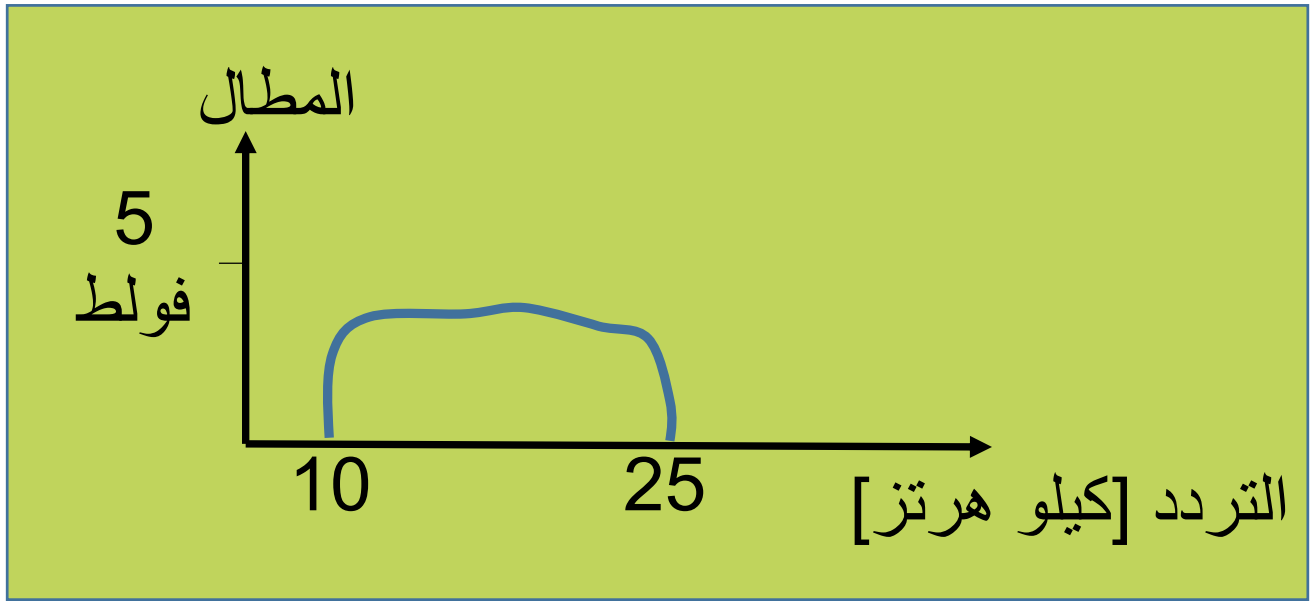


1. ما نوع هذه الإشارة: تماثلية أم رقمية؟

2. ما هذه الإشارة: هل هي إشارة جيبية ترددها 2 كيلو هرتز ومطالها 7.5 فولط؟ أم إشارة مركبة من إشارتين جيبيتين، تردد الأولى 0.5 كيلو هرتز ومطالها 2.5 فولط، وتردد الثانية 1.5 كيلو هرتز ومطالها 5 فولط؟



تمارين



3. ما هو عرض هذه الحزمة الترددية؟

4. ما هو نوع إشارات الظواهر الطبيعية: تماثلية أم رقمية؟ هل تعرف ظاهرة طبيعية خرجها رقمي؟

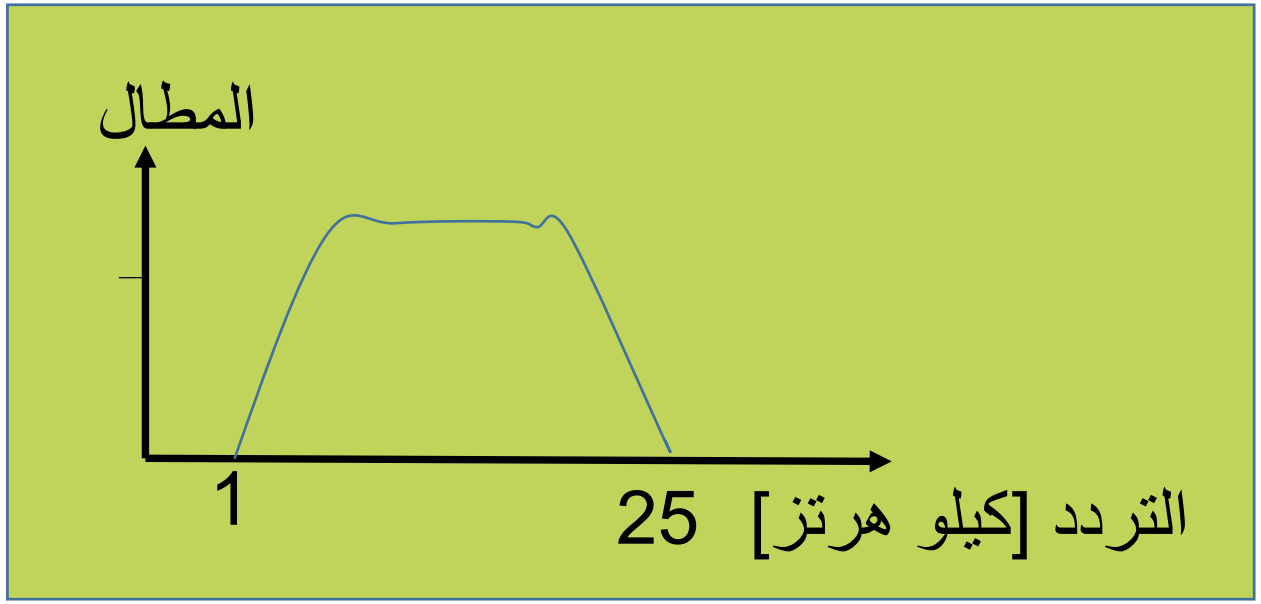
تمارين

5. كلمة غير متزامنة (ستارت ستوب) مؤلفة من 11 بت وتردد ساعتها يساوي 500 هرتس. ما هي قيمة تردد أخذ عيناتها؟

دور تردد أخذ عينات إشارة الـ start-stop المكونة من n بت:

$$\frac{n-0.5}{n}T < T' < \frac{n+0.5}{n}T$$

تمارين



6. يُري الشكل الاستجابة الترددية لمُحِس كهرضغطي (بيزو). هل تصلح هذه المادة لاستعمالها في صنع مكروفون؟ لماذا؟

تمارين

7. يزيد مستوى استطاعة الضجيج الذي تُصدره فرقة موسيقى الروك بمقدار 80 db فوق مستوى الصوت في منطقة ريفية ليلا. كم مرة يعادل ذلك؟

8. يقوم مرسل راديوي بتحميل إشارة بيانات يمتد طيفها بين 400 هرتز و 10 كيلو هرتز على تردد حامل تردده يساوي 10 ميغا هرتز باستعمال التعديل المطالي. ارسم طيف الإشارة الراديوية. حدد قيم الترددات.

9. يقوم مرسل راديوي بتحميل إشارة بيانات يمتد طيفها بين 400 هرتز و 10 كيلو هرتز على تردد حامل تردده يساوي 10 ميغا هرتز باستعمال التعديل المطالي الوحيد الحزمة الجانبية العليا. ارسم طيف الإشارة الراديوية. حدد قيم الترددات.

تمارين

10. ما هي قيمة تردد التقطيع الواجب استعماله في رقمنة إشارة تلفزيونية يمتد طيفها من الصفر حتى 8 ميغا هرتز؟

11. ما هو عدد البتات اللازم استعماله لترميز إشارة بيانات تماثلية حين رقمنتها بحيث لا تقل نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة ضجيج التكميم SQNR عن 100000 مرة؟ ما مقدار ميز عملية الرقمنة حينئذ؟

12. يساوي عرض الاستجابة الترددية لقناة اتصال هاتفية جيدة جدا 4 كيلو هرتز. ما هي سرعة نقل البيانات القصوى الممكنة على هذه القناة إذا كانت نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة الضجيج الغوصي تساوي 18 ديسيبل؟ و 21 ديسيبل؟ و 30 ديسيبل؟

تمارين

13. إذا كانت نسبة استطاعة الإشارة إلى استطاعة الضجيج الغوصي في قناة الاتصال تساوي 25 ديسيبل، فما هو عرض حزمة الاستجابة الترددية للقناة من أجل سرعة نقل قصوى للبيانات تساوي 64 كيلو بت في الثانية؟
14. لماذا تتفوق الإشارة الرقمية على الإشارة التماثلية من وجهة نظر المناعة من الضجيج؟
15. ماذا يعني نقل البيانات المتزامن؟

تمارين

16. ما هو المقدار الأصغري لنسبة الإشارة إلى الضجيج اللازمة لنقل بيانات بمعدل 2048 كيلو بت في الثانية على قناة عرض حزمتها الترددية يساوي 50 كيلو هرتز؟

17. من المرغوب فيه نقل محتوى شاشة إظهار على قناة اتصال. تتألف الشاشة من 2560 خط مسح، ويتألف كل خط من 1600 بكسل، وكل بكسل مرمز بـ 24 بت. وتُرسل صور الشاشة بمعدل 60 إطارا في الثانية. ما هو معدل البيانات التي سوف تُرسَل؟

تمارين

18. لماذا يساوي دور التقطيع في نظام التعديل النبضي يساوي 125 مكرو ثانية؟

19. هل تصلح إشارة الدارات الإلكترونية المتكاملة (TTL) للنقل على قنوات الاتصال؟ لماذا؟

20. ما هي فوائد ترميز مانشتر للإشارات الرقمية الكهربائية؟

تمارين

21. عرِّف الضجيج الحراري، الضجيج الرشقي، ضجيج التكميم.

22. عرِّف الانزياح الترددي، انزياح دوبلر.

23. أيُّ العبارتين التاليتين هي الصحيحة؟ علل الإجابة:
* يمكن نقل الإشارة التماثلية على نحو سليم إلى أي مسافة نريدها.
* يمكن نقل الإشارة الرقمية على نحو سليم إلى أي مسافة نريدها.

تمارين

24. ما هي مهمة الترنيم؟
25. يقوم الترنيم المطالي على تغيير قيمة مطال التردد الحامل بناء على البيانات.
26. يقوم الترنيم الترددي على تغيير قيمة التردد الحامل بناء على البيانات.
27. يقوم الترنيم الطوري على تغيير طور التردد الحامل بناء على البيانات.
28. ما هي مهام مستقبل المودم؟
29. لماذا يحتاج مستقبل البيانات المتزامنة إلى ساعة متزامنة مع البيانات المستقبلة؟
30. إذا كانت محرف البيانات مؤلفا من 8 بتات، ما مقدار الهدر في النقل غير المتزامن إذا احتوى المحرف المنقول على بت تدقيق؟

تمارين

31. عدد أنواع خطوط الاتصال من حيث اتجاهات نقل البيانات؟
32. ما ذا نستعمل من أجل نقل البيانات بالاتجاهين على سلكين فقط؟
33. ما هي أنواع الصدى في نقل البيانات؟
34. قارن استعمال الإشارات الرقمية بالإشارات التماثلية في نقل البيانات؟

تمارين

41. ما الغاية من التنضيد؟
42. أين يُجرى التنضيد، في العقد أم الوصلات؟ لماذا؟
43. ما هو نوع من التنضيد الملائم للإشارات التماثلية؟
44. ما هو نوع التنضيد الملائم للإشارات الرقمية؟
45. على أي نطاق ترددي من عرض الحزمة الترددية للوصلة تُرسَل إشارة التنضيد الزمني؟
46. ما هو نوع التنضيد الذي يزيح أطياف القنوات المختلفة إلى نطاقات ترددية مختلفة؟

تمارين

35. هل تتعطل الشبكة إذا تعطلت عقدة في الشبكة الحلقية؟ في الشبكة النجمية؟ في الشبكة المتداخلة؟
36. عدد مزايا وسيئات الشبكة النجمية.
37. عدد مزايا وسيئات الشبكة الحلقية.
38. أيٌّ من الشبكات المحلية التالية تسمح بالاتصال بالإنترنت: الحلقية، النجمية، المتداخلة؟
39. ما نوع طبولوجيا شبكة الإنترنت؟

تمارين

40. ما هو الجهاز الذي يقع في مركز الشبكة المركزية: مودم، موزع، موجه، مخدِّم، بوابة؟

تمارين

47. في أي شريحة تعمل الموجهات؟

48. في أي شريحة توضع البتات في أطر؟

49. عدد مبادئ تصميم نموذج الاتصال المرجعي المفتوح.

50. في أي شريحة يُعالَج ترميز الصورة؟

51. في أي شريحة يُعالج بروتوكول الإنترنت؟

52. ما هي الطبقات العليا من نموذج الاتصال المرجعي المفتوح؟

53. ما هي شرائح شبكة الاتصالات الرقمية في نموذج الاتصال المرجعي المفتوح؟

54. ما هو الغرض من نظام الاتصال المرجعي المفتوح؟

تمارين

55. ما هو نوع التبديل في الشبكة الهاتفية؟
56. ما المدة التي تُحجز خلالها قناة الاتصال في التبديل بالدارات؟ التبديل بالرزم؟
57. أيهما أفضل من حيث استغلال عرض الحزمة أفضل استغلال: التبديل بالدارات أم التبديل بالرزم؟
58. أيهما أفضل من حيث استغلال موارد الشبكة: التبديل بالدارات أم التبديل بالرزم؟
59. قارن التأخير الذي تتعرض له البيانات في التبديل بالدارات والتبديل بالرزم.

تمارين

60. مع ماذا تتعامل شريحة الشبكة؟ مع الرزم أم الأطر؟
61. ما هي وظيفة شريحة الشبكة؟
62. ما هو العنوان الذي تحمله رزمة البيانات في نمط الرزم المستقلة؟
63. ما هو العنوان الذي تحمله رزمة الدارة الافتراضية؟
64. ما هي خوارزمية التوجيه المرجعية المستعملة لمقارنة أداء خوارزميات التوجيه الأخرى؟

تمارين

65. أين توضع العقدة المركزية في الشبكة الحلقية؟ في الشبكة المختلطة؟ في الشبكة التامة؟
66. مم يتألف التأخير في عقدة الاتصالات؟
67. بم تتحدد وثوقية الشبكة؟
68. في التبديل بالدارات، تُحجز دارة الاتصال قبل بدء الاتصال وتبقى محجوزة لذلك الاتصال حتى نهايته، وتتحرر بعد انتهائه. هل هذا صحيح؟
69. ما هي المثلبة الرئيسية في التبديل بالدارات؟
70. ما هي المثلبة الرئيسية في التبديل بالرزم؟

تمارين

71. ما هي مهام شريحة الوصلة؟
72. مم تتألف معلومات حقل كشف الخطأ في إطار الوصلة؟
73. هل تصحح طرائق كشف الخطأ الأخطاء؟
74. ما هو عدد الأخطاء التي يمكن لبت التدقيق أن تكشفها؟
75. ما هي المهام الرئيسية لبروتوكول الوصلة فيما يخص التحكم بتدفق البيانات؟