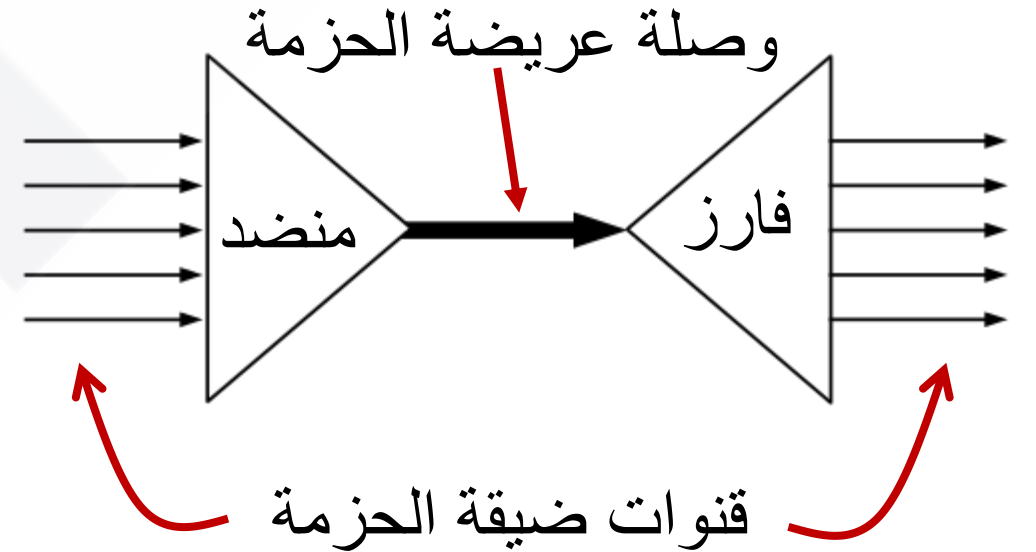
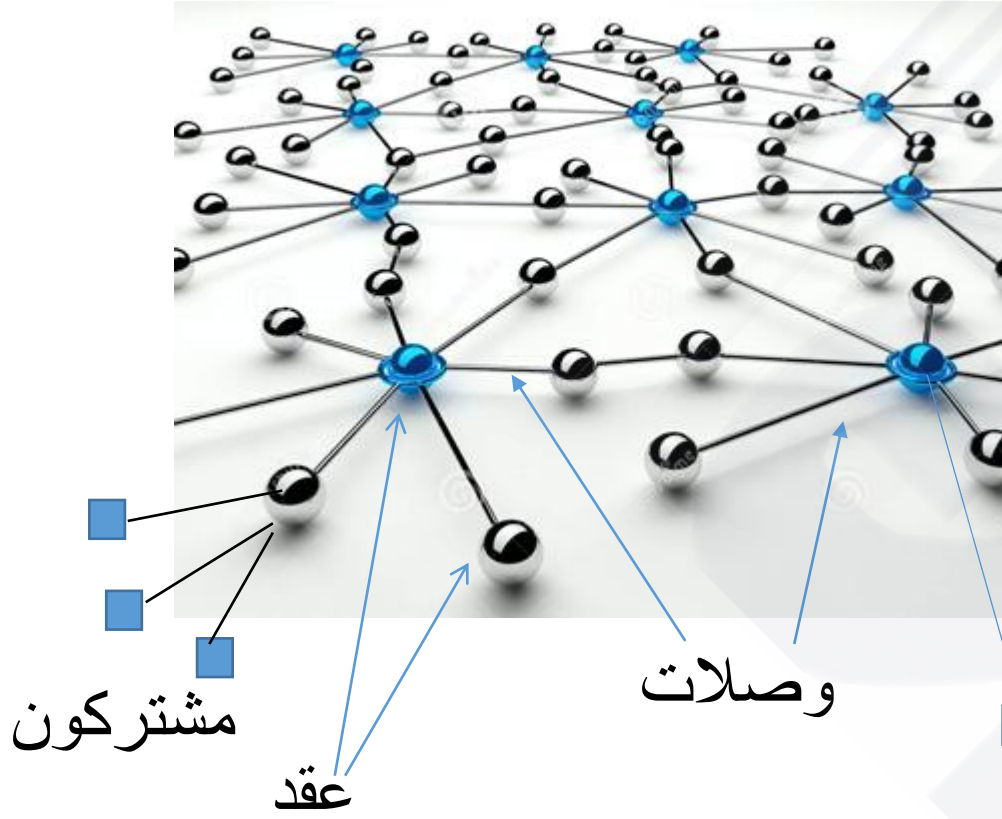


التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية

Multiplexing in Digital Com Networks

تعريف:

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



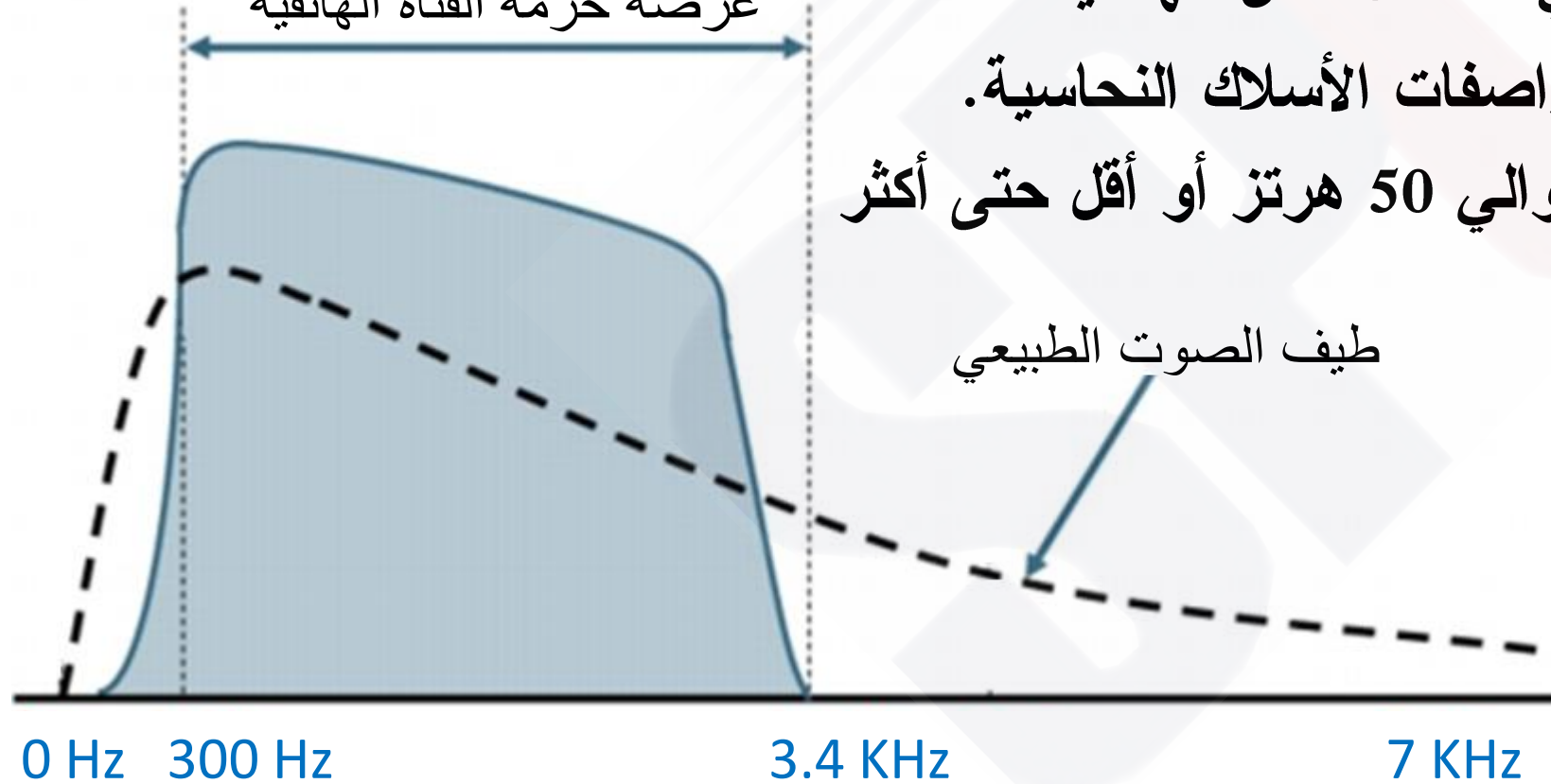
التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية

- 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 في شبكات الاتصالات الرقمية

القناة الضيقة

عرضة حزمة القناة الهاتفية



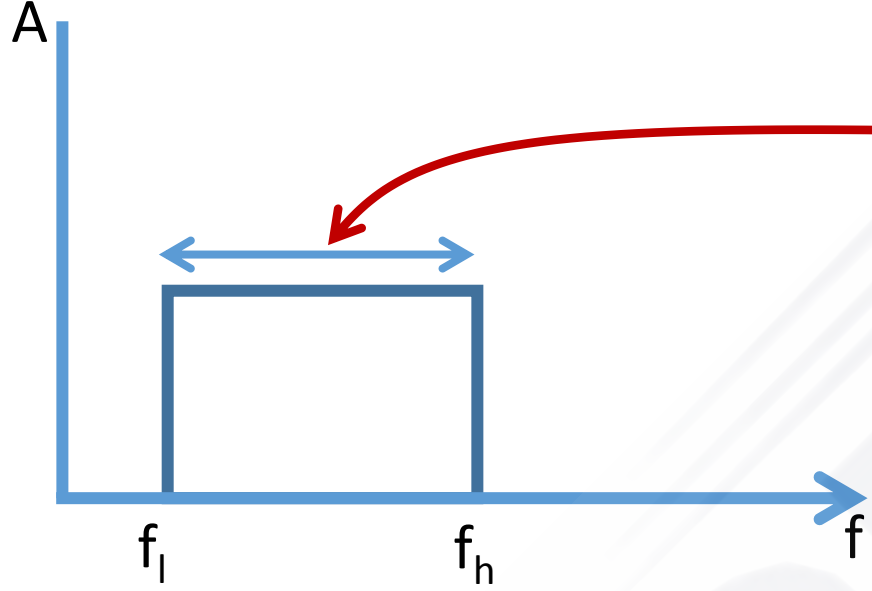
- تاريخيا القناة الضيقة هي قناة الاتصال الهاتفية.
- عرضها محدود بسبب مواصفات الأسلاك النحاسية.
- يمتد طيف الصوت من حوالي 50 هرتز أو أقل حتى أكثر من 16000 هرتز.

التنفيذ في شبكات الاتصالات الرقمية

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.

التنفيذ في شبكات الاتصالات الرقمية



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.

استعمال متبادل
عرض الحزمة \longleftrightarrow سرعة نقل البيانات

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

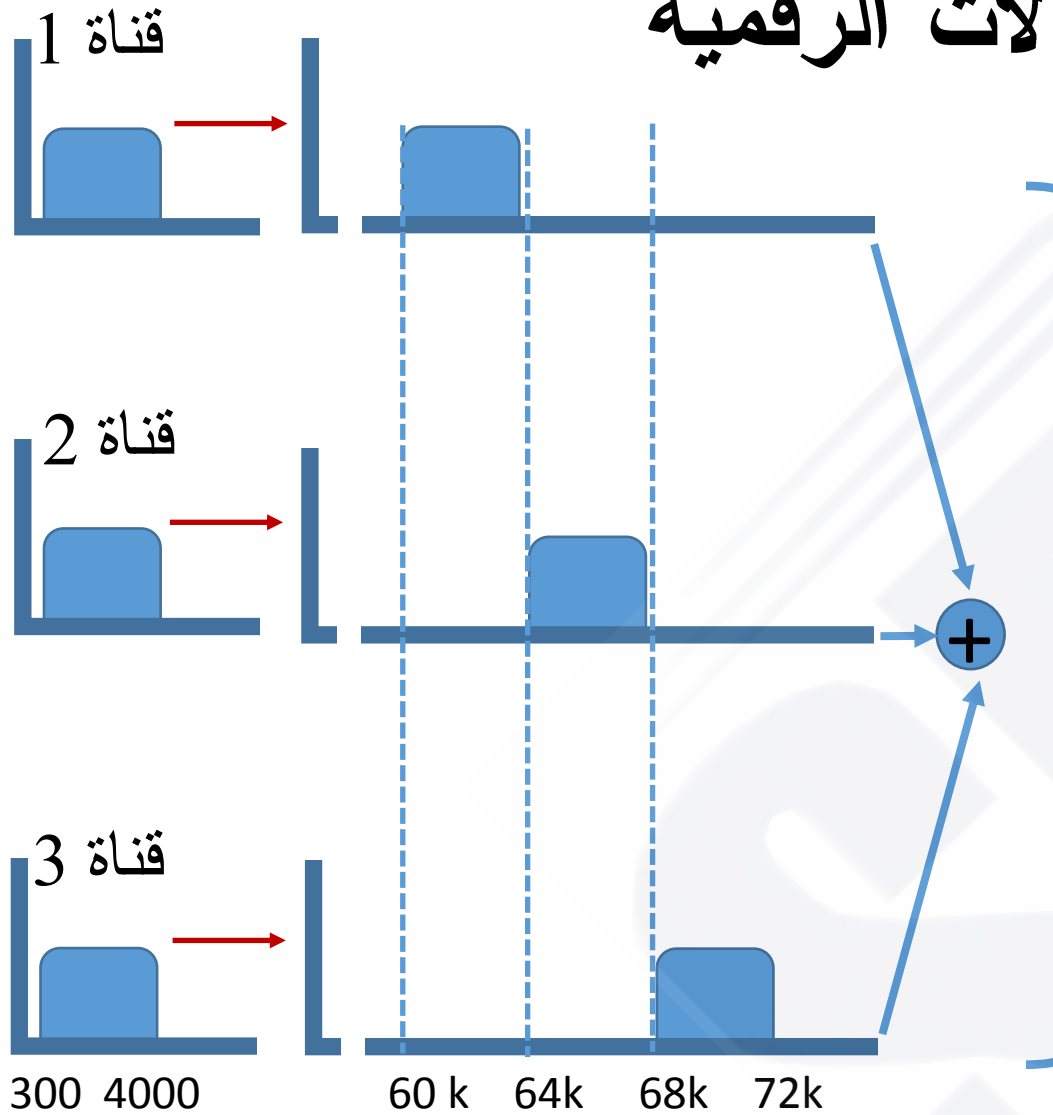
التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية

أنواع التنضيد

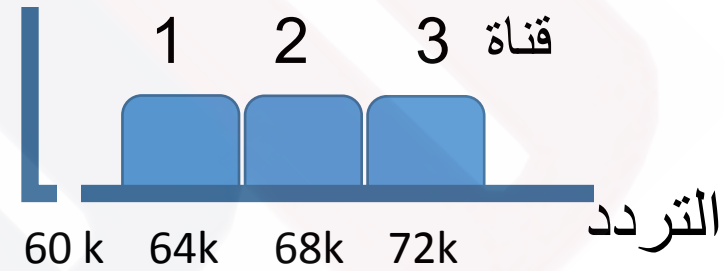
هناك أنواع مختلفة من التنضيد، أهمها وأكثرها شيوعا:

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

التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية



التنضيد بالتقسيم الترددي



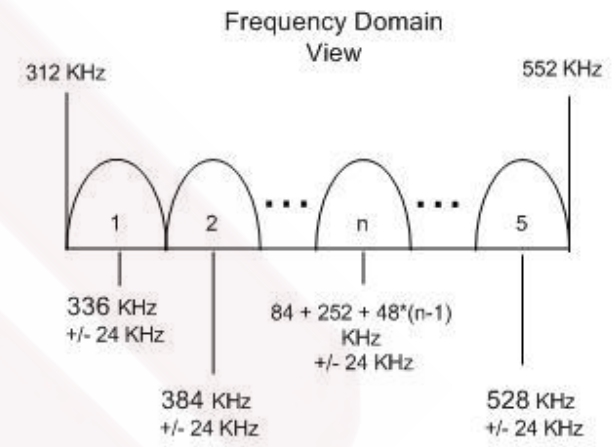
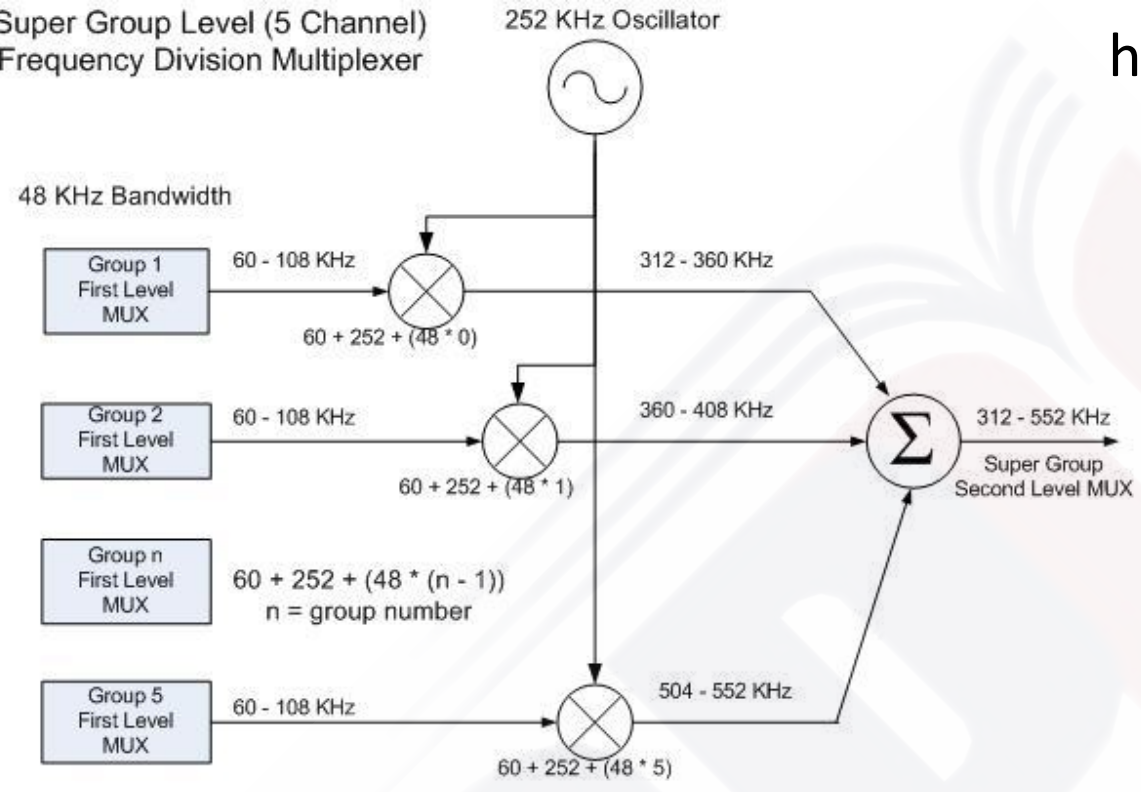
تُصَفُّ القنوات جنباً إلى جنب في مجال التردد:
تُزَاحُ القنوات بالتعديل الترددي بترددات حاملة
وتُجمعُ معاً. الترددات الحاملة تساوي في هذا المثال:

$$57.7+4+4 \text{ KHz}, 57.7+4 \text{ KHz}, 57.7 \text{ KHz}$$

يُستعمل التنضيد الترددي في وصلات الترددات الراديوية عموماً، وهو أقدم أنواع التنضيد.

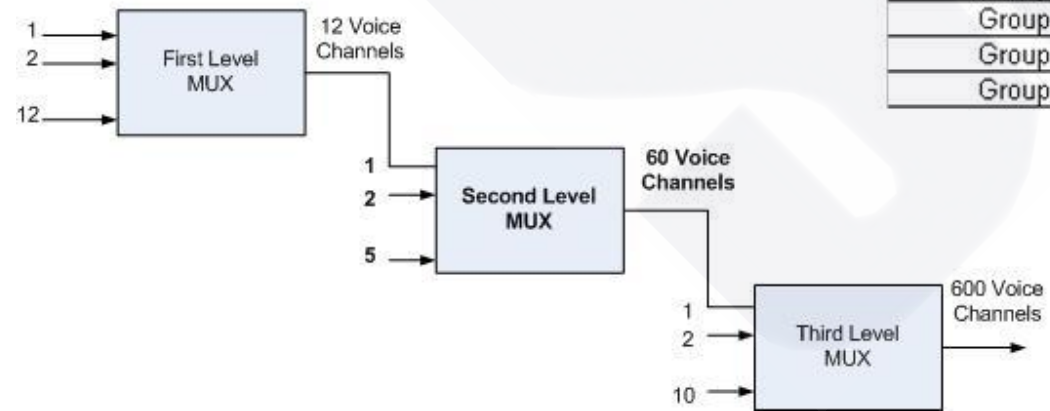
Super Group Level (5 Channel)
Frequency Division Multiplexer

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



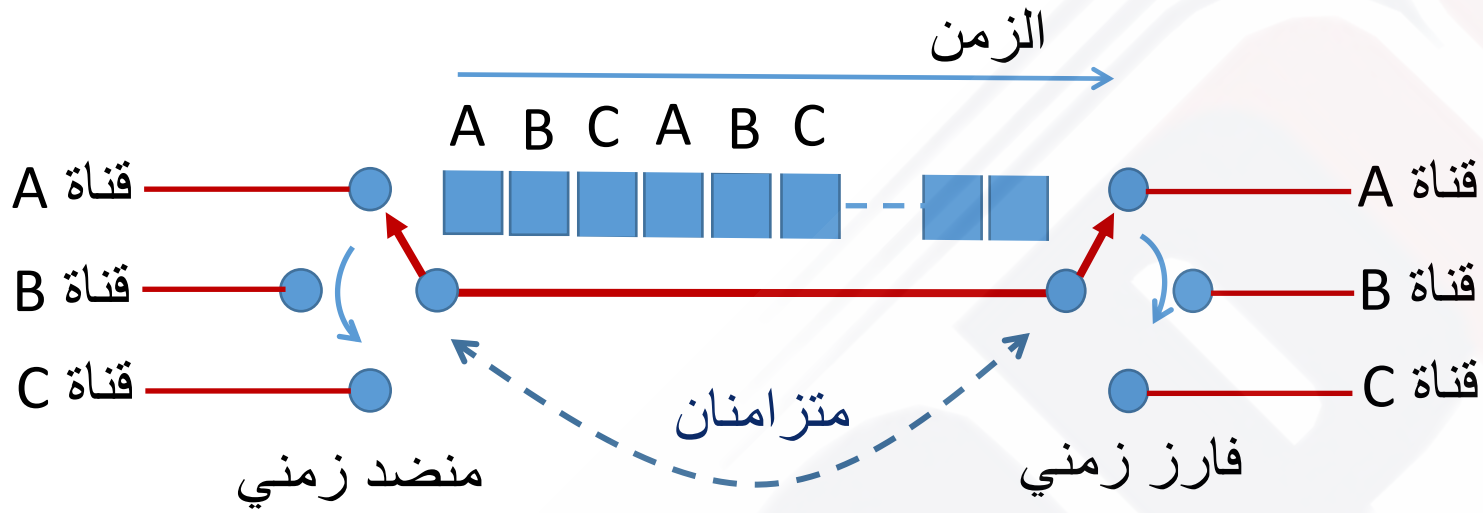
Input Freq + Osc + (BW * Offset)
Offset = Group No. - 1

Supergroup	Bandwidth (KHz)	Mix Freq (KHz)	Super Group Carrier (KHz)	
			312	552
Group 1	60 - 108	$252 + (48 * 0)$	312	360
Group 2	60 - 108	$252 + (48 * 1)$	360	408
Group 3	60 - 108	$252 + (48 * 2)$	408	456
Group 4	60 - 108	$252 + (48 * 3)$	456	504
Group 5	60 - 108	$252 + (48 * 4)$	504	552



التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية

التنضيد بالتقسيم الزمني

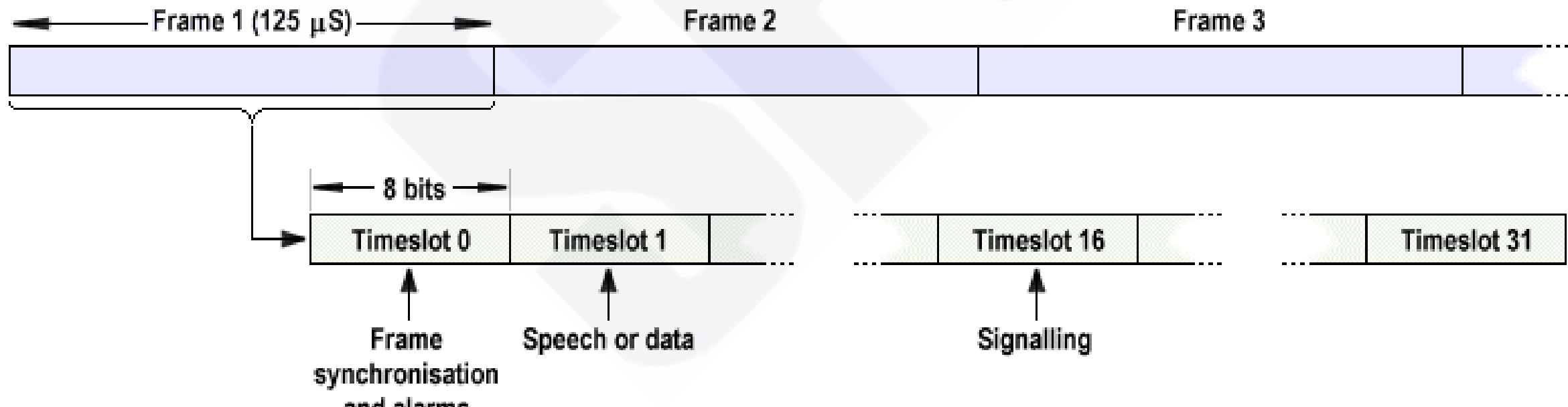


يأخذ المنضد بايتات أو بتات أو عينات من قنوات بطيئة (ضيقة) على التوالي ويصفها واحدة تلو أخرى زمنياً على قناة سريعة (عريضة). ويقوم الفارز في الطرف الآخر من القناة بفرز القنوات البطيئة وإعادتها إلى ما كانت عليه.

التنضيد بالتقسيم الزمني

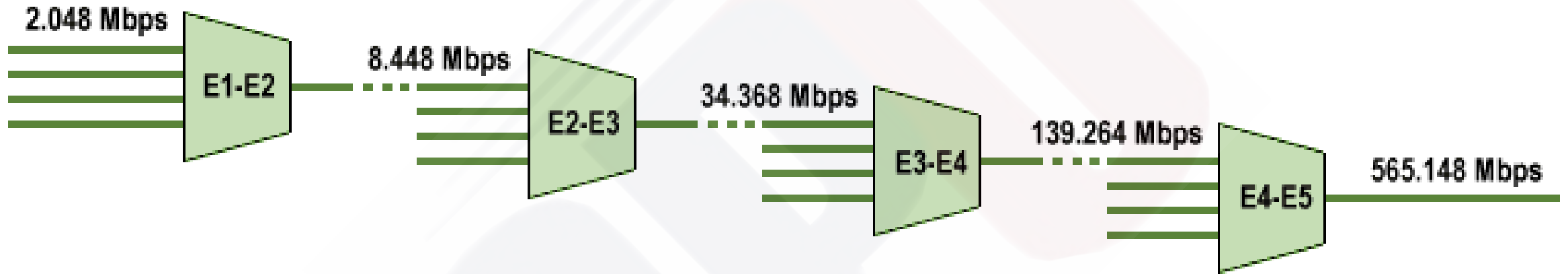
مثال: النظام E1

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



التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية

التنضيد بالتقسيم الزمني



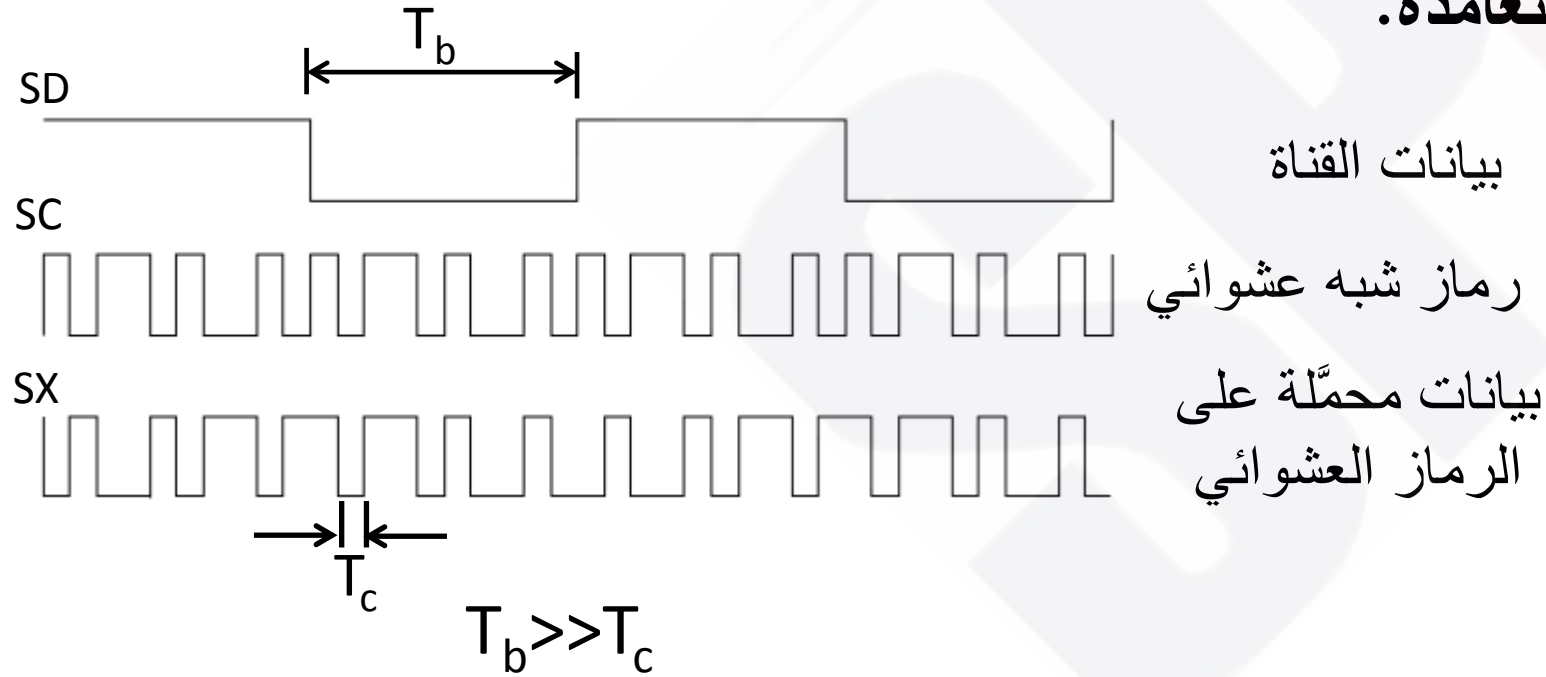
مثال: نظام PDH

سلسلة متتالية من التنضيد: تُنضد 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 في شبكات الاتصالات الرقمية

التنضيد بالتقسيم الرمازي

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



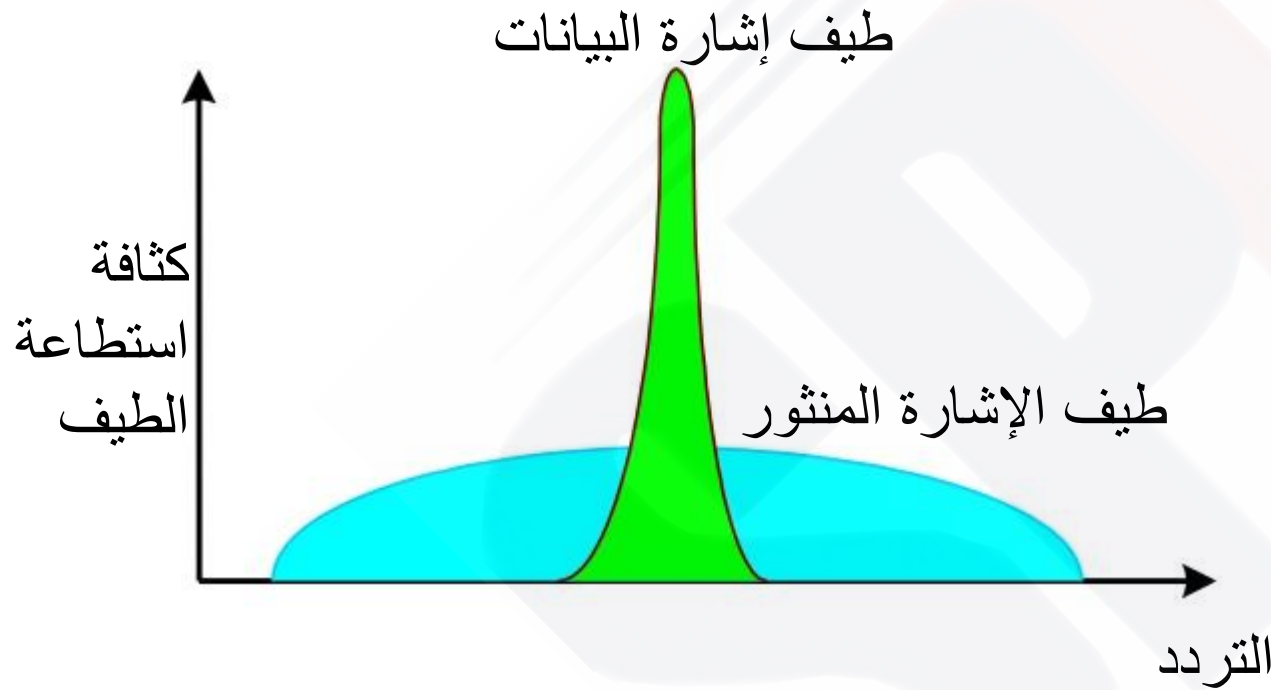
تحميل القناة على الرماز

بتقنية الطيف المنتور

$$SX = SD \text{ EXOR } SC$$

التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية

التنضيد بالتقسيم الرمازي



الطيف المنتور ذو كثافة
استطاعة منخفضة جدا وقريبة
من كثافة استطاعة الضجيج.

التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية

التنضيد بالتقسيم الرمazi

تُحمل القنوات المختلفة على أرمزة متعامدة.

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

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

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

التنضيد في شبكات الاتصالات الرقمية

التنضيد بالتقسيم الرمazi

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:

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 في شبكات الاتصالات الرقمية

التنضيد بالتقسيم الرمazi

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 في شبكات الاتصالات الرقمية

التنضيد بالتقسيم الرمazi

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 التنضيد الترددي والزمني

تنضيد بالتقسيم الترددي

تحتل القنوات المختلفة نطاقات ترددية مختلفة ضمن حزمة الوصلة الترددية الرئيسية.

يُفضل التنضيد الترددي للإشارات التماثلية، ومنها التماثلية التي تحمل بيانات رقمية.

تحتاج إلى توليد تردد كشف مرجعي في المستقبل مساو للتردد الحامل.

دارات معقدة عموماً.

يوجد تداخل بين القنوات (تسميع) بسبب كون الترشيح السيء للقنوات المتجاورة.

تنضيد بالتقسيم الزمني

تحتل جميع القنوات كامل عرض الحزمة الترددية للوصلة في نفس الوقت.

يُفضل التنضيد الزمني للإشارات الرقمية.

تحتاج إلى مزامنة ساعة المستقبل مع ساعة المرسل.

دارات بسيطة عموماً.

لا يوجد تداخل بين القنوات (تسميع).

تمارين

1. ما الغاية من التنضيد؟
2. أين يُجرى التنضيد، في العقد أم الوصلات؟ لماذا؟
3. ما هو نوع من التنضيد الملائم للإشارات التماثلية؟
4. ما هو نوع التنضيد الملائم للإشارات الرقمية؟
5. على أي نطاق ترددي من عرض الحزمة الترددية للوصلة تُرسل إشارة التنضيد الزمني؟
6. ما هو نوع التنضيد الذي يزيح أطيف القنوات المختلفة إلى نطاقات ترددية مختلفة؟