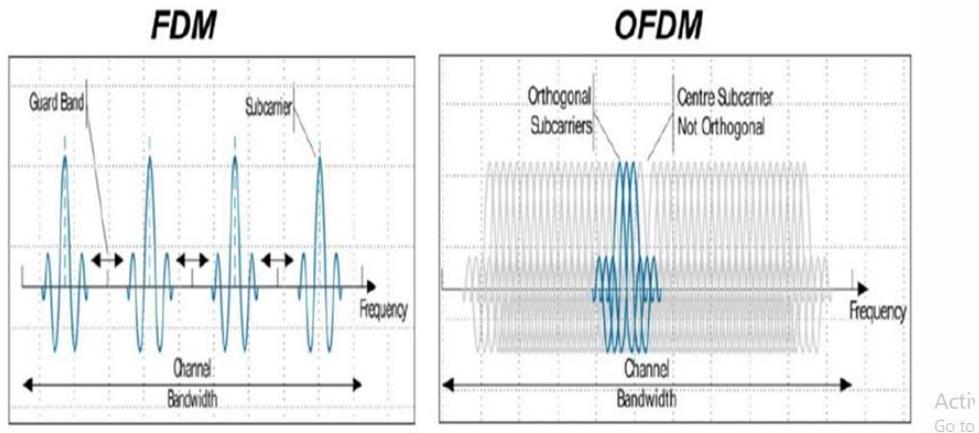


Lecture 2 part 2

OFDM:

OFDM: Multiple orthogonal frequencies are used to achieve data transmission on greater BW

يعني بدل ما نخلط كل carrier يشغل منطقه لوحده ف ال BW و كمان نحط قبله وبعده guard band يعني كل carrier يشغل منطقه بس نفس المنطقه يعني عند maximum واحده الثانيه تبقى minimum وهكذا



Advantages :

- 1) Carriers are overlapping and orthogonal which greatly improve spectral efficiency .
By using IFFT in transmitter and FFT in receiver reduce system complexity
- 2) Effectively withstand with multipath by adding cyclic prefix

Cyclic Prefix (CP):

It is a copy of the end part of an OFDM symbol that is added to its beginning to prevent inter-symbol interference (ISI)

طيب يعني ايه الكلمتين دول اول واحدة واضحه احنا قدرنا نبعث كذا symbol ف نفس الوقت ف ده زود كفاءه استغلال الترددات او الباند اللي معايا الجمله اللي بعدها بتبيين ازاي ال ofdm مبقاش معقد انه ينتفخ بسبب ال IFFT /FFT ايه دول اصلا وايه اهميتهم:

- (Transmitter):**
- البيانات بتتوزع على ترددات كتير صغيرة.(subcarriers)
 - بدل ما نبعث كل واحدة لوحدها، بيستخدموا عملية رياضية اسمهاIFFT (Inverse Fast Fourier Transform).
 - دي بتجمع كل الترددات في إشارة واحدة في الزمن (time-domain) تبقى جاهزة للإرسال.

في الاستقبال: (Receiver)

- المستقبل يعمل العملية العكسية باستخدام FFT (Fast Fourier Transform) ترجع الإشارة من الزمن إلى التردد، فيفصل كل subcarrier لوحده ويقرأ البيانات منه.

يعني IFFT يتحول الإشارة علشان تتبع، و FFT بترجمها علشان تتفك وتفهم

حلو طب تاني نقطه بيقول انه بيقدر يتغلب على مشكلة ال multi path اي اصلا المشكله دي : في الواقع، الإشارة مش بتتمشي في طريق واحد بتتعكس من مبني، جبال، عربيات... فبتوصل للموبايل كذا نسخة متاخرة عن بعض.

وده بيعمل تشويش اسمه ISI (Inter-Symbol Interference) يعني الإشارة القديمة تتدخل مع الجديدة وتبيّنها.

طيب اتحلت ازاي ضافو حاجه زي منطقة حمايه قبل كل symbol اسمها cyclic prefix هي عباره عن بيتاخد من آخرال symbol ويتحط في أوله عشان كده اسمه Cyclic بحيث لو حصل تداخل مع اللي قبلها CP هي اللي تتأثر وال symbol نفسها تفضل تمام

LTE down link uses OFDMA :

OFDMA :

- technology that allows sending data to multiple users at the same time over the same radio channel as each user allocated different resource which can vary in time or frequency
- its combination of TDMA/FDMA

how it works:

- it splits BW into many small orthogonal of subcarriers
- each group of subcarriers (12 subcarriers) grouped into smaller block called Resource block(RB)
- each RB assigned to specific user at specific time slot
(مش كل الكلام ده مكتوب ف المحاضره بس ده وصف الصوره)

طيب نفهم يعني ايه الكلام ده : ال LTE بتسخدم ف ال downlink تيكنيك اسمه OFDMA يعني نفس فكرة OFDM، بس بدل ما تبعت بيانات مستخدم واحد، هنا الشبكة تقدر تبعت لكذا مستخدم في نفس الوقت على ترددات مختلفة صغيرة جدًا.(subcarriers)

ازاي بتشتغل؟

- التردد الكلي بيتقسم لترددات صغيرة جدًا اسمها subcarriers.
- كل مجموعة 12 subcarrier بتجمع في حاجة اسمها Resource Block (RB).

- ال users RBs دي بتنقسم ع ال RBs users
- مثلاً:

- User 1 يأخذ RBs معينة في وقت معين.
- User 2 يأخذ RBs مختلفة في نفس الوقت.
- كلهم يستقبلوا بيانات في نفس اللحظة لكن على ترددات مختلفة.

LTE uplink uses SC-FDMA:

To reduce limitation of PAPR (Peak to Average Power Ratio) of PA (power amplifier) in uplink SC-FDMA is used

ده الجمله اللي مكتوبه ف المحاضره طيب خلينا نفهم يعني ايه
انا عندي مشكله ف ال OFDMA لو استخدمناه ف ال uplink ان الإشارة الخارجيه من الموبايل بيبقى فيها قمم
(peaks) في الطاقة كبيره جداً مقارنة بمتوسط الطاقة.
علشان الموبايل يرسل الإشارة دي من غير تشويه، تحتاج Power Amplifier قوي جداً طيب اشمعنا كده فيه
كثير peaks؟

لأن في OFDMA زي ما قولنا
الإشارة الواحدة بتكون من مجموع كبير من subcarriers
يعني موجات كتير شغاله مع بعض على ترددات مختلفة شوية
فإليشارة الكلية = مجموع كل الموجات دي مع بعض:

$$\text{Signal} = \text{subcarrier}_1 + \text{subcarrier}_2 + \text{subcarrier}_3 + \dots + \text{subcarrier}_n$$

المشكله بقى:

كل subcarrier ليه amplitude و phase يعني شدة واتجاه
ساعات الـ phases دي بتتجمع كلها في نفس الاتجاه،
فتنتهي الإشارة جداً جداً → تعمل peak عالي جداً.
وساعات تانية الـ phases تبقى عكس بعض،
فتلغوا بعض → الإشارة تبقى ضعيفة جداً.

SC-FDMA حطتها إزاي؟

- قبل ما تبعت الداتا في SC-FDMA ، بيحصل خطوه زياده في المعالجه الخطوه دي اسمها DFT (Discrete Fourier Transform) يعني:
- في OFDMA ، بتوزّع الرموز symbols على subcarriers مباشرة. يعني كل symbol يشال subcarrier

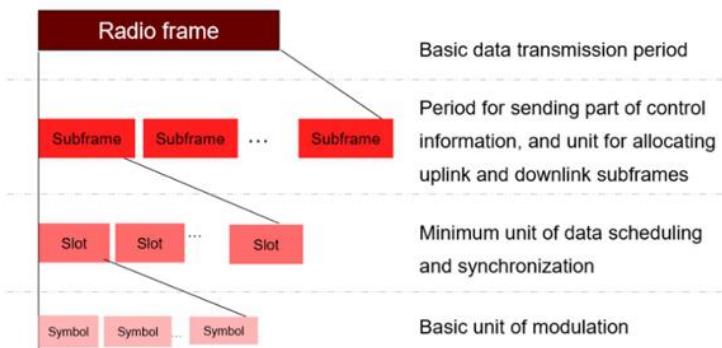
- لكن في SC-FDMA ، بتعمل DFT للداتا الأولى → ده بيتحول ال symbols دي لنكون متوزعة على كل الترددات بطريقة خاصة.

بعد DFT ، الإشارة دي بتدخل على الـ IFFT زى OFDM العادي بس النتيجة بتكون مختلفة

بدل ما كل subcarrier يشيل رمز مستقل، كل رمز دلوقتي موزع على مجموعة من الـ subcarriers.

ده بيخلط الإشارة الناتجة شكلها كأنها موجة واحدة مستمرة (single carrier) مش مجموع موجات مستقلة زى OFDMA

Time domain resources in LTE (frame , subframe, slot ,symbol)



لابيقسم الزمن في شكل هرمي من أربع مستويات

1. Radio Frame

مدته 10 ملي ثانية.

- كل Frame بيتكرر على طول — يعني الشبكة شغالة كأنها pulses متكررة كل 10 ms.
- بيتقسام إلى 10 Subframes من 0 إلى 9

2. subframe

- مدته 1 ملي ثانية. كل Subframe فيه 2 Slots.
- دي هي الوحدة اللي الشبكة بتشتغل عليها في allocating uplink رقم 3 ده وأخليه downlink. رقم 4 أخليه.
- كمان فيه control signals يتبع subframes

3. Slot

- كل Slot هو الوحدة اللي بيتتم فيها إرسال الداتا الفعلية من خلال مجموعة Resource Blocks (RBs).
- الـ Scheduler في البرج بيقرر: كل مستخدم هيأخذ كام Slot وكام RB في كل Subframe.

يعني: لو الشبكة فاضية، ممكن تدليك Subframe كاملة. لو زحمة، هندلنك Slot واحد بس أو شوية RBs صغيرين.

4.symbols

كل Slot فيه 6 أو 7 symbols(في العادة).

الوظيفة:

ده هو الأساس الفعلي لنقل البيانات.

كل symbol ينقل bits من الداتا باستخدام موديلشن زي QAM.64 أو 16 QPSK أو 16 QAM.

There are 2 types of frame structure :

1. FDD

- Uplink (UL) and Downlink (DL) operate on two different, paired frequency bands.
- Because they are on separate frequencies, transmission and reception can happen at the same time (simultaneously).

2. TDD

- Uplink (UL) and Downlink (DL) operate on the same frequency band but are separated in time.
- The network must carefully coordinate time slots so that all devices know when to transmit and when to listen.
- Each subframe has different type (uplink-downlink-special)

الشرح بقى:

بالنسبة لل FDD :

- عندنا ترددان مختلفين: واحد مخصص للـ Downlink و واحد للـ Uplink فالإرسال والاستقبال ممكن يحصلوا في نفس الوقت، كل واحد على تردد مختلف.

التي يحصل :

- البرج يبعث في الـ Downlink carrier كل الـ 10 subframes.
- والموبايل يبعث في الـ Uplink carrier في نفس الوقت.
- الاثنين شغالين متزامنين بس على ترددان مختلفين.

بس لازم الشبكة تمتلك **(paired spectrum)** يعني ترددان بنفس المسافة الفاصلة.

مثال

لو: LTE Band 3 (FDD)

DL = 1805 MHz •

UL = 1710 MHz •

الفاصل 95 MHz بينهم، وده اللي بيخلی الاتنين يشتغلوا سوا بدون تداخل.

طیب ال TDD :

عندنا تردد واحد بس، فبنقسم "الزمن" بين الـ Downlink والـ Uplink يعني البرج والموبایل مينفععش يرسلوا في نفس اللحظة على نفس التردد . كل frame فيه 10 subframe برضو لكن بقى، كل Subframe ليه نوع:

downlink/uplink/special subframe

اي ال special subframe :

هي زي منطقة للتحويل بين ال uplink و ال downlink و ال kde

يعني هو بيبقى عباره عن 3 اجزاء

اول جزء : DwPTS (Downlink Pilot Time Slot)

في الجزء ده، البرج بيكمّل آخر شوية إرسال Downlink. بيبيعت بيانات أو إشارات تحكم قصيرة (زي PDCCH أو Reference Signals) زي

ثاني جزء: GP (Guard Period)
ده وقت صمت تمام، لا البرج بيtalk ولا الموبایل. كل الأجهزة تسكّت شوية. عشان نعمل حساب ال delay لحد ما كل ال signals توصل من لبرج للموبایل

ثالث جزء: UpPTS (Uplink Pilot Time Slot)

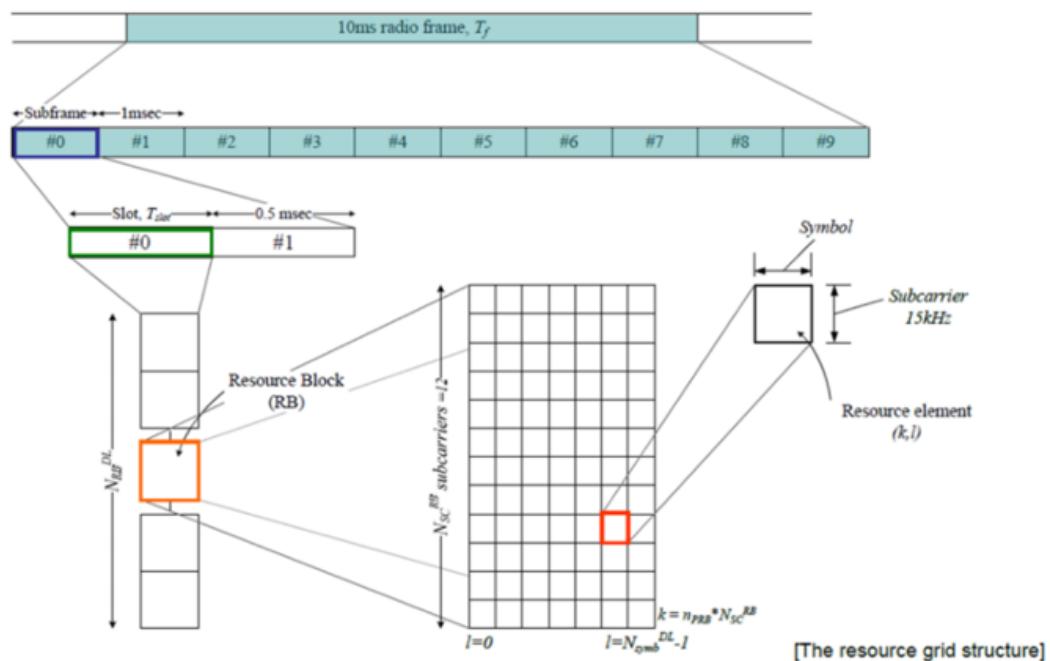
الـ موبایل بيبدأ يتكلم لأول مرة بعد الصمت، بس مش بيانات حقيقة لسه بيبيعت إشارات تزامن عشان البرج يعرف توقيت و delay الإرسال بدقة.

زي لما تقول : ألو؟ سامعني؟ قبل ما تبدأ الكلام الحقيقي.

Uplink-downlink Configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

ف الجدول ده مثلا : عندنا config 1 فيه رقم 6 special uplink و هكذا
اي بقى ال **Switch-Point Periodicity:** يحدد كل قد ايه نبدل الاتجاه بين uplink والDL كل 5 أو 10 ms

Resource grid structure



كل خانة صغيرة في الجدول ده هي وحدة اسمها **Resource Element (RE)**، ودي اللي بتحمل جزء صغير جداً من البيانات زي bit أو symbol واحد والشبكة بتقسّم الجدول ده لربعات أكبر شوية اسمها **Resource Blocks (RB)**، وكل مربع بيتحصّص لمستخدم معين لمدة زمنية معينة.

يعني كل RE يمثل واحد ف ال frequency domain و subcarrier واحد ف ال time domain يعني كل RB يحتوى على 12 subcarrier يعني توتال 84 symbols يعني لو خدنا بالنا من الصوره هنا هنلاقى ان كل symbol من ال 7 اللي ف ال RB متوزع على ال 12 subcarriers يعني طيب انا عندي كل symbol بيتوزع ع ال subcarriers وبرضو كل subcarrier فيه اكتر من 7 symbols يعني كل 7 symbols جواه subcarrier وكل

هـ معناه إن في كل **Resource Block**:

- عندنا **12 subcarriers** بتشتغل في نفس الوقت، وكل واحدة تتبع **7 رموز (symbols)** متتالية في الزمن،
- وبالتالي نقدر نبعث كمية كبيرة من البيانات في وقت صغير، لأن كل الرموز دي تتبع بشكل متوازي.

RE (Resource Element) :

- The smallest, indivisible physical resource unit.
- Time Domain: 1 OFDM Symbol
- Frequency Domain: 1 Subcarrier (15 kHz)

RB (Resource Block)

- Minimum unit for resource allocation for user data transmission
- Time Domain: 1 Slot (0.5 ms, which is 7 OFDM symbols)
- Frequency Domain: 12 consecutive subcarriers

CCE (Control Channel Element)

- The resource unit used specifically for the control channels
- 1 CCE = 9 REG (resource element groups) = 36 Resource Elements.

TTI (Transmission Time Interval)

- The basic time unit for scheduling. It defines how often the scheduler makes a new decision about which users get which resources.
- 1 TTI = 1 Subframe = 1 ms. Composition: 2 Slots.
- With a normal Cyclic Prefix, this equals 14 OFDM symbols.(each slot =7 symbols)
- With an extended Cyclic Prefix (used in very large cells to handle longer delay spreads), it equals 12 OFDM symbols.(each slot=6 symbols)

معنى الكلام ده :

اول اتنين فهمناهم خلاص اعتد طيب الباقي:

: **CCE — Control Channel Element**

الـ **CCE** هو وحدة خاصة مش لنقل الداتا، لكن لنقل معلومات التحكم — يعني الأوامر اللي بيعتها الـ eNodeB (البرج) للموبايل عشان يقوله: الداتا بتاعتك موجودة فين؟ اتحجز لك **Resource Block** كام "؟" هتفك التشغير إزاي؟" هتستخدم أي "؟" modulation

التركيب الداخلي:

1 CCE = 9 REGs (Resource Element Groups) •

1 CCE = 9 × 4 = 36 REs 1 REG = 4 REs (Resource Elements) •

يعني كل CCE عبارة عن **36 نقطه صغيرة في resource grid** ، بس موزعة بطريقة معينة عشان الإشارة دي تبقى قوية وواضحة حتى لو فيه noise أو تداخل

ثانياً : **TTI — Transmission Time Interval**

الـ **TTI** هو الفتره الزمنيه اللي بيقرر فيها البرج يوزع الموارد (Resource Blocks) على المستخدمين.

يعني كل **1ms** ، الـ **eNodeB** بيعمل جدوله جديدة مين هيبيعت؟" هيبيعت على أنهى تردد؟" هيستخدم كام RB؟"

بيتكون من اي :

1 TTI = 1 Subframe = 2 time slots = 2*7 symbols •

اوقات فيه delay كبيرة في cells اللي قولنا عليها بتبقى اكبر عشان تمنع ال interference ف ال time slot بيبقى فيها 6 symbols بس

Relation Between Channel BW and RB

Channel bandwidth BW_{Channel} [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
Transmission bandwidth configuration N_{RB}	6	15	25	50	75	100

الاستاندارد بتاع ال LTE محدد عدد ال RB على حسب ال BW المستخدم زي ما هو ف الجدول ده كده و طبعا للذكره زي ماحنا متغرين كل RB فيه 12 subcarriers و 1 slot (7 or 6 symbols)

LTE Spectral Efficiency

For example, B.W=20MHz

In each RB, 12 subcarriers*15kHz (subcarrier spacing)=180kHz

Actual effective Bandwidth=100 RB*180Khz=18MHz

Spectral Efficiency =18MHz/20MHz=90%

واحده واحده نفهم الكلام ده دلوقتي على حساب ال speacial efficiency

مفترض انه على حسب الجدول ال 20 MHz BW فيها 100 RBs كل RB فيه 12 subcarriers المسافة بين كل Subcarrier والثانوي = 15 kHz

يبقى كل kHz 180 =15 kHz *12 =RB

بالتالي:

كل RB = 180kHz
فعلي مستخدم 100 RB × 180kHz = 18MHz

يبقى ال 18迪 ال effective BW طب الباقي من ال 20 راحو فين ما احنا قولنا فيه guard bands عشان نحمي ال channel من التداخل يبقى

مستخدم فعليا 90%

guard band %10

multipath: Reflection, Diffraction, and Scattering of the signal energy caused by natural obstacles such as buildings or hills, or multiple copies of signals sent intentionally (soft handover).

Reflection: The signal bounces off large surfaces (like buildings or the ground) that are much bigger than the wavelength.

Diffraction: The signal bends around edges of obstacles (like walls or hills) when the object's size is similar to the wavelength — allowing reception without direct line-of-sight.

Scattering: The signal is deflected in many directions by small irregular objects (like trees, lamp posts, or signs).

يعني أيه Multipath؟

الـ **Multipath** معناها إن الإشارة اللي طالعة من البرج أو الجهاز ما بتوصلش للمستقبل في طريق واحد، لكن بتوصل من مسارات مختلفة بسبب إن البيئة حوالينا (مباني، شجر، جبال...) بتتأثر عليها.

فبدل ما الإشارة توصل مرة واحدة، بتوصل كذا نسخة منها، كل نسخة جاية من طريق مختلف وبزمن مختلف شوية. وده ممكن يسبب تداخل أو تأخير في الإشارة.

أنواع Multipath

Reflection

بيحصل لما الإشارة تُخبط في جسم كبير جداً بالنسبة لطول الموجة زي: مبني ضخم او سطح الأرض او جبل فترجع الإشارة في اتجاه ثاني

مثال: زي لما صوتك يخبط ف حيطه وتسمع صدى.

Diffraction: بيحصل لما الإشارة تقابل جسم مش كبير قوي بالنسبة لطول الموجة (يعني حجمه قريب منه)، زي سور او حافة مبني فالإشارة "تتكسر" وتكمل طريقها منحرفة حواليين الجسم. يعني حتى لو مفيش **Line of Sight** رؤية مباشرة للإشارة ممكن تفضل توصل.

Scattering

بيحصل لما الإشارة تقابل حاجات صغيرة وغير منتظمة زي: ورق الشجر عواميد النور يفط الشوارع ساعتها الإشارة "تبتعثر" في كذا اتجاه في نفس الوقت يعني بدل ما الإشارة تمثلي في خط واحد، تنقسم لجزء صغير رايج هنا وجزء هناك. كل ده بيخللي المستقبل (الموبايل مثلاً) يستقبل نسخ متعددة من نفس الإشارة، بس كل واحدة منهم واصلة بتأخير بسيط وفرق في القوة

Doppler shift : change in frequency of transmitted signal caused by relative motion between mobile and base station

- Doppler spread is expressed as the maximum Doppler shift (fm)
 - If the mobile moves **toward** the base station → frequency **increases (+ve)**.
 - If it moves **away** → frequency **decreases (-ve)**.
This change is called **Doppler spread**
 - The Doppler frequency shift should be compensated so that a correct frequency synchronization is achieved .
-

Coherence time:

- **Coherence Time (Tc) = 1 / Doppler Spread (fd)**
 - It shows **how fast the channel changes** over time.
 - If the channel changes **faster** than the symbol rate → **Fast fading**
 - If the channel changes **slower** than the symbol rate → **Slow fading**
-

الـ **Coherence Time** يعني المدة اللي القناة (channel) بتفضل ثابتة فيها قبل ما شكلها يتغير بسبب حركة الموبايل أو الحاجز حوالينا.

يعني تقدر تعتبرها كده : الوقت اللي الإشارة تفضل فيه مستقرة قبل ما تبدأ تتلاخبط أو تتغير
لو القناة بتتغير بسرعة جداً (يعني الزمن اللي بتفضل ثابتة فيه قصير)، بقى ده — **Fast fading**
الإشارة بتتلهز بسرعة
ومش بتتحقق تنظيط.

لكن لو القناة بتتغير ببطء (يعني تفضل ثابتة فترة طويلة)، بقى ده — **Slow fading**
الإشارة بتفضل مستقرة أكثر.

Coherence band width:

- Range of frequencies over which channel response almost constant
 - Channel passes all frequency components of signal with almost same gain and linear response
 - Coherence Bandwidth $\approx (1 / \text{Maximum Delay Spread})$
 - More accurate way to calculate : Coherence Bandwidth $\approx (1 / 2\pi \times \text{RMS Delay Spread})$.
-

الـ **Coherence Bandwidth** معناها، قد ايه من الترددات القناة بتعامل معاها بنفس الشكل، يعني القناة هفضل ثابتة ومش بتتشوه الإشارة طول ما انت شغال في النطاق ده من الترددات.

لو الـ **frequency bandwidth** بتاعت الإشارة أكبر من الـ **Coherence Bandwidth** الإشارة هتأثر وده اسمه **selective fading**.
لكن لو الإشارة أصغر أو قريبة منها لقناة هتعامل مع كل الترددات تقريباً بنفس الكفاءة، وده اسمه **flat fading**.

فبساطة: كل ما الـ **Delay Spread** يعني الفرق في زمن وصول الموجات المنعكسة يزيد الـ **Bandwidth**. وكل ما الـ **Delay Spread** يقل القناة تفضل ثابتة على مدى أوسع من الترددات.

طيب الادق اننا واحداً بنحسبها اننا نأخذ متوسط الـ **delay spread** لأن فيه أنواع مختلفة من الـ **delay spread** مش دايماً كل الإشارات المنعكسة (reflected signals) تكون بنفس القوة، فيه إشارات قوية بنتيجي بسرعة، وإشارات ضعيفة بنتيجي متاخرة.

TYPES OF SMALL SCALE FADING Based on Multipath Time Delay spread:

Flat fading: when channel has constant gain and linear response over BW greater than BW of transmitted signal

- BW Signal < BW of Channel
- Symbol Period > Delay Spread

Frequency selective fading: when channel has constant gain and linear response over BW smaller than BW of transmitted signal

- BW Signal > BW of Channel
- Symbol Period < Delay Spread

TYPES OF SMALL SCALE FADING Based on Doppler Spread:

Fast Fading :

- In Fast Fading channel the channel impulse response changes at a rate much faster than the transmitted baseband signal.
- This causes frequency dispersion due to Doppler spreading, which leads to signal distortion.
- High Doppler Spread.
- Coherence Time < Symbol Period.
- Channel variations faster than baseband signal variations.

Slow Fading:

- In Slow Fading channel the channel impulse response changes at a rate much slower than the transmitted baseband signal.
- In the frequency domain, this implies that the Doppler spread of the channel is much less than the bandwidth of the baseband channel.
- Low Doppler Spread .
- Coherence Time > Symbol Period.
- Channel variations smaller than baseband signal variations.

1. Fast Fading

ده بيحصل لما القناة (Channel) تتغير بسرعة جدًا مقارنة بسرعة تغير الإشارة اللي بتتبع.
يعني الإشارة نفسها ما لحقتش تتبع كويس، والقناة اتغيرت بالفعل!

أمتى يحصل ده؟

لما المستخدم بيتحرك بسرعة كبيرة (زي عرببة ماشية بسرعة أو قطر).
ده بيعمل Doppler Spread عالي، فالتردد بيتغير بسرعة.

ف بيحصل تشويه في الإشارة. (Signal Distortion).

Coherence Time (الوقت اللي القناة فيه ثابتة) بيكون أقصر من زمان الـ Symbol.

TECHNIQUES TO MITIGATE FADING EFFECTS

Equalization:

- Equalization fixes **Inter-Symbol Interference (ISI)** caused by **multipath** in time-dispersive channels.
- The **equalizer** is a **filter** in the receiver that reverses the effect of the channel.
- If the channel has a response $H_c(f)$, then the equalizer uses $H_{eq}(f) = 1/H_c(f)$.
- It helps **restore the original signal** before decoding.
- Mainly used in **frequency-selective fading** channels.

هي طريقة بتعامل مع مشكلة التداخل بين الرموز (ISI) اللي بيحصل بسبب المسارات المتعددة. (**multipath**)
الـ **Equalizer** هو فلتر داخل المستقبل (Receiver) بيحاول يعكس تأثير القناة.
يعني لو القناة ليها استجابة $H_c(f)$, ببقى الفلتر لازم يكون $H_{eq}(f) = 1/H_c(f)$.
الهدف إنه يصلح التشويه اللي حصل للإشارة في القناة.
يُستخدم خصوصاً في **frequency selective fading** لما القناة بتتأثر على الترددات المختلفة بشكل غير متساوي

Channel Coding:

- Protects data from errors caused by **deep fading or signal loss**.
- Adds **extra (redundant) bits** to the message before transmission.
- These extra bits let the receiver **detect and fix errors** without needing retransmission this is called **Forward Error Correction (FEC)**.
- The **channel coder** converts a k -bit message into an n -bit coded word (example: (n, k) **block code**).
- After coding, the data is **modulated and sent** through the wireless channel

في أي نظام لاسلكي الإشارة ممكن تتأثر وهي ماشية في الهواء بسبب **التشویش أو الفیدینج (fading)** ، وده بيخللي بعض الـ **bits** تتقلب (من 0 تبقى 1 أو العكس). علشان كده بنستخدم **Channel Coding** يعني نضيف شوية **bits** زيادة "أنكياء" علشان نقدر نصلح الغلطبعدين في المستقبل . يعني قبل ما نبعث الداتا، بنضيف **redundant bits** زيادة مثل جزء من المعلومة الأصلية لما الإشارة توصل للمستقبل، بيسخدم المعلومات الإضافية دي علشان يعرف فين الغلط ويصلحه.

يعني حتى لو حصل **fade** أو تشويش في جزء من الإشارة، الرسيفر يقدر يسترجع الداتا الصحيح من غير ما نعيد الإرسال. وده بنسميه **Forward Error Correction (FEC)**

يعني تصحيح الخطأ من غير ما نطلب إعادة إرسال البيانات.
وده مهم جداً في الاتصالات اللاسلكية لأن إعادة الإرسال بتأخر وقت وبستهلك الباندويديث.

Diversity:

- Used to **compensate fast fading** effects.
- Implemented using **two or more antennas**.
- Based on the idea that **each channel fades differently**.
- **Multiple copies** of the same signal are transmitted or received.
- The receiver **combines** these copies to get a **stronger, more stable signal**.

الإشارة وهي مأشية من البرج للموبايل ممكن تضعف أو تتلاخبط بسبب العوائق أو الانعكاسات. لكن مش كل المسارات بتتأثر بنفس الدرجة يعني ممكن إشارة توصل ضعيفة من طريق، لكن توصل قوية من طريق ثاني.

فال **Diversity** ببسغ النقطة دي :بدل ما نعتمد على إشارة واحدة ممكن تكون ضعفت، نأخذ كذا نسخة من نفس الإشارة من مسارات مختلفة أو بتقنيات مختلفة، وبعدين نجمعهم عند الاستقبال علشان نحصل على إشارة أوضح وأقوى

Types of diversity:

1. Frequency diversity
2. Time diversity
3. Code diversity

Frequency diversity:

- Sends the **same signal on two different, well-separated frequencies**.
- Helps **reduce multipath fading** because each frequency experiences **different fading patterns**.
- The receiver **selects or combines** the strongest version of the signal.
- The **frequency separation** between carriers should be **at least equal to the coherence bandwidth (Δf)** it represents the frequency separation of uncorrelated signals.

يعني بدل ما تبعت الإشارة على تردد واحد بس، بتبعتها على أكثر من تردد مختلف زي إنك تبعت نفس الرسالة على فناتين مختلفتين.

ليه بنعمل كده؟

لأن كل تردد في القناة بيتأثر بالموارد والـ **fading** (الاهتزاز أو الضعف) بشكل مختلف. فلو تردد منهم حصله **fading** قوي، ممكن التردد الثاني يكون واضح وسليم.

الـ **Coherence Bandwidth** (الاستقبال) :
المستقبل بيأخذ الإشارتين (من الترددين) ويختار يا إما الإشارة الأقوى، يا إما يجمع بينهم علشان يطلع إشارة أوضح .
شرط مهم :

= **Coherence Bandwidth** (الـ Δf)
يعني يكونوا بعيد عن بعض كفاية علشان كل تردد يكون مستقل في الـ **fading** وما يتاثروش بنفس الطريقة.

Uncorrelated signals = ”إشارات مستقلة في التأثير اللي بيحصل عليها من القناة.“

Time diversity:

- Time diversity is achieved by transmitting same bit of information repetitively at short time.
- A redundant forward error correction code is added and message is spread in time by means of bit-interleaving before it is transmitted.
- Thus, error bursts are avoided, which simplifies the error correction.
- Another constraint in time diversity is that the time difference between two transmissions should be large compared to the time it takes the mobile antenna to move half a wavelength.
- The interval between transmissions of same symbol should be at least the coherence time Δt .

"Time diversity is achieved by transmitting same bit of information repetitively at short time."

يعني إحنا بنبعث نفس المعلومة أكثر من مرة في أوقات مختلفة قريبة من بعض.
كأنك بتقول الجملة مرتين علشان لو راحت أول مرة، الثانية توصل صح.

"A redundant forward error correction code is added and message is spread in time by means of bit-interleaving before it is transmitted."

يعني كمان بنضيف شوية أكواود زيادة (error correction) تساعد في تصحيح الأخطاء اللي ممكن تحصل،
وبنعمل حاجة اسمها *interleaving*، اللي هي نبدل ترتيب البิตات شوية قبل الإرسال علشان لو حصل خطأ متالي
(burst error)، مايبيقاش متأثر على bits متتالية في الرسالة الأصلية.

يعني بنوزّع الرسالة على الزمن شوية بحيث الأخطاء ما تبقاش مرکزة في حنة واحدة.

"Thus, error bursts are avoided, which simplifies the error correction."

وب kedde، الأخطاء اللي بتحصل ورا بعض (error bursts) بمنعها أو نقلها،
وده بيخلّي عملية تصحيح الأخطاء أسهل.

"Another constraint in time diversity is that the time difference between two transmissions should be large compared to the time it takes the mobile antenna to move half a wavelength."

دي نقطة مهمة: علشان التوزيع الزمني بيقى فعال، لازم الفاصل الزمني بين إرسال المعلومة الأولى والثانية يكون كفاية
 بحيث إن الظروف في القناة تتغير فعلًا (يعني التلاشي يتغير).
وده بيحصل لما الموبايل يتحرك مسافة تساوي نص طول الموجة تقريبًا.

يعني لو بعث نفس الـbit بسرعة جدًا، القناة لسه هي هي، ومنش هستزيد حاجة من إعادة الإرسال.

"The interval between transmissions of same symbol should be at least the coherence time Δt ."

يعني المسافة الزمنية بين إرسال نفس الرمزة مرتين لازم تكون على الأقل تساوي *coherence time*،
وده الزمن اللي بتفضل فيه القناة ثابتة تقريبًا قبل ما ظروفها تتغير.

Space Diversity:

- Space diversity is considered as a method of transmission or reception, or both, in which the effects of fading are minimized by the simultaneous use of two or more physically separated antennas.
- Space diversity is achieved by using multiple antennas at the base station or at the mobile station or at both ends.

بدل ما نعتمد على (antenna) واحد في الإرسال أو الاستقبال، بنسخدم أكثر من انتنا ، كل واحد في مكان مختلف شوية. ليه؟ علشان الإشارة اللي بتوصل لكل انتنا بتكون مختلفة شوية في القوة أو المرحلة بسبب إن الموجة بتتأثر بالعوائق والانعكاسات في الطريق.

فلو الإشارة عند أول انتنا حصلها **fading** (ضعف أو راحت)، ممكن تكون لسه قوية عند الانتنا الثانيه وبكده نقدر نختار الإشارة الأحسن أو ندمجمهم مع بعض علشان نحصل على استقبال أنصف وجودته أعلى.

الـ **Space diversity** ممكن نعملها عند: الـ **Base Station** المحطة الأساسية أو الـ **Mobile Station** الموبايل نفسه أو الاتنين مع بعض