Lec ①

الموضوع: Basic Concepts of wireless Communication — التاريخ: / /

· presentation هيبقى فيه ال Week 12 or 13

1 Wireless Vs. Wired Communication

وجه المقارنة	Wired السلكي	Wireless اللاسلكي
① Channel	Each cable is a different channel	Wireless medium is a shared channel
② signal attenuation	negligibly small	Significantly higher.
③ interference	Can be physically shielded from external interference	Inference is a Major concern
④ Stations	Fixed	Can be mobile
⑤ BER	$\sim 10^{-9}$ أقل error	$\sim 10^{-4}$

Ber: Percentage of bits received in error

2 Wireless importance

أهمية الاتصالات اللاسلكية.

① Mobility — ① محمولة (مش مرتبطة بمكان معين (زي ال wifi)

② Flexible connectivity. — ② سهولة الاتصال (أي حد يتصل بالوايفاي بجهوله بدون كابلات زيادة أو كده)

③ laying Cables can be infeasible:
- Cabling cost $\xrightarrow{\text{can be}}$ too high
- Network lifetime $\xrightarrow{\text{is}}$ too short

③ توصيل كابلات ممكن يكون غير عملي:
- (كابلات ممكن تكون مكلفة)
- (لازم أعمل حاجة مؤقتة)

الموضوع: ______ التاريخ: / /

3 Wireless Challenges: تحديات الاتصالات اللاسلكية

1. Limited Bandwidth (Shared Channel ...) عاوزين نستفيد منها
2. High noise level
   ↳ interference.
3. Attenuation (الوهن - الضعف) التوهين التضعيف — كل ما تبعد السيجنال بتضعف
   ↳ requires high power levels
4. Security
   ↳ Eavesdropping (التنصت), false identities. (هوية كاذبة)
   مش ضامن مين اللي سامعني أو بيتصل

4 Electromagnetic waves الموجات الكهرومغناطيسية

- الاتصالات اللاسلكية بتتم من خلال الـ EM waves
- A wave is characterized by frequency (or λ wave length)
- EM wave propagation speed is medium dependant
  in vacum (في الفراغ) = c (speed of light) $= 3 * 10^8$ m/s

$$c = \lambda f$$

5 EM spectrum الطيف الكهرومغناطيسي

- ∵ wireless is a shared resource ∴ has to be tightly managed
  لازم يتنظم من خلال هيئات دولية وحكومية ← مثل الهيئة القومية لتنظيم الاتصالات NTRA
- Radio spectrum is divided into Bands: Band 1 / Band 2 / Band 3 ....
  - Band: name of a set of frequencies (ex 2.4 GHz band)
  - Bandwidth: range of frequencies (max→min) ← BW →
  ↳ therefore: Channel capacity is a function of Bandwidth.

يعني الـ BW هو الـ range الـ freqs كلها كل ما كبر كل ما كانت سعة الـ channel أكبر
تقدر تبعت عليها signals أكتر

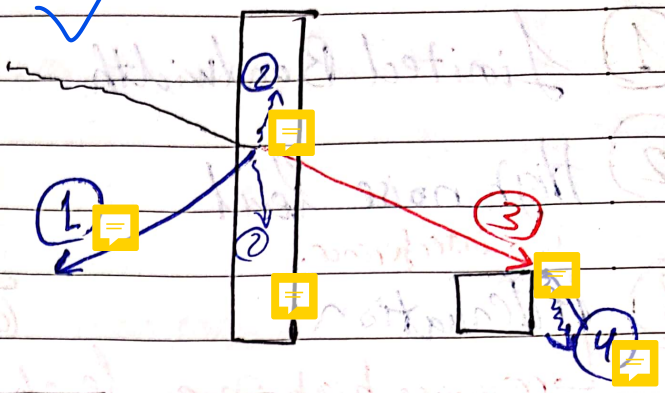
الموضوع: _____ التاريخ: / /

6] EM wave propagation

انتشار الموجة

a wave can:

1. be absorbed تُمتص
2. be reflected تنعكس
3. Bend تنحرف - تنثني
4. penetrate تخترق



7] Wireless Channel Characteristics:

خصائص القناة اللاسلكية

1. Attenuation: التضعيف
   - 1. Path loss
   - 2. Absorption
2. Multi Path propagation انتشار عبر طرق متعددة
3. Fading ↔ fast / slow التلاشي
4. Interference التداخل
5. Doppler shift.

1.1 Path loss (خسائر الطريق)

بتحصل لما جزء من الـ signal بتضيع

→ Friis formula:

Between 2 isotropic antennas in free space

$$\text{path loss} = \frac{P_r}{P_t} = G_r G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$$

متناسب عكسيًا مع التربيع

$0 \le \Gamma \le 1$ حيث $\Gamma = \frac{P_r}{P_t}$

- P_r, P_t: Received & transmitted Power
- G_r, G_t: " & " antenna gain ($G=1$ for Perfect antenna.)
- λ: wavelength
- d: distance between transmitter & receiver

→ Calc in dB $[10\log_{10}(\_)]$

decibel: a log. unit

$$P_r = P_t + G_r + G_t + 20\log\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)$$

(G in dB)

- Assumptions:
  1. BW is narrow enough for a single λ to represent it
  2. only valid if $d \gg \lambda$.

(1.2) Absorption (الامتصاص)

في جزء هيمتص من ال signal

→ Exponential decay of signal power with distance travelled.

→ Depends on (1) medium (2) Frequency

α → absorption coefficient.

$$\text{pathloss} = \frac{P_r}{P_t} = G_r G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 e^{-\alpha d}$$

in dB

$$P_r = P_t + G_r + G_t + 20\log\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right) - 10\,\alpha d$$

(P_r in dB, P_t dB, G_r dB, G_t dB)

$\because P_t^{[dB]} = 10\log(P_t)$ dB → $P_t = 10^{\frac{P_t^{[dB]}}{10}}$

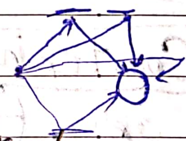
(2) Multipath Propagation

الانتشار في طرق متعددة

→ Multiple copies of the same signal received at slightly different times

↳ Caused by reflection, diffraction & scattering.

الانعكاس ، الانكسار-الحيود ، الانتشار-بعثرة



(1) Delay spread → Time between receiving 1^{st} & last copy of same signal

تأخير الانتشار

زي المدة الزمنية بين أول مرة سمعت الصوت كدا آخر مرة سمعت نفس الصوت.

* الفكرة ان ال signal اللي بوصلك هي مجموع ال signals المنتشرة من طرق مختلفة في منها بيتأخر زي صدى الصوت كده.

(3) Fading

التضاؤل - الخفوت - ذبول - اختفاء تدريجي

→ The variation in signal strength when received @ receiver

Fading
- Fast — small scale fading
  - بسبب مثلا 2 signals جاؤوا في نفس اللحظة ممكن يتجمعوا أو يضعفوا بعض (يلاشوا)
- Slow — large scale fading
  - ال signal ممكن ماتوصل بسبب عقبات absorption عند أماكن مختلفة
  - ليس عات مختلفة (بتفكر انها اتبعتت كذا مرة)

التاريخ: / /   الموضوع:

(3.1) Fast fading (التلاشي السريع)

تغير بيحصل في مدة قصيرة جدا (بسرعة)

→ Rapid fluctuations in amplitude or phase.

تقلبات سريعة في مقدار/اتجاه الإشارة.

- Caused by: Multipath propagation.

* Paths may add up @ Rx as follows:

1- Constructively: if phase difference = 0 → signals add up +

2- Destructively: if phase difference = 180 → signals cancel each other −

(3.2) Slow fading (التلاشي البطيء)

→ Objects that partially absorp the transmissions lie between Tx & Rx.

يعني مثلا لو في عربية في النص: الإرسال أو الاستقبال هيكون ضعيف خلال مرور وجود العربية دي.

why slow? → Fade duration lasts for a long time (seconds or minutes).

Countering Fading

إزاي نتغلب على التلاشي/التداخل؟

(1) ابعت نفس الـ signal بطرق مختلفة ومتنوعة (time, frequency, space) والطرق المختلفة دي هتواجه تداخل مختلفة

(1) Time: ابعت الـ signal وبعد فترة ابعتها تاني

(2) Frequency: use multiple channels simultaneously.

(3) space: use more than one antenna at different locations.

الحاجات اللي عملناها دي بتزود Redundancy وده بيقلل احتمال حدوث تراكب هدام simultaneous destructive interference.

(2) استخدم الـ Adaptive modulation (التعديل التكيفي)

الخطوات: (1) ابعت test signal للـ receiver واستناها لما ترجع

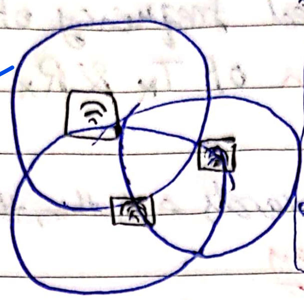
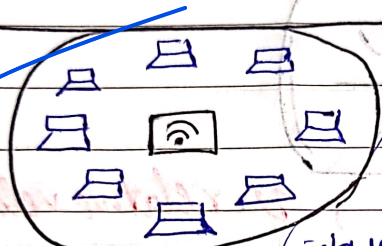
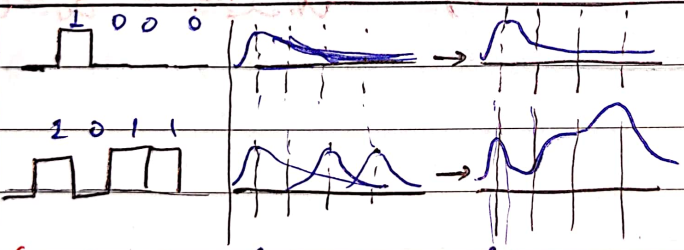
→ To estimate channel characteristics

(2) استخدم المعلومات اللي حصلت عليها دي عشان تظبط/تعدل الـ signal

→ Use such knowledge to modulate the signal @ Tx (adaptively modulated) to be sent appropriately & avoid fading

التاريخ: / / الموضوع:

(4) Interference التداخل

	Description	Solution
(1) Adjacent Channel interference تداخل القنوات المتجاورة (تداخل freq متقاربة)	 كل client و access point on overlapping channels talk over each other. متعرضين للكلام مع بعض في نفس الوقت • signals in nearby frequencies have components outside their allocated ranges	introduce guard bands between allocated frequency ranges.
(2) Co-channel Interference (narrow band) تداخل القناة نفسها (شبه القسم) الـ AP نفسه بتحاور/يتصل على الكل	 كل client و access point on the same channel competes for time to talk بيتشاركوا على الوقت المتاح للحديث بالمواجهة • Other nearby systems using the same transmission frequency.	→ allocate bands in intelligent way → no. 2 close users use the same frequency.
(3) Inter Symbol Interference. (ISI) التداخل بين الرموز.	 (Sampling Points) Input waveform / (individual Pulse response) / (Received waveform) • Temporal spreading & consequent overlapping of individual pulses in the signal due to multipath propagation • The spreading of the pulse beyond its allotted (المخصصة) time interval causes it to interfere with neighboring pulse	adapt the equalization → Estimate channel response for training → use a periodic pulse (well known) to test channel response → use the ⟶ to adapt the original signal to avoid ISI & compensate for time dispersion (تشتت)

الموجة R. يتعلم .. بيعطيها .. الفترة الزمنية المخصصة لها

الموضوع: ____________ التاريخ: / /

5. Doppler shift

تحول / نقل / تحرك [redacted] دوبلر

↳ The Change in observed frequency of received signal due to → Relative motion of T_x & R_x w.r.t each other.

[redacted]

(N.B) if they are moving towards (away) eachother, then received freq will be higher (lower).

- شبه كده لما عربيتين بيتحركوا بسرعة في اتجاه عكس بعض بتسمع صوت عالي اوي وكده حاجة شبه كده بس بالـ freq

- احنا الاتنين بنتحرك لو بنقرب ← (بنزود الـ freq)

$$f_d = \frac{v}{\lambda}$$

f_d: Change in frequency ; v: relative velocity between T_x & R_x

↳ $V_{sr} = V_s - V_r$ (sender, receiver) الحركات بتستوي

if initial freq was f

↳ $f_{new} = f + f_d$

:) تمت من جزء ١ بحمد الله