

Tentamensskrivning den 11/01 2022 – kl 08.15 – 12.15

DA268A – Mobila System

Lärare: Mats Syde – 040 – 665 83 30

Hjälpmedel: Egen miniräknare, tömd!

Mobiltelefon eller annan sändande/mottagande utrustning skall vara avstängd och får inte medföras till tentamensplatsen utan skall läggas i av tentamensvakten anvisad förvaringsplats.

Instruktioner:

- Varje uppgift ska du börja på **ny sida**
 - Skriv endast på **ena sidan** av pappret
 - Lämna in uppgifterna **sorterade**
 - Era svar ska vara **tydligt markerade**
 - Om det saknas information i uppgiften görs lämpliga antagande **med motivering**
 - Skriv namn och personnummer överst på varje blad du lämnar in.
 - Du får gärna blanda svenska och engelska ord i dina svar.
 - OBS! Denna instruktion skall **INTE** lämnas in!
- Alla svar ska ges på separat svarspapper.

Skrivningen består av ett antal frågor/uppgifter som sammanlagt kan ge maximalt 42 poäng.

Tentamensbetyget ges enligt följande (Anpassning efter rättning kan göras):

Betyget 3: 21-27p

Betyget 4: 28-34p

Betyget 5: 35-42p

Cheat sheet:

- Speed of light: $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- Nyquist bandwidth: $C = 2B \log_2 M$
- Ratio between powers in decibels: $R = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \text{ dB}$
- AM-signal: $s(t) = A_C (1 + n_a \cos(2\pi f_m t)) \cos(2\pi f_c t)$
- FM-signal: $s(t) = A_C \cdot \cos \left(2\pi f_c t + \frac{\Delta F}{f_m} \cos(2\pi f_m t) \right)$
- Carson's rule: $B_T = 2(\beta + 1)B$

$$\beta = \begin{cases} n_p A_M & \text{för PM} \\ \frac{\Delta F}{B} = \frac{n_f A_M}{2\pi B} & \text{för FM} \end{cases}$$

för FM-signal:

$$B_T = 2\Delta F + 2B$$

- Shannon capacity: $C = B \log_2(1 + \text{SNR})$
- Path loss: $L_{db} = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$
- In hexagonal cells all centres are at distance: $d = \sqrt[3]{3} R$ (R radius of hexagon)
- Reuse factor N can be: $N = I^2 + J^2 + (I \cdot J)$
(example: 1, 3, 4, 7, 9, 12, 13, ...)
- Minimum distance between cells with same frequencies: $D = \sqrt{3N} R$ or $D = \sqrt{N} d$
(d is the distance between centres of 2 adjacent cells)
- Hata Okumura formula for path loss in urban areas:

$$L_{dB} = 69.55 + 26.16 \log(f_c) - 13.82 \log(h_t) - A(h_r) + (44.9 - 6.55 \log(h_t)) \log(d)$$

f_c = carrier frequency in MHz

h_t = height of transmitting antenna in m

h_r = height of receiving antenna in m

d = distance between antennas

Small/medium cities: $A(h_r) = (1.1 \log(f_c) - 0.7) h_r - (1.56 \log(f_c) - 0.8) \text{ dB}$

Big cities: $A(h_r) = 8.29 (\log(11.54 h_r))^2 - 1.1 \text{ dB}$ if $f_c < 300 \text{ MHz}$
 $= 3.2 (\log(11.75 h_r))^2 - 4.97 \text{ dB}$ if $f_c > 300 \text{ MHz}$

- Antennförstärkning: $G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi f^2 A_e}{c^2}$

Tabell över antennförstärkning och effektiv areaberäkning

Type of Antenna	Effective Area $A_e \text{ (m}^2\text{)}$	Power Gain (relative to isotropic)
Isotropic	$\lambda^2/4\pi$	1
Infinitesimal dipole or loop	$1.5 \lambda^2/4\pi$	1.5
Half-wave dipole	$1.64 \lambda^2/4\pi$	1.64
Horn, mouth area A	$0.81 A$	$10A/\lambda^2$
Parabolic, face area A	$0.56 A$	$7A/\lambda^2$
Turnstile (two crossed, perpendicular dipoles)	$1.15 \lambda^2/4\pi$	1.15

Mats del

1. Varför måste man använda sig av analoga signaler för en trådlös överföring av information?

(1p)

Svar: Radiovågor är elektromagnetiska vågor som uppstår i samband med elektriska fält som uppstår vid ändringar i elektriska ström. Dvs det krävs sinusformig ström. - Digitala signal behöver därför beskrivas som överlagring av sinusvågor eller som en modulering av enkla sinusvågor.

2. I tabellen nedan är det endast årtalen som hamnat i rätt ordning. Para ihop rätt årtal med rätt person och upptäckt/händelse

(4p)

Årtal	Person	Upptäckt/Händelse
1864	Reginald Aubrey Fessenden	Uppfinner telefonen
1875	Alexander Graham Bell	Första transatlantiska trådlösa meddelandet skickas från UK till Kanada
1901	James Clerk Maxwell	Första sändningen av tal och musik över en trådlös länk.
1906	Guglielmo Marconi	Publicerar sin teori om elektromagnetism.

Svar:

Årtal	Person	Upptäckt/Händelse
1864	James Clerk Maxwell	Publicerar sin teori om elektromagnetism.
1875	Alexander Graham Bell	Uppfinner telefonen
1901	Guglielmo Marconi	Första transatlantiska trådlösa meddelandet skickas från UK till Kanada
1906	Reginald Aubrey Fessenden	Första sändningen av tal och musik över en trådlös länk.

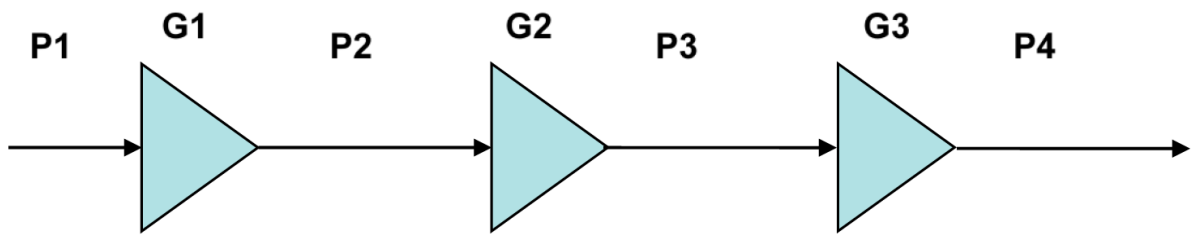
3. Samtliga händelser och upptäckter i föregående uppgift har påverkat vårt samhälle. Välj den som du anser har påverkat vårt samhälle mest och motivera ditt val genom att kort förklara varför. För full poäng krävs en motivering i minst två steg.

(2p)

Svar: En förklaring om vad den direkta konsekvensen av valet innebär, sen även en konsekvens om hur utvecklingen har påverkats av valet.

4. I en del av ett kommunikationssystem som består av tre komponenter är förstärkningen $G_1 = 13$ dB, $G_2 = -8$ dB och $G_3 = 15$ dB. Utsignalen $P_4 = 400$ W. Hur stor är effekten P_1 ?

(2p)



Lösning:

$$G = 13 - 8 + 15 = 20 \text{ dB}$$

$$20 = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_4}{P_1} \right) \Rightarrow 2 = \log_{10} \left(\frac{P_4}{P_1} \right) \Rightarrow 100 = \frac{P_4}{P_1} \Rightarrow P_1 = \frac{P_4}{100} = 4 \text{ W}$$

5. Vi tittar på AM-signalen: $s(t) = A_C (1 + m \cos(2\pi f t)) \cos(2\pi f_c t)$

Hur ser signalens spektrum ut?

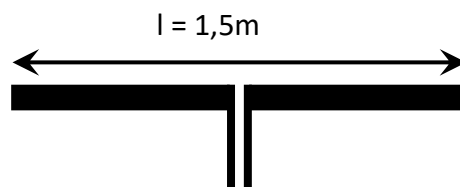
För full poäng krävs matematisk härledning

(2p)



Svar:

$$\begin{aligned} (1 + m \cos(2\pi f t)) \cos(2\pi f_c t) &= \cos(2\pi f_c t) + m \cos(2\pi f_c t) \cos(2\pi f t) = \\ \cos(2\pi f_c t) + m \frac{1}{2} (\cos(2\pi f_c t - 2\pi f t) + \cos(2\pi f_c t + 2\pi f t)) &= \\ \cos(2\pi f_c t) + \frac{1}{2} m (\cos(2\pi (f_c - f) t) + \cos(2\pi (f_c + f) t)) & \end{aligned}$$



6. Halvvågsdipolantenn i bilden har längden 1,5 m.

För vilken frekvens är den avsedd?

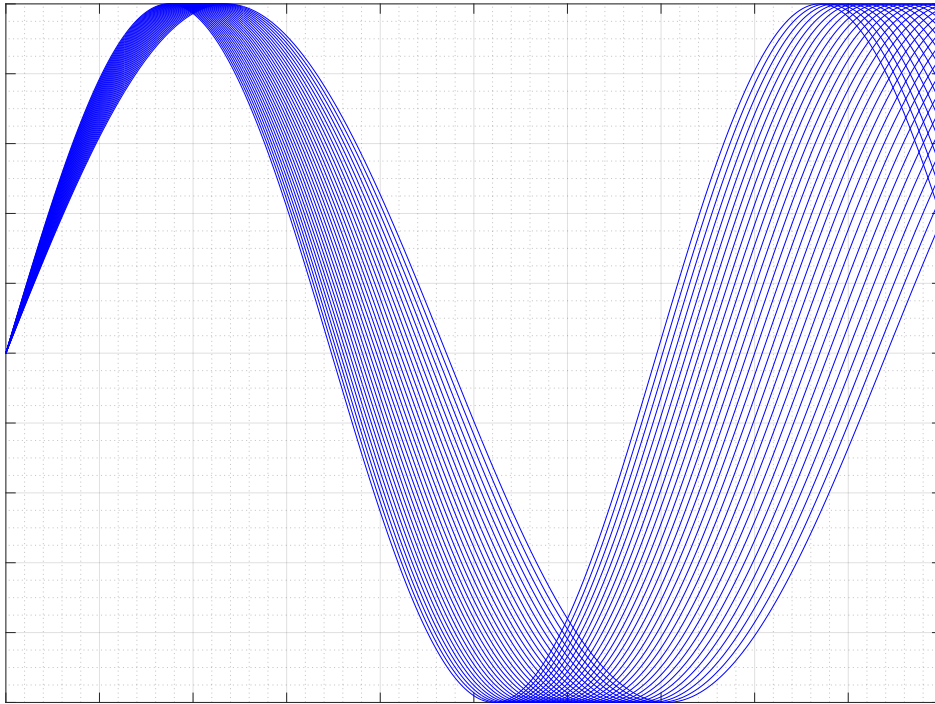
(1p)

Svar: Våglängd 3m, frekvens $\frac{300 \cdot 10^6 \text{ m/s}}{3 \text{ m}} = 100 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 100 \text{ MHz}$

7. Man visar en FM-signal på oscilloskopet (En ruta i x-led är $2 \mu\text{s}$ och i y-led $0,2 \text{ V}$) Modulationssignalen är en sinussignal med frekvensen $7,5 \text{ kHz}$. Använd era kunskaper från laborationen 1 för att beräkna bandbredden enligt Carsons regel. Vad säger Carsons regel egentligen?

(Var tydlig med vad som är dina antagande och slutsatser)

(4p)



Lösning:

$f_c = 125 \text{ kHz} \Leftrightarrow T_c = 8 \mu\text{s}$, Antag att en ruta i x-led är $1 \mu\text{s}$

$\Delta F = (1/13,8 \mu - 1/18,8 \mu) / 2 \approx 9,6 \text{ kHz}$

Carsons regel: $2\Delta F + 2B = 2 \cdot 9,6 + 2 \cdot 7,5 \approx 34,2 \text{ kHz}$

Enligt Carsons regel ligger 98% av effekten inom området

8. Under kursen har fyra olika sorters brus nämnts, de är *termiskt brus*, *impulsbrus*, *intermodulation* och *överhörning (crosstalk)*.

Beskriv, kortfattat, hur de olika brusen uppkommer och eventuell egenskap

(2p)

Svar: **Termiskt brus**

- * Beror på temperaturen
- * Påverkar alla frekvenser lika
- * Kan inte elimineras

Impulsbrus

- * Plötslig oförutsägbar störning

Intermodulation

- * När kanalerna kommer för nära

Överhörning (Crosstalk)

- * Händer när två signaler delar medium

Dario's part

9. What are the 3 typical parameters that describe a periodic signal (for example a sinusoid)?

(1 pt)

Answer: Amplitude, frequency, and phase

10. What is the period of the function $f(t) = 20 \cos(\frac{t^2 - \pi}{4})$?

(3pt)

Answer: given that \cos is periodic with period $2\pi \rightarrow \frac{T^2 - \pi}{4} = 2\pi \rightarrow T^2 - \pi = 8\pi \rightarrow T^2 = 9\pi \rightarrow T = \sqrt{9\pi} \rightarrow T = 3\sqrt{\pi}$

11. Your company has a monitoring system to transmit data wirelessly with an omnidirectional antenna over a distance of 500 m with a bandwidth of 20KHz and a carrier frequency of 40MHz. You have estimated that interference and noise at the receiving antenna is usually below 1uW (note: u=micro= 10^{-6}). Your system currently uses 1W for transmitting data, but in order to use a greener technology, your company has decided to drop that power down to 500 mW. Compute what is the maximum data rate you can achieve with this power at the maximum distance.

(5pt)

Answer:

- 1) Let's compute the power received at 500m: P_r (received power) = P_t (transmitted power) / Loss

Loss for an omnidirectional antenna in open space is: $\text{Loss(dB)} = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$, which

at 5km and 40MHz is: $\text{Loss(dB)} = 10 \log \left(\frac{4\pi \cdot 500}{3 \cdot 10^8 / 40 \cdot 10^6} \right)^2 = 58,47$

Not in DB: $\text{Loss} = 10^{(58,47/10)} = \left(\frac{4\pi \cdot 500}{3 \cdot 10^8 / 40 \cdot 10^6} \right)^2 = 7,03E+05$

P_r is then: $P_r = 0,5 / \text{Loss} = 7,11E-07$

1. Let's apply Shannon now: $C = B \log_2(1 + \text{SNR})$ to compute the capacity.

SNR is P_r/P_n and P_n is the power of noise.

$\text{SNR} = 2,41E-10 / 1E-6 = 2,41E-04$

So the capacity is: $C = 40E6 \log_2(1 + 2,41E-04) = 1,39E+04 = 14 \text{ kbit/s} = 1,7 \text{ kByte/s}$

12. When planning the topology of cellular networks, why are cells usually modelled as hexagonal?

(1pt)

Answer: because they have geometrical properties that make them easy to treat mathematically and approximate circular cells quite well.

13. Your company uses multiple antennas deployed in the city in a cellular-like system. In order to avoid interferences, your company assigns different frequencies to each cell,

from a total of 18 available ones. Supposing that the maximum reach of your communication system is 500m, and that the antennas should be located no more than 600m from each other to maximise received power, how many frequencies can be used per cell? (4pt)

Answer:

The minimum distance between cells using the same frequencies D , must be $D > 500\text{m} \times 2 = 1000\text{m}$. The distance between centres of 2 adjacent cells should be < 600 .

$$D/d > 1000/600 = 1,67$$

Given that $D/d = \sqrt{N} > 1,67 \rightarrow N > (1,67)^2 = 2,78$, then we choose $N = 3 \rightarrow$ each cell uses $18 / 3 = 6$ frequencies

14. How are Request To Send (RTS) and Clear To Send (CTS) used in 802.11 and how do they solve the “hidden node problem” in WiFi? (3pt)

Answer: if a node is in range of the AP and another node is in range of the AP, but those nodes don't see each other, then they could not “listen” to the medium before sending.

A node can first send a RTS to the AP to signal that it wants to communicate, this reserves the medium for the duration of the transmission. The AP sends a CTS to reply, the CTS is received by all nodes in range.

15. How is the InterFrame Space (IFS) used to implement the priority of messages sent over WiFi? (3pt)

Answer: IFS is the time that is waited before sending a frame when the medium is free. Shorter IFS means higher chances to dominate the medium, therefore higher priority.

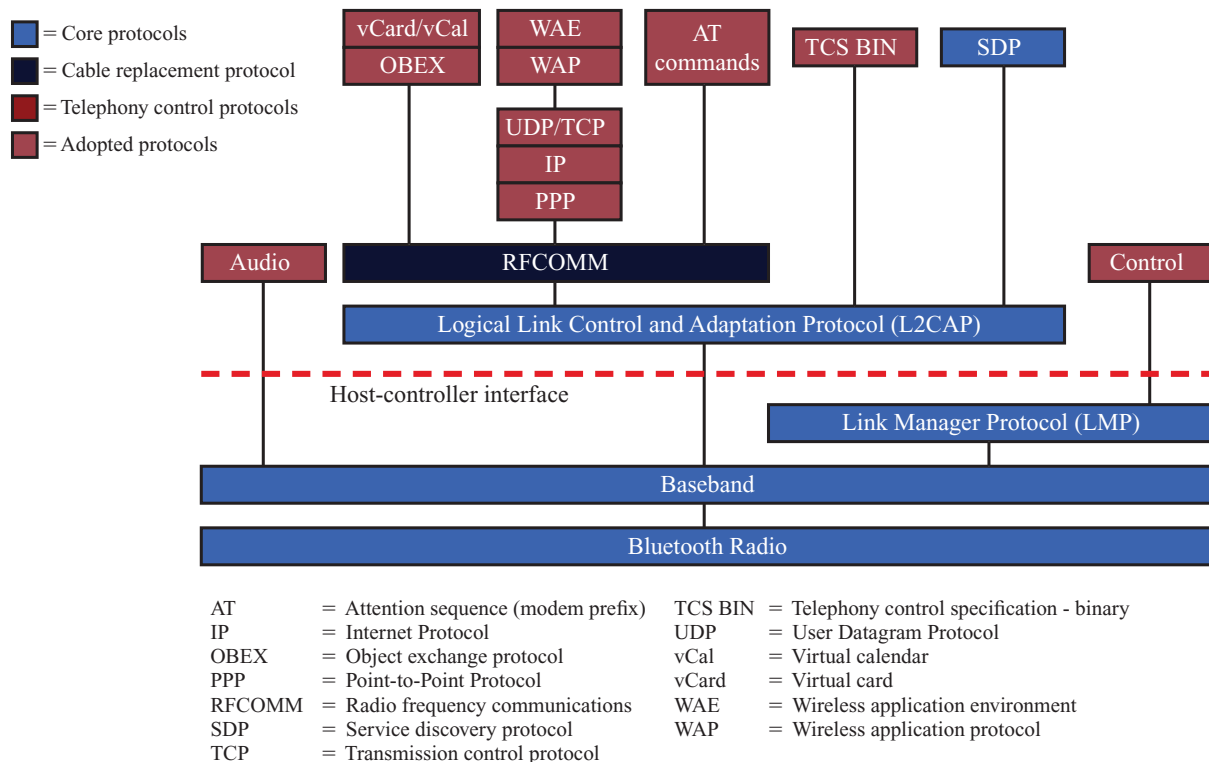


Fig:bstack

16. Which protocols of the Bluetooth protocols stack are usually implemented on dedicated Bluetooth hardware and which are left to the host computer (see Fig:bstack)?

(2pt)

Answer: Bluetooth Radio, Baseband and LMP are usually inside the Bluetooth dongle. All the rest is implemented on the host device.

17. Describe the FH (frequency hopping) – TDD (Time Division Duplex) – TDMA (Time Division Multiple Access) access strategy in Bluetooth.

(2pt)

Answer: FH: multiple radio channels are used in a pseudorandom sequence.

TDD: communication is bidirectional but only one device “talks” each time: one device sends, the other receives and then replies (using the next radio channel on the sequence)

TDMA: each node receives access on a time-based sequence