

Tentamensskrivning den 11/01 2022 – kl 08.15 – 12.15

DA268A – Mobila System

Lärare: Mats Syde – 040 – 665 83 30
Dario Salvi – 040 – 665 82 72

Hjälpmittel: 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 svarsningar.

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: $B_T = 2(\beta + 1)B$
 $\beta = \begin{cases} n_p A_M & \text{für PM} \\ \frac{\Delta F}{B} = \frac{n_f A_M}{2\pi B} & \text{für FM} \end{cases}$
 für 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: $d = \sqrt[2]{3}R$ (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:

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

fc = carrier frequency in MHz
 ht = height of transmitting antenna in m
 hr = 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: $A(h_r) = 8.29 (\log(11.54 h_r))^2 - 1.1 \text{ dB if } f_c < 300 \text{ MHz}$
 $= 3.2 (\log(11.75 h_r))^2 - 4.97 \text{ dB if } f_c > 300 \text{ MHz}$
- Antennaförstärkning: $G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi f^2 A_e}{c^2}$
 Tabell över antennförstärkning och effektiv areaberäkning

Type of Antenna	Effective Area $A_e (\text{m}^2)$	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. Vad är den största skillnaden mellan tidiga (t.ex. NMT) och senare mobila system (t.ex. 3G) på radiosidan? **(1p)**

Svar: Tidiga mobila system (till exempel NMT) använder analog modulering medan GSM och alla senare system använder digital modulering.

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
1844	J Bardeen, W.Brittain, W. Shockley	Första satelliten
1895	Guglielmo Marconi	Demonstrarerar transistorn
1948	Sovjetunionen (1922-1991)	Första telegraferingen över en större distans.
1957	Samuel F. B. Morse	Första demonstrationen radiosändning för en längre sträcka.

Svar:

Årtal	Person	Upptäckt/Händelse
1844	Samuel F. B. Morse	Första telegraferingen över en större distans.
1895	Guglielmo Marconi	Första demonstrationen radiosändning för en längre sträcka.
1948	J Bardeen, W.Brittain, W. Shockley	Demonstrarerar transistorn
1957	Sovjetunionen (1922-1991)	Första satelliten

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.

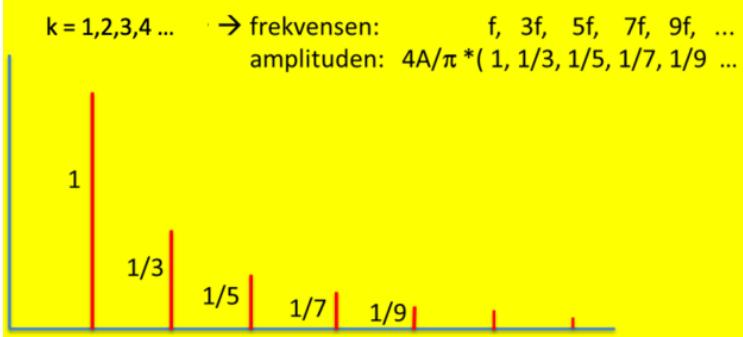
4. På en trådlöskanal har man problem med överföringen. Vad kan man göra för att öka möjligheterna för mottagaren att tolka signalen? **(2p)**
För full poäng krävs att man förklarar konsekvensen

Svar: Ökar SNR, starkare signal ger mindre fel
 Minskar överföringshastigheten,
 Ökar bandbredden, man skickar mera information över flera frekvenser.

5. Vad är detta för funktion? Skriv ut de fyra första termerna. (2p)

$$s(t) = A \times \frac{4}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\sin(2\pi(2k+1)ft)}{2k+1}$$

Svar: Fyrkantvåg,



6. En modulerad signal kan beskrivas med formeln $s(t) = 4(1 + 0.2 \cdot \cos(20t)) \cdot \cos(500t)$.

- Skriv om den som en summa av cosinus-funktioner. (1p)
- Vilken frekvens har bärvägen? (1p)
- Vad heter modulationstypen? (1p)

Tips: $\cos(a) \cdot \cos(b) = ((\cos(a-b) + \cos(a+b))/2$

Svar: a) $s(t) = 4 \cos(500t) + 0.4 \cos(480t) + 0.4 \cos(520t)$
 b) $2\pi f = 500 \Rightarrow f = 500 / (2\pi) \approx 80 \text{ Hz}$
 c) Amplitud Modulering (AM)

7. Med hjälp av en parabolantenn ska du ta skicka information till en satellit som lyssnar på frekvensen 600 MHz. För att signalen ska bli tillräckligt stark behöver antennförstärkningen vara 280 gånger.

- Hur stor behöver parabolens radie vara? (3p)
- Vad är fördelen med att man använder en parabolantenn framför en halvvågsdipolantenn? (1p)

Svar: a) $G = \frac{7A}{\lambda^2} = \frac{7Af^2}{c^2} \Rightarrow A = \frac{Gc^2}{7f^2} = \frac{28 \cdot 10^1 \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{7 \cdot (6 \cdot 10^8)^2} = \frac{28 \cdot 9 \cdot 10^{17}}{7 \cdot 36 \cdot 10^{16}} = 10 \text{ m}^2$

$$A = \pi r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{10}{\pi}} \approx 3,16 \text{ m}$$

b) En paraboliskantenn skapar (i teorin) en parallel/riktad signal, vilket

innehåller att man får mycket mindre förluster än med en rundstrålande, som som t.ex. halvvågsdipolantenn.

Dario's part

8. Define “channel capacity”. (1pt)

Answer: maximum data rate achievable over a channel

9. Congratulations! You are responsible for building the next generation radio technology for high-speed, low-distance, low-power communication! The goal is to achieve 1 Gbit/s (1E9 bits /sec) over a 10m distance and with transmission power not higher than 10mW (1E-2).

- a) Supposing a SNR of 20db, what is the minimum bandwidth you would need?

(2pt)

Answer: Reversing Shannon with $SNR = 100$ and $C = 1E9 \rightarrow B = 15 \text{ MHz}$

- b) And what is the minimum number of symbols that would be needed in the modulation schema? (2pt)

Answer: Reversing Nyquist with $B = 15E6$ and $C = 1E9 \rightarrow M = 10,05$ so let's say 16 if we need to use powers of 2.

- c) Supposing a typical noise of 1uW (1E-6) at the receiver, what would be a reasonable carrier frequency to use to have a SNR of 20db at 10m distance using an omnidirectional antenna? (2pt)

Can the frequency carry the bandwidth of this signal? (1pt)

Answer: The power received at 10m should be 100 times bigger than the noise $\rightarrow Pr = 1E-4 \text{ W}$. The loss factor is $L = Pt/Pr = 100$, then using the path loss formula (not in db): $L = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2$ with $d=10$, we obtain that $\lambda = 12,6$ which corresponds to $f = 23,87 \text{ MHz}$.

This is bigger than half of the bandwidth (7,5MHz) so we can use it.

- d) What is the distance at which we have an SNR of 10db? (2pt)

Answer: This happens when the power of the received signal is 10 times higher than the power of noise: $Pr = 10 * Pn$, which means that loss should be $Lm = Pt / 10 * Pn = 100$. Solving for d, and given $\lambda = 12,6$ we have: $dm = 31,62$

- e) To avoid interference, we can assign different frequencies to different cells. Assuming that the received signal is indistinguishable from noise when SNR is 10, and assuming the size of a cell to be 10m in radius, what is the reuse factor N for our system? (3pt)

Answer: Suppose two devices at the edges of two cells using the same frequency. In order for them to not interfere with each other they need to be at $2 * dm$ distance from each other. So the distance between centres of the cells should

be $D = (d/2) + (d/2) + 2 dm = 73,25$ m therefore $N = (D/d)^2 = 53,65$. The closest value that respects the formula $i^2+j^2+(i*j)$ is 61.
Quite high!

10. Explain how time division multiplexing works. (2pt)

Answer: Each channel is buffered and a few bits are taken from each channel and sequentially sent in frames.

11. Compare the Distributed (Decentralised) Coordination Function and the Point (Centralised) Coordination Function in 802.11. (3pt)

Answer:

- DCF: good for ad-hoc and bursty traffic. Uses CSMA for access control.
- PCF: good for access points and coordinated traffic. Access control is coordinated by AP with polling.
- Both can coexist using “superframes”, i.e. un-coordinate time slots.

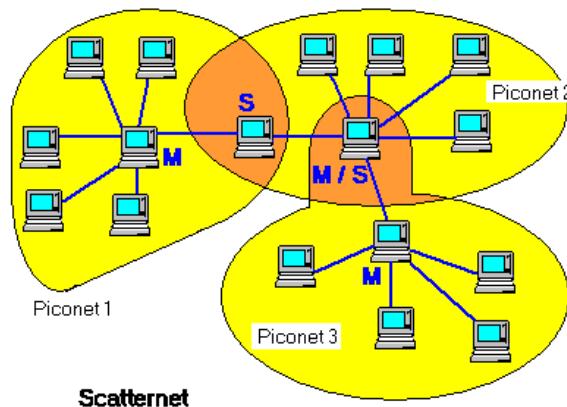


Fig: scatternets

12. Describe how scatternets can be created out of multiple piconets (see Fig:scatternets).

(2pt)

Answer: some devices can participate to multiple piconets as master or slave, the resulting net is a scatternet.

13. Describe what the RFCOMM protocol is for.

(1pt)

Answer: it's a cable replacement protocol that emulates serial port over the L2CAP protocol.

14. Make up a Generic Attribute Profile (GATT) for a game controller (a game pad, joystick or similar). What services, characteristics and descriptors would you have to define (see Fig:GATT)?

(3pt)

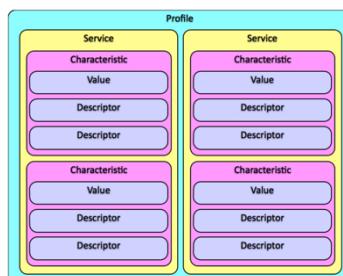


Fig:GATT

Answer: Service: game controller

Characteristics:

- Direction (read only)
 - Value: direction as enumeration: none/up/down/left/right
 - Descriptor: CCCD for notifications
- Buttons (read only)
 - Value: pressed buttons as enumeration: none/A/B/A+B etc..
 - Descriptor: CCCD for notifications