

Tentamensskrivning den 14/12 2022 – kl 08.15 – 12.15

DA268A – Mobila System

Lärare: Mats Syde – 040 – 665 83 30

Dario Salvi – 040 – 665 82 72

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 48 poäng.

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

Betyget 3: 24-31p

Betyget 4: 32-39p

Betyget 5: 40-48p

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 (m)

h_r = height of receiving antenna (m)

d = distance between antennas (km)

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

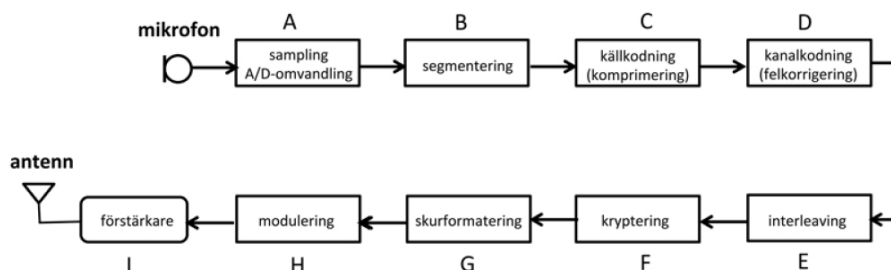
Type of Antenna	Effective Area $A_e \text{ (m}^2\text{)}$	Power Gain (relative to isotropic)
Isotropic	$\lambda^2/4\pi$	1
Infinitesimal dipole or loop	$1.5 \lambda^2/4\pi$	1.5
Half-wave dipole	$1.64 \lambda^2/4\pi$	1.64
Horn, mouth area A	$0.81 A$	$10A/\lambda^2$
Parabolic, face area A	$0.56 A$	$7A/\lambda^2$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

Ivans del (20p)

1. Claude Shannon och Vint Cerf hör till de största namnen bakom utvecklingen av telekommunikation! Vad var deras insats? När? **2p**



2. Vad händer i A (ange siffrorna!) och E i en GSM-mobil? Vilken nytta ger E? **2p**



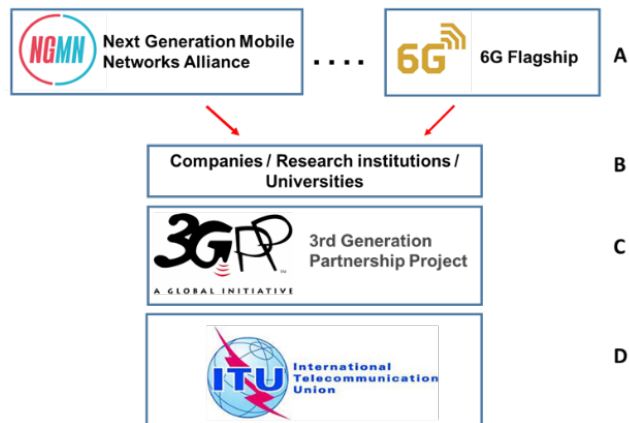
3. Vad är IFFT och varför används den i en modern implementering av OFDM? **2p**
4. Beskriv prestanda och typisk användning av den fjärde (4G) och femte (5G) generationen av mobila system? **2p**
5. Beskriv egenskaper hos användnings-scenarier URLLC och mMTC och ange exempel på användningen. Förklara namnen! **2p**
6. Ge två exempel på vad User Plane Function (UPF) gör i 5G Core network? **2p**
7. Antag att OFDM subcarriers i en 5Gs UE har bandbredden (och avståndet från varandra) $\Delta f = 15$ kHz. Hur många kolumner och rader har motsvarande "physical resource block"? Hur lång tid tar det att skicka det? Vad representerar kolumner och rader? Vad finns i en ruta? **2p**
8. Vad betyder regenerativt respektive transparent satellit-baserad RAN-arkitektur? **2p**

9. En av de mest användbara egenskaperna hos 5G-nät är möjligheten till "network slicing". Vad är det? Ge exempel på en slice.

2p

10. A, B, C och D är viktiga aktörer vid utvecklingen av 5G och 6G.
Vad är deras roll?

2p



Mats del (12 p)

11. 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.

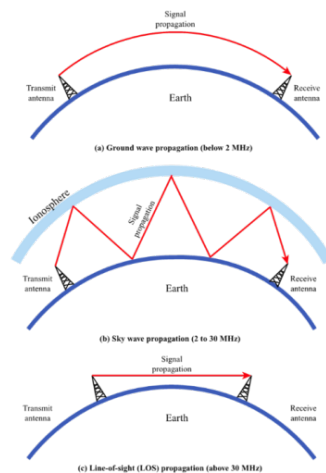
12. a) Rita tre bilder som beskriver följande tre begrepp "markvågsutbredning" (ground wave propagation), "rymdvågsutbredning" (sky wave propagations) och "fri sikt" (line of sight).

1p

b) Vilken utbredningstyp är mest relevant för mobiltelefoni?

1p

Lösning: a)



b) fri sikt (line of sight)

Nedan ska vi titta på en trådlöskanal mellan en basstation och en mottagare inne i en stor stads stadskärna, som sitter 1000 m från varandra. Mottagaren är monterad inomhus på tredje våningen (7 m över gatan). Basstationen sänder på 900 MHz bandet och dess antenn består av en antenn-array som kan ses som en parabolisk antenn med diametern 2m. Basstationen är monterad högst upp på ett tolvvåningshus (35 m över gatan) och sänder med 80 W.

13. Beskriv kort tre olika fädnings fenomen som mest troligen kan förekomma i denna miljö. (Ej brus)

3p

Svar: Refraktion: När signalen byter medium, t.ex. går genom ett fönster.
Reflektion: Signalen studsar på ytor som är större än våglängden, t.ex. väggar.
Diffraction: När signalen "viker sig" runt hörn eller kanter.
Spridning: "Scattering" Små objekt eller ojämnheter som sprider signalen.

14. Hur stor blir överföringsförlusten (en: path loss") för signalen?

3p

Svar: $L_{dB} = 69.55 + 26.16 \log(900) - 13.82 \log(35) - A(7) + (44.9 - 6.55 \log(35)) \log(1)$
 $A(h_r) = 3,2 (\log(11.75 \cdot 7))^2 - 4,97 \approx 6,767 \text{ dB}$
 $L_{dB} = 69.55 + 77,283 - 21,339 - 6,767 + 0 \approx 118,723 \text{ dB}$

15. Hur stark är signalstyrkan när den når mottagaren, i watt eller decibel

3p

Svar: $P_t \cdot G_a = P_r \cdot L_c$ eller $P_{t\text{ dB}} + G_{a\text{ dB}} = P_{r\text{ dB}} + L_{\text{dB}}$

$$L_{\text{dB}} = 118,73 \text{ dB}$$

$$P_{t\text{ dB}} = 10 \log(80) \approx 19,03 \text{ dB}$$

$$A_e = 0,56 \cdot A = 0,56 \cdot (2/2)^2 \cdot \pi = 0,56 \cdot \pi$$

$$G_a = \frac{4\pi f^2 A_e}{c^2} = \frac{4\pi (9 \cdot 10^8)^2 \cdot 0,56\pi}{(3 \cdot 10^8)^2} \approx 198,97$$

$$G_{a\text{ dB}} = 10 \log_{10}(G) = 22,99 \text{ dB}$$

$$P_{r\text{ dB}} \approx 19,03 + 22,99 - 118,73 = -76,71 \text{ dB}$$

$$P_r \approx 2,1 \cdot 10^{-8} \text{ W}$$

Dario's part (16 p)

Uppgifterna är skriva på engelska med en svensk översättning, poängen är därför skriva två gånger på varje uppgift. Ni får dock endast poäng en gång.

Wifi:

16. EN

How are Request To Send (RTS) and Clear To Send (CTS) used in 802.11 and how do they solve the "hidden node problem"? **3p**

SE

Hur används "Request To Send" (RTS) och "Clear To Send" (CTS) i 802.11 och hur löser de dolda nodproblemet? **3p**

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.

17. EN

Compare the 4 WiFi security mechanisms: Service Set Identifier (SSID), Wired Equivalent Privacy (WEP), Extensible Authentication Protocol (EAP) and Wi-Fi Protected Access (WPA). **3p**

SE

Jämför de fyra WiFi-säkerhetsmekanismerna: Service Set Identifier (SSID), Wired Equivalent Privacy (WEP), Extensible Authentication Protocol (EAP) och Wi-Fi Protected Access (WPA). **3p**

Answer: Service Set Identifier (SSID)

- Required by all clients to include this in every packet
- Included as plain text → Easy to break

Wired Equivalent Privacy (WEP)

- Requires that user enter a key manually
- Communications encrypted using this key
- Short key (40-128 bits) → Easy to break by "brute force"

Extensible Authentication Protocol (EAP)

- WEP keys created dynamically after correct login
- Requires a login (with password) to a server

Wi-Fi Protected Access (WPA)

- A longer key, changed for every packet

Bluetooth:

18. EN

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

Hint: describe each acronym separately.

3p

SE

Beskriv FH (frequency hopping) - TDD (Time Division Duplex) - TDMA (Time Division Multiple Access) åtkomststrategi i Bluetooth.

3p

Tips: Beskriv varje akronym separat.

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

19. EN

a) In Bluetooth Frequency Hopping schema, what is the maximum number of slots a node can occupy when sending data? 1p

b) How many frequencies are used when transmitting over those slots? 1p

SE

a) I Bluetooth Frequency Hopping-schema, vad är det maximala antalet platser som en nod kan uppta när data skickas? 1p

b) Hur många frekvenser används när man sänder över dessa slots? 1p

Answer: Longer packets can occupy 1, 3 or 5 slots (1), but frequency is not changed during their transmission (1).

DSSS:

20. EN

Gold codes (from Dr. Robert Gold who invented them in 1967) are pseudorandom noise code sequences generated algorithmically in hardware or software. They are easy to produce and used in many communication systems such as 3G, 4G and the GPS.

The following 6-bit sequences are generated using Gold codes:

A: 110010

B: 011001

C: 010110

a) Are these bit sequences orthogonal? 2p

b) 3 parties send a 2-bit message using DSSS-CDMA. Party A sends 00, party B sends 01 and party C sends 11. Each bit gets converted in the corresponding Gold code (code A for party A, code B for party B and code C for party C) if 1, or in its

opposite if 0. Show that a receiving party using the code for B is able to recover the message "01" even if it receives all the parties' sequences mixed together (in other words, the bits from party A are summed with the bits from party B and party C, in a bit-by-bit way).

3p

Hints: remember to substitute 0 with a -1.

SE

Golds koder (från Dr. Robert Gold som uppfann dem 1967) är pseudoslumpmässiga bruskodsekvenser som genereras algoritmiskt i hårdvara eller mjukvara. De är lätta att producera och används i många kommunikationssystem som 3G, 4G och GPS.

Följande 6-bitarssekvenser genereras med hjälp av Golds koder:

A: 110010

B: 011001

C: 010110

- a) Är dessa bitsekvenser ortogonala? 2p
- b) 3 parter skickar ett 2-bitars meddelande med DSSS-CDMA. Part A skickar 00, part B skickar 01 och part C skickar 11. Varje bit konverteras till motsvarande guldkod (kod A för part A, kod B för part B och kod C för part C) om 1, eller i dess motsats om 0. Visa att en mottagande part som använder koden för B kan återställa meddelandet "01" även om den tar emot alla parternas sekvenser blandade (med andra ord, bitarna från part A summeras med bitarna från part B och parti C, bit för bit). 3p

Tips: kom ihåg att ersätta 0 med en -1.

Answers:

- a) No, their dot products are not 0, but the "correlation" is low.

$$A \cdot B = 1x-1 + 1x1 + -1x1 + -1x-1 + 1x-1 + -1x1 = -2$$

$$A \cdot C = 1x-1 + 1x1 + -1x-1 + -1x1 + 1x1 + -1x-1 = 2$$

$$B \cdot C = -1x-1 + 1x1 + 1x-1 + -1x1 + -1x1 + 1x-1 = -2$$

b)

A sends: 001101 and 001101

B sends: 100110 and 011001

C sends: 010110 and 010110

The received sequence is

R1=

$$-1 + 1 + -1 = -1$$

$$-1 + -1 + 1 = -1$$

$$1 + -1 + -1 = -1$$

$$1 + 1 + 1 = 3$$

$$-1 + 1 + 1 = 1$$

$$1 + -1 + -1 = -1$$

R2 =

$$-1 + -1 + -1 = -3$$

$$-1 + 1 + 1 = 1$$

$$1 + 1 + -1 = 1$$

$$1 + -1 + 1 = 1$$

$$-1 + -1 + 1 = -1$$

$$1 + 1 + -1 = 1$$

The dot-product with B (011001) is:

$$B \cdot R1 = -1x-1 + 1x-1 + 1x-1 + -1x3 + -1x1 + 1x-1 = -6 \rightarrow \text{negative number} \rightarrow 0$$

$$B \cdot R2 = -1x-3 + 1x1 + 1x1 + -1x1 + -1x-1 + 1x-1 = +4 \rightarrow \text{positive number} \rightarrow 1$$

Correct message recovered!