1. Vilka typer av radiokommunikation och inbyggda sensorer finns i Samsungs och Apples senaste smarta telefoner eller surfplattor?   
     
   I en modern mobiltelefon från Samsung (Samsung Galaxy S21) och Apple (iPhone 13) finns många sensorer. Några av dem är:

* Accelerometer
* Barometer
* Fingerprint scanner (ultrasonic)
* Pressure sensor
* Gyroscope
* Många fler…

Dessa används för att samla olika typ av data som appar i telefonen senare kan använda sig av.   
  
Fortsättningsvis kommunicerar båda telefonerna med många olika typer av radiokommunikation. De har stöd en uppsjö version av 2G, 3G, 4G och 5G för att bara nämna mobilnät. De båda stödjer 2.4GHz och 5GHz Wi-Fi, WiFi-Direct, samt använder sig av Bluetooth v.5.0.  
  
Källor:   
<https://support.apple.com/kb/SP851?locale=en_US>

<https://www.samsung.com/se/smartphones/galaxy-s21-ultra-5g/specs/>

1. Ange några viktiga skillnader mellan fjärde och femte generationens mobilsystem.   
     
   Femte generationens mobilsystem erbjuder högre överföringshastigheter men framförallt lägre fördröjning. Fördröjningen på ett fjärde generationens mobilsystem uppskattades till runt 50 millisekunder, medan femte generationen kan dra ner det talet till ynka 1 millisekund. Något som öppnar upp för många nya applikation som kräver realtidsuppdatering, såsom självkörande bilar (mer om detta nedan).  
     
   En annan fördel är bandbredden som fördelats bättre än tidigare på sådant sätt att konsumenter, företag och industrier inte nödvändigtvis delar samma spektrum.   
     
   Källor:  
   <https://www.businessinsider.com/4g-vs-5g?r=US&IR=T>
2. Vilka tillämpningar kan Ultra-reliable low latency communication (URLLC) i den femte generationens mobilsystem användas till?   
     
   Precis som nämndes i föregående fråga är just fördröjningen en stor fördel för femte generationens mobilsystem, som fått namn URLLC. En låg fördröjning är helt avgörande för att kritiska system ska kunna förlita sig på mobilnätet - självkörande bilar kan inte fungera effektivt om de inte får uppdaterad information i realtid.   
     
   Andra tillämpningar av URLLC skulle kunna vara vård som sker på fjärravstånd, att läkare inte behöver vara på plats för att utföra en operation.  
     
   Källor:  
   <https://www.metaswitch.com/knowledge-center/reference/what-is-5g-ultra-reliable-low-latency-communications-urllc>

<https://www.section.io/engineering-education/five-real-life-use-cases-of-5g-ultra-reliable-low-latency-communication-urllc/>

1. Redogör för några väsentliga skillnader mellan Bluetooth v4, Bluetooth 5 och Bluetooth mesh networking.   
     
   Vid de flesta uppdatering i tekniska standarder följer oftast några saker såsom ökad hastighet, bättre energihantering osv. Detta stämmer även för Bluetooth mellan version 4 och 5. Bluetooth 5 är snabbare, har betydligt längre räckvidd, mer sparsam energimässigt och har större buffertar för t.ex. meddelanden.   
     
   Bluetooth mesh nätverk är en teknik som baseras på BLE (Bluetooth low energy) är ett nätverk där enheter kommunicerar flera-till-flera över Bluetooth. Ett paket som ska nå en mottagare traverserar via andra kopplade enheter för att nå mottagaren. Funktionen stöds av 4.0 och senare.  
     
   Funktionsmässigt däremot introducerar Bluetooth 5 *Dual Audio* som innebär att en enhet kan skicka ljud till två kopplade enheter samtidigt, t.ex. två par hörlurar. Det går till och med att streama olika ljud till de två enheterna - en intressant funktion för en apputvecklare!  
     
   Källor:  
   <https://www.howtogeek.com/343718/whats-different-in-bluetooth-5.0/>  
   <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_mesh_networking>
2. Beskriv kortfattat radiotekniken IEEE 802.11ah och tänkbara tillämpningar.   
     
   IEEE 802.11ah, kallas även Wi-Fie HaLow, är ett protokoll över trådlös kommunikation. Detta karakteriseras av sin relativt låga frekvens på 900 MHz, till skillnad från konventionell Wi-Fi som använder banden 2.4 GHz och 5 GHz. Den har låg energikonsumtion vilket gör att den lämpar sig mycket väl för enheter i ett s.k. smart hem (IoT-enheter). Detta kan vara bland annat sensorer.  
     
   Källor:  
   <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wifi-ieee-802-11/802-11ah-sub-ghz-wifi.php>

1. För fjärde och femte generationens mobilsystem finns två standarder för modem med tillämpningar inom Internet of thing (IoT):

* eMTC (enhanced machine-type communication)
* NB-IoT (narrowband Internet of things).

De tillhör kategorin LPWA-nätverk (Low power wide area networks).   
  
a) Vilka grundläggande skillnader finns mellan standarderna eMTC och NB-IoT å ena sidan och standarderna Bluetooth och ZigBee (IEEE 802.15.4) å andra sidan?   
  
Den stora skillnaden mellan dessa två par är att den första är menad att användas i WAN (Wide area network). Detta innebär i praktiken att de används mobila nät, och inte en trådlöst nätverk i hemmet.

Till skillnad från Bluetooth och ZigBee som är av typen WPAN (Wireless Personal Area Network), som är menad att kopplas mellan enheter i din omgivning (smarta lampor/radio i hemmet), eller till och med till enheter du bär (smart klocka, hörlurar)  
  
b) Nämn några viktiga skillnader mellan eMTC och NB-IoT.   
eMTC har flera fördelar över NB-IoT, såsom högre dataöverföringshastighet, lägre energikonsumtion och stöd för större nätverk. Den erbjuder även tjänster som VoLTE (Voice over LTE). Däremot kommer detta till ett pris av större användning av bandbredd, samt mer kostsam än NB-IoT.   
  
Källor:

Föreläsning

<https://en.wikipedia.org/wiki/LTE-M>

<https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband_IoT>

<https://www.telenorconnexion.com/iot-insights/lte-m-vs-nb-iot-guide-differences/>

<https://dzone.com/articles/choosing-between-emtc-and-nb-iot>

1. Protokollet LoRaWAN (Long range wide area networks) och SigFox (en IoT-lösning från företaget SigFox) räknas, liksom eMTC och NB-IoT för 4G och 5G, till kategorin LPWAnätverk (Low power wide area networks).   
     
   a) Vilka egenskaper utmärker LoRaWAN och SigFox.   
   SigFox använder en modell som prioriterar kommunikation från ändpunkter till dess basstation. Detta görs genom att låta ändpunkterna vara relativt “billiga” och enkla, och basstationen mer sofistikerat utvecklad. SigFox kan därför expandera sin ändpunkter relativt billigt. Tekniskt sett använder SigFox en väldigt lite del av spektrumet, vilket gör att mottagaren inte behöver lyssna på ett brett spektrum, men också bidrar till att minska störningar.  
     
   LoRaWAN använder däremot ett större spektrum i sin överföring och använder *Coding gain* för att mildra effekten av brus och störningar (och ökar känsligheten för mottagaren).   
     
     
   b) Ange en grundläggande skillnad mellan LoRaWAN och eMTC/NB-IoT.   
     
   eMTC och NB-IoT är licensierade och använder ett licensierade spektrum över redan etablerade mobilnätsoperatörer. LoRaWAN å andra sidan är ett öppet protokoll som använder icke-licensierade spektrum, vilket möjliggör att nästan vem som helst kan sätta upp sitt egen nätverk till en låg kostnad.  
     
   Källor:  
   <https://www.link-labs.com/blog/sigfox-vs-lora>

<https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/cr-lora-102_lorawanr_and_nb-iot.pdf>

1. En sensornod använder en radio (IEEE 802.15.4) som förbrukar 25 mA när den sänder eller tar emot. Antag att batteriet rymmer maximalt 2500 mAh med en erforderlig spänningsnivå. Radions transmissionshastighet är 250 kb/s. I praktiken är radion aktiv under 4 % av tiden (duty cycle 4 %), dvs. sändningshastigheten är 10 kb/s i genomsnitt. Under den tid radion är inaktiv antas att energiförbrukningen är ungefär noll. Givet dessa förutsättningar beräkna:   
     
   a) Efter hur lång tid måste batteriet bytas ut?   
     
   Om radion skulle vara aktiv (skicka/ta emot) hela tiden skulle batteriet klara sig i:  
   2500 / 25 = 100 timmar   
   Men då radion endast är aktiv 4% av tiden klarar den sig i:  
   25 \* 100 timmar = **2500 timmar**  
     
   b) Hur många byte kan överföras från sensornoden, t.ex. till en mobiltelefon, under en batteritid om vi antar att sensornoden endast sänder och inte tar emot data?   
     
   Som beskrevs i a) kan radion skicka/ta emot konstant i 100 timmar innan batteriet behöver bytas ut. Detta innebär att vi hinner skicka:  
   100 \* 250 \* 60 \* 60 = 90 000 000 Kb = 90 Gb = **11.25 GB**