

Från 1G till 5G, utvecklingen av mobila nätverk och trådlös
kommunikation
(halvfärdig version)

Tommy Kauppinen

Kandidatavhandling i datavetenskap

Handledare: Jerker Björkqvist

Fakulteten för naturvetenskap och teknik

Åbo Akademi

2023

Innehållsförteckning

Inledning.....	1
Första generationen, 1G.....	1
Andra generationen, 2G.....	2
GSM arkitekturen	2
Tredje generationen, 3G	5
WCDMA arkitekturen.....	5
Fjärde Generationen, 4G.....	8
EPS arkitekturen.....	8
Femte Generationen, 5G.....	8
Sammanfattning.....	9
Källförteckning.....	10

Referat

Den trådlösa kommunikationens närvaro har växt enormt i samhället under de senaste årtiondena. En telefon med snabbt och stabilt internet och möjligheten att ringa utomlands är en självklarhet i dagens läge. För cirka 40 år sedan, då första generation av mobila nätverk introducerades kommersiellt, var det ett stort teknologiskt framsteg att man kunde ringa trådlöst inom ett land. Redan första generationens telefoner väckte stort intresse och man fortsatte utveckla den trådlösa teknologin för kommunikation. Första generationens trådlösa telefoner hade begränsade funktioner och var inte ännu tillräckligt små för att rymmas i fickan. Redan i andra generationen gick man över från analoga till digital radiovåg inom telekommunikation och i fjärde generation gick man fullständigt över till paketförmedling inom kommunikationen. Utvecklingen skedde rätt så snabbt, eftersom telefonerna blev allt mera populära och efterfrågan för kommunikation av högre kvalitet bland konsumenterna växte. Speciellt tillgängligheten till internetet med telefonen höjde massivt på användarmängden och datatrafiken.

Inledning

I och med att trådlös kommunikation har varit en av de snabbaste växande industrierna så har telefoner fått en allt större roll i vardagliga livet. Man kan nästan säga att telefonen motsvarar en liten dator med snabbt internet som kan bäras i fickan. Att kontakta någon per telefon i dagens läge är en snabb och smidig process. Samtalets kvalite är för det mesta väldigt bra och meddelandena leveras med låg fördröjning.

Den trådlösa telefonen introducerades för första gången kommersiellt i slutet av 1970-talet i Japan och är nuförtiden bättre känd som 1G, alltså första generationen av trådlösa telefoner (insert källa here). Första generationens telefoner var väldigt enkla, hade svaga batterin och samtalen mellan två personer hade dålig säkerhet. Tack vare utvecklingen av teknologin inom trådlös kommunikation, är telefonerna nuförtiden små, lätta och deras samtal och meddelanden är krypterade, det vill säga ingen utomstående kan smyglyssna eller -läsa konversationen mellan två personer.

--- Inledning inte färdig ännu---

Första generationen, 1G

Första generationens telefoner hadde ingen internetkoppling och man kunde endast ringa samtal med dem. De är även de enda trådlösa telefonerna som använder sig av analoga radiosignaler för att överföra ljud. På grund av att telefonerna använde sig av analoga signaler var ljudkvaliten mycket låg eftersom signalerna blev lätt störda av väder och strukturer och man kunde endast ringa samtal inom landet. Analoga signalerna kunde inte heller krypteras, vilket ledde till att det var väldigt enkelt för tredje partier att smyglyssna på samtal [1]-[2].

Work in progress

Andra generationen, 2G

Största skillnaden mellan första och andra generationen var tekniken som möjliggjorde överförningen av ljud mellan två telefoner. Till skillnad från första generationens telefoner skulle andra generationen använda digitala signaler för att överföra ljud och i teorin skulle det göras med en hastighet på 64kbps [3]. Andra generationen introducerade SIM-kort (subscriber identity module) för telefonerna och själva SIM-kortet är en väldigt viktig del för funktionaliteten av GSM (Global System Mobile Communication) nätverket. SIM-kortet är en väldigt liten minnes apparat i telefonen som lagrar information om användaren. SIM-kortet innehåller information om vem det är som är prenumeranten, alltså vem det är som äger telefonen, till vilka nätverk och i vilka länder användaren har rätt till tjänst samt verifikations-nummer och integritets nycklar. [5]

År 1991 introducerades GSM standarden som baserade sig på digital teknologi för första gången i Europa. GSM systemet använder sig av två 25MHz band inom bandbredden 890MHz-960MHz för att sända och motta data. Bandet mellan 890MHz och 915MHz används då telefonen överför data till basstationen och bandet mellan 935MHz och 960MHz används då data överförs från basstationen till telefonen. Teknologin som används i GSM nätverk är en blandning av TDMA (Time Division Multiple Access) och FDMA (frequency division multiple access) [5].

GSM arkitekturen

GSM nätverket består huvudsakligen av tre delsystem som tillsammans bildar ett fungerande nätverk för telefoner att kommunicera med varann. Telefonen i sig själv är också ett delsystem och kan klassificeras som ett skilt fjärde delsystem, men för arkitekturens skull betraktas det vanligen som en del av ett av de tre huvudsakliga delsystemena. Telefonen antecknas som MS (mobile system) i nätverkets arkitektur. Bild 1 visar en förenklad version av hur de olika delsystemena bygger upp ett GSM nätverk som sedan kopplar till allmänna nätverk som PSTN, ISDN och Data Network.

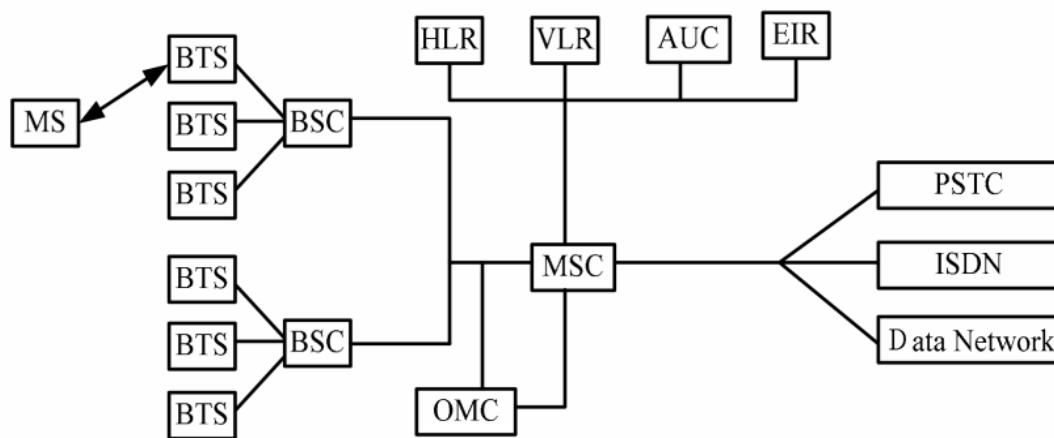


Bild 1 Arkitekturen av GSM nätverk [5]

De tre huvudsakliga delsystemena är basstationssystem BSS (base station subsystem), kontrollsystem NSS (network switching subsystem) och drift- och underhållssystem OSS (operations support subsystem).

Basstationssystemet består av mobilkommunikationssystem MS (konsumentens telefon som kopplar till nätverket), en eller flera basstationer BTS (basic transceiver system) och själva kontrollenheten för basstationen BSC (base system controller) som kontrollerar och övervakar basstationssystemet [5].

Kontrollsystemet består av system och funktioner som hanterar samtalen mellan två ändpunkter, kommunikering med andra nätverk och information om prenumeranter. Den centrala delen av kontrollsystemet är mobiltelefonväxeln MSC (mobile switching center) som hanterar bland annat samtalets koppling, ruttning och överflyttning. Hemregister HLR (home location register) är en databas i NSS systemet som hanterar all information om prenumeranter som bor i mobiltelefonväxelns närområde. Hemregistern hanterar även informationen om prenumerantens position då prenumeranten rör sig utanför den mobiltelefonväxelns avstånd som har hemregistret kopplat till sig. Besöksregister VLR (visitor location register) är däremot en databas som hanterar besökande telefoners

information, det vill säga alla prenumeranters telefoner som inte bor i närheten av mobiltelefonväxeln i fråga. Kontrollsystemet har även en autentiseringscenter AUC (authentication center) och en apparatkodsregister EIR (equipment identity register). Autentiseringscentern innehåller hemliga identifieringsnycklar som används för datasäkerhet och för att förhindra missbruk av mobilabonnemang [5]. Autentiseringscentrets identifieringsnycklar är kopior av prenumeranternas unika identifieringsnycklar som finns lagrade i telefonens SIM-kort. Nycklarna används för att identifiera att radiovägens trafik går åt rätt person och för att kryptera trafiken mellan sändaren och mottagaren [6]. Apparatkodsregistret är en databas som innehåller information om alla registrerade telefoner och deras lovlighet. [5] Varje telefon har ett personligt nummer IMEI (International Mobile Equipment Identity) för att identifiera telefonen. När någon försöker göra ett samtal, kollar nätverket ifall identifieringsnumret finns på lovliga listan, kommer samtalet inte att gå igenom [7].

Drift- och underhållssystemet ansvarar för telenätets drift och underhåll samt administration. Drift- och underhållscentralen OMC (operation and maintenance centre) är enheten som är kopplad till hela systemet (bild 2) och finns för att övervaka, driva och underhålla systemet [6]. Drift- och underhållscentralen är ett verktyg för personalen som underhåller nätverket att utgöra felsökning, diagnoser och underhållning i GSM nätverket [5].

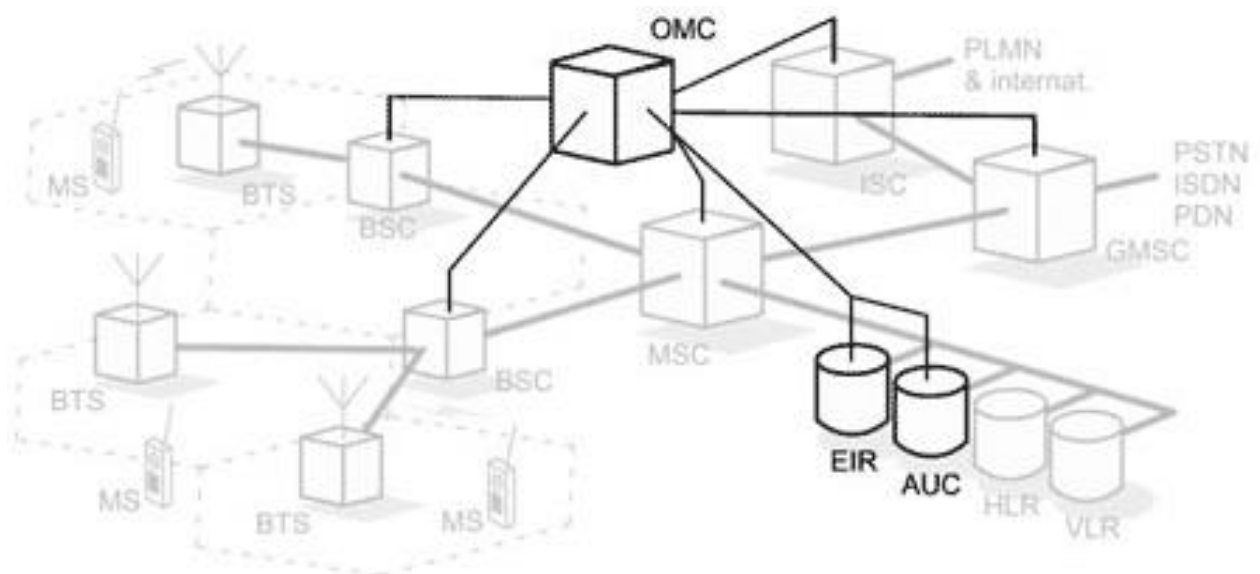


Bild 2 Drift- och underhållscentralens koppling i nätverket [6]

Med GSM systemet introducerades även mervärdestjänster som textmeddelanden SMS (short message service) och röstmeddelande VMS (voice mail system). Funktionen som lät användaren skicka ett textmeddelande visade sig vara komerciellt väldigt lyckat, eftersom majoriteten av trafiken i vissa nätverk bestod av textmeddelanden [7].

-2G Saknar ännu innehåll-

Tredje generationen, 3G

Andra generationens EDGE möjliggjorde överförning av data i hög volymer, men överförningen via radiogränssnittet fungerar som ett kretskopplat samtal, vilket betyder att förflyttningen av data inte är väldigt effektivt. Det fanns även ett problem i utvecklingen av nätverket, eftersom standarderna varierade beroende på vart i världen man befann sig. Detta ledde till uppkomsten av 3G som i Europa kallades för UMTS (Universal Terrestrial Mobile System) och i Amerika för cdma2000 (avhandlingen kommer att ha sin fokus på det Europeiska 3G systemet UMTS). Den nya generationen av telefoner skulle överföra data snabbare inom privata och offentliga nätverk och ha multimedia kommunikation. Bredbands-CDMA WCDMA (wideband code division multiple access) blev den mest använda teknologin inom tredje generationens radiogränssnitt och teknologin som UMTS använder sig av är WCDMA-teknik [7].

[WCDMA arkitekturen](#) (se bild 3)

Tredje generationens nätverk består huvudsakligen av två delar; stamnät CN (core network) och radioaccessnät RAN (radio access network).

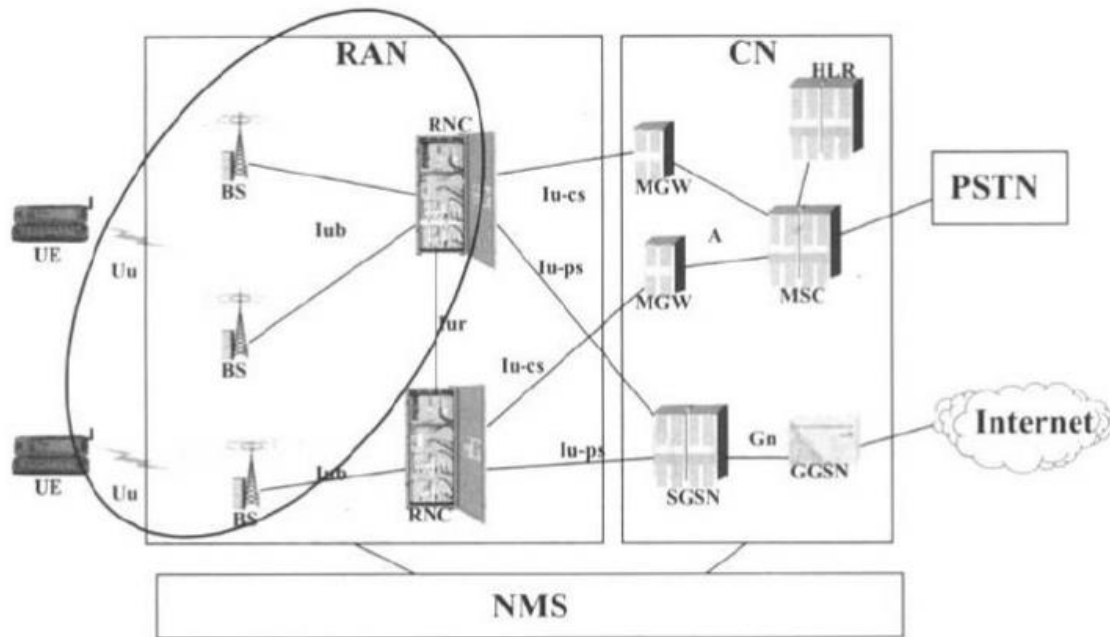


Bild 3 WCDMA arkitekturen [7] (*bilden byts troligen till en olik bild)

Stamnätet består av två domäner som båda är kopplade till andra nätverk. En domän för paketfördelning PS (packet switching) som är kopplad till allmänna IP nätverket och andra för kretskoppling CS (circuit switching) som är kopplad till publikt telefontät PSTN. Domänen med kretskoppling hanterar radiotraffiken i realtid medan paketfördelningen tar hand om resten. Stamnätets domäner innehåller delsystem som fungerar som gränssnitt mellan stamnätet och andra nätverk; Nätgränsstationen GMSC (gateway mobile switching centre) hanterar samtal som kommer in och går ut ur nätverket och den hittar rätt mobiltelefonväxel WMSC (wideband CDMA mobile switching centre, 3G versionen av MSC) samt besöksregister. På liknande sätt som i GSM nätverk, hanterar besöksregistret position samt information om prenumeranten som besöker regionen. GGSN-noden (gateway GPRS support node) fungerar som gränssnitt mellan externa datanät och 3G nätverket och dess funktioner är liknande till nätgränsstationen. SGSN-noden (serving GPRS support node) kontrollerar mobilitetshantering som registrering av telefoner, skyddning av paketfördelning och access till internetet. SGSN-noden är gränssnittet mellan domänen för paketfördelning och radioaccessnätet. Likt GSM nätverket, har också stamnätet ett hemregister som är en databas med position och annan information som är relaterad till prenumerantens telefonen [7].

Radioaccessnätets huvudfunktion är hanteringen av resurser och telekommunikation och dess huvudelement är kontrollenheten för radionät RNC (radio network controller) och basstation BS (base station) som även betecknas nod B. Basstationens huvudsakliga funktioner är bland annat inflätning, kanalkodning och processering av radiogränssnittet. Basstationen fungerar som en kontakt mellan nätverket och WCDMA radiogränssnittet. På samma sätt som i andra generationens nätverk, fungerar mottagningen och sändningen av signaler från basstationen genom riktade eller rundstrålande antenner. Kontrollenheten fungerar som gränssnitt mellan stamnätet och basstationen och är ansvarig för styrningen av radioresurserna som är bland annat ruttningen av data inom kontrollenheten, kodfördelning och kontroll av insläpp. I samarbete med basstationen kan kontrollenheten hantera radioresurserna självständigt utan hjälp av stamnätet [7].

--- 3G saknar innehåll ---

Fjärde Generationen, 4G

Tillgängligheten till internet med telefonen visade sig vara väldigt populärt bland konsumenterna. Telefonerna var relativt billiga och operatorerna erbjöd fast prissättning för telefonabonnemang och det märktes på användarmängden och datatrafiken. 3G och HSPA (high-speed packet access) erbjöd en relativt snabb och stadig förbindelse, men det krävdes en mer effektiv lösning med den växande datatrafiken. Efterfrågan för effektivare dataöverförning startade projektet LTE (long term evolution) för att utveckla det existerande 3G nätverkets kapacitet. LTE skulle också förbättra användarupplevelsen och göra kostnaden per bit mera lönsam för tjänsteleverantören. Tillsammans med EPC (enhanced packet core) bildar LTE fjärde generationens nätverk EPS (evolved packet system) [8].

EPS arkitekturen

Femte Generationen, 5G

Sammanfattning

Källförteckning

- [1] Generations of Mobile Wireless Technology: A Survey
- [2] From 1G to 5G, What Next?
- [3] https://www.researchgate.net/profile/Sbala-Murugan/publication/328304840_JECAS_Ap_2013_-_FEM_-_Published/links/5bc55d5a299bf17a1c55692d/JEC-AS-Ap-2013-FEM-Published.pdf#page=57
- [4] GSM – Architecture, Protocols and Services. Eberspächer, J. 2009
- [5] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6141552>
- [6] https://www.tutorialspoint.com/gsm/gsm_architecture.htm
- [7] Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G - Evolution to 4G. Mishra, Ajay R. 2004
- [8] Introduction to Mobile Network Engineering: GSM, 3G-WCDMA, LTE and the Road to 5G. Alexander Kukushkin, 2018