



# Framtidsmöjligheter med 5G mobilnät

Future opportunities with 5G mobile network

Muhammed Al-Alosi

## **Förord**

Denna rapport är ett avslutande examensarbete i högskoleprogrammet Nät- och Kommunikationsteknik. Jag vill framföra ett stort tack till min handledare på Umeå universitet Ola Ågren för all hjälp och handledning under arbetets gång.

## **Sammanfattning**

I denna rapport introduceras de olika mobilnätsteknologierna, 1G till 5G. Fokus ligger på hur det framtida 5G-mobilnätet kommer att fungera och vilka möjligheter som kommer att finnas med det. Andra saker som rapporten tar med är de basstationer som kommer att användas i det framtida mobilnätet samt en kort beskrivning utav terminalen i 5G-nätet och de tjänster som kommer att finnas tillgängliga i den. Protokollstacken i 5G-nätet tas också upp. Dessutom presenteras Wi-Fi 802.11u standarden som kommer att vara en del av det framtida mobilnätet. Vi får också läsa om hur 5G-nätet kommer att lösa vissa problem som är relaterade till dagens mobilnätsteknologier. Avslutningsvis beskrivs de olika åtkomstteknikerna som används inom telekommunikationssystemen.

## **Abstract**

This report introduces various mobile network technologies, 1G to 5G. Focus is on the future 5G mobile networks, how it works and what opportunities will come with it. The report also covers the base stations that will be used in the future mobile network, with a brief description of the terminal in 5G network and the services that will be available with it. The protocol stack in 5G network is also covered. Moreover the report presents the Wi-Fi 802.11u standard that will be a part of the future mobile network. We can also read about how the 5G network will solve certain problems that are related to today's networks technologies. Finally, the report describes different access technologies that are used in the telecommunications systems.

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Mål.....	2
1.4	Avgränsningar.....	2
1.5	Metod .....	2
1.6	Frågeställningar .....	3
1.7	Akronymer.....	3
1.8	Definitioner.....	4
1.8.1	Basbyte.....	4
1.8.2	Heterogent nätverk eller HetNet .....	4
1.8.3	Li-Fi .....	4
1.8.4	NFV .....	5
1.8.5	SDN .....	5
1.8.6	SDR.....	5
1.8.7	Vertikalt respektive horisontellt basbyte .....	5
1.8.8	5G .....	5
2	Vad är 5G? .....	5
2.1	Huaweis krav på 5G .....	6
2.2	5G hastighet .....	6
2.3	Jämförelse mellan olika mobilnätstekniker.....	6
2.3.1	1G och 2G .....	6
2.3.2	2G och 3G .....	7
2.3.3	3G och 4G .....	7
2.3.4	4G och 5G .....	7
2.4	5G egenskaper.....	8
2.5	Mobilnätstrafiken växer .....	8
2.6	Prognoser .....	9
2.7	HD voice i mobilen.....	10
3	Arkitektur.....	10
3.1	Kort beskrivning utav terminalen i 5G-nätet.....	11
3.2	Beskrivning av protokollstacken i 5G-nätet.....	11
4	Basstationer i 5G-nätet och basbyteprocess.....	13

4.1	Wi-Fi 802,11 standards.....	14
4.1.1	802.11a.....	14
4.1.2	802.11b.....	14
4.1.3	802.11g.....	14
4.1.4	802.11n.....	14
4.1.5	802.11ac.....	15
4.1.6	802.11u.....	15
4.1.7	Wi-Fi Ceritifed Passpoint .....	15
4.2	Automatisering av inloggningen via Passpoint.....	15
4.3	Basbyteprocess i mobilnätssystemet .....	16
4.3.1	Hard handover.....	16
4.3.2	Soft handover .....	16
4.3.3	Softer handover.....	16
4.3.4	Intracell handover .....	17
4.4	När sker basbyte?.....	17
5	Celltyper i mobilnätssystemet.....	17
5.1	Femtocell.....	17
5.2	Picocell.....	17
5.3	Microcell.....	18
5.4	Macrocell.....	18
6	Åtkomsttekniker i mobilnätssystemet .....	18
6.1	FDMA.....	18
6.2	TDMA.....	19
6.3	CDMA.....	19
6.4	OFDM.....	19
6.5	BDMA.....	19
7	Diskussion.....	19
7.1	Slutsats .....	20
	Referenslista.....	21

## Figurer

Figur 1. Mobilnätets utvecklingsfaser .....	2
Figur 2. Cisco mobilnätstrafik .....	9
Figur 3. Nätverksarkitektur i 5G-nätet .....	10
Figur 4. Design av terminalen i 5G-nätet .....	11
Figur 5. Protokollstacken i 5G-nätet .....	12
Figur 6. Cell typer .....	18

## Tabeller

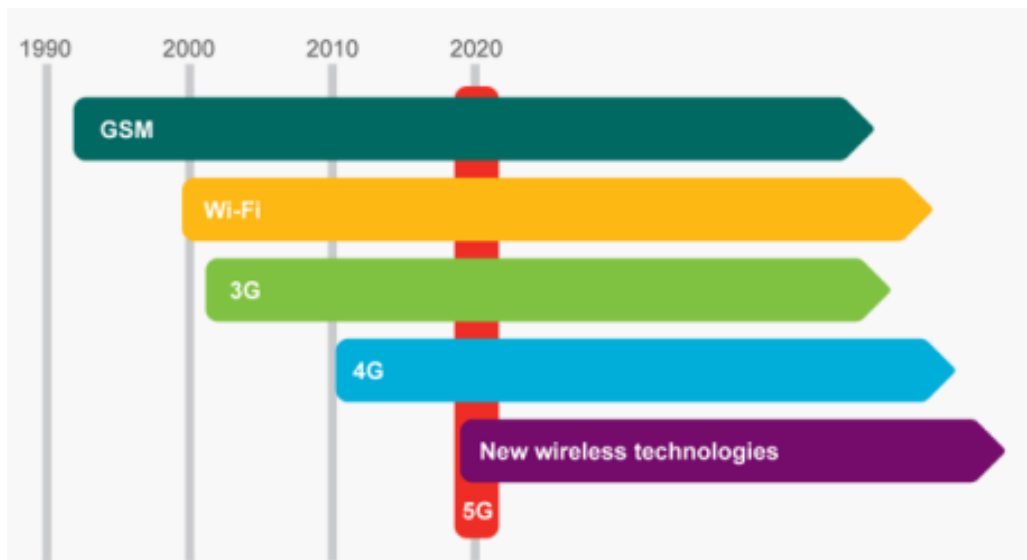
Tabell 1. Jämförelse mellan olika mobilnätstekniker .....	8
---	---

# 1 Inledning

Det har sedan tidigare funnits ett stort behov av en bättre ljudkvalitet i mobilen. Idag har Telia lanserat HD Voice, en ny teknik som bidrar till bättre ljudkvalitet på mobilsamtalet, särskilt i miljöer med hög ljudnivå. Tekniken finns idag endast i Telias 3G-nät men inte i 4G nätet [28]. De operatörer som för närvarande har 3G och 4G-nät kommer inom några år att tvingas uppgradera till en ny standard för att kunna hantera den stigande trafiken i näten samt för att klara att hantera all utrustning som kommer att vara uppkopplade till internet i framtiden. Enligt Ericsson så kommer det att finnas mer än 50 miljarder apparater uppkopplade till internet om några år. År 2020 är det rimligt att tänka sig att 5G blir det mest dominerande mobilnätet i världen, och att 3G och 4G blivit föråldrat. Vi kommer troligtvis att ha 5G mobilnätet som vårt enda alternativ till trådlös uppkoppling.

## 1.1 Bakgrund

Den första generationen av mobiltelefonsystem var analogt och utvecklades i slutet av 70 talet av det japanska företaget NTT (Nippon Telegraph and Telephone). Medan i Norden påbörjades utvecklingen av tekniken först under 80-talet vid namnet NMT (Nordisk Mobiltelefoni) och 1983 infördes tekniken i USA med AMPS (Advanced Mobile Phone System) [35]. Den snabba utvecklingen krävde snart snabbare system vilket ledde till att andra generationen utvecklades i Finland i början av 90 talet med namnet 2G eller GSM (Group Special Mobile) som var ett helt digitalt baserat system, vilket senare fick namnet (Global System for Mobile Communication). Detta system används av de flesta mobiloperatörerna ännu i dag [36]. Det tog nästan 10 år innan tredje generationens mobilnät 3G utvecklades. Orsaken till att 3G behövde utvecklas var på grund av att det krävdes ett gemensamt telekommunikationssystem för hela Europa. År 1998 fattade EU beslutet att införa 3G systemet i alla EU länder, med införande senast i början av 2002 [37]. Det var först i slutet av 2009 som den fjärde generationen av telekommunikationssystemet, 4G infördes av TeliaSonera [38]. Nästa steg i utvecklingen är 5G-nätet som enligt Samsung kommer att lanseras mellan 2020 och 2030 [22, 39]. I dagsläget finns det ingen officiell definition om vad 5G kommer att innebära för nuvarande teknik, se figur 1.



**Figur 1. Mobilnätets utvecklingsfaser [11].**

## 1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att studera 5G-nätet samt att ta reda på vilka framtidsmöjligheter som kommer att finnas med det.

## 1.3 Mål

Målet med denna rapport är att ge läsaren en samlad bild av det framtida mobilnätet 5G och vilka fördelar det kommer att finnas med den nya tekniken.

## 1.4 Avgränsningar

Jag kommer att främst studera den tillgängliga informationen som jag kan få fram om 5G tekniken. Kommer även att göra kort jämförelse mellan olika mobilnätstekniker som finns idag. Kommer att studera sambandet mellan 5G tekniken och Wi-Fi 802.11u. Jag kommer även att använda ett exempel på Telias HD ljud.

## 1.5 Metod

Jag gjorde först en bred sökning via internet på tillgänglig information om 5G-nätet. Sen fördjupade jag mina kunskaper genom att ta fram information via Universitetsbibliotekets databaser. Den huvudsakliga informationen togs fram via genomgång av relevanta källor på internet. Gjorde sen en sammanfattning av den information som jag hittade. Har även fått handledning av universitetets handledare under projektets gång.



## 1.6 Frågeställningar

Detta kommer att behandlas i denna rapport.

1. När kommer tekniken att lanseras?
2. Inom vilka områden kommer 5G-nätet att användas?
3. Krav på att ta fram protokollstacken i form av en enkel tabell.
4. Ta reda på krypteringsalgoritmer som används i 5G-nätet.
5. Krav på att ta reda på multiplexeringstekniker som används i 5G-nätet och andra mobilnätstekniker som används idag såsom 2G, 3G och 4G-nät.
6. I vilka frekvenser fungerar tekniken?
7. Typ av basstationer som används i 5G-nätet.

## 1.7 Akronymer

**ANQP** Access Network Query Protocol.

**CoA** Care of Address.

**DSSS** Direct-Sequence Spread Spectrum.

**EAP** Extensible Authentication Protocol.

**GFDM** Generalized Frequency Division Multiplexing.

**GPS** Global Positioning System.

**HD Voice** High Definition Voice.

**HSDPA** High-Speed Downlink Packet Access.

**IPv4** Internet Protocol version 4.

**IPv6** Internet Protocol version 6.

**Li-Fi** Light Fidelity.

**LOS** Line-Of-Sight.

**MMS** Multimedia Messaging Service.

**MIMO** Multiple Input Multiple Output.

**METIS** Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society.

**MS** Mobile Station.

**NAT** Network Address Translation.

**NFV** Network Functions Virtualization.

**OTP** Open Transport Protocol.

**RAT** Radio Access Technology.

**RTP** Real-Time Transport Protocol.

**SDR** Software-Defined Radio.  
**SDN** Software-Defined Networking.  
**SIM** Subscriber Identity Module.  
**SMS** Short Message Service.  
**TCP** Transmission Control Protocol.  
**UHD** Ultra High Definition.  
**VPN** Virtual Private Network.  
**Wi-Fi** Wireless Fidelity.  
**WPAN** wireless personal area network.

## 1.8 Definitioner

### 1.8.1 Basbyte

Är en process som gör att samtalet inte avbryts när mobiltelefonen förflyttar sig från ett ställe till ett annat. Syftet med basbyte är att samtalet skall kunna fortsätta utan att avbrytas. Basbyteprocessen brukar ske utan att användaren märker det [42].

### 1.8.2 Heterogent nätverk eller HetNet

Detta är ett nät som består av en blandning av olika trådlösa teknologier. Ett HetNet bidrar till en bättre täckning i mobiltelefonen. Det framtida nätet 5G är ett exempel på ett heterogent nätverk [5,16].

### 1.8.3 Li-Fi

Li-Fi tekniken bygger på att använda ljuset för kommunikation istället för radiovågorna. Ljuset passerar inte genom väggarna, vilket gör att signalen har en kortare räckvidd än radiovågorna som Wi-Fi tekniken bygger på, men ändå blir kommunikationen mycket säkrare i denna teknik på grund av att det blir omöjligt för obehöriga att komma åt nätet. Fördelen med Li-Fi tekniken är att den kan användas i elektromagnetiskt känsliga områden såsom i flygplan och på sjukhus utan att interferens uppstår. Enligt prognosen kommer den nya tekniken att vara 10 gånger billigare och 250 gånger snabbare än det snabbaste bredbandet hittills [46].

#### **1.8.4 NFV**

Denna teknik handlar om att använda virtuella enheter istället för de fysiska enheterna. Syftet med NFV är att minska kostnaden och att centralisera administrationen [49].

#### **1.8.5 SDN**

Mjukvarudefinierat nätverk är en teknik som planeras att användas i 5G-nätet. SDN handlar om att mjukvara som innehåller information om nätverket separeras från hårdvaran, exempelvis (switchar och routrar) som vidarebefordrar trafiken genom nätet [6].

#### **1.8.6 SDR**

Mjukvarudefinierad radio är en teknik som kan justera frekvenserna och andra radioegenskaper via ett datorprogram [50].

#### **1.8.7 Vertikalt respektive horisontellt basbyte**

Till skillnad från horisontellt basbyte som endast brukar ske inom nät som är baserade på samma mobilnätsteknologier, sker istället vertikalt basbyte mellan nät som är baserade på olika radioteknologier såsom basbyte mellan 3G och 4G näten [42].

#### **1.8.8 5G**

*”Intelligent trådlös teknik som kan sammankoppla världen utan gränser.”* [25, 26]

## **2 Vad är 5G?**

5G är den nästa generationen av mobilnät efter 4G. Enligt Samsung [22] kommer den nya tekniken att göra det möjligt för användarna att överföra datatrafik flera hundra gånger snabbare än dagens 4G-nät. Med 5G kommer det att bli möjligt att strömma filmer i HD och UHD-upplösning i realtid utan begränsning. Andra användningsområden för 5G-nätet är att det kommer att bli möjligt att styra tåg och biltrafik. Enligt Sveriges Radio [12] kommer 5G-nätet att användas inom olika områden såsom trafikövervakning, hälso- och sjukvård och även inom industri. Det nya nätet kommer att erbjuda mer än bara tal och datatrafik, den kommer även att kunna stödja kommunikationen mellan maskiner. Det är många länder idag som diskuterar utvecklingen av det framtida 5G-nätet, till exempel Huawei i Kina och Docomo i Japan [24, 26]. I EU har de redan startat projektet METIS som koordinerats av Ericsson i 2012. I

Sverige deltog KTH och Chalmers universitet i projektet METIS [51]. Enligt Samsung och Ericsson ska troligtvis den nya tekniken vara färdig för användning år 2020.

## 2.1 Huaweis krav på 5G

Enligt Huawei [14] ska den nya tekniken kunna klara av högre hastigheter och det stora antalet av saker som kommer att finnas uppkopplade till internet i framtiden. Den nya tekniken ska också kunna stödja den ökande mängden av applikationer som till exempel smarta sensorer. Jämfört med dagens mobilnät 3G och 4G är den nya tekniken mer flexibel, tillförlitlig och dessutom kommer den att ha mycket kortare responstider på mindre än en millisekund. 5G ska också kunna klara UHD teknologier genom att leverera en hastighet på 10 Gbit/s.

## 2.2 5G hastighet

Enligt Samsung kommer 5G-nätet att ha en överföringshastighet på mellan 1 Gbit/s och 10 Gbit/s. Det kommer att bli möjligt att ladda ner en HD film på 800 Megabit till en mobiltelefon på en sekund jämfört med 4G där det brukar ta 40 sekunder för att ladda ner samma film. Denna hastighet är teoretisk men troligen kommer det nya nätet ändå att bli mycket snabbt [34].

*“I jämförelse med IMT-Advanced kommer dagens smarttelefon att kännas som en gammal uppringd Internet-förbindelse. Internetåtkomst, strömmande video och dataöverföring kommer blir möjlig överallt och närsomhelst och med en högre kapacitet än en de flesta fast uppkopplade pc har idag.” [24]*

## 2.3 Jämförelse mellan olika mobilnätstekniker

### 2.3.1 1G och 2G

Till skillnad från 1G systemet som var analogt baserat och endast avsett för röstsamtal, blev GSM-nätet ett digitalbaserat system. Med GSM blev även ljudkvaliteten mycket bättre och säkerheten för datatrafiken mycket högre. En annan fördel med GSM systemet är att abonnenten kan använda vissa multimedia-tjänster såsom sms och mms vilket man inte kunde göra tidigare med den första generationen av telekommunikationssystemet 1G [19].

### 2.3.2 2G och 3G

Skillnaden mellan 3G-nätet och GSM-nätet ligger på överföringshastighet. 3G-nätet har en överföringshastighet på 384 Kbit/s för mobila enheter och en hastighet på cirka 25 Mbit/s (med HSDPA protokollet) för fasta enheter till skillnad från GSM-nätet som endast har 9 Kbyte/s i överföringshastighet. Denna skillnad på överföringshastighet gör att 3G-nätet blir 40 gånger snabbare än GSM-nätet. Detta betyder att vissa tjänster kan fungera i 3G-nätet men inte i GSM-nätet. En annan fördel med 3G-nätet är att man kan använda GPS systemet. Med 3G-nätet kan man även strömma musik, medan i GSM kan man inte göra det. För mer information om fördröjningstider och täckning se tabell 1 [37].

### 2.3.3 3G och 4G

3G-nätet är avsett för båda tal och surf medan 4G-nätet används endast till att surfa. Den större skillnaden mellan 3G-nätet och 4G-nätet är att 4G-nätet har kortare svarstid och snabbare dataöverföringshastighet än 3G-nätet. Speciellt om man vill ladda ner en film eller spela onlinespel med 3G-nätet så kan svarstiden bli ett problem. Enligt Telia har Metro testat deras 3G och 4G-nät genom att ladda ner en fil på 693 MB, med 3G-nätet tog det 28 minuter att hämta filmen medan med 4G-nätet tog nedladdningen endast 3 minuter. För mer information om fördröjningstider och täckning se tabell 1 [29].

### 2.3.4 4G och 5G

Idag har Telias 4G-nät en nedladdningshastighet på upp till 80 Mbit/s och en uppladdningshastighet på cirka 20 Mbit/s. Till skillnad från 4G-nätet har 5G-nätet ingen skillnad på uppladdnings och nedladdningshastighet. Med 5G-nätet kommer användarna som bor i storstäder att få hela 10 Gbit/s i upp- och nedladdnings hastighet, medan de som bor i tätbebyggda områden endast kommer att få 1Gbit/. Enligt Samsung har de klarat av att skicka data i en hastighet på 1,056 Gbit/s, i experimentet användes 64 adaptiva antenner för att sända data på ett millimetervågband på 28 GHz, en distans på 2 km. Men enligt Samsung så går det även att skicka data med ännu högre frekvenser. För mer information om fördröjningstider och täckning se tabell 1 [13, 29, 22].

*“Our technology is not limited to 28 GHz.”* [1]

*“The world’s first adaptive array transceiver technology operating in the millimeter-wave Ka bands for cellular communications.”* [22]

**Tabell 1. Jämförelse mellan olika mobilnätstekniker [15, 17, 18, 21, 29, 36, 37, 38].**

Teknologi	2G	3G	4G	5G
Systemstart	1992	2002	2010	2020 - 2030
Kapacitet	cirka 9 kbyte/s	384 kbps - 25 Mbit/s	mellan 20 Mbit/s och 80 Mbit/s	1 Gbit/s - 10 Gbit/s
Tjänster	tal+sms+mms	tal+surf	endast surf	används inom olika områden
Handover	horisontell	horisontell	horisontell och vertikal	horisontell och vertikal
Multiplexing	TDMA & FDMA	w-CDMA	OFDMA	BDMA, CDMA, GFDM
Frekvensband	900 MHz och 1800 MHz	900 MHz och 2,1 GHz	800 MHz, 1800 MHz och 2,6 GHz	28 GHz
Cellstorlek	upp till 35 km	3 Km	500 meter	2 Km
Fördröjningstid	100 ms	cirka 50 ms	20 ms	1 ms
Nedlänk hastighet	40 kbit/s	cirka 16 Mbit/s	40 Mbit/s	1 Gbit/s i förorter
Upplänk hastighet	20 kbit/s	cirka 4 Mbit/s	20 Mbit/s	1 Gbit/s i förorter

## 2.4 5G egenskaper [40]:

- Stöd för IPv6.
- 5G-nätet har stöd för SDN.
- Stöd för NFV.
- 5G-nätet är helt IP-baserat paketnät.
- 5G-nätet har stöd för molntjänster.
- Låg energiförbrukning.
- 5G-nätet har stöd för VPN.
- Stöd för maskin-till-maskin-kommunikation (m2m).
- Li-Fi.
- 5G-nätet har användarens upplevelse i centrum.
- Worldwide wireless web (WWWW).

*"Centrala koncept som föreslås i vetenskapliga artiklar som diskuterar 5G och trådlös kommunikation bortom 4G är: Genomgripande nätverk som stödjer ett vardagligt datoranvändande: användaren kan samtidigt vara ansluten till flera trådlösa tekniker och smidigt växla mellan dem. Dessa tekniker kan vara 2,5G, 3G, 4G eller 5G, Wi-Fi, WPAN, eller någon annan framtida teknik. I 5G kan konceptet utvecklas vidare med flera parallella dataöverföringsvägar." [39]*

## 2.5 Mobilnätstrafiken växer

Enligt prognoser från Ericsson och Cisco blir datatrafiken år 2020 mer än 1000 gånger större än dagens datatrafik. Denna ökning av trafiken beror på att antalet uppkopplade enheter kommer att bli ännu fler i framtiden. Samtidigt kommer även hastigheterna i näten att utökas

till nästan 100 gånger snabbare. Varje år kan vi förvänta oss en fördubblad överföringskapacitet [3].

## 2.6 Prognoser [8]:

- år 2018 kommer den globala mobilnätstrafiken att överstiga 15,9 exabyte per månad, se figur 2.
- I slutet av 2014 räknar man med att antalet mobila enheter kommer att överskrida jordens befolkning.
- år 2018 kommer trafiken från smarta mobiltelefoner att vara cirka 66 procent av mobilnätstrafiken.
- år 2018 kommer trafiken från surfplattorna att överskrida 2,5 exabyte per månad.
- år 2016 kommer trafiken från surfplattorna att överskrida 15 procent av den globala mobilnätstrafiken.
- år 2018 kommer trafiken från 4G-nätet att vara mer än hälften av den totala mobiltrafiken.
- år 2018 blir det allt vanligare att mer utav datatrafiken från mobilnäten avlastas via Wi-Fi.



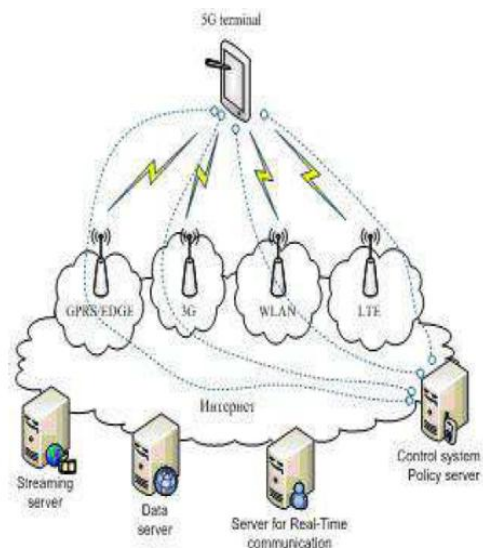
Figur 2. Cisco mobilnätstrafik [8].

## 2.7 HD voice i mobilen

HD Voice är en tjänst som bidrar till bättre ljudkvalitet på samtalet. HD voice använder höga frekvenser mellan 50-7000 Hz istället för 300-3400 Hz som används för vanliga samtal. Tjänsten är mycket bra särskilt om man befinner sig på platser där det finns mycket bullriga maskiner och mycket bilar. HD ljud gör att brus i samtalet försvinner och då blir det mycket enklare att prata i telefonen, till exempel behöver man inte upprepa sig lika ofta. Med denna tjänst sparar man både tid och pengar. Idag kan man endast använda denna tjänst om man är kund hos Telia och har ett 3G abonnemang [27]. Numera har 3G-nätet en teoretisk överföringshastighet på max 384 kbit/s för mobila enheter. För att kunna göra ett samtal i HD kvalitet krävs det en kapacitet på 32 Kbyte/s av den totala bandbredden som 3G-nätet har. Enligt Prognosen kommer antalet personer som använder HD voice att bli 800 miljoner fram till 2018 [10]. Behovet av en hög hastighet i mobilen i kombination med bra kvalitet på samtalet är svårt att uppnå med de mobilnäten som finns idag och därför krävs det ett nät som kan klara alla våra framtida behov. Troligen kommer 5G-nätet att lösa alla dessa problem i framtiden. Ett exempel på HD voice kan hämtas ifrån denna länk [28].

## 3 Arkitektur

Systemet i 5G-nätet kommer att bestå av en Policy Router och ett användargränssnitt som kommer att få åtkomst till olika RAT som 3G, 4G och WLAN, se figur 3 [15].



Figur 3. Nätverksarkitektur i 5G-nätet [15].



### 3.1 Kort beskrivning utav terminalen i 5G-nätet

De nya mobila terminalerna kommer att ha stöd för både MMS och olika multimedia tjänster såsom videochat, mobile TV, HD TV och HD voice. Med den nya mobilen kommer man även att kunna ringa internationella samtal som om de vore lokala. Terminalen kommer även att stödja SDR, för smart val av bäst radio teknologi och nya moduleringsstekniker som man kommer att kunna installera via internet. Terminalen har olika gränssnitt för olika trådlösa- och mobilnätsteknologier och varje gränssnitt har en unik IP-adress. Dessutom kommer den nya terminalen även att kunna hantera trafik från olika RAT samt kommer den även fatta beslut om nätanslutningar, se figur 4 [15].



Figur 4. Design av terminalen i 5G-nätet [15].

### 3.2 Beskrivning av protokollstacken i 5G-nätet

1. **Fysiska lagret och datalänkslagret** definierar de olika trådlösa teknologierna. Dessa lager är baserade på Open Wireless Architecture, se figur 5 [15].

#### 2. Nätverkslagret

Nätverkslagret hanterar kommunikationen mellan sändaren och mottagaren. 5G-nätet kommer även att vara IP-baserat nät. Antalet adresser som IPv4 idag tillhandahåller är begränsade och därför kommer det nya nätet att ha stöd för IPv6 som är 128 bitar istället för IPv4. De 128 bitarna är uppdelade i fyra delar och vardera del är 32 bitar. Den första delen definierar

terminalen, medan den andra delen används av CoA. Den tredje delen används för att koppla upp näten och den sista delen används för VPN sharing. Valet av att använda IPv6 i 5G-nätet kommer att medföra att nätverksoperatörerna kommer att slippa använda NAT i framtiden. Den nya terminalen kommer även att hantera olika trådlösa teknologier och därför kommer nätverkslagret att bli uppdelat i två delar: nedre nätverkslagret som ansvarar för anslutningen till olika gränsnät och övre nätverkslagret som ansvarar för den mobila terminalen. Det kommer även att finnas en funktion mellan nedre och övre delen som översätter mellan IPv6 och IPv4, se figur 5 [15, 18].

### 3. Session och Transport lagret

Det kommer att finnas en möjlighet att ladda ner olika transportprotokoll som TCP och RTP i den nya mobila terminalen. Denna funktion kommer att hanteras av Open Transport Protocol (OTP), se figur 5 [15].

### 4. Applikationslagret

Till skillnad från dagens mobila telefoner där man själv måste välja vilket trådlöst nät man vill ansluta sig till, kommer den nya terminalen istället att använda Qos historik för att avgöra valet av den bästa trådlösa uppkopplingen. Valet av bästa nätverksanslutning styrs utav intelligenta algoritmer. Qos historik kommer att finnas i en databas. Denna databas kommer att vara integrerad i terminalen och den har som uppgift att tillhandahålla statistisk information såsom information om svarstider, bandbredd och tillförlitlighet. Informationen som lagras i terminalen kan minska belastningen i mobilnäten. Testerna visade att informationen som lagras i terminalen kan spara 30 % av bandbredden, se figur 5 [15, 23].

Application Layer	Application (Services)
Presentation Layer	
Session Layer	Open Transport Protocol (OTP)
Transport Layer	
	Upper Network Layer
Network Layer	Lower Network Layer
Datalink Layer	Open Wireless Architecture
Physical Layer	

**Figur 5. Protokollstacken i 5G-nätet [15].**

## 4 Basstationer i 5G-nätet och basbyteprocess

Idag använder man mest Wi-Fi för att etablera ett trådlöst nät i hemmet och på offentliga platser såsom på biblioteket och busstationer. Det som är bra med Wi-Fi är att det är möjligt att använda samma internetabonnemang för att koppla upp flera olika trådlösa enheter till internet men utveckling av det mobila nätet gjorde att befogenheterna för det trådlösa nätet Wi-Fi har ökats till att även kunna hantera trafiken från olika mobilnät. Till exempel i Kina använder nätoperatörerna Wi-Fi för att avlasta trafiken i mobilnäten men även i Sverige använder man liknande tekniker för att minska belastningen på 3G-nätet. Enligt Tommy Svensson (som är professor vid Chalmers universitet) kommer 5G-nätet att använda olika typer av basstationer stora som små. De nya basstationerna kallas för "Picobasstationer" och kommer troligtvis att ersätta dagens basstationer som är större och mycket mer strömkrävande. De nya basstationerna kommer att sättas så nära varandra som möjligt och på detta sätt kommer hastigheten i näten att bli mycket höga. Picobasstationer kommer att finnas i två olika varianter, en variant för hemanvändning som man måste installera själv och den andra varianten för uteanvändning. De nya basstationerna kommer att sättas på olika ställen som exempelvis på lyktstolpar, inne i bilar, på arbetsplatser, tåg, bussar [33] och det kommer även att vara möjligt att koppla upp dem till ett hemnätverk. De nya basstationerna kommer att kunna överföra data med låg effekt och på så sätt sparar man både pengar och energi dessutom kommer man på ett effektivt sätt att minska belastningen hos nätoperatörerna. Enligt professor Erik Ström kommer Picobasstationerna att medföra en hög tillförlitlighet för kommunikationen i biltrafiken. De nya basstationerna som sätts i bilarna kommer att lösa problemet med mobilstörningar i stora folkmassor. Picobasstationerna kommer även att vara integrerade med Wi-Fi 802.11u standarden som kommer att sköta basbyteprocessen mellan mobiltelefonen och accesspunkterna. Enligt Ericsson är det inte bestämt än vilka frekvenser som de nya basstationerna kommer att använda, men det finns ett förslag på att de skall kunna använda 5,6 GHz bandet och det andra alternativet är att man skulle kunna återanvända frekvenserna med hjälp av Whitespacetekniken [16, 25]. Enligt Elektroniktidningen [13] kommer det att vara möjligt att använda frekvenser upp till nästan 150 GHz för de olika näten som kommer att vara en del av 5G-nätet.

*"Kombinationen av stora och små basstationer, samt eventuell direktkommunikation mellan enheter, kan verka tillsammans på flera olika sätt och det gäller att hitta en välfungerande systemdesign med hög tillförlitlighet,*

*mycket snabba svarstider, användarvänliga lösningar och dessutom till låg kostnad och med låg energiförbrukning” säger Tommy Svensson [33].*

## **4.1 Wi-Fi 802,11 standards**

Idag finns det olika Wi-Fi standards i marknaden såsom Wi-Fi a/b/g/n/ac och Wi-Fi 802.11u.

### **4.1.1 802.11a**

År 1999 kom den första Wi-Fi standarden. Wi-Fi 802.11a hade en låg överföringshastighet. Den klarade av att sända upp till 2 Mbit/s på ett 2.4 GHz frekvensband och med en hastighet på upp till 54 Mbit/s på frekvensbandet 5 GHz. 802.11a använde endast OFDM som åtkomstteknik [43].

### **4.1.2 802.11b**

Är den nästa generationen av Wi-Fi serien. Wi-Fi 802.11b kom till marknaden samma år som 802.11a standarden. Wi-Fi 802.11b fungerar i 2.4 GHz bandet och klarar av att sända upp till 11 Mbit/s. Wi-Fi 802.11b använde endast DSSS som modulationsteknik [43].

### **4.1.3 802.11g**

År 2003 kom standarden 802.11g. Wi-Fi 802.11g fungerar i frekvensbandet 2.4 GHz och klarar av att sända upp till 54 Mbit/s. Fördelen med Wi-Fi 802.11g är att den kan fungera tillsammans med 802.11b. Wi-Fi 802.11g är baserad på OFDM och DSSS. Problemet med 2.4 GHz bandet som Wi-Fi 802.11b och Wi-Fi 802.11g använder är interferensen som kan uppstå från andra apparater som använder samma frekvensband och som finns i närheten [43].

### **4.1.4 802.11n**

År 2009 kom Wi-Fi 802.11n. Wi-Fi 802.11n finns idag i två olika frekvensband 2.4 GHz och 5 GHz och använder MIMO. Wi-Fi 802.11n fungerar lika snabbt som att använda TP-kabel. Wi-Fi 802.11n använder endast OFDM som en modulationsteknik. Wi-Fi 802.11n har en överföringshastighet som ligger mellan 54 Mbit/s och 600 Mbit/s [43].

#### **4.1.5 802.11ac**

Mellan 2011 och 2013 utvecklades den nya Wi-Fi standarden 802.11ac. Den nya standarden finns inte än på marknaden men det är planerat att den skall lanseras under 2015.

Wi-Fi 802.11ac använder 5 GHz bandet och har en teoretisk överföringshastighet på 1 Gbit/s [43, 44].

#### **4.1.6 802.11u**

Denna standard gör att mobiltelefonen kan utnyttja det trådlösa nätet (Wi-Fi) till att minska trafiken hos mobilnät operatörerna. Med Wi-Fi 802.11u får man en lista som innehåller namnen på de tillgängliga mobilnät operatörerna. Mobiltelefonen får denna information via protokollet ANQP som tillhandhålls av Wi-Fi 802.11u [23, 31, 32, 45].

#### **4.1.7 Wi-Fi Certified Passpoint**

En teknik som tillåter att mobila enheter kan göra automatisk inloggning i det trådlösa nätet Wi-Fi. Tekniken lanserades 2012 och är utvecklad av Wi-Fi Alliansen. Passpoint använder EAP och WPA2-Enterprise protokollet för datakryptering [9].

### ***4.2 Automatisering av inloggningen via Passpoint***

Idag konfigurerar man sin mobiltelefon manuellt för att välja vilket trådlöst nät man vill ansluta sin mobil till. Men med Wi-Fi Passpoint kommer mobiltelefonen att ansluta sig automatiskt till nätet. Med Wi-Fi Passpoint kommer man att kunna logga in automatiskt i nät som man aldrig har loggat in i förut. 802.11u ansluter SIM-kortet till Wi-Fi nätet.

Mobiltelefonen som ska anslutas till nätet identifieras via sitt SIM-kort. SIM-kortet legitimerar mobiltelefonen i nätet. Fördelen med Wi-Fi 802.11u är att energiförbrukningen minskar eftersom Wi-Fi protokollen automatiserar kommunikationen mellan användarna och basstationerna. Dessutom behövs det inte längre att skannas efter radiofrekvenser vilket förbrukade mycket energi [31].

*“Wi-Fi hotspot access for in-network APs no longer requires an active selection or input from the subscriber. Passpoint uses a consistent interface and automated association process. Devices can be automatically granted access to the network based on multiple credential types. Passpoint supports Subscriber Identity Module (SIM)–based authentication, widely used in cellular networks today, as well as*

*username/password combinations and certificate credentials. No end-user intervention is required in order to establish a connection to a trusted network.”*

[30]

## **4.3 Basbyteprocess i mobilnätssystemet**

### **4.3.1 Hard handover**

I hard handover tilldelas samtalet ett nytt frekvensband istället för det gamla frekvensbandet som togs bort. Hard handover sker i nät som använder multiplexeringstekniker såsom FDMA och TDMA.

Det finns både fördelar och nackdelar med hard handover tekniken. Fördelen med den är att endast en radiokanal kan sättas i drift i cellen. En annan fördel är att det blir mycket mindre belastning på mobilen då mobilen inte behöver hantera lika många radiokanaler samtidigt. Detta i sin tur kan medföra att kostnaden för tillverkningen inte blir särskilt dyr. Nackdelen med hard handover tekniken är att mobilsamtalet kan avslutas om processen inte sker vid helt rätt tillfälle [42].

### **4.3.2 Soft handover**

Förkommer i mobilsystem som använder CDMA. I soft handover är mobiltelefonen i kontakt med två celler vid samma tillfälle. Anslutningarna mellan mobilen och basstationerna använder samma frekvensband men de använder helt skilda koder. Mobilen skickar olika signaler men i slutändan kombinerar basstationerna de mottagna signalerna till en enda signal. Fördelen med soft handover är att det finns en mindre risk för att samtalet ska kortslutas medan nackdelen i tekniken är att mobiltelefonen hanterar olika koder från olika radiokanaler. En annan nackdel med denna teknik är att det kan bli mycket belastning på nätet på grund av att ett samtal utnyttjar många radiokanaler samtidigt [42].

### **4.3.3 Softer handover**

Brukar förkomma när mobiltelefonen försöker att etablera kontakt med två celler vid samma tillfälle [42].

#### **4.3.4 Intracell handover**

Interferensen på den kanal som mobiltelefonen använder medför att en ny kanal kommer att väljas istället [42].

#### **4.4 När sker basbyte?**

1. När en mobiltelefon förflyttar sig från ett område till ett annat.
2. När det är för mycket belastning på nätet.
3. För att förbättra kvaliteten på samtalet.
4. När det finns två mobiltelefoner som befinner sig inom samma cell och som använder samma radiokanal [42].

## **5 Celltyper i mobilnätssystemet**

I det mobila nätet förkommer det olika typer av celler såsom:

### **5.1 Femtocell**

En femtocell används i mindre områden som i ett hus eller en större byggnad. En femtobasstation liknar en hemrouter och är avsedd för att täcka mindre områden. Idag använder mobiloperatörerna mest femtobasstationerna för att kunna minska belastningen på deras GSM, 3G eller 4G-nät genom att placera en femtobasstation hos kunden och ansluta den till deras nät via en vanlig ADSL-kabel eller fiberkabel. Det är endast mobiltelefoner med abonnemang som kan etablera kontakt med basstationen. Femtobasstationer används sedan 2009, se figur 6 [5].

### **5.2 Picocell**

Används för att täcka små områden såsom i en liten byggnad. Picocell är avsedd för att förstärka mobilsignalen där det är dålig täckning eller i områden där det är många mobiltelefoner som används [5]. Man planerar att använda Picobasstationer i det framtida mobilnätet 5G. Picobasstationer sänder i mycket låg effekt, se figur 6 [32].

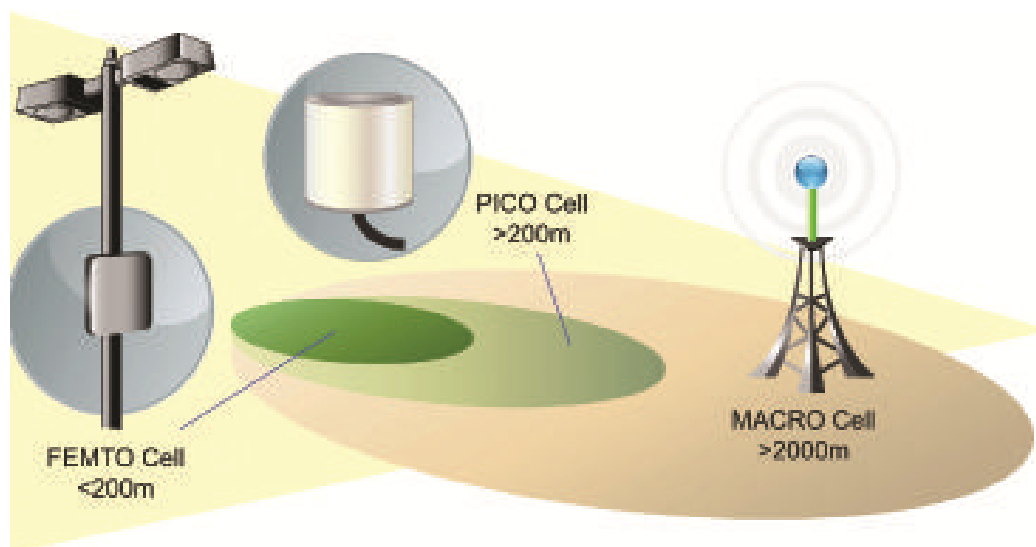
### 5.3 Microcell

Används där det är större folksamlingar såsom i flygplatser och i köpcentrum.

Mikrobasstationen har en räckvidd på max 2 km [20]. En mikrocell basstation har en sänder effekt på 1-2 W [2].

### 5.4 Macrocell

En makrobasstation har en sändeffekt på 10W och kan täcka större områden än mikrobasstationerna [2,47].



Figur 6. Cell typer [20].

## 6 Åtkomsttekniker i mobilnätssystem

Idag är antalet radiokanaler begränsade och därför krävs det olika tekniker som kan hantera tilldelningen av resurserna på rätt sätt. Som lösning på detta problem finns det idag olika åtkomsttekniker som kan bidra till att resurserna utnyttjas på ett bättre sätt, exempel på dess tekniker är: FDMA, TDMA, CDMA, OFDM och BDMA.

### 6.1 FDMA

Används i 2G systemet och står för Frequency Division Multiple Access. FDMA delar in ett tilldelat frekvensband i mindre kanaler så att den kan användas av flera enheter samtidigt [19].



## 6.2 TDMA

Står för Time Division Multiple Access och är en åtkomstteknik som används i GSM och 3G-nätet. TDMA delar in radiokanalen in i separata tidsluckor så att den kan förbrukas av många mobiltelefoner vid samma tillfälle. TDMA är en del av TDM där en enda mottagare är ansluten till flera sändare [4].

## 6.3 CDMA

Står för Code Division Multiple Access och är en digital åtkomstteknik som används i båda 2G och 3G näten. Kanalerna i CDMA används utan koppling till varandra både tids och frekvensmässigt. Kanalseparation i CDMA sker på två olika sätt, det första sättet är att använda frekvenshopp och det andra sättet sker genom multiplikation med en kod-sekvens [41].

## 6.4 OFDM

OFDM är en förkortning för Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Det är en digital åtkomstteknik som används i 4G-nätet och Wi-Fi men kommer också att användas i 5G-nätet i framtiden. OFDM delar upp radiokanalen i små mindre kanaler. De delade kanalerna har ett visst avstånd mellan varandra. OFDM överför datatrafiken på ett parallell sätt [48].

## 6.5 BDMA

Står för Beam Division Multiple Access. Är en åtkomstteknik som kommer att användas i det framtida 5G-nätet. I BDMA sker kommunikationen mellan basstationen och MS i LOS. Syftet med BDMA är att utöka kapaciteten i nätet [18].

# 7 Diskussion

Eftersom utvecklingen av tekniken går snabbt idag kommer vi att behöva allt bättre mobilnät i framtiden. Jag tror att utvecklingen av 5G-nätet kommer att utöka våra möjligheter inom telekommunikation och medföra en stor nytta för oss i framtiden. Enligt statistiken från Cisco [7] är mobilnätstrafiken i stadig ökning vilket innebär att om några år kommer vi inte kunna klara oss med de hastigheter som 3G och 4G mobilnäten erbjuder idag. Dessutom kommer det att finnas fler apparater som behöver att anslutas till internet i framtiden i våra

hem, i trafiken, inom vård, och inom industrin som behöver den stora hastigheten som 5G-nätet kommer att kunna erbjuda. Enligt min åsikt kommer säkert många att anse att abonnemangspriset är för dyrt och undra varför vi kommer att behöva den stora hastigheten som 5G-nätet kommer att erbjuda? Jag tycker tvärtom och anser att genom att vi börjar använda 5G-nätet kommer vi att spara mycket tid och pengar i framtiden. De nya nätet kommer att göra sakerna mycket enklare i våra liv, till exempel kommer vi inte att behöva att vänta länge på att ladda ner en lång film som det brukar göra med de mobilnätsteknologier som finns idag. Vi kommer även att kunna använda nätet på ett effektivare sätt. Kapaciteten kommer aldrig att påverkas av att det är flera personer som använder nätet samtidigt. En annan sak som jag verkligen tycker är bra med 5G-nätet är att man kommer att kunna ringa internationella samtal till en lägre kostnad än det kostar idag. Detta kommer att bli en stor fördel för många som ofta ringer utomlands. Även för stora företag och inom industrin som behöver spara energi så kan det vara en stor fördel för dem att börja använda 5G-nätet i framtiden. Det nya nätet har mycket korta svarstider och det är det som behövs för att industrin ska kunna spara energi. Med 5G-nätet kommer vi att kunna utnyttja resurserna på ett mycket bättre och effektivare sätt. En annan intressant aspekt enligt Sveriges Radio kan vara användningen av 5G-nätet i trafikövervakningen [12]. Jag tror att det kommer att kunna minska och hindra bilolyckorna i framtiden på ett kraftfullt sätt. Om det stämmer det källorna säger om att 5G-nätet kommer att användas genom medicinska tillämpningar så kommer det också att bli intressant att se hur det kommer det att förbättra sjukvårdssystemet i framtiden. Sammanfattningsvis var det mycket svårt att få tag på information om 5G-nätet eftersom tekniken ej ännu är i bruk. Källorna som användes gav ibland motstridiga uppgifter och det var svårt att avgöra vad som var rätt information. Den mesta informationen är också sekretessbelagd t.ex. krypteringsalgoritmer och därför var det omöjligt att få tag på dem.

## **7.1 Slutsats**

5G-nätet kommer att bli en helt ny upplevelse för oss i framtiden. Ungefär vart tionde år sker en ny utvecklingsfas av mobilnätsteknologin vilket har skett sedan den första generationen av telekommunikationssystemen sattes i drift i början av 80 talet. 5G-nätet kommer att medföra att alla begränsningar som finns i dagens telekommunikationssystem kommer att utplånas. 5G-nätet kommer att användas i all framtida teknik. 5G-nätet kommer att ändra vårt sätt att använda internet i framtiden.

## Referenslista

1. Bleicher, Ariel (2013) The 5G Phone Future. *IEEE Spectrum*, juli 2013, pp 11-12.  
<http://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/millimeter-waves-may-be-the-future-of-5g-phones>
2. Base stations (2014-05-02) Topics. Public Health England. I *HPA*.  
<http://www.hpa.org.uk/Topics/Radiation/UnderstandingRadiation/UnderstandingRadiationTopics/ElectromagneticFields/RadioWaves/BaseStations/>
3. Channel EYE (2014-05-02) Mobile data traffic to increase 1,000 times beyond 2020.  
<http://channeleye.co.uk/mobile-data-traffic-to-increase-1000-times-beyond-2020/>
4. Computer Kunskap (2013-11-23) Skillnaden i TDM och TDMA.  
<http://dator.wingwit.com/Natverk/local-networks/71348.html>
5. Computer Sweden (2014-05-08) språkwebb: femtobasstation.  
<http://cstjanster.idg.se/sprakwebben/ord.asp?ord=femtobasstation>
6. Computer Sweden (2014-05-06) språkwebb: mjukvarudefinierat nätverk.  
<http://cstjanster.idg.se/sprakwebben/ord.asp?ord=mjukvarudefinierat%20n%E4tverk>
7. Cisco Systems, Inc (2014) Cisco's Technology News Site Cisco. Visual Networking Index Forecast Projects Nearly 11-Fold Increase in Global Mobile Data Traffic from 2013 to 2018. I *The Network*.  
[http://newsroom.cisco.com/release/1340551/Cisco-Visual-Networking-Index-Forecast-Projects-Nearly-11-Fold-Increase-in-Global-Mobile-Data-Traffic-from-2013-to-2018?utm\\_medium=rss](http://newsroom.cisco.com/release/1340551/Cisco-Visual-Networking-Index-Forecast-Projects-Nearly-11-Fold-Increase-in-Global-Mobile-Data-Traffic-from-2013-to-2018?utm_medium=rss)  
(Hämtad 2014-04-18).
8. Cisco Systems, Inc (2014-05-02) Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013–2018. I *Visual Networking Index (VNI)*.  
[http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white\\_paper\\_c11-520862.html](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html)
9. Definition of: Wi-Fi Passpoint (2014-05-03) Encyclopedia. I *PC Magazine*.  
<http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/65778/wi-fi-passpoint>
10. Deans, David H (2014-05-07) Why Voice over LTE Users will Reach Over 800 Million by 2018. I *Transmedia Newswire*.  
<http://geobrava.wordpress.com/2013/12/24/why-voice-over-lte-users-will-reach-over-800-million-by-2018/>
11. Ericsson (2014-05-13) 5G radio access-research and vision. White paper:

[http://www.ericsson.com/news/130625-5g-radio-access-research-and-vision\\_244129228\\_c](http://www.ericsson.com/news/130625-5g-radio-access-research-and-vision_244129228_c)

12. Gustafsson, Per (2014-04-01) Mobilnätens basstationer flyttar inomhus med 5G. Vetandets värld. I *Sveriges Radio*.  
<https://sverigesradio.se/sida/avsnitt/184367?programid=412>
13. Henricsson, Per (2014-05-08) Tekniken bakom 5G. I *Elektroniktidningen*.  
[http://www.etn.se/index.php?option=com\\_content&view=article&id=58765](http://www.etn.se/index.php?option=com_content&view=article&id=58765)
14. Huawei Technologies Co. Ltd. (2014-04-15) 5G: A Technology Vision. I *Huawei*.
15. Kumar, P., Sharma, J. K., Singh, M (2013-11-20) 5G Technology of Mobile Communication. I *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, ISSN-2277-1956*.  
<http://www.ijecse.org/wp-content/uploads/2012/06/Volume-2Number-4PP-1265-1275.pdf>
16. Landmark, Urban och Tufvesson, Fredrik och Zander, Jens (2014-01-23) 5G-framtidens mobilnät. I *INDUO AB*.  
<http://www.induowireless.com/art/5g-framtidens-mobilnat/>
17. M2MGuiden.se (2014-05-09) Hastigheter & svarstider i mobilnäten.  
<http://www.m2mguiden.se/kommunikation/hastigheter-svarstider-i-mobilnaten/>
18. Patel, S., Chauhan, M., Kapadyiya, K. (2012) 5G: Future Mobile Technology-vision 2020. *International Journal of Computer Application (0975-8887)*, Volume 54-No.17.  
(Hämtad 2014-05-03).
19. Pandey, S., Kumar, M., Panwar, A., Singh, I. (2013) A Survey: Wireless Mobile Technology Generations with 5G. I *international Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, ISSN: 2278-0181, Vol.2 Issue 4, April 2013, 33-37
20. Peric, Sinisa (2014-05-03) Challenges with Microcell Deployment & Configuration. I *Wireless Design & Development*.  
<http://www.wirelessdesignmag.com/articles/2013/04/challenges-microcell-deployment-configuration>
21. Ryberg, Jonas (2014-05-09) Du ska hjälpa till att bygga 5g-näten. I *Computer Sweden*.  
<http://computersweden.idg.se/2.2683/1.550460/du-ska-hjalpa-till-att-bygga-5g-naten>
22. Samsung Electronics (2014-05-01) Official Blog: *Samsung Tomorrow Samsung Announces World's First 5G mmWave Mobile Technology*.

<http://global.samsungtomorrow.com/?p=24093>

23. Seijmer, Ulf (2014) Hur hanterar vi kapacitetsbehovet? Artikel om 5G del 2. I *Induo AB*.  
[http://www.mynewsdesk.com/se/induo-ab/blog\\_posts/hur-hanterar-vi-kapacitetsbehovet-5g-del-2-artikel-foer-elektroniktidningen-11842](http://www.mynewsdesk.com/se/induo-ab/blog_posts/hur-hanterar-vi-kapacitetsbehovet-5g-del-2-artikel-foer-elektroniktidningen-11842)  
(Hämtad 2014-04-16).
24. Seijmer, Ulf (2014) Kommer vi någonsin att få se 5G? I *Induo AB*  
[http://www.mynewsdesk.com/se/induo-ab/blog\\_posts/kommer-vi-naagonsin-att-faa-se-5g-artikel-foer-elektroniktidningen-11840](http://www.mynewsdesk.com/se/induo-ab/blog_posts/kommer-vi-naagonsin-att-faa-se-5g-artikel-foer-elektroniktidningen-11840)  
(Hämtad 2014-04-22).
25. Seijmer,Ulf (2013-02-05) 5G tar form. I *Skef News nummer 4*.  
[http://www.skef.se/skefnews-incl/pdf/news\\_4\\_12.pdf](http://www.skef.se/skefnews-incl/pdf/news_4_12.pdf)
26. Seijmer, Ulf (2014-05-08) 5G tar form. I *Induo AB*.  
[http://www.mynewsdesk.com/se/induo-ab/blog\\_posts/5g-tar-form-16016](http://www.mynewsdesk.com/se/induo-ab/blog_posts/5g-tar-form-16016)
27. Telia (2014) HD Voice ger dig bättre ljud i mobilen! I *Smartare Vardag*.  
<http://blogg.telia.se/smartarevardag/2014/03/25/hd-voice-ger-dig-battre-ljud-i-mobilen/>  
(Hämtad 2014-04-22).
28. Telia (2014 -05-09) Nu kan du prata i HD-kvalité HD- voice.  
<http://www.telia.se/foretag/telefoni/mobil-telefoni/hd-voice>
29. Tele2 (2014-05-01) 4G-täckning för iPhone 5 och övriga mobiler/mobilt bredband.  
<https://www.tele2.se/kundservice/drift-och-tackning/4G-natet.aspx>
30. Tofel, Kevin C. (2014-05-03) Apple iOS 7 supports Wi-Fi Hotspot 2.0 for next-gen network roaming. I *GIGAOM* .  
<http://gigaom.com/2013/06/11/apple-ios-7-supports-wi-fi-hotspot-2-0-for-next-gen-network-roaming/>
31. Tångring, Jan (2014-05-02) Så ska Wifi rädda mobilnäten. I *Elektronik tidningen*.  
[http://www.etn.se/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55857](http://www.etn.se/index.php?option=com_content&view=article&id=55857)
32. Tångring, Jan (2012-03-20) Wifi ska rädda mobil operatörerna. I *Elektronik tidningen*.  
<http://etn.se/images/pdf/2012-3-Low.pdf>
33. Ulfvarson, Malin (2014-05-08) Basstationer för 5G - snart i hemmet och på hjul? I *webbsida Chalmers tekniska högskola*.

[http://www.chalmers.se/sv/institutioner/s2/nyheter/Sidor/Basstationer-f%C3%B6r-5G\\_131017.aspx](http://www.chalmers.se/sv/institutioner/s2/nyheter/Sidor/Basstationer-f%C3%B6r-5G_131017.aspx)

34. Veckans Affärer (2014-04-19) Sydkorea tar täten med blixtsnabbt 5G.  
<http://www.va.se/nyheter/sydkorea-satsar-pa-blixtsnabbt-tradlost-5g-599997>
35. Wikipedia (2014-05-02) 1G.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/1G>
36. Wikipedia (2014 -04-27) 2G.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/2G>
37. Wikipedia (2014-04-24) 3G.  
<https://sv.wikipedia.org/wiki/3G>
38. Wikipedia (2014-03-31) 4G.  
<https://sv.wikipedia.org/wiki/4G>
39. Wikipedia (2014-04-17) 5G.  
<https://sv.wikipedia.org/wiki/5G>
40. Wikipedia (2014-05-08) 5G.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/5G>
41. Wikipedia (2014-04-17) CDMA.  
<https://sv.wikipedia.org/wiki/CDMA>
42. Wikipedia (2014-03-31) Handover.  
<https://sv.wikipedia.org/wiki/Handover>
43. Wikipedia (2014-04-28). IEEE 802.11.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/802.11>
44. Wikipedia (2014-05-07) IEEE 802.11ac.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11ac](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ac)
45. Wikipedia (2014-05-07) IEEE 802.11u.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11u](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11u)
46. Wikipedia (2014-05-13) Li-Fi.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Li-Fi>
47. Wikipedia (2014-03-31) Macrocell.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Macrocell>

48. Wikipedia (2014-04-21) Orthogonal frequency-division multiple access.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal\\_frequency-division\\_multiple\\_access](https://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiple_access)
49. Wikipedia (2014-05-12) Network Functions Virtualization.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Network\\_Functions\\_Virtualization](https://en.wikipedia.org/wiki/Network_Functions_Virtualization)
50. Wikipedia (2014) Software-defined radio.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined\\_radio](https://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_radio)  
(Hämtad 2014-04-18).
51. Wilde, Johanna (2014-05-01) Basstationer – snart i hemmet och på hjul?  
Pressrelease från *Chalmers tekniska högskola*.  
<http://www.mynewsdesk.com/se/chalmers/pressreleases/basstationer-snart-i-hemmet-och-paa-hjul-917337>