

Åbo Akademi

Institution för informationsteknologi

Datateknik

2013

Effektstyrning inom tredje generationen

Joni Kiikola, 35044

Handledare: Hannu Toivonen

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	2
2. FRÅN 1G TILL 4G	3
2.1 Första generationen (1G)	3
2.2 Andra generationen (2G)	4
2.3 Tredje generationen (3G)	5
2.4 Fjärde generationen (4G)	6
3. EFFEKTSTYRNING	7
3.1 Problem som har lösts med effektstyrning	7
3.1.1 Near-far-problemet	8
3.1.2 Reflekterande signaler och tidsfördröjning	9
3.2 Effektstyrning i öppen krets	9
3.3 Effektstyrning i slutna krets	10
3.3.1 Effektstyrning i en inre krets	12
3.3.2 Effektstyrning i en yttre krets	13
3.4 Diversitet och effektstyrning	15
3.5 Cellandning	16
4. CELLBYTE	16
4.1 Mjukt cellbyte	17
4.2 Mjukare cellbyte	17
4.3 Hårt cellbyte	18
4.4 Effektstyrning vid ett mjukt cellbyte	18
5. SAMMANFATTNING	20
REFERENSER	21

1. Inledning

I detta arbete kommer jag att behandla effektstyrning av basstationer och mobiltelefoner. Många använder telefoner dagligen men vet ändå inte hur mobiltelefonisystemen riktigt fungerar. Därför förklaras det först kortfattat hur de mobila systemen har kommit till den punkt som de är idag. Dessutom klargörs det tydligt hur ett vanligt samtal tekniskt sett brukar fungera.

Effektstyrning är en av de viktigaste aspekterna inom mobiltelefoni. Jag kommer inte bara att berätta allmänt om effektstyrning, utan försöker också se på den ur en reglerteknisk synvinkel. Jag kommer att jämföra olika algoritmer och metoder för att reglera effekten till den rätta nivån och även ge vardagliga exempel för att förklara noggrannare. Vissa metoder fungerar bättre än andra och därför används olika metoder för olika uppgifter. Allt är förstås inte så enkelt, utan det finns naturligtvis problem förknippade med effektregleringen.

Efter att effektstyrningen har behandlats diskuterar jag några exempel på problem inom ämnet. Dessa exempel är sådana problem som orsakar onödiga bekymmer för användare och som lätt kunde förhindras med de rätta lösningar. Alla som använder telefoner vet att fel uppstår relativt ofta. En av de egenskaper som påverkar kvaliteten mest är ett cellbyte.¹ Det vill säga när samtalet flyttar över till den cell som är närmast användaren, alltså när det sker en så kallad "handover", vilket också kommer att behandlas i detta arbete. Ett cellbyte innebär redan i sig svårigheter, men också problem förknippade med effektstyrningen vid ett cellbyte kommer att beskrivas.

Slutligen sammanfattas effektregleringens påverkan på mobiltelefoni och skillnaderna mellan olika teknologier och algoritmer.

2. Från 1G till 4G

Nätverksgenerationerna ger en bra överblick över utvecklingen av de mobila nätverken. Varje generation innefattar väldigt många olika teknologier och därför är det ibland svårt att definiera till vilken generation ett nätverk tillhör. Man använder olika typer av teknologier på olika ställen i världen, vissa effektivare än andra, därför måste man ibland omdefiniera definitionerna på olika generationer. De effektivare nätverken, som ändå hör till en viss generation, benämns därför t.ex. 2.5G och 3.5G.

2.1 Första generationen (1G)

Första generationen hänvisar till de analoga mobiltelefoniteknikerna. Tidigare fanns det olika analoga teknologier runt om i världen. Det som var den stora uppfinningen med första generationen, var att användaren kunde fritt röra på sig och samtalet flyttades från en basstation till en annan.

Ett av 1G-nätverken i världen var NMT (eng. Nordisk MobilTelefonisystem). Det var det första övernationella och standardiserade mobiltelefonsystemet i världen. NMT byggdes mellan 1969 och 1982 av de nordiska länderna Finland, Sverige, Norge och Danmark.² Nätverket öppnades 1981 i Sverige, Norge och Danmark och 1982 i Finland. Det nordiska mobiltelefonsystemet använde sig först av 450 MHz frekvens. Senare när kapaciteten höll på att ta slut i städerna, togs 900 MHz frekvens i bruk, som utvidgade nätverkets kapacitet. Lite innan NMT lanserades fanns det ett liknande nätverk i Japan som hette NTT (eng. Nippon Telegraph and Telephone), som först fungerade endast i Tokyo och i trakterna kring Tokyo och senare utvidgades till att omfatta hela Japan.

1G och i synnerhet NMT var en språngbräda till utvecklingen av de mobila nätverken. Genast efter att 1G togs i bruk började en studiegrupp, som kallades groupe spéciale mobile (GSM), utveckla ett gemensamt nätverk för hela Västeuropa.³

2.2 Andra generationen (2G)

GSM som fortsättningsvis används i stor utsträckning runt om i världen, representerar de så kallade andra generationens nätverk. Det var meningen att GSM skulle tas i bruk av tolv olika länder i Europa i juli 1991, men eftersom det var brist på GSM-telefoner sköts lanseringen upp. De två första länderna som öppnade GSM-nätverken, i december 1991, var Finland och Storbritannien. I slutet av 1992 användes GSM i åtta länder i Europa. Australien, Hong Kong och Nya Zeeland var de första områdena utanför Europa som öppnade de kommersiella GSM-nätverken.⁴

Den andra generationens nätverk koncentrerar sig främst på samtal, med andra ord att överföra ljud. 2G erbjöd även databaserade funktioner som inte hade använts i större utsträckning tidigare. GPRS (eng. General Packet Radio Service) som också kallas för 2.5G ger användaren, beroende på antalet samtal kopplade till cellen, hastigheter upp till ungefär 30 Kbps till 50 Kbps. En lika effektiv överföringsförmåga uppnår man med ett vanligt modem som är kopplat till en hemtelefon.⁵

Det som avgjorde GSM:s framgång var SMS, alltså textmeddelanden. Man kunde ta emot och skicka SMS från en telefon till en annan, när det tidigare endast hade varit möjligt att ta emot liknande meddelanden.⁴ Först var SMS begränsat till 160 tecken, fast vissa telefoner kunde slå ihop flera textmeddelanden på 160 teckens till ett SMS. När ett SMS sänds går meddelandet vidare till operatörens SMSC (eng. Short Message Service Center) där det väntar tills mottagaren är redo att ta emot meddelandet. I fall mottagaren har mobilen avstängd, vidarebefordras meddelandet när telefonen sätts på.³

Innan GSM-nätverket byggdes och lanserades var det väldigt svårt att komma överens om en gemensam internationell frekvens för det. Många länder hade planerat sina egna frekvenser redan tidigare eller så hade de viktiga militära kanaler på de frekvenser som andra länderna föreslog. Sist och slutligen blev det 900 MHz som valdes ut till GSM:s första frekvens år 1991. Senare under 1998 introducerades en annan frekvens, nämligen 1800 MHz.⁴

2.3 Tredje generationen (3G)

Det som idag börjar vara vardag i de utvecklade länderna är 3G, med andra ord tredje generationen. 3G bygger på andra generationens GPRS som vidareutvecklades till EDGE och därefter till 3G. Det finns olika teknologier för tredje generationens nätverk, men det finns kriterier definierade av ITU (eng. International Telecommunication Union) som de måste uppfylla⁶:

1. De måste stöda videosamtal och ha överföringshastigheter mellan 144 kbps och 2 Mbps beroende på vad telefonen används till.
2. De måste möjliggöra förflyttning mellan olika länder och mellan olika operatörers nätverk, samt utbyte av användnings- och faktureringsinformation mellan operatörerna.
3. De måste kunna uppge telefonens geografiska läge, samt erbjuda multimediatjänster.

I Europa använder man UMTS (eng. Universal Mobile Telecommunications System), som också hör till den tredje generationen. Det första UMTS-nätverket lanserades 2001. Det som var lätt med UMTS-byggandet var att man till relativt stor utsträckning kunde följa GSM-nätverkets funktioner och struktur. Man kunde använda samma nätverk. Det enda man behövde göra var att göra det lite snabbare med modernare teknik och installera nya basstationer vid sidan om GSM.⁷ Det var bättre att lämna GSM-basstationerna kvar än att helt och hållet byta ut dem. På det sättet kunde man försäkra sig om att den viktigaste funktionen, nämligen samtal, fungerar på det sättet som de ska.

UMTS och hela tredje generationen var först implementerad för användningen av 2100 MHz, eftersom GSM använde de lägre frekvenserna 900 MHz och 1800 MHz. Det var dock inte alltid bra att använda så höga frekvenser, eftersom de högre frekvenserna försämrar på nätverkets täckning. UMTS för 900 MHz var en lösning för dålig täckning på landsbygden. På grund av att man behövde färre basstationer, blev det billigare att bygga upp 900 MHz-nätverket och bjuda ut tjänster åt fler användare.⁸

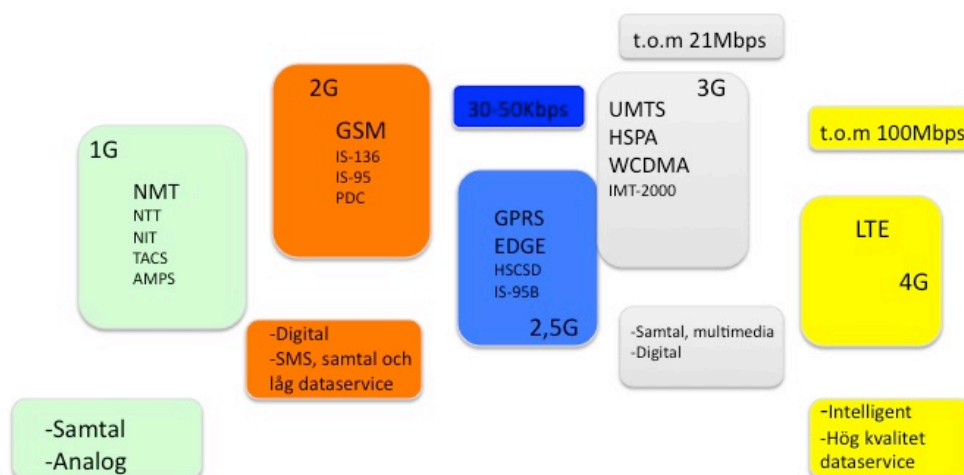
Senare utvecklades det nyare och effektivare lösningar, HSPA (High-Speed Packet Access) och Dual-Cell HSPA. Dessa teknologier gjorde det möjligt att få ännu snabbare överföringshastigheter. När ett vanligt UMTS-nätverk når ungefär hastigheten 2 Mbps, når HSPA ungefär 7Mbps hastighet och DC-HSDPA når till och med 21Mbps till 42Mbps hastighet.⁹ Man brukar kalla de här teknologierna för 3.5G, men DC-HSDPA definieras även ofta som 4G.

2.4 Fjärde generationen (4G)

Fjärde generationen ger användaren till och med 100 Mbps överföringshastighet. Den teknologi som oftast kallas för 4G heter LTE (eng. Long Term Evolution), som tack vare den mycket intelligenta teknologin har en väldigt enkel struktur.⁷ LTE borde också vara väldigt mobilt, och därför finns det mobilitetskrav för LTE-nätverken:

- Vid hastigheterna 0–15 km/h måste LTE fungera optimalt.
- Vid hastigheterna 15–120 km/h måste LTE garantera bra prestanda.
- Vid hastigheterna över 120 km/h måste anslutningen erhållas.¹⁰

Trots att 4G-teknologin redan är mycket långt utvecklad, har den ändå inte fått lika stark status som 3G. I Finland täcker till exempel 3G nästan hela landet, medan 4G är väldigt koncentrerat till de största städerna.¹¹



Figur 1. Nätverksteknologier från 1G till 4G.¹

3. Effektstyrning

Effektstyrning (eng. power control) är en viktig del av ett samtal och de mobila nätverken överhuvudtaget, utan effektstyrning skulle det ske mera fel i samtalen. Syftet med effektstyrning är att reglera effekten i en basstation och i användarens telefon. Mobilstationen och basstationen kan båda reglera sin egen sändningseffekt. Man kan jämföra effektstyrning i 3G med en fest där människor minglar med varandra. Om någon skriker högt på festen, stör han ju andras diskussioner. Samma princip kan man tillämpa i 3G celler, ju "saktare" samtal desto mera användare ryms det till en cell. Effekten kan också vara för låg, därför sänder basstationen konstant kommandon till telefonen om den ska förstärka eller försämra signalen. Till exempel i WCDMA, som hör till den tredje generationen, mäts signalen 1500 gånger per sekund den har alltså en 1,5 MHz frekvens.³

Effektstyrningen påverkar inte bara samtalet och dess kvalitet. Effektstyrning minimerar också elförbrukningen i en telefon, ju mindre effekt desto lägre elförbrukning. Regleringen sker åt båda håll, från telefonen till basstationen (upplänk) och från basstationen till telefonen (nedlänk). På grund av att en basstation mottar flera signaler och en mobiltelefon endast en, är effektstyrning väsentligare för en upplänk än för en nedlänk.

Effektstyrning delas ofta till två huvuddelar, öppen krets effektstyrning och sluten krets effektstyrning, båda metoderna behandlas senare i detta arbete.

3.1 Problem som har lösts med effektstyrning

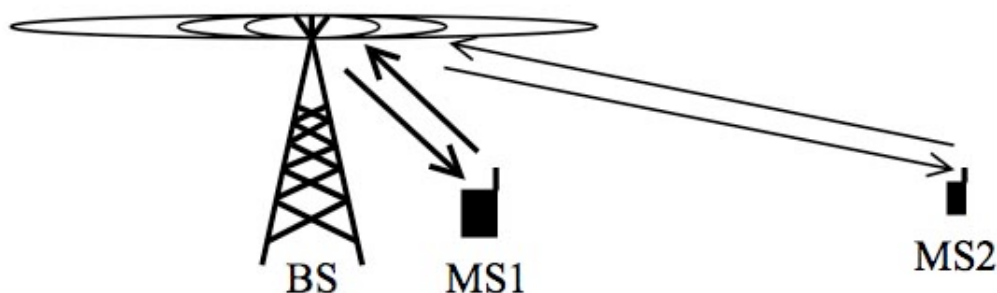
Det finns olika typer av problem förknippade med effekten hos en signal. Ett av de vanligaste problemen som kan lösas med effektstyrning är en så kallad nära-långt problem (eng. Near-far problem). Problemet uppstår när en telefon sänder med en för stark signal och därmed blockerar andra användare, i den cell som

den är kopplad till. En telefon som är längre borta från basstationen behöver en högre effekt än en telefon som är nära basstationen. En telefon kan dessutom flytta på sig under ett samtal, därför måste effekten styras konstant.

Fel härstammar också från signalerna som reflekterar från olika byggnader, fjäll eller andra stora formationer i trakten. Signalerna når inte basstationen samtidigt, eftersom de reflekterade signalerna måste gå en längre väg innan de kommer fram till basstationen. De reflekterade signalerna är förstås inte lika starka som den ursprungliga signalen, men störningar uppstår ändå. Med hjälp av effektstyrning kan man förhindra och till och med bli av med de här problemen.

3.1.1 Near-far-problemet

Near-far-problemet är ett vanligt problem inom mobiltelefoni. Som redan tidigare nämnts, orsakas problemet av en telefon som möjligtvis är nära basstationen och sänder med hög effekt. Syftet med effektstyrningen är att jämna ut effekter av varje telefon kopplad till en cell eller en basstation. Ifall effekten inte regleras kan en telefon överskugga signalen från en annan telefon. Med hjälp av effektstyrning kan man dra full nytta av en basstation; när alla använder så liten effekt som möjligt maximeras basstationens kapacitet.⁶



Figur 2. Illustrering av near-far-problemet. MS1 har så hög effekt att den blockerar MS2 från cellen.¹⁵

3.1.2 Reflekterande signaler och tidsfördröjning

Signalerna som sänds från en basstation till en mobiltelefon eller tvärtom kan påverkas av olika störningar. Ett vanligt problem är att signalen reflekterar från olika föremål och basstationen mottar signaler med olika effekt olika tid, vilket kallas flervägsutbredning. Signalerna kan också ta ut varandra om de råkar nå basstationen vid en olämplig tidpunkt, vilket är känt som Rayleigh-blekning (eng. Rayleigh fading). Det här fenomenet sker mest på ställen där landskapet är varierande och reflektioner sker ofta.¹²

Effekten hos en signal minskar när avståndet från sändaren till mottagaren är långt. Ifall signalen möter hinder på vägen minskar effekten ännu mera. Det här kan korrigeras med hjälp av reglering i sluten krets som behandlas senare.

I mobiltelefoni kan basstationer använda flera antenner, vilket kallas diversitet, som också är till stor nytta när man mottar signaler. Signalerna kommer fram både säkrare och starkare och variationen i varken effekt eller tid blir stor.¹³

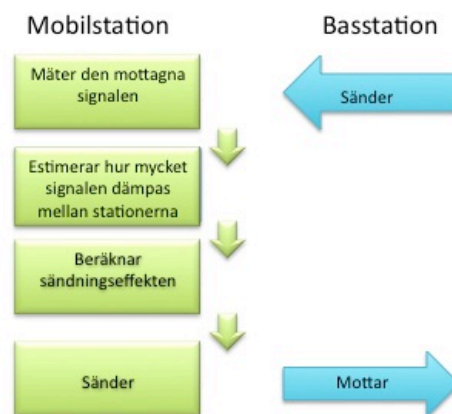
3.2 Effektstyrning i öppen krets

UMTS-nätverket använder två olika basteknologier FDD (eng. Frequency Division Duplex) och TDD (eng. Time Division Duplex). De här teknologierna skiljer sig från varandra i upplänk och nedlänk. I FDD finns det reserverat olika frekvenser för båda länkarna, medan de i TDD använder samma frekvenser.¹³ De reserverade frekvenserna i FDD är 1920–1980 MHz för upplänk och 2110–2170 MHz för nedlänk. I TDD delar man samma frekvens mellan nedlänk och upplänk i tid, vilket betyder att deltagare i samtalet inte kan prata samtidigt. Tiden som man måste vänta är obetydlig, men man föredrar ändå FDD som har olika frekvenser för upplänk och nedlänk som går att använda samtidigt.

FDD används mera än TDD, eftersom det har visat sig att den fungerar bättre.³ På grund av att upplänken och nedlänken har olika frekvenser, fungerar effektstyrning i öppen krets tyvärr inte lika bra i FDD som i TDD. Det går inte att styra upplänkeffekten med hjälp av nedlänkmätningarna. Därför används

effektstyrning i öppen krets i FDD egentligen endast för att bestämma initialeffekten.

I TDD fungerar effektstyrning i öppen krets betydligt bättre. Både upplänk och nedlänk använder samma frekvens, vilket betyder att de sänder med samma effekt. Telefonen mäter den mottagna signalen konstant med hjälp av en AGC-krets (eng. Automatic Gain Control) och därefter styrs upplänk- och nedlänk-signalerna enligt mätningarna.¹³



Figur 2. Effektstyrning i öppen krets.

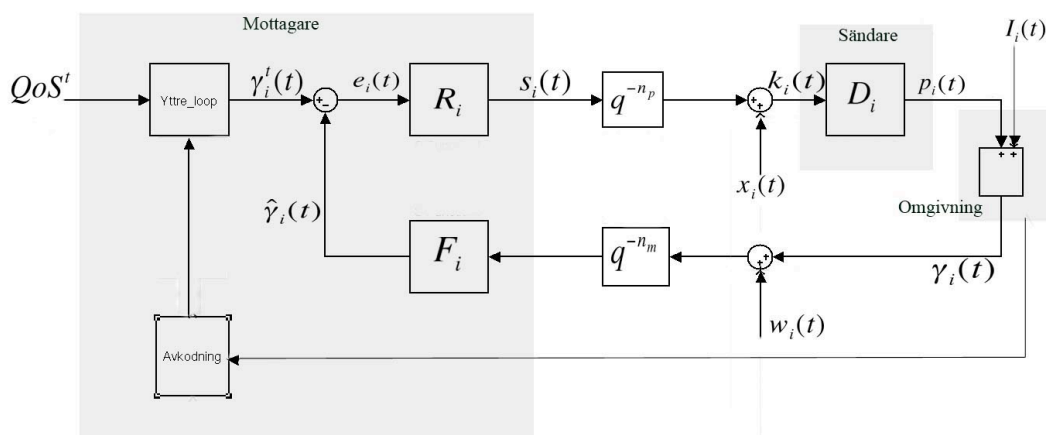
3.3 Effektstyrning i slutna krets

Effektstyrningen kan göras effektivare genom att återkoppla systemet. För att få veta om signalen är tillräckligt stark, byter basstationen och telefonen i effektstyrning i slutna krets information med varandra. Effektregleringen sker 1500 gånger per sekund alltså med en 1,5 kHz frekvens, vilket ger denna algoritm en bra effektstyrnings förmåga.¹³

Effektstyrning i slutna krets mäter basstationen signaler från mobilstationer. Den kalkylerar ett SIR-värde (eng. Signal to Interference Ratio), som beskriver förhållandet mellan signalen och störningarna. Man har ett börvärde som jämförs med SIR-värdet och om värdet inte motsvarar börvärdet skickar basstationen ett kommando till telefonen att öka eller minska effekten. Både för låg och för hög effekt orsakar problem. Har man för låg effekt har samtalet dålig

kvalitet och har man för hög effekt, stör man möjligen andra användare och åtminstone slits batteriet mera.¹⁵ Både en minskning och ökning av effekten sker vanligtvis i bestämda steg, i steg av storlek 1 dB eller 2 dB¹⁴, antingen upp- eller neråt. Om de färdigt bestämda stegen är stora och SIR-värdet är nära börvärdet, kan basstationen till exempel i WCDMA sända ett kommando till telefonen som säger "ändra inte". Då håller telefonen effekten på samma nivå och väntar på nästa iteration.¹⁵

Reglering i slutet krets när det gäller 3G delas i två delar, vilka kallas inre krets och yttre krets. Principen är att mottagaren, med andra ord basstationen, mäter och jämför mätningarna med de bestämda värden som den får från RNC (eng. Radio Network Controller). RNC ligger högre upp i nätverksarkitekturen och handhar flera basstationer. Regulatorn R_i i basstationen transformerar felet enligt mätningarna till effektstyrningskommandon som sänds till mobilstationen.¹⁶



Figur 4. Två delar av reglering i slutet krets, den inre kretsen och den yttre kretsen. I figuren syns allt som påverkar systemet.¹⁶

3.3.1 Effektstyrning i en inre krets

Den inre kretsen tar hand om själva effektstyrningen mellan telefonen och basstationen, den handhar mätningarna och kommandon. Figur 4 klargör tydligt hur algoritmen fungerar. Man kan tänka sig att effektstyrningen börjar när basstationen för första gången mottar signalen från telefonen. QoS' , det vill säga kvalitet av service (eng. Quality of Service), definierar inom vilka gränser signalstyrkan måste vara. Basstationen använder dessa gränser i effektstyrningen.

Basstationen jämför värdet $\hat{\gamma}_i(t)$ med börvärdet $\gamma_i'(t)$ och sänder värdet $e_i(t)$ till regulatorn, som bestämmer om värdet är tillräckligt nära noll eller inte.

$$\gamma_i'(t) - \hat{\gamma}_i(t) = e_i(t)$$

Regulatorn R_i 1-bitkvantiserar signalen $e_i(t)$, vilket betyder att den sänder vidare endast en bit, 1 eller 0.

$$f(e_i(t)) = \text{sign}(e_i(t))$$

$$s_i(t) = \text{sign}(e_i(t))$$

Den första ekvationen beskriver 1-bitkvantisering, och i den andra ekvationen får $s_i(t)$ det 1-bitkvantiserade värdet av $e_i(t)$. I bestämdstegsystemen är det nyttigt att $e_i(t)$ 1-bitkvantiseras, eftersom det finns bara två möjligheter att sänka eller att höja effekten. Beroende på om mobilstationen mottar 1 eller 0 vet den att åt vilket håll effekten måste regleras.¹⁶ 0 betyder att man ska höja effekten och 1 säger däremot att effekten måste sänkas.¹³ Effektstyrningskommandot $s_i(t)$ kan påverkas av störningar i $x_i(t)$ och möjligen ha en effektuppdateringsfördröjning n_p .

Signalen som når telefonen beskrivs nedan.

$$k_i(t) = s_i(t) + x_i(t)$$

Telefonen avkodar signalen $k_i(t)$ och tolkar om effekten måste höjas eller sänkas. Signalen $p_i(t)$ från telefonen påverkas av $I_i(t)$, eftersom omgivningen har störningar. Signalen $\gamma_i(t)$ som resulteras av signalen från basstationen och omgivningens störningar sänds tillbaka till basstationen.

$$\gamma_i(t) = p_i(t) + I_i(t)$$

$\gamma_i(t)$ kan också påverkas av störningar i $w_i(t)$ och ha en mättningsfördröjning $n_m(t)$. F_i är ett filter som vid behov filtrerar signalen för basstationen. Basstationen når den filtrerade signalen $\hat{\gamma}_i(t)$.

$$\hat{\gamma}_i(t) = \gamma_i(t) + w_i(t)$$

Därefter börjar kretsen från början igen.¹⁶ Det finns två olika sätt att höja eller att sänka effekten. UMTS-luftgränssnittet är delat i ramar som har 10 millisekunders längd och är delade i 15 intervaller. I det första alternativet styrs effekten i varje ram. Storleken på effektsteget bestäms enligt användarens hastighet. Ifall den har hastigheten under 30 km/h styrs effekten med 1 dB och om hastigheten är mellan 30 km/h och 80 km/h är steget 2 dB. Man använder det andra alternativet om hastigheten är över 80 km/h. I stället för att styra effekten i varje ram styr man endast i var femte ram, och storleken på steget är under 1 dB.¹³

3.3.2 Effektstyrning i en yttre krets

Effektstyrning i en yttre krets tar hand om börvärden och ger information till basstationer. RNC bjuder basstationen olika typer av börvärden, vilka alla jämförs med värden uppmätta av basstationen. Vissa börvärden, till exempel SIR,

bestäms skilt för varje apparat, eftersom de alla finns i olika omgivningar och kan röra sig med olika hastigheter.

De andra värden som basstationen jämför med hjälp av RNC:s börvärden är BER (eng. Bit Error Rate) bitfelförhållandet och BLER (eng. Block error rate) blockfelförhållandet. Både BER och BLER mäter egentligen samma faktor, förhållandet mellan felaktig och korrekt signal, men eftersom bitar är mindre än block får man noggrannare information med BER än med BLER. Algoritmer presenteras i följande pseudokod.¹⁷

IF CRC är OK

Steg_ner = BLER_mål *Steg_storlek;

$E_b/N_0_mål(n+1) = E_b/N_0_mål(n) - Steg_ner;$

ELSE

Steg_upp = Steg_storlek - BLER_mål *Steg_storlek;

$E_b/N_0_mål(n+1) = E_b/N_0_mål(n) + Steg_upp;$

END

- Där $E_b/N_0_mål$ (energi per bit i förhållandet med störningar) beskriver SIR-värdet.
- Där BLER_mål beskriver genomsnittliga blockfelförhållandet.
- Där Steg_storlek beskriver stegstorleken antingen upp eller ner åt.

CRC (eng. Cyclic Redundancy Check) är ett sätt att beräkna fel i data. Om det beräknade CRC-värdet är bättre än börvärdet sänks SIR och i fall CRC är sämre än börvärdet höjs SIR. På grund av ändringen i $E_b/N_0_mål$, fås det nya SIR-värdet för tidpunkten (n+1) enligt formlerna ovan. Frekvensen för den yttre kretsen är 10–100 Hz.

När telefonen är på täckningsområdets yttre kanter är det möjligt att den sänder med en maximal effekt, men SIR-värdet är ändå inte tillräckligt nära börvärdet. Då låter yttre kretsen SIR vara större än vanligt. Det går inte att höja effekten fast basstationen ger kommandon, eftersom telefonen sänder redan med maximal effekt. När mobilstationen flyttar sig närmare basstationen är det möjligt att

samtalet har tillfälligt för hög kvalitet, innan yttre kretsen minskar på E_b/N_0 -mål-värdet.¹⁷

Effektstyrning i yttre krets kan styra effekten också på nedlänk. Själva mätningen och styrningen sker i telefonen, men också nätverket har en möjlighet att påverka effekten. Nätverket skapar ett börvärde för nedlänkkopplingen, som enligt mätningarna styrs under samtalet. Basstationen måste inte lyda telefonens kommandon, eftersom också nätverket kan styra effekten snabbt med frekvensen 1,5 kHz. Man har nytta av nätverkets effektstyrning speciellt när det är rusning i nedlänk och man vill prioritera vissa kopplingar över andra.¹³

3.4 Diversitet och effektstyrning

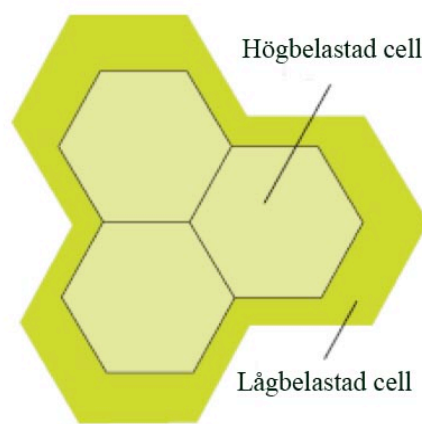
Ett sätt göra överföringen säkrare och få mindre störningar är att använda diversitet. En basstation som använder diversitet har flera antenner som sänder samma data, också mottagaren kan ha flera antenner som den använder i mottagningen. Signalen sänds längs med olika rutter, men slås ihop i mottagaren.

Med hjälp av diversitet förhindrar man Rayleighs-blekning och blekningar över huvud taget. Man kan också förebygga reflektioner och tidsfördröjningar. Effekten blir starkare när man kombinerar två olika signaler, om den ena är svagare än den andra kompenserar de varandra. Med andra ord hålls effektnivån relativt konstant.¹³

Diversitet kan uppnås med olika metoder. Till exempel genom att använda "multicarrier"-teknik där en cell har flera frekvenser som den använder, eller genom att använda en RAKE-receiver. Det enklaste sättet är att ha flera antenner i antingen sändaren eller mottagaren, eller i både sändaren och mottagaren. Ifall man har flera antenner i båda, är det frågan om ett MIMO-system (eng. Multiple in Multiple Out).¹⁸

3.5 Cellandning

Cellandning (eng. Cell breathing) sker när man försöker minimera effekten med hjälp av effektstyrning. Det betyder att ju mera användare det finns i en cell, desto mindre täckningsområde har cellen. I effektstyrning minimerar man effekten på upplänk, vilket tillåter mera användare till cellen. Som nackdel ryms det mera användare till cellen och täckningsområdet blir mindre. Fenomenet klargörs i figuren nedan.⁶



Figur 5. Cellandning i högbelastade och lågbelastade celler.⁶

4. Cellbyte

Alla basstationer och celler har ett täckningsområde där de kan betjäna användaren. När mobilstationen förflyttar sig under samtalet, till exempel när man kör bil, går eller cyklar, måste man byta basstation under samtalet utan att användaren märker något. I de äldre analoga nätverken hörde man ett litet ljud när cellen eller basstationen byttes, men i de nya digitala nätverken fungerar cellbytet väldigt smidigt och användaren märker inte något. Nätverket vet vilka celler och basstationer en basstation har som "grannar", till vilka alla celler och basstationer man kan göra ett cellbyte. Tidigare var det nätverket som befallde

telefonen att byta cell. Nuförtiden är det själva telefonen som mäter signalstyrkorna till närliggande celler och sedan bestämmer nätverket till vilken cell samtalet kopplas. När en ny basstation byggs måste man definiera grannar till varje cell, annars bryts samtalet när man gör ett cellbyte till den cell som inte är definierad.³

Cellbyte är delat i tre olika typer; mjukcellbyte, mjukare cellbyte och hårdcellbyte.¹³

4.1 Mjukt cellbyte

I ett mjukt cellbyte förflyttas kopplingen till en ny cell och en ny basstation, utan att samtalet avbryts. Cellbytet händer inom samma nätverk, till exempel från UMTS till UMTS. Man använder samma frekvens för båda förbindelserna, och för att undvika near-far-problemet utjämnas effekter för båda förbindelserna.³ Telefonen är kopplad till båda nätverken samtidigt innan den första förbindelsen bortkopplas. Detta kallas "make-before-break" och med hjälp av det ser man till att samtalet inte går av.¹³ Det här är någonting som inte var möjligt tidigare i 2G, eftersom man då bröt den gamla förbindelsen innan den nya skapades. Det orsakade problem. Om man till exempel gick runt ett hörn och signalen blev i skuggan, var det möjligt att samtalet gick av. Detta kallas "hörneffekt".⁶

4.2 Mjukare cellbyte

I ett mjukare cellbyte byter man inte basstation utan cell inom samma basstation, som man redan är kopplad till. En basstation kan ha en till flera celler, vanligtvis högst sex celler, som alla kan ta emot samtal. Varje cell använder sig av olika specifikationssiffror som bekräftar till mobilstationen till vilken cell den är kopplad. I ett mjukare cellbyte byter man alltså endast cell inom en basstation, till exempel om den ena cellen är högbelastad och den andra cellen har mycket ledigt tillstånd. Telefonen kan, för en stund, vara samtidigt kopplad till två olika celler och sedan bestämma vilken cell som passar bättre. Mobilstationen mäter förbindelserna och väljer den som har bättre kvalitet.¹³

4.3 Hårt cellbyte

Alla nyare mobilstationer kan vara kopplade till två olika typer av nätverk, 2G och 3G, vissa splitternya telefoner och surfplattor kan till och med ha stöd för 4G. I de två tidigare beskrivna cellbytesfallen har man använt samma nätverk hela tiden under ett cellbyte. I ett hårt cellbyte byter man från ett nätverk till ett annat, vanligtvis från 2G till 3G eller tvärtom. När man flyttar sig längre bort från en stad under ett samtal, är det möjligt att det inte mera finns täckning för 3G. Då byter telefonen automatiskt till det sämre, men ofta bredare implementerade 2G-nätverk. Likaså när det finns 3G-nätverk tillgängligt byter mobilstationen automatisk till det snabbare nätverket, det vill säga 3G. En orsak att byta nätverk är belastning. Till exempel på sommarfestivaler blir det hög belastning på nätverken. Det är möjligt att antingen 2G eller 3G har mindre belastning, och då byter telefonen automatiskt till det nätverket som har mera kapacitet kvar.

Även ett byte av frekvens räknas som ett hårt cellbyte. Det finns två olika typer av UMTS-celler, 900 MHz och 2100 MHz, med lägre frekvens uppnår man högre täckning. Ifall mobilstationen mäter att den ena frekvensen fungerar bättre, byts samtalet till den. I hårda cellbyten bryter man alltid förbindelsen till den gamla cellen innan man har en koppling till den nya.

4.4 Effektstyrning vid ett mjukt cellbyte

I ett mjukt cellbyte är mobilstationen kopplad till flera celler samtidigt, och därför finns det en egen effektstyrningsalgoritm för ett mjukt cellbytet.

I upplänken för effektstyrning i slutna krets mottar en mobilstation effektstyrningskommandon från alla basstationer som den är kopplad till. Dessa basstationer kallas aktiva basstationer. Mobilstationen mottar alla effektstyrningskommandon och reglerar effekten enligt basstationernas mätningar. Om ens en av de aktiva basstationerna befäller telefonen att sänka

effekten, måste den sänkas. Höjningen av effekten sker däremot om alla aktiva basstationer vill att effekten ska höjas. Eftersom höjningen kräver kommandon från alla aktiva basstationer är det möjligt att mobilstationen, på grund av en dålig signal, inte når ett kommando och effekten hålls på samma nivå.

I nedlänken för effektstyrning i slutna krets mottar alla de aktiva basstationerna effektstyrningskommandon från mobilstationen. Effekterna i de aktiva basstationerna kan variera ifall en av basstationerna inte, på grund av en dålig signal, märker ett kommando från mobilstationen. Detta kan leda till near-far problemet och är inte önskvärt. Problemet undviks genom att alla de aktiva basstationerna, med jämna mellanrum, styr effekten enligt börvärdet från nätverket.¹⁵

5. Sammanfattning

En fungerande effektstyrning är en kombination av de olika effektstyrningsalgoritmerna. En algoritm kan spela en stor roll i vissa teknologier, medan den inte är lika viktig i en andra.

Effektstyrning är en central aspekt i UMTS-nätverken och i 3G-teknologin i allmänhet. Den är väsentligare för upplänken, men används också för nedlänken. Effektstyrning i både öppen och slutet krets påverkar nätverkets pålitlighet och prestanda. I FDD är slutet krets effektstyrning den viktigaste faktorn när däremot i TDD har man mest nytta av effektstyrning i öppen krets. Effektstyrning är en lösning på kapacitet brister i 3G-celler. Man får allt ur de basstationer som redan har implementerats och dessutom sparar man pengar. Effektstyrning är också nyttigt för användare eftersom mobilstationens batterier håller längre, ju mindre sändningseffekt, desto lägre elförbrukning. Effektstyrningen i en inre krets tillsammans med effektstyrning i en yttre krets genomför den mest använda effektstyrningsalgoritmen för 3G. Algoritmen löser effektivt till exempel problem, som stammar från reflekterande signaler eller fördröjningar. Near-far-problemet löses med effektstyrning i en inre krets och förhindras med effektstyrning i en yttre krets.

Ett annat sätt att åstadkomma pålitligare förbindelser uppfyller man med diversitet, som i stor utsträckning används i de nyare nätverken. Det används ofta vid sidan om effektstyrning, eftersom de stöder varandra. Diversitet ger pålitlighet, men påverkar inte sändningseffekten.

Effektstyrning spelar en stor roll också i cellbytet, som är en central aspekt i mobiltelefoni. Speciellt i mjuka cellbyten där mobilstationen är kopplad till flera celler samtidigt används effektstyrning i stor omfattning.

Referenser

- ¹ Rukhsar Ahmad Cheema & Muhammad Jehanzeb, Issues and Optimization of UMTS Handover, s. 2, 9, Feb. 2008. Blekinge Institute of Technology.
- ² Janne Lehenkari & Reijo Miettinen, Standardisation in the construction of a large technological system—the case of the Nordic mobile telephone system, s.109, 2002, Helsingfors universitet
- ³ Johan Nyqvist, Din guide till Telekomvärlden, Studentlitteratur AB, 2004
- ⁴ Ari T. Manninen, Elaboration of NMT and GSM standards, s.202-206, 283, 2002
- ⁵ Morgan Kaufmann, Computer Networks edition 4, kapitel 2.8.4, 2007
- ⁶ Jose Antonio Puentes Florido, diplomarbete, Power control for WCDMA, 2005
- ⁷ Vern A. Dubendorf, Wireless Data Technologies, kapitel 7, John Wiley and Sons Ltd, 2003
- ⁸ Deploying UMTS in the 900MHz Band, Motorola, 2007
- ⁹ Gilbert Micallef, Preben Mogensen, Hans-Otto Scheck, Dual-Cell HSDPA for Network Energy Saving, 2010
- ¹⁰ K. Fazel & S. Kaiser, Multi-Carrier and Spread Spectrum Systems From OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX Second Edition, 2008
- ¹¹ TeliaSonera täckningskarta,
<http://www.sonera.fi/asiakastuki+ja+edut/verkkokartat/kuuluvuuskartta>,
17.2.2013, kl. 16.03.

¹² Fredrik Hägglund, diplomarbete, Improved Power Control for GSM/EDGE, 2005

¹³ Toni Kuokkanen, Tehonsäätö WCDMA-tekniikassa, 2009.

¹⁴ T. Frantti, P. Mähönen, Control Engineering Practice 9, 2001

¹⁵ Matti Rintamäki, doktorsavhandling, Adaptive power control in CDMA cellular communication systems, 2005

¹⁶ Fredrik Gunnarsson, Control theory aspects of power control in UMTS, 2003

¹⁷ Harri Holma och Antti Toskala, WCDMA for UMTS third edition, 2004

¹⁸ Jukka rinne. Kurskompendium för "Digital Communication Through Fading Multipath Channels", <http://www.cs.tut.fi/kurssit/TLT-5906/L4v2.pdf>, Part II. 9.3.2013