



Kanalmodeller för urban miljö

ÅSA WAERN , GUNNAR ERIKSSON

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Informationssystem
Box 1165
581 11 Linköping

Tel: 013-37 80 00
Fax: 013-37 81 00

www.foi.se

FOI-R--2581--SE Metodrapport
ISSN 1650-1942 September 2008

Informationssystem

Åsa Waern , Gunnar Eriksson

Kanalmodeller för urban miljö

Titel	Kanalmodeller för urban miljö
Title	Channel models for urban environment
Rapportnr/Report no	FOI-R--2581--SE
Rapporttyp Report Type	Metodrapport Methodology report
Sidor/Pages	19 p
Månad/Month	september
Utgivningsår/Year	2008
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	HKV
Forskningsområde Programme area	7. Ledning med MSI or
Delområde Subcategory	71 Ledning 71 Command, Control, Communications, Computers, Intelligence
Projektnr/Project no	E7107
Godkänd av/Approved by	Anders Törne
FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut Avdelningen för Informationssystem Box 1165 581 11 Linköping	FOI, Swedish Defence Research Agency SE-581 11 Linköping

Sammanfattning

För att värdera och planera kommunikationsmöjligheterna för ett radiosystem i stadsmiljö behöver vi kunna uppskatta radiotäckningen i miljön. Utvecklingen av civila mobiltelefonsystem har drivit på utvecklingen av ett antal kanalmodeller som åtminstone kan användas som en första ansats för att uppskatta radiotäckning över ytan. Denna rapport redovisar några av de, för mobiltelefoniberäkningar, mest använda kanalmodellerna. Syftet är att samla kanalmodellerna och att ge en bild av i vilket sammanhang de är avsedda att användas.

Nyckelord:

Kanalmodell, urban miljö, mätningar, kanalparametrar

Summary

To assess communication systems in urban environments and plan the infrastructure we need to estimate the radio coverage area. The development of mobile phone systems has encouraged the development of channel models useful to estimate the coverage area. In this report we summarize some frequently used channel models. The aim is to get an overview over the different channel models and when and where they intend to be used.

Keywords:

Channel models, urban environment, measurements, channel parameters

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Typer av kanalmodeller	8
2.1	Vågutbredning.....	9
3	Klassiska kanalmodeller	11
3.1	Empiriska modeller	11
3.1.1	Okumura-Hata Modellen.....	11
3.1.2	COST 231 - Hata Modellen	12
3.2	Semiempiriska modeller.....	12
3.2.1	Walfisch - Bertoni modellen	12
3.2.2	COST 231 - Walfisch-Ikegami modellen.....	13
3.3	Deterministiska modeller.....	15
3.3.1	GTD.....	15
3.4	Stokastiska modeller.....	17
3.4.1	COST 259.....	17
3.4.2	COST 273 MIMO	18
4	Referenser	19

1 Inledning

För att värdera och planera kommunikationsmöjligheterna för ett radiosystem i stadsmiljö behöver vi kunna uppskatta radiotäckningen i miljön. Olika operatörers installationer av civila mobiltelefonsystem har drivit på utvecklingen av ett antal kanalmodeller som åtminstone kan användas som första ansats för att uppskatta täckningsområdet. Modellerna är ofta enkla med fördelen att de snabbt kan beräkna radiotäckning för ett antal olika områden. Nackdelen är att deras giltighetsområde är begränsat varför det många gånger behövs kompletterande beräkningar eller mätningar. Enkelheten hos modellerna lockar dock gärna till att använda dem med större tillit än vad som är att rekommendera.

Denna rapport redovisar några av de, för mobiltelefoniberäkningar, mest använda kanalmodellerna. Syftet är att samla kanalmodellerna och att ge en bild av i vilket sammanhang de är avsedda att användas.

2 Typer av kanalmodeller

När uppbyggnaden av infrastrukturen för mobiltelefonsystem påbörjades uppkom ett behov av vågutbredningsmodeller som kunde användas för planeringen av basstationers placering och cellers storlek. I första hand behövdes modeller för räckviddsberäkningar över ytan, effekter av flervägsutbredning och störningar. De scenarion som används är mycket enkla med en fast installation av basstationerna. För kommunikationen används ett kärnät bestående av basstationer placerade på en relativt hög höjd med i stort sett fri sikt mellan sig. Till dessa adderas mindre basstationer, placerade på lägre höjd och även inomhus och i tunnlar, för att ombesörja radiotäckning i skuggade områden. På så sätt har man åstadkommit en infrastruktur som är tillräckligt stabil till en kostnad som kunden accepterar att betala. Scenarierna som används för täckningsberäkningar innehåller kommunikation mellan en basstation och en mobiltelefon som befinner sig på någon gata. Stadsmiljön beskrivs ofta genom enkla homogena byggnader och vägnätet består av raka parallella gator.

För planering av radiosamband är det oftast tillräckligt med enkla modeller som endast beräknar transmissionsförlusten för en önskad länk eller ett täckningsområde. Normalt brukar modelltyperna delas in i tre olika klasser (Cátedra och Pérez-Arriaga, 1999):

- Empiriska modeller
- Semiempiriska eller semideterministiska modeller
- Deterministiska modeller

Empiriska modeller, bygger på statistik från ett antal mätningar. De är enkla att använda och har en relativt god noggrannhet, under förutsättning att empiriskt underlag finns från samma typ av utbredningsmiljö som den vi vill studera.

Deterministiska modeller bygger på elektromagnetisk vågutbredningsteori. Terrängen och byggnader beskrivs med hjälp av kart- och byggnadsdatabaser. De flesta deterministiska modeller bygger på så kallad ray tracing-teknik. Styrkan med dessa modeller är att vi inte behöver känna till vågutbredningsförhållandena för någon liknande typ av miljö för att genomföra våra beräkningar. Svagheten är att det krävs en noggrann beskrivning av geometrin för att ge rimliga resultat.

Semiempiriska eller semideterministiska modeller är en blandning av empiriska och deterministiska modeller. Modellerna innehåller vissa beräkningar med deterministiska modeller, men resultaten justeras med korrektionsfaktorer framtagna ur mätdata för liknande miljöer.

Därutöver finns stokastiska kanalmodeller. Stokastiska kanalmodeller använder flera statistiska mått som tagits fram från ett antal uppmätta impulssvar från en viss typ av kanal.

Förutom uppdelningen i empiriska, semiempiriska och deterministiska modeller är de oftast indelade enligt planerad räckvidd. Vanligtvis används fyra kategorier av områden eller celler:

- Makroceller; stora områden med både urban miljö och terräng och med en cellradie på 1 - 30 km. Sändarantennen befinner sig ovanför alla omgivande byggnader.
- Miniceller; mindre områden, typiskt förorter med en cellradie på 0,5 - 3 km. Sändarantennen befinner sig ovanför de flesta omgivande byggnader men inte alla.
- Mikroceller; mindre områden typiskt en stadskärna med en cellradie upp till 1 km. Sändarantennen befinner sig nedanför de flesta omgivande byggnader men inte alla.
- Picoceller; avser områden såväl inomhus som utomhus för en radie upp till 500 m. Sändarantennen befinner sig under hustaksnivå.

I de ovanstående makro- till minicellerna har systemen en basstation, som i de flesta fall är placerad ovanför hustaken, samt handburna telefoner i gatunivå.

Då vi vill simulera systemuppträdanden för bredbandiga systemkoncept eller system kopplade till olika geografiska scenarier är vi hänvisade till stokastiska eller deterministiska kanalmodeller. De deterministiska modellerna kräver en omfattande miljöbeskrivning och ger ofta långa beräkningstider.

2.1 Vågutbredning

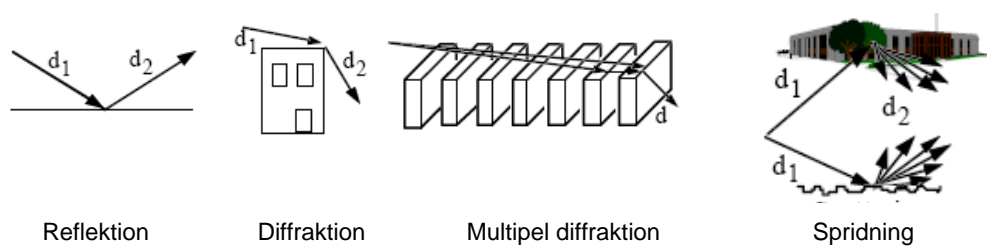
Kanalmodeller används alltså för att beräkna radiosignalernas vågutbredning i en given miljö. Vågutbredning är komplicerat och det är ett antal vågutbredningsfenomen som påverkar radiosignalen under dess väg till mottagaren och som sammantaget utgör det som vi kallar radiokanalen.

Några exempel på vad som händer radiovågen är:

- Frirymdsdämpning. Signalen dämpas och avtar med kvadraten på avståndet.
- Extra dämpning på grund av lättare hinder i vägen. Det kan vara t.ex. lövverk. Signalen går igenom hindret, men kommer fram försvagad.
- Reflektioner. Signalen reflekteras mot husväggar och andra stora objekt. Den reflekterande ytans beskaffenhet avgör hur signalen reflekteras. En slät yta minskar inte signalstyrkan så mycket som om ytan är skrovlig. I det senare fallet sprids signalen åt många olika håll. Det blir då många och svaga signaler som kanske inte kan tas tillvara av mottagaren.

- Flervägsutbredning. Signalen reflekteras mot byggnader o dyl. och kan beskrivas som ett antal signalkomponenter med olika gångvägar som når mottagaren. Detta orsakar tidsfördröjningar.
- Uppstickande objekt. Det kan vara berg eller hus. Signalen diffrakteras, d.v.s. böjs av runt objektet om den träffar nära en kant eller ett hörn. Träffar signalen på ytan reflekteras den.

Vågutbredningen i stadsmiljö sker alltså huvudsakligen via multipla reflektioner mot husväggar och diffraktion runt hörn och över hustak, figur 1. Antalet reflektioner och diffraktioner beror på frekvensen, infallsvinkel mot objekten och objektens form och material.



Figur 1: Vanligast förekommande vågutbredningsfenomen (COST 231)

3 Klassiska kanalmodeller

Det finns ganska många kanalmodeller (Càtedra och Pérez-Arriaga, 1999) där främst mobiltelefonmarknaden varit den dominerande kravställaren. I detta kapitel redovisar vi kortfattat de vanligast använda modellerna.

3.1 Empiriska modeller

Empiriska modeller är utvecklade från mätningar i representativa miljöer. Modellerna beräknar transmissionsförlusten utifrån frekvensområde, avstånd och antennhöjder samt och storlek på staden. Omgivande byggnaders höjd, bredd på gator eller hur tätt husen är placerade finns inte med i modellerna.

3.1.1 Okumura-Hata Modellen

Okumura-Hata modellen är en empirisk modell för makroceller. Det innebär att modellen inte kan användas för cellradier under 1 km. Modellen är utvecklad från vågutbredningsmätningar på frekvensområdena 150, 450 och 900 MHz i Tokyo 1968. Modellen beräknar transmissionsförlusten för olika miljöer och har ett giltighetsområde på 150 MHz - 1500 MHz. För stadsmiljö ges transmissionsförlusten av uttrycket:

$$L_u = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_t - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_t) \log d$$

där

f = frekvensen $150 \text{ MHz} \leq f \leq 1500 \text{ MHz}$

h_t = antennhöjd sändarantenn (Tx) $30 \text{ m} \leq h_t \leq 200 \text{ m}$

h_m = antennhöjd mottagarantenn (Rx) $1 \text{ m} \leq h_m \leq 10 \text{ m}$

d = avstånd mellan sändar- (Tx) och mottagarantenn (Rx) $1 \text{ km} \leq d \leq 20 \text{ km}$

$a(h_m)$ är en korrektionsfaktor.

För små och medelstora städer ges faktorn av:

$$a(h_m) = 0.8 + (1.1 \log f - 0.7)h_m - 1.56 \log f$$

För stora städer:

$$a(h_m) = 8.29(\log(1.54h_m))^2 - 1.1 \quad \text{för } 150 \leq f \leq 200 \text{ MHz}$$

$$a(h_m) = 3.2(\log(11.75h_m))^2 - 4.97 \quad \text{för } 200 < f \leq 1500 \text{ MHz}$$

Modellen fungerar tillfredsställande för stora områden, makroceller, men inte för områden eller celler med mindre radie än 1 km.

3.1.2 COST 231 - Hata Modellen

COST 231 Hata modellen är en anpassning av Okumura-Hata modellen till europeiska städer. Frekvensområdet har flyttats uppåt till 1500 – 2000 MHz.

Transmissionsförlusten ges av:

$$L_u = 46.3 + 33.9 \log f - 13.82 \log h_t - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_t) \log d + C_M$$

där $C_M = 3$ dB i större stadskärnor och 0 dB i övrigt.

Övriga parametrar är samma som i Okumura Hata modellen.

Modellen är avsedd att användas för situationer där basstationen är placerad över takhöjd på intilliggande byggnader. Noggrannheten beror till stor del på miljön, d.v.s. utseendet på staden. En fördel är dock att det är möjligt att lägga till ett antal korrektionsfaktorer och på så sätt göra modellen giltig för mer eller mindre godtyckligt område.

3.2 Semiempiriska modeller

Semiempiriska eller semideterministiska modeller är en förfining av empiriska modeller. Förutom sändarfrekvensen behöver modellerna information om stadens utseende i form av byggnadshöjd och gatubredd.

3.2.1 Walfisch - Bertoni modellen

Denna semiempiriska makrocellmodell är framtagen för homogena stads- och förortsmiljöer. Beräkningsmodellen är härledd från en ideal modell av en stadsmiljö där byggnader är placerade i fina rutmönster med enhetlig höjd och bredd separerade av raka parallella gator. Modellen är avsedd för scenarion utan fri sikt mellan basstation och mottagarantenn.

Transmissionsförlusten beräknas enligt:

$$L = 89.55 + 21 \log f + 38 \log d - 18 \log H + A - 18 \log \left(1 - \frac{d^2}{17H} \right)$$

där

f = frekvens i MHz

d = avstånd i km mellan sändare och mottagare

H = medelhöjd på sändarantennen jämfört med omkringliggande byggnader

A = värde på påverkan från omkringliggande byggnader:

$$A = 5 \log \left[\left(\frac{b}{2} \right)^2 + (h_B - h_m)^2 \right] - 9 \log b + 20 \log \left\{ \tan \left[\frac{2(h_B - h_m)}{b} \right] \right\}$$

där

h_B = byggnadshöjd i meter

h_m = mottagarantennhöjd (Rx) i meter

b = gatubredd

Modellen förutsätter att sändarantennen är placerad ovanför takhöjd.

3.2.2 COST 231 - Walfisch-Ikegami modellen

Denna semideterministiska makromodell är även den lämplig för urban miljö. Den baserar sig på Walfisch-Bertoni och Ikegami modellerna. Till skillnad från Walfisch-Bertoni modellen så har denna modell inga restriktioner beträffande sändarantennens placering i förhållande till omgivande hustak.

Modellen skiljer mellan fri sikt scenario (LOS) och icke fri sikt scenario (NLOS) mellan basstationen och mottagaren.

För fri sikt (LOS) beräknas transmissionsförlusten enligt:

$$L_p = 42.6 + 26 \cdot \log d + 20 \cdot \log f$$

För icke fri sikt (NLOS) fallet beräknas transmissionsförlusten som summan av tre termer:

$$L = L_0 + L_1 + L_2$$

Den första termen L_0 är transmissionsförlusten vid fri rymd för en isotrop antenn:

$$L_0 = 10 \cdot \log \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2}$$

Den andra termen beräknas enligt:

$$L_1 = -16.9 - 10 \cdot \log w + 10 \cdot \log f + 20 \cdot \log (h_{\text{Roof}} - h_{\text{RX}}) + L_{11}(\phi)$$

Där:

w = bredden, i meter, på gatan där mottagarantennen är placerad

f = frekvens, $800 \text{ MHz} \leq f \leq 2000 \text{ MHz}$

d = avståndet mellan sändar- och mottagarantenn, $0.02 \text{ km} \leq r \leq 5 \text{ km}$

h_{Roof} = medelhöjd, i meter, på byggnaderna i omgivningen

h_{RX} = mottagarantennens (Rx) höjd i meter, $1 \text{ m} \leq h_{\text{RX}} \leq 3 \text{ m}$

och

$$L_{11}(\phi) = \begin{cases} -10 + 0.354\phi & 0 < \phi < 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(\phi - 35^\circ) & 35^\circ \leq \phi < 55^\circ \\ 4 - 0.1114(\phi - 55^\circ) & 55^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \end{cases}$$

ϕ är vinkeln som bildas mellan gatans längdriktning och den linje som förbinder sändar- och mottagarantennen.

Den tredje termen är:

$$L_2 = L_{21} + k_a + k_d \log d + k_f \log f - 9 \log b$$

där

$$L_{21} = \begin{cases} -18 \log(1 + h_{\text{TX}} - h_{\text{Roof}}), & h_{\text{TX}} \geq h_{\text{Roof}} \\ 0, & h_{\text{TX}} < h_{\text{Roof}} \end{cases}$$

$$k_a = \begin{cases} 54, & h_{\text{TX}} \geq h_{\text{Roof}} \\ 54 - 0.8(h_{\text{TX}} - h_{\text{Roof}}), & h_{\text{TX}} < h_{\text{Roof}} \wedge d \geq 0.5 \text{ m} \\ 54 - 0.4d(h_{\text{TX}} - h_{\text{Roof}}), & h_{\text{TX}} < h_{\text{Roof}} \wedge d < 0.5 \text{ m} \end{cases}$$

$$k_d = \begin{cases} 18, & h_{\text{TX}} \geq h_{\text{Roof}} \\ 18 - \frac{15(h_{\text{TX}} - h_{\text{Roof}})}{h_{\text{Roof}}}, & h_{\text{TX}} < h_{\text{Roof}} \end{cases}$$

$$k_f = -4 + k_{f1} \left(\frac{f}{925} - 1 \right)$$

där

h_{TX} = höjden på sändarantennen, $4 \text{ m} \leq h_{\text{TX}} \leq 50 \text{ m}$

b = centrumavstånd mellan huskroppar placerade på parallella gator

$k_{f1} = 1.5$ för stadsmetropoler, i övrigt 0.7

3.3 Deterministiska modeller

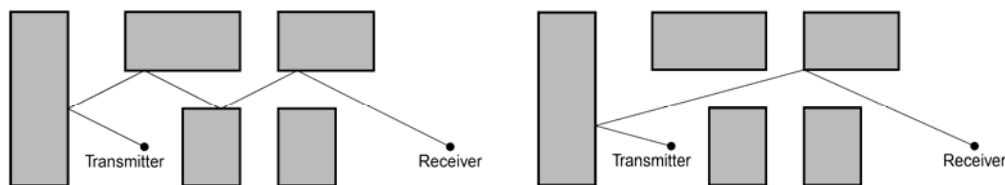
Deterministiska modeller är utvecklade från elektromagnetisk vågutbredningsteori och kan göras mycket detaljerade. Nackdelen med dessa modeller är de långa beräkningstiderna.

3.3.1 GTD

GTD, the Geometrical Theory of Diffraction (McNamara et al., 1990), är en deterministisk modell som ofta används i bebyggda områden. Modellen klarar av att hantera flervägsutbredning i tre dimensioner samt bakåtspridning. Ett exempel på bakåtspridning återges i figur 2.

GTD är en utvidgning av den strålbaserade geometriska optik (GO) metoden. Utöver de reflekterade strålarna kan GTD ta hänsyn till diffrakterade strålar. Både reflekterade och diffrakterade strålar beräknas med korrekt fas. Strålen tillåts dessutom att både reflekteras och diffrakteras innan den når mottagaren.

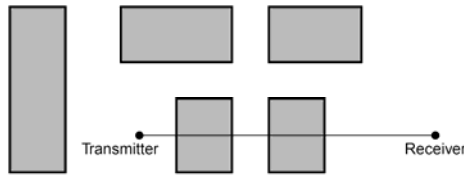
Figur 3 visar en stråle som först reflekteras mot en vägg och sedan diffrakteras av hörnet på ett hus.



Figur 2: Exempel på en multipelreflektad stråle i urban miljö. Strålen reflekteras mot husväggar i både framåt och bakåtspridningen i förhållande till mottagaren.

Figur 3: Exempel på en reflekterad och diffrakterad stråle i en urban miljö.

I figur 4 diffrakteras strålen av hustaket. Ovanifrån ser det ut som en stråle, men det kan förekomma flera strålar. Om antennerna är placerade under hustakshöjd och husen är lika stora med platta tak förekommer bara en stråle, som i figur 5. Om husen har olika höjder så kan flera strålar vara involverade, speciellt om antennerna är placerade över hustakshöjd.

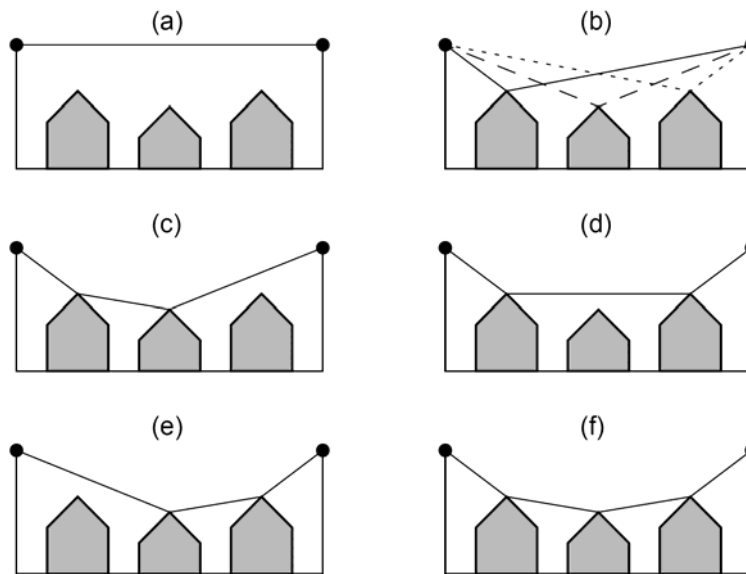


Figur 4: Exempel på en stråle som är diffrakterad över hustaken på sin väg från sändare till mottagare.



Figur 5: Exempel på en stråle som diffrakterar över två hus av samma höjd och med platta tak. Strålen diffrakteras fyra gånger innan den når mottagaren.

Figur 6 visar tre hus med olika höjder och vanliga sadeltak. Detta är en relativt enkel diffraktionsgeometri med 8 möjliga strålar, d.v.s. en direktstråle, $\binom{3}{1} = 3$ enkeldiffrakterade strålar, $\binom{3}{2} = 3$ dubbeldiffrakterade strålar och $\binom{3}{3} = 1$ trippeldiffrakterad stråle. Detta visar att det snabbt blir många strålar att ta hänsyn till i en urban miljö. Om vi istället tänker oss fem hus skulle det i värsta fall bli en direktstråle samt $\binom{5}{1} + \binom{5}{2} + \binom{5}{3} + \binom{5}{4} + \binom{5}{5} = 31$ diffrakterade strålar, d.v.s. totalt 32 strålar att beräkna. Skulle vi dessutom ta hänsyn till den möjligheten att strålar reflekteras mot väggar eller diffrakteras runt vertikala hörn skulle antalet strålar formligen explodera i en urban miljö. Dock kommer inte alla strålar att bidra så mycket till slutsumman. En svårighet med strålbaserade modeller är således att hitta de strålar med stort bidrag till den mottagna signalstyrkan. Eftersom urbana miljöer ger upphov till en mängd möjliga strålbånar att välja mellan och att man måste finna de strålbånar som starkast bidrar till den slutliga signalstyrkan bör man implementera en effektiv beräkningsrutin som spårar viktiga strålar i tre dimensioner vilket är allt annat än rättfram. Å andra sidan, när strålarna väl är hittade, så är beräkningen av den sammanlagda signalstyrkan relativt enkel.



Figur 6. Diffraction över hus med sadeltak. I detta exempel finns en direktstråle (a), tre enkeldiffrakterade strålar (b), tre dubbeldiffrakterade strålar (c) till (e), och en trippeldiffrakteras stråle i figur (f).

3.4 Stokastiska modeller

Stokastiska kanalmodeller använder flera statistiska mått som tagits fram från ett antal uppmätta impulssvar från en viss typ av kanal. De framtagna måtten används sedan till att ge kanalmodellen samma karaktäristiska egenskaper som den verkliga kanalen antas ha, [Löfsved, 1999]. Nedanstående modeller bygger både på stokastiska och empiriska delar.

3.4.1 COST 259

Modellen är en kanalmodell för mobil radiokommunikation som kan ta hänsyn till riktninginformation hos de infallande signalkomponenterna. Därigenom kan modellen användas för simulering av system med adaptiva (även kallade ”smarta”) antenner.

Modellen är specificerad för 13 olika typer av miljöer för makro-, mikro- och pikocellscenarion. Ett av designkriterierna för modellen var att simultant beskriva de flesta av de relevanta kanalparametrarna och att modellera de inbördes beroendena mellan dessa parametrar på ett korrekt sätt. Det giltiga frekvensområdet för modellen är 800 – 2000 MHz för utomhusmiljöer och 800 – 5000 MHz för inomhusmiljöer.

Modellen kan karaktäriseras som en stokastisk geometribaserad kanalmodell, där spridningsobjekt slumpas ut i kluster utifrån fördelningsfunktioner

bestämda av de olika miljöklasserna. Den småskaliga fädningen modelleras genom att fasen på de olika spridningsbidragen modifieras med hänsyn till den mobila terminalens rörelse. De storskaliga förändringarna uppkommer genom att bidragen från de enskilda klustren av spridare viktas med hjälp av s.k. övergångsfunktioner, allt eftersom den mobila terminalen passerar in och ut ur det område som definierats för varje kluster.

En av begränsningarna hos modellen är att den är konstruerad för basstationsscenario, vilket innebär att de huvudsakliga spridarna antas ligga i närheten av den mobila terminalen. Vidare kan scenarier där antennhöjderna för de båda terminalerna är jämförbara, d.v.s. låga antennhöjder ('peer-to-peer') inte modelleras på ett korrekt sätt.

3.4.2 COST 273 MIMO

Kanalmodellen är en utveckling av samma geometribaserade modellkoncept som COST 259-modellen är grundad på. Målsättning vid framtagningen av den nya modellen var att den skall kunna generera realiseringar av radiokanalen som kan användas för att utveckla och validera radiosystem som använder s.k. MIMO-teknik, d.v.s. radiosystem som har flera antennelement såväl på sändaren som på mottagaren. Vad som tillkommit modellmässigt är framförallt att multipla interaktioner med spridningsobjekt modelleras, samt att relationen mellan signalbidragens utgående riktningar på sändarsidan och de motsvarande inkommande riktningarna vid mottagaren modelleras på ett relevant sätt.

Konceptet med att definiera olika generiska miljöer utifrån makro, mikro och pikocellscenarion har behållits från COST259. Dock har ett relativt stort antal miljöer tillkommit för respektive celltyp. Bl. a. har det i mikrocells-kategorin tillkommit en miljöklass för "peer-to-peer" system, där det inte finns någon basstation utan två mobila terminaler i gatunivå förutses kommunicera direkt med varandra. En helt ny huvudklass för s.k. ad-hoc-nätverk har också införts, med underklasser för olika miljöer som kontor/bostäder samt större hallar (t.ex. järnvägstationer, flygplatser och fabrikslokaler). Samtliga miljöer är dock tänkta för noder med kort räckvidd. Det som karaktäriserar klassen är att samtliga noder befinner sig på ungefär samma höjd samt att noderna uppvisar s.k. nomadisk mobilitet, d.v.s. de förblir statiska under en relativt lång tid för att därefter placeras ut på helt nya platser.

Någon fullständig implementering av COST273-modellen finns för närvarande inte publikt tillgänglig, men alldeles nyligen (oktober 2008) har ett utkast till en implementering skriven i Matlab gjorts tillgänglig för deltagare i COST 2100 för utvärdering. Ett problem som dock kvarstår är att parametrarna för flera av de miljöer som modellen skall täcka inte kunnat verifieras p.g.a. bristen på relevanta mätningar.

4 Referenser

Cátedra, M.F., Pérez-Arriaga, J., (1999), Cell planning for wireless communications, Artech, Boston, MA

COST 231, Digital mobile radio towards future generation systems, COST 231 Final report

Löfsved, E., (1999), Investigation of two wideband and UHF radio channel models, Methodology report, FOA-R--99-01279--SE

McNamara, D.A., Pistorius, C.W.I., Malherbe, J.A.G., (1990), Introduction to the uniform geometrical theory of diffraction, Artech House, Norwood, MA