

Fastsettelse av sendereffekt for radiolinje i individuelle sendertillatelser

Formål

Nkom ønsker å tilrettelegge for best mulig ytelse i den enkelte radiolinje. Samtidig ønsker Nkom å motivere til effektiv spektrumsutnyttelse for å sikre flest mulig tilgang til begrensede spektrumsressurser. Dette søkes oppnådd ved å gi mer spektrumseffektive radiolinjer en bedre tilgjengelighet.

Tidligere fastsatte Nkom sendereffekt i individuelle sendertillatelser fra:

- Utstyrsparemetere for det faktiske radioutstyret som benyttes
- at radiolinjer skulle oppnå 99.995 % årlig tilgjengelighet¹, for et gjennomsnittså, med aktuell kanalbredde og modulasjon.

Dette motiverte ikke til bruk av spektrumseffektivt radioutstyr. Uavhengig av kvaliteten på utstyret ble sendereffekten for den enkelte radiolinje satt slik at radiolinjen oppnådde 99.995 % tilgjengelighet, også med bruk av små antenner eller radio med lav sensitivitet (høy terskelverdi).

Mindre antenner og dårlige mottakere krever høyere sendereffekt for å oppnå samme tilgjengelighet som bedre utstyr. Høy sendereffekt på mindre antenner gir lav spektrumseffektivitet. Dette krever større separasjonsvinkel sammenliknet med bedre radioer og større antenner operert med en lavere effekt.

Utviklingen av radiolinjeutstyr har gitt stadig bredere kanaler og høyere ordens modulasjonsformater, noe som fører til behov for økt sendereffekt for å oppnå samme tilgjengelighet. En annen trend er at ønsket om lav pris og lav innplasseringskostnad gjør at operatørene søker om stadig mindre antenner i tradisjonelle radiolinjebånd.

Små antenner med stor åpningsvinkel reduserer antall radiolinjer som kan brukes i samme bånd og område på grunn av behov for økt separasjonsvinkel²/avstand i mastene. I lav 6 GHz hvor radiolinje deler båndet med RLAN, vil små antenner også gjøre radiolinjen mer sårbar for eventuell påvirkning fra RLAN.

En annen endring er introduksjonen av adaptiv modulasjon (ACM). Tidligere resulterte mottatt signalnivå under terskel i kommunikasjonsbrudd. Med ACM vil radiolinjen fortsette å fungere, men med redusert kapasitet.

Dagens praksis for fastsettelse av sendereffekt til radiolinje.

Praksisen tar utgangspunkt i:

¹ Tilgjengelighet definert som tid med BER<10⁻⁶/s

² Separasjonsvinkel: nødvendig differanse i asimut mellom to radiolinjer i samme mast

- Utstysparametere fra tabeller med referanser
- ITU-R 525 beregningsmodell for omsøkt radiolinje, (likt som tidligere) og med mål om å tildele den høyeste av sendereffektene som gir
 1. tilstrekkelig margin over $RSL_{99.995\%}^3 = -140\text{dBm/Hz}$ for $BER \leq 10^{-6}$ i mer enn 99.995% av tiden i et "gjennomsnittså" eller
 2. $RSL_{\text{no rain}} = -130\text{dBm/Hz}$ ved gode transmisjonsforhold for aktuell radiolinje.
 Radiolinjen tildeles den høyeste av disse to effektene

Metoden gir alltid radiolinjen bedre margin ved investering i bedre utstyr. Ved bruk av utstyr med dårligere parametere, vil radiolinjen bli tildelt sendereffekt lik det som ville gitt referansen 99.995 % tilgjengelighet. Slike radiolinjer må forvente lavere tilgjengelighet.

Små antenner og dårlige mottakere krever høyere sendereffekt for å oppnå samme tilgjengelighet som bedre utstyr gjør ved en lavere effekt. For lange radiolinjer i lave frekvensbånd, hvor energi bak mottaker ofte "forsvinner" ut i rommet, blir minimum nødvendig separasjonsvinkel i masten eneste effektivitetskriterium. Separasjonsvinkel mellom to antenner i samme mast bestemmes av antennes forsterkning, undertrykking⁴ utenfor hovedloben, effekt fra radioen og antennes relative plassering i masten. Større antenner tillater mindre separasjonsvinkel for en gitt sendereffekt uten å gi terskeldegradering⁵.

For radiolinjer hvor begge stasjoner benytter antenner med lik eller bedre ytelse mot referanseantennen i båndet, anser Nkom kravet til spektrumeffektivitet som oppfylt. Nkom vil her normalt tildele omsøkt sendereffekt. Krav til minimum hopplengde for båndet kan også fravikes.

$RSL -140\text{dBm/Hz}$ kommer fra et ønske om radiolinjer med $1\text{Gbps}/100\text{MHz}$ med $BER < 10^{-6}$ i 99.995 % i et gjennomsnittså. Benchmarking av utstyr viste at terskelnivå -140dBm/Hz RSL er representativt for utstyr som oppnår slik datarate/kanal effektivitet. Datarate og terskelverdi skaleres i forhold til omsøkt kanalbredde (eks: -60dBm v 100MHz). Datarater $> 1\text{Gbps}/100\text{MHz}$ kan oppnås antenner bedre en referanse.

Videre erfaring med metoden viser at for mange radiolinjer er selv godt utstyr og gode transmisjonsforhold ikke tilstrekkelig for å kunne utnytte kapasiteten i utstyret. Ved å introdusere den alternative $RSL_{\text{no rain}} -130\text{dBm/MHz}$ terskel oppnås at flere radiolinjer kan operere på full kapasitet ved gode forhold og med forholdsvis liten reduksjon av spektrumeffektivitet. Med økende utstyrskapasitet og økt terskelkrav må det forventes at høyeste utstyrskapasitet fremover bare vil kunne oppnås ved gode forhold, korte radiolinjer og/eller med antenner bedre enn referanse.

Referanseparametere

Nkom tildeler individuelle sendertillatelser for radiolinje i frekvensbånd fra 6 GHz til 86 GHz. De ulike båndene har forskjellige transmisjonsegenskaper og mengde frekvenser tilgjengelige for tildeling. Ut fra båndenes egenskaper og kapasitet i de forskjellige bånd har Nkom satt opp en tabell med

³ $RSL_{99.995\%}$: Mottakerens terskelnivå benyttet for å beregne sendereffekt som gir 99.995% tilgjengelighet.

⁴ Undertrykking er her det relative forhold mellom nivået av signal mottatt utenfor antennes pekeretning og nivået i antennes pekeretning. Ved å øke antennestørrelsen (økt antennevinning), og samtidig ta hensyn til den økte undertrykkelsen man da får, ser man at sendereffekt kan økes mer enn økningen i antennevinningen og samtidig oppnå samme nivå av gjensidig terskeldegradering for en gitt separasjonsvinkel.

⁵ Ved interferens beregninger benytter Nkom kriterier om gjensidig terskeldegradering (TD) $\leq 1\text{dB}$.

referanseparametere som sammen med RSL -130/-140dBm/Hz benyttes ved fastsettelse av sendereffekt i båndene.

Referanseparametere for antenne-diameter

Antenne parametere ved beregning av tilgjengelighet for radiolinje											
	BW	Antenne Referanse		Antenne kompensasjon							
Bånd		Gref	~Dref	Diameter							
	[MHz]	[dBi]	[m]	30	60	75	90	120	150	180	cm
6GHz		39.0	1.8	-40	-20	16	-13	-13	-7	0	dB
7GHz		37.5	1.3	-38	-8	-6	-3	0			
8GHz		37.5	1.2	-38	-8	-6	-3	0			
10GHz		37.5	0.9	-20	-4	-3	0				
13GHz		39.0	0.9	-14	-5	-3	0				
18GHz	≤110	39.0	0.6	-10	0						
18GHz	220	42.0	0.9	-14	-4	-3	0				
23GHz		35.0	0.3	0							
28GHz		35.0	0.3	0							
32GHz		38.0	0.3	0							
38GHz		39.0	0.3	0							

Tabell 1. Referanse antenne parametere for radiolinje

For å motivere til bruk av større antenner legges det til antennekompensasjon (fra tabell 1) til fadingmargin ved beregning av tilgjengelighet. Antennekompensasjon hensyntar at større antenner gir bedre undertrykking utenfor hovedloben sammenliknet med mindre antenner og derfor tillater mindre separasjonsvinkel. Margindifferanse mellom to antenner blir slik større enn deres relative differanse i antenneforsterkning i hovedloben. Nkom har valgt referanseantenner med mål om lange radiolinjer i lave bånd og ut ifra antennene som i dag er i bruk i båndene. Når det benyttes 220 MHz kanalbredde i 18 GHz forventes det større antenner, da slike radiolinjer benytter veldig mye av kapasiteten i båndet.

Polarisasjon

Polarisasjon	Vertikal	Horisontal
kompensasjon	+0dB	+3dB

Nkom har observert lavere utnyttelse av horisontal polarisasjon sammenliknet mot vertikal. For å motivere til økt bruk tildeles horisontalt polariserte radiolinjer 3dB ekstra sendereffekt relativt til tilsvarende forhold i vertikal polarisasjon.

Ved bruk av cross-polarization interference canceller (XPIC) fastsettes sendereffekt for horisontal polarisasjon mens tilhørende vertikal polarisasjon gis samme effekt.

Flytende Installasjoner

Flytende stasjon	Ingen	Den ene (A eller B)	Begge (A og B) er flytende
kompensasjon	+0dBm	+6dB	+12dB

For å legge til rette for at radiolinjer kan brukes på flytende installasjoner gis det ekstra margin for å kompensere bevegelsene disse installasjonene opplever. Med flytende installasjon menes stasjon

hvor sender ikke vesentlig flytter seg bort fra oppgitt geografisk koordinat⁶, men det er små bevegelser fordi installasjonen ikke står fast på bunnen.

Eksempel: Sendereffekt radiolinje mellom landstasjon og en flytende stasjon.

Radiolinjen sender i 13 GHz båndet med 28 MHz kanalbredde, benytter 90 cm antenne på landstasjon og 30 cm antenne på den flytende stasjonen. Terskelverdi (BER 10⁻⁶)

Referanseterskel for radiolinjen:

Basis terskel		-140.0	dBm/Hz
Kanalbredde	+10Log10(28 MHz)	+74.5	dB
Antenne A	90cm, kompensasjon (se tabell 1)	0.0	dB
Antenne B	30cm, kompensasjon (se tabell 1)	-14.0	dB
Polarisasjon	Horisontal +3dB	+3.0	dB
Flytende installasjon	Flytende installasjon +6dB	+6.0	dB
	Terskelverdi	-70.5	dBm



Sendereffekt fra metode for 99.995 % tilgjengelighet.

Terskelverdi -70.5dBm og 2x39dBi antenner benyttes i kalkulasjon med propagasjonsmodell ITU-R 525 med gassdempning ITU-R 676, tåkedempning ITU-R 840 og regndempning ITU-R 838/530 for å fastsette sendereffekten til å oppnå BER<10⁻⁶ i 99.995% av tiden i et gjennomsnittsår i radiolinjens lokalisering. Beregningen kommer frem til maksimal sendereffekt -8 dBm.

Sendereffekt fra metode beste transmisjonsforhold.

Metoden gir "godvær" RSL ≤ -60.5dBm (-70.5dBm+10dB). For å oppnå denne RSL økes sendereffekten til -7dBm.

Fastsettelse av sendereffekt for radiolinjen.

Nkom tildeler den høyeste effekten funnet fra de to alternative metodene. Mellom disse stasjonene vil enhver radiolinje i 13 GHz med 28 MHz kanalbredde tildeles -7dBm sendereffekt, uavhengig av faktisk utstyr benyttet i radiolinjen.

Der metode gir lavere sendereffekt enn utstyrets minimum skal Nkom normalt anbefale bruker å gå til et høyere radiolinjebånd. I 18 GHz båndet og med referanse utstyrsparametere, ville denne radiolinjen fått 17dBm sendereffekt.

⁶ For individuell sendertillatelse til radiolinje er det krav om at posisjon for begge stasjonene er kjent. Dette for å kunne analysere eventuelle utfordringer med sameksistens.

Tildeling av effekt etter denne måten baseres på teoretiske beregninger og Nkom kan ikke garantere at tilgjengeligheten i praksis blir som beregnet.

Når A og B stasjon begge benytter lik eller større antenner enn referanse vil Nkom ikke redusere sendereffekt fra søknad.

