

Hovedfagspresentasjon

5. februar 2004



Trond Rognebakke Bjørstad

ADAPTIV KODING OG MODULASJON:

*Nye øvre skranker for ytelsen
i OFDM-baserte trådløse nettverk.*

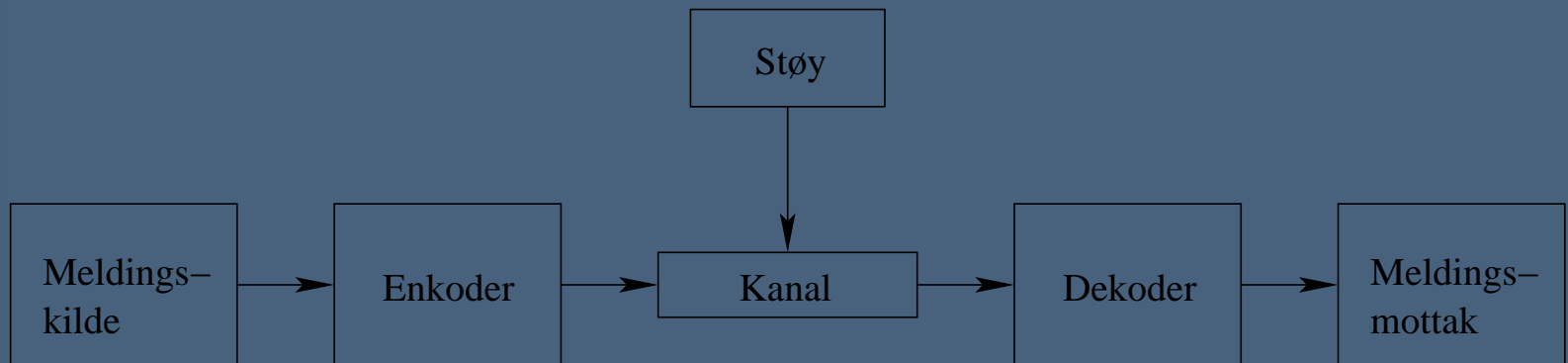
Oversikt

- • Introduksjon
- • Modell for en kommunikasjonskanal
- • Adaptiv koding og modulasjon på modellen
- • Utvidelse av modellen til et OFDM-system
- • Et praktisk OFDM-system
- • Oppsummering og konklusjon

Introduksjon

- • Shannons kommunikasjonsmodell
- • Koding
- • Modulasjon
-
-
-
-

Shannons kommunikasjonsmodell



I denne oppgaven benyttes additiv hvit gaussisk støy (Additive White Gaussian Noise, AWGN) for å modellere støy på en fadingkanal.

Koding

- Ekstra kontrollinformasjon legges til dataene som sendes. Dette gjør at støypåvirkete signaler kan detekteres og korrigeres.
- Generelt gjelder det at desto flere kontrollbiter en sender, desto flere bitfeil kan en detektere og korrigere.
- MEN! Koding reduserer informasjonsraten.
- En av de store utfordringene innenfor kodeteori er å finne gode koder av overkommelig lengde.

Modulasjon



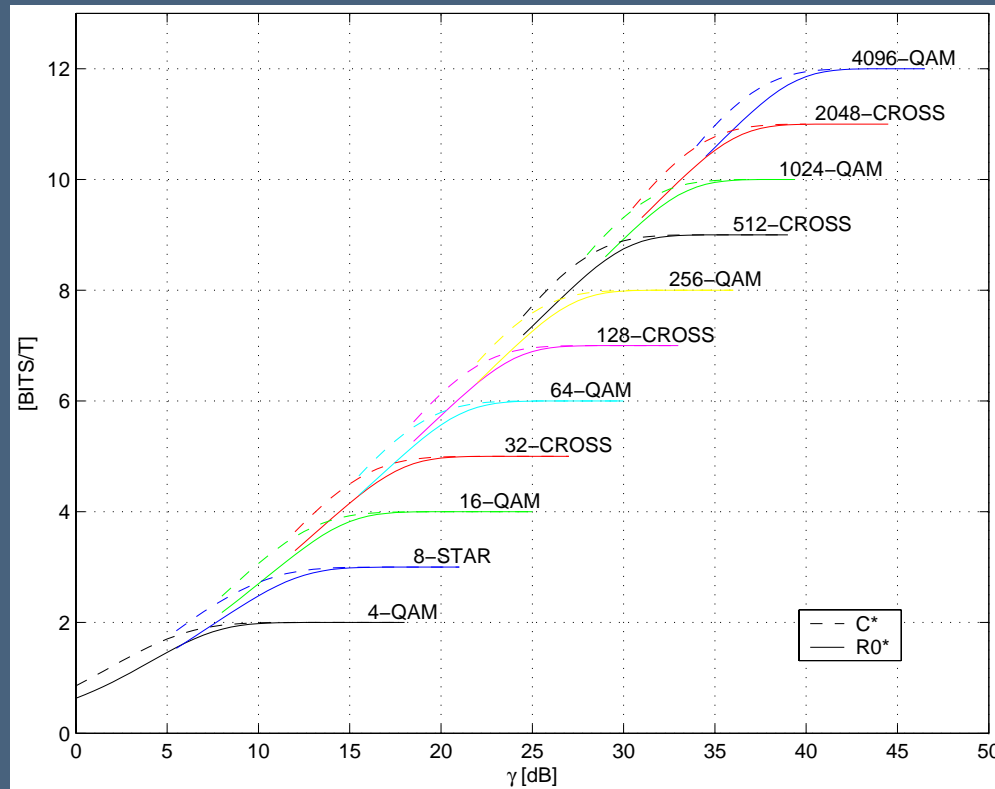
- Enkoderen må konvertere digital informasjon til analoge signaler
- En generell teknikk for å pakke inn en eller flere digitale biter i et analogt signal kalles *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM).
- Et QAM-symbol bestemmes av det analoge signalets amplitude og fase, og ved en diskret endring av disse kan en representere forskjellige binære sekvenser.

Modell av en kommunikasjonskanal

- I oppgaven ble det bygget opp en modell av en *båndbreddebegrenset flat-fadende AWGN-kanal*.
- Modellen tar inn over seg egenskaper fra virkelige kanaler.
 - Det ble sett på forandringer av signalet som skyldes:
 - AWGN
 - Stitap (path loss)
 - Flerveis-fading (multipath fading)
(Modelleres ved å la kanalen være en Nakagami-kanal med parameter m)
 - Dette ble også diskutert:
 - Båndbredden
 - Koherensbåndbredden
 - Kanalkapasiteten

Modell av en kommunikasjonskanal

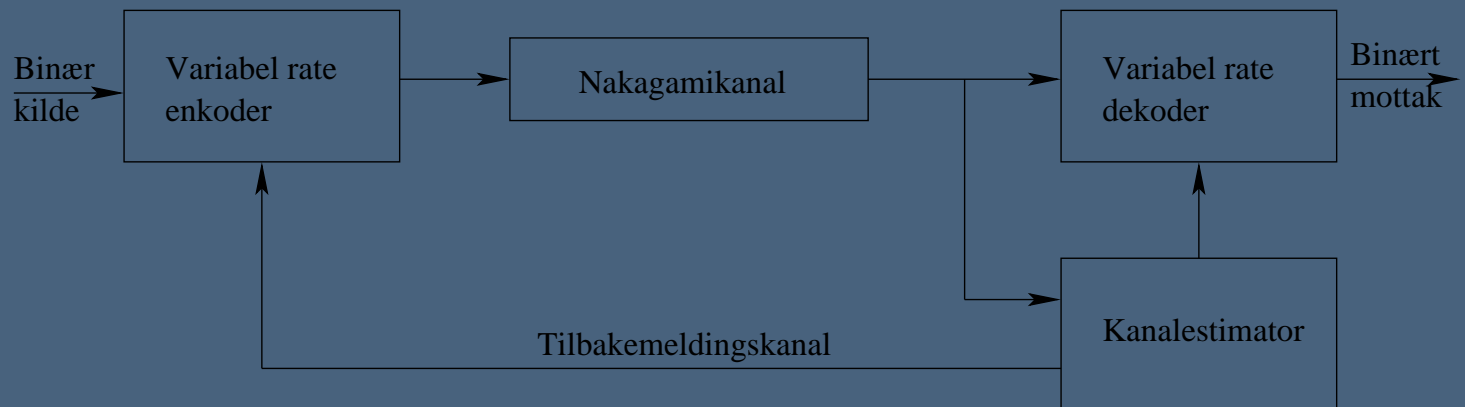
- Til slutt ble kanalkapasiteten til en AWGN-kanal beregnet for dekodningsteknikkene MLD og SD.



En sammenligning viser at forskjellen mellom MLD og SD er mindre enn 0.4 biter per symbol

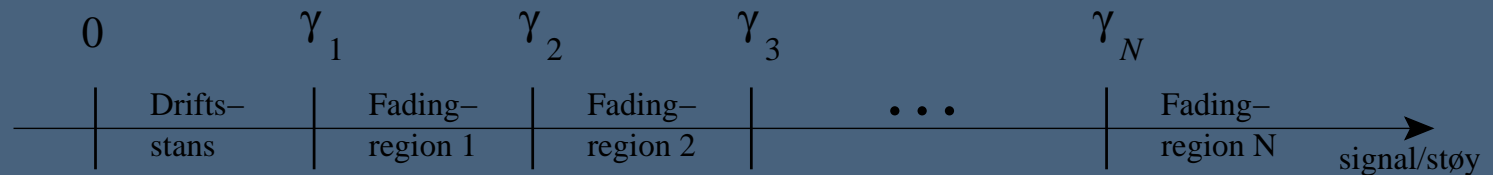
Adaptiv koding og modulasjon

- Ideen bak *adaptiv koding og modulasjon* (AKM):
 - Tilpasse sendte signaler etter signal/støy-forholdet γ på kanalen.
 - Ved gode forhold: Bruk koder med høy informasjonsrate.
 - Ved dårlige forhold: Bruke koder med lavere informasjonsrate og mer vekt på koding.
- Systemmodell:



AKM: Inndeling i fadingregioner

- Mengden av mulige mottatte signal/støy-forhold deles opp i N deler kalt fadingregioner.



- Hver fadingregion tildeles en egen trelliskode konstruert for å bekjempe AWGN.
- Når det instantane mottatte signal/støy-forholdet γ er i fadingregion n , dvs når $\gamma_n \leq \gamma < \gamma_{n+1}$, benyttes den n -te trelliskoden.

AKM: Spektral effektivitet

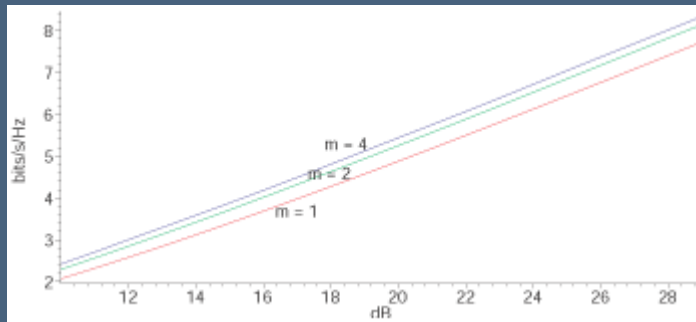
- Den spektrale effektiviteten er en indikator på ytelsen til et radiobasert trådløst nettverk. Den relaterer datagjennomstrømningen til det benyttete frekvensspekteret, og er definert som informasjonsrate per båndbreddeenhet.
- Det ble bestemt fadingregiongrenser som garanterer spektral effektivitet med terskelsteg på 0.5 [info.biter/sek/Hz], dvs for {1.0, 1.5, 2.0, ... , 11.5}.
- Den gjennomsnittlige spektrale effektiviteten (average spectral efficiency, ASE), kan uttrykkes ved:

$$ASE = \sum_{n=1}^N \frac{R_n}{B} \cdot P(\gamma_n, \gamma_{n+1}) \quad [\text{info.biter/sek/Hz}]$$

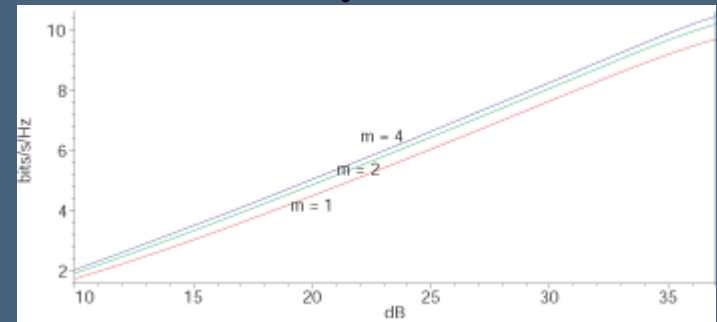
AKM: Øvre skranker for ASE

- Den gjennomsnittlige spektrale effektiviteten ble beregnet for AKM-modellen med de bestemte fadingregionene.

ASE for C^* der $c=L=1$:



ASE for R_0^* der $c=L=1$:

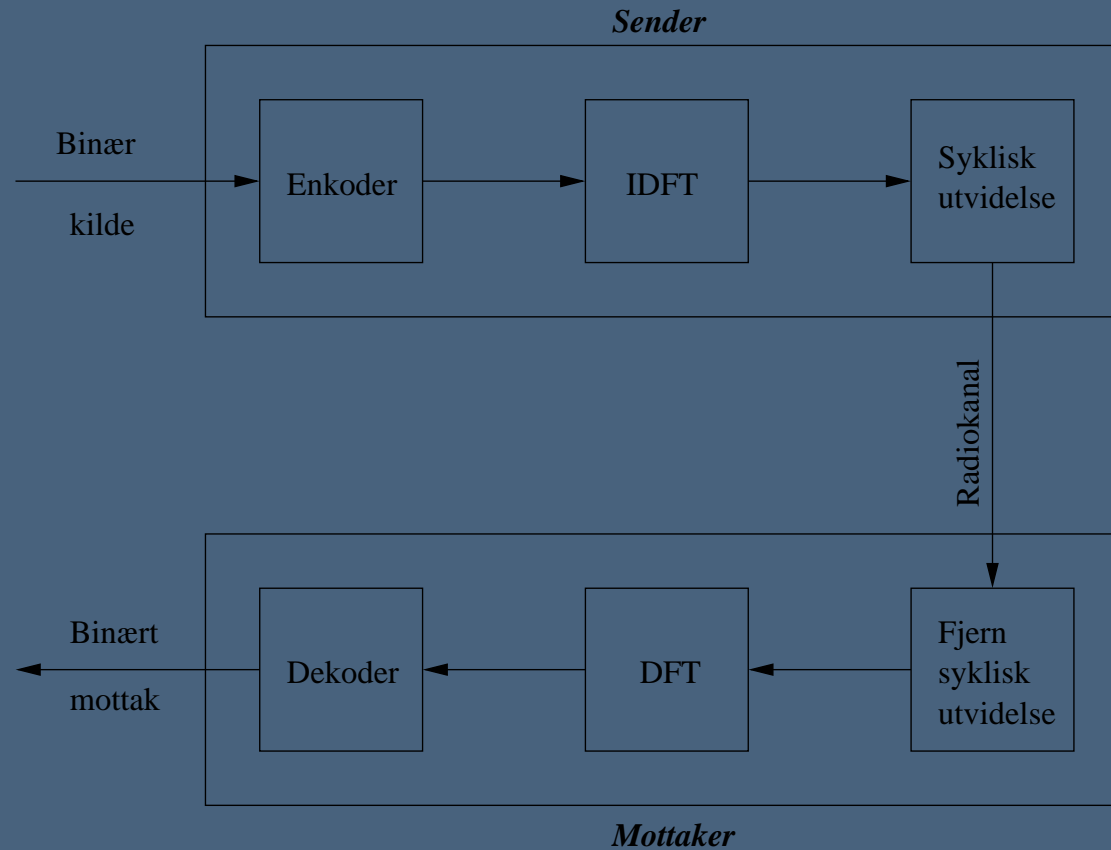


- Resultatet er **øvre skranker** på gjennomsnittlig spektral effektivitet for AKM på en flat-fadende AWGN kanal.

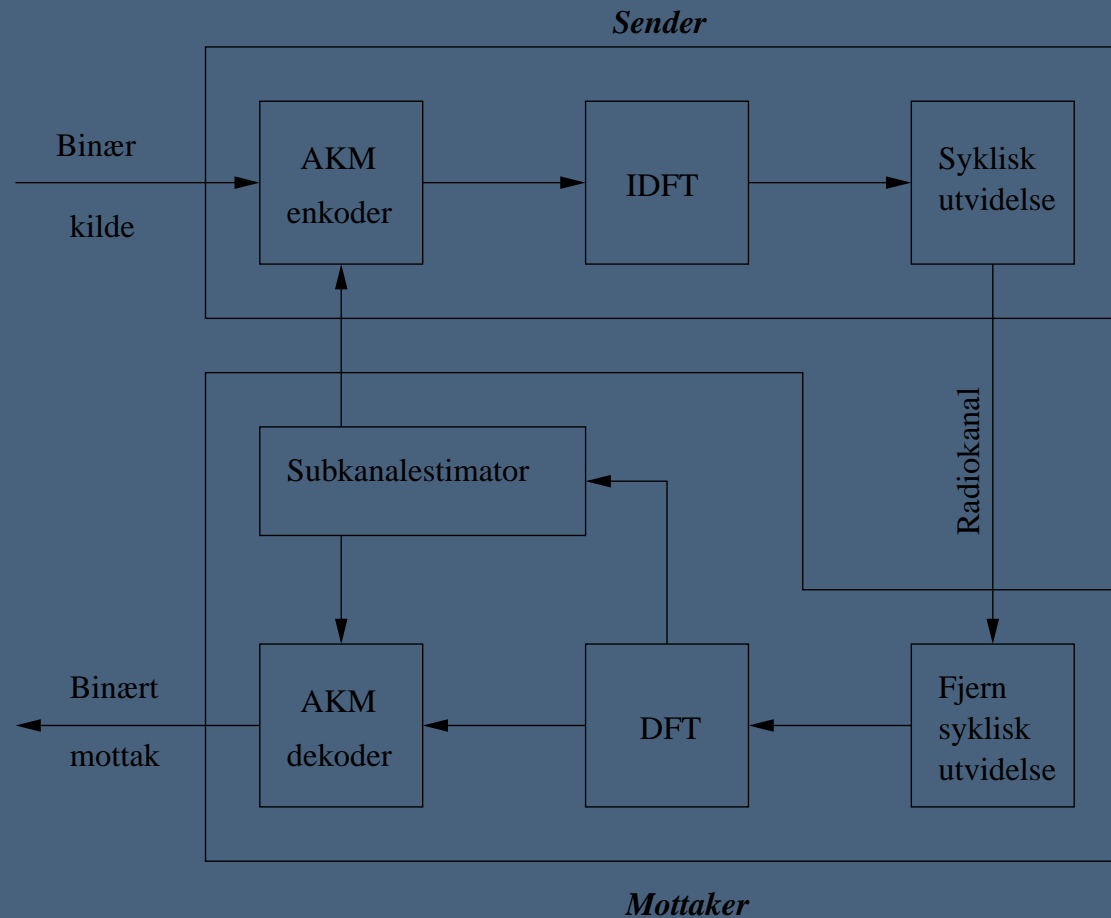
Utvidelse av modellen til et OFDM-system

-
-
-
-
-
-
- *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) er en moduleringssteknikk som brukes i flere trådløse høyhastighets-kommunikasjonssystemer.
- Mange frekvensoverlappende signaler blir kombinert til et OFDM-symbol som sendes over en kanal.
- Subsignalene i et OFDM-symbol kan sees på som **parallele signaler** som samtidig går **over forskjellige subkanaler**.
- Den presenterte flat-fadende AWGN-kanalmodellen ble brukt som modell for en subkanal i OFDM-systemet.

OFDM: Systemmodell

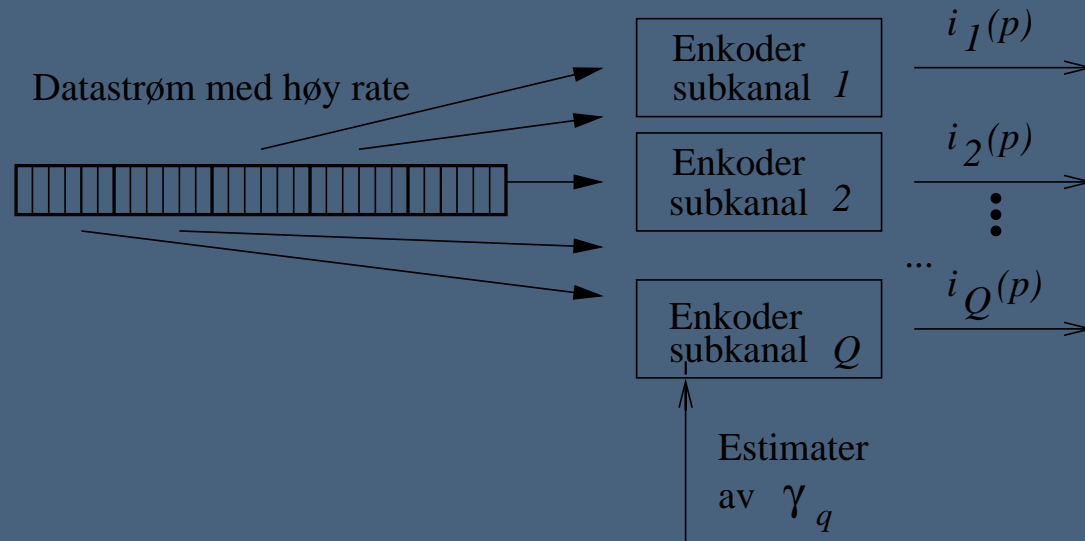


OFDM: Systemmodell med AKM



OFDM: Subkanal-parallellisering

- Det blir antatt en enkoder for hver subkanal i OFDM/AKM/QAM-systemet.



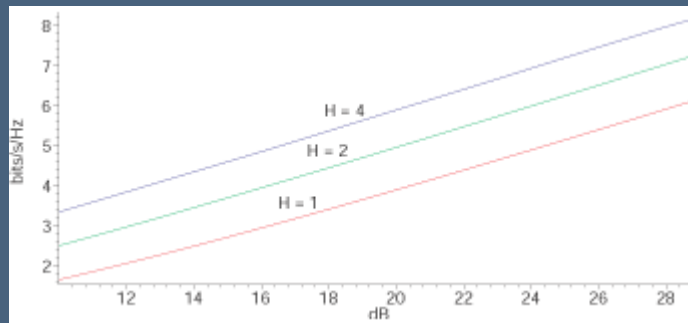
- Uttrykk for instantan spektral effektivitet:

$$\frac{\sum_{q=1}^Q i_q(p)}{L \cdot T_{OFDM}} \cdot \frac{1}{W_{total}} \quad [\text{info.biter/sek/Hz}]$$

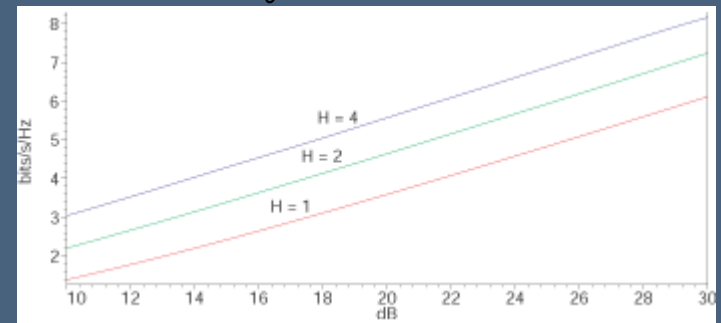
OFDM: Ytelse

- Den totale gjennomsnittlige spektrale effektiviteten til OFDM/AKM/QAM-systemet ble beregnet for dekodningsteknikkene MLD og SD.

ASE for C^* der $c=L=m=1$:



ASE for R_0^* der $c=L=m=1$:



- Siden det er forutsatt at senderatene på subkanalene er lik kanalkapasitetene, er dette **øvre skranker** for gjennomsnittlig spektral effektivitet til et OFDM/AKM/QAM-system.

Et praktisk OFDM-system: HIPERLAN/2

- • Den nye trådløse kommunikasjonsstandarder HIPERLAN/2 fra ETSI anvender OFDM.
- • Nøkkelparametre for HIPERLAN/2:
 - – Opererer i 5 GHz-båndet.
 - – Bruker 52 subkanaler i OFDM-systemet.
 - – Tilbyr datarater opp til 54Mbit/sek.
- • Konkurrerende system til IEEE's 802.11a, men HIPERLAN/2 skal være bedre på blant annet garantert tjenestekvalitet, såkalt *Quality of Service* (QoS).

HIPERLAN/2 vs OFDM/AKM/QAM

- HIPERLAN/2 tillater adaptering av konstellasjoner og koderater, men standarden **benytter samme koding og modulasjon på alle subkanaler** når et fysisk modus er satt.
- Dette er en begrensing fra OFDM som tillater forskjellige senderater og konstellasjonsstørrelser på ulike subkanaler.
- Det presenterte OFDM/AKM/QAM-systemet fordeler informasjonsbitene **optimalt** på subkanalene. Basert på estimer av signal/støy-forholdet, bestemmer subkanal-enkoderen kanalkapasiteten for subkanalen, og benytter deretter en kode med en informasjonsrate lik denne kanalkapasiteten.

HIPERLAN/2-modell

- For å vurdere ytelsen til OFDM-systemet i HIPERLAN/2, var det nødvendig å lage en modell av linkadapteringen.
- De bestemte fadingregionene med tilhørende trelliskoder fra OFDM/AKM/QAM-systemet ble benyttet for HIPERLAN/2-modellen. Dette er et system som ligner på de fysiske modiene i HIPERLAN/2-standarden.
- Ide for HIPERLAN/2-modell:
 - Generere en uavhengig prøve av signal/støy-forholdet på hver subkanal.
 - Minimere over alle subkanaler for å finne det laveste signal/støy-forholdet.
 - Benytte signalkonstellasjon og koderate tilpasset dette signal/støy-forholdet på alle subkanaler samtidig.
- Problem: Bare koder fra de laveste fadingregionene ble benyttet.

HIPERLAN/2-modell

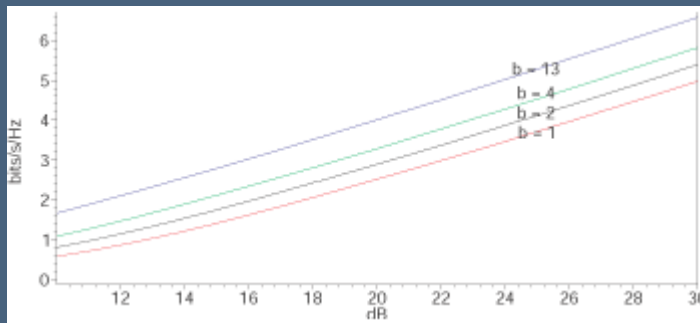
- Subkanalkorrelasjon ble derfor modellert ved å dele subkanalene inn i n_B blokker med b subkanaler i hver blokk. For hver blokk ble det generert en felles prøve av signal/støy-forholdet.
- La $\gamma_{\min_B} = \min\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{n_B}\}$ være det minste signal/støyforholdet blant de n_B blokkene.
- La videre $n_{\min_B} \in \{1, 2, \dots, N\}$ være fadingregionen hvor $\gamma_{n_{\min_B}} \leq \gamma_{\min_B} < \gamma_{n_{\min_B} + 1}$.
- Da kan den gjennomsnittlige spektrale effektiviteten uttrykkes ved:

$$\text{ASE}(\bar{\gamma}, b) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \frac{Q \cdot (\log_2(M_{n_{\min_B}}^k) - c/L)}{T_{\text{OFDM}} \cdot W_{\text{total}}} \quad [\text{info.biter/sek/Hz}]$$

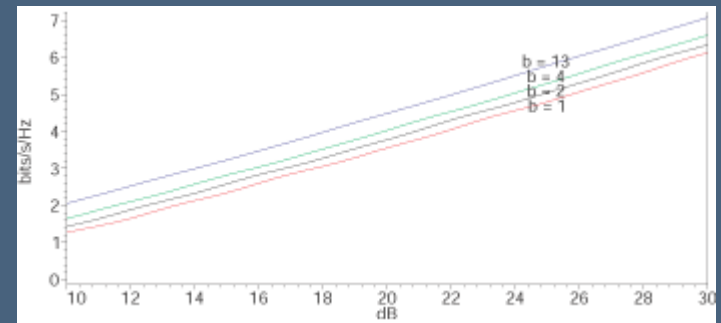
HIPERLAN/2: Ytelse

- Ytelsen til HIPERLAN/2 ble estimert ved å beregne den gjennomsnittlige spektrale effektiviteten til HIPERLAN/2-modellen.

ASE for HIPERLAN/2-modell
for C^* der $c=L=m=1$ og $H=2$:



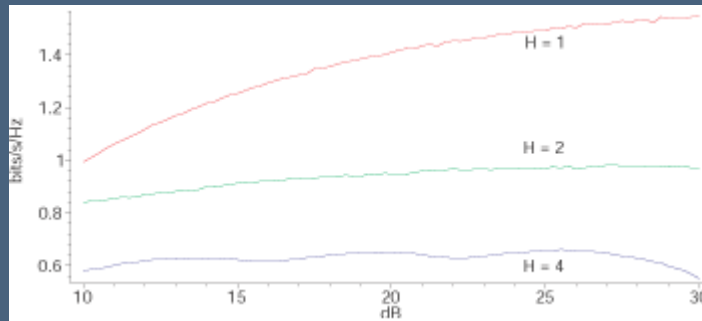
ASE for HIPERLAN/2-modell
for C^* der $c=L=1$, $m=2$ og $H=2$:



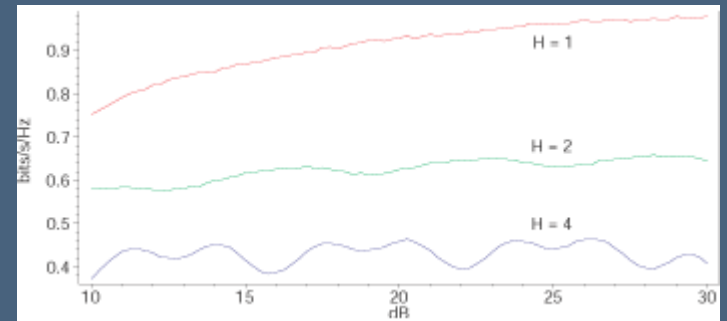
HIPERLAN/2: Forbedringspotensialet

- De gjennomsnittlige spektrale effektivitetsverdiene for HIPERLAN/2 ble sammenlignet med de tidligere beregnete skrankene for OFDM/AKM/QAM-systemet.

ASE-differanse ved MLD for $c=L=m=1$:



ASE-differanse ved MLD for $c=L=1$ og $m=2$:



- Informasjonsratens forbedringspotensiale:
 - Ved Rayleigh-fading ($m=1$): (9.8 , 22.8) [Mbit/sek].
 - Ved tilnærmet Rice-fading ($m=2$): (6.5 , 14.6) [Mbit/sek].

Oppsummering

- Kanalkapasiteten til en flat-fadende AWGN-kanal ble beregnet for dekodingsteknikkene MLD og SD.
- Det ble beregnet nye øvre skranker for gjennomsnittlig spektral effektivitet for et AKM-system og et OFDM/AKM/QAM-system for dekodingsteknikkene MLD og SD.
- *Sammenligning viser at ytelsen til HIPERLAN/2 kan forbedres betydelig ved å benytte AKM slik som det er beskrevet i denne oppgaven.*