

【技術分類】 1 - 2 - 3 構成と基礎理論 / キャパシティ / Random チャネルキャパシティ

【 F I 】 H04J15/00 H04L1/06

【技術名称】 1 - 2 - 3 - 1 Ergodic Capacity

【技術内容】

原理:

フラットなフェージング環境におけるMIMOでの通信路容量の計算法について様々な方式において示した。また、複数のアンテナの使用により通信路容量が大きく増える事を示し、非常に高いビットレートが実現できることを示した。求めた通信路容量から累積分布補関数(CCDFs complementary cumulative distribution functions)を求めているものもある(図参照)。

詳細:

通信路モデルについて説明する。 n_T 、 n_R を送信アンテナ数と受信アンテナ数、また、送信信号を $s(t)$ とし、総電力を $\hat{P}$ 、受信信号を $r(t)$ 、各ブランチの電力を P とする。雑音電力を N とすれば、ブランチの平均SNRは P/N となる。通信路行列を $\mathbf{g}(t)$ 、標準形を $\mathbf{h}(t)$ とし、それぞれを周波数領域に変換したものを $\mathbf{G}$ 、 $\mathbf{H}$ とする。その時 $\mathbf{g}(t) = (\frac{P}{\hat{P}})^{\frac{1}{2}} \mathbf{h}(t)$ となる。

一般的に通信路容量 $C = \log_2(1 + \rho \|\mathbf{H}\|^2)$ 、 $\rho = E_s / N_0$ と表す事ができる。

MIMOの場合の通信路容量は送信信号が各ブランチ間で同じ電力でガウス分布している場合は

$$C = \log_2 \det[\mathbf{I}_{n_R} + (\rho/n_T)\mathbf{H}\mathbf{H}^\dagger]$$

となる。ここで、 $\mathbf{I}_{n_R}$ は $n_R \times n_R$ の単位行列、 † は複素共役転置を表す。

また、一度に一つの送信アンテナしか使用せずに送信アンテナを順に使用すると、その通信路容量は

$$C = (1/n_t) \sum_{i=1}^{n_t} \log_2[1 + \rho \chi_{2n_R i}^2]$$

となる。

他にはフェージング環境における通信路容量の下限に関する考察もある。

長所:

複数のアンテナを使用することにより、様々な方式において大きな通信路容量を得ることができる。

従来技術・歴史:

MIMOにおける通信路容量の計算は、屋内の無線LAN技術の発展に従って行われている。近年ではMIMOに関する研究も盛んに行われている。

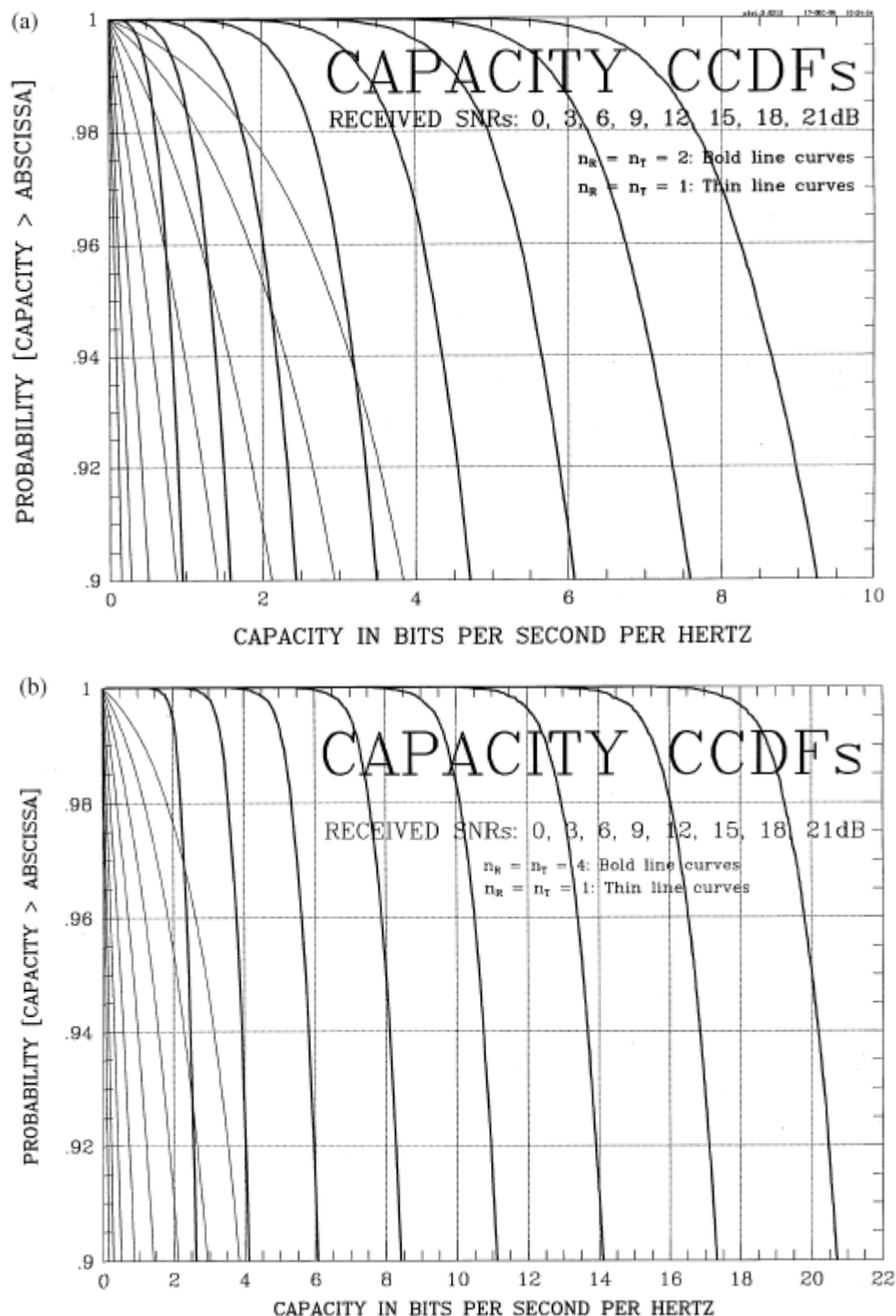
【図】

通信路容量のCCDFs： 通信路は統計的に独立なレイリーフェージング。

パラメータは、受信平均SNR（0から21dB間を3dBステップ）。

(a)は、送受信アンテナ数が共に2本の場合を太線，共に1本の場合を細線で表示。

(b)は、送受信アンテナ数が共に4本の場合を太線，共に1本の場合を細線で表示。



出典：“On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment when Using Multiple Antennas”, “Wireless Personal Communications 6”, “1998”, “G.J.FOSCHINI and M.J.GANS 著”, (© 1998, Kluwer Academic Publishers) “p.323, Figure 1: Capacity: Complementary Cumulative Distribution Functions”

【出典 / 参考資料】

[1] “ On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment when Using Multiple Antennas ” ,
“ Wireless Personal Communications 6:pp.311-335 ” , “ 1998 ” , “ G.J.FOSCHINI and M.J.GANS 著 ”

【技術分類】 1 - 2 - 3 構成と基礎理論 / キャパシティ / Random チャネルキャパシティ

【 F I 】 H04J15/00 H04L1/06

【技術名称】 1 - 2 - 3 - 2 Outage Capacity

【技術内容】

音声通信などの有限伝送ブロックの場合、Outage Capacity というキャパシティの定義がある。これは、ある規定の伝送品質を保証するキャパシティのことである。

$q\%$ Outage Capacity $C_{out,q}$ とは、チャネルの $(100-q)\%$ に対して保証される情報レート、として定義される。情報レートの累積分布関数 CDF(Cumulative Distribution Function) P に対して、 $P(C \leq C_{out,q}) = q\%$ 、が成立する[2][3]。

図 1 に Ergodic Capacity と Outage Capacity の関係を示す。Ergodic Capacity とは、チャネルのエレメント分布に関する平均情報レート、のことである。

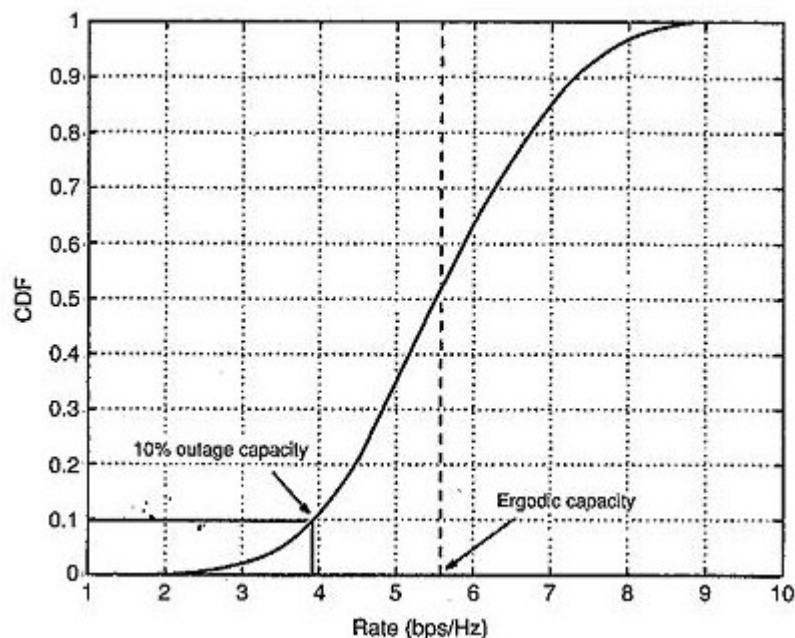
図 2 に 10 % の Outage Capacity の一例を示す。これは、i.i.d.(independent identically distributed)チャネルで送受信アンテナを 1 から 4 本にした場合である。

なお、i.i.d. チャネルとは、送受信アンテナ間のチャネルパスに対して、振幅が同一レイリー分布、変動が無相関となるチャネルのことを言う。

アンテナが 1 本のときの 2 bit/s/Hz に必要な SNR が約 15dB であるのに対して、アンテナが 2 本では 5dB、アンテナが 4 本で 0dB 以下と、アンテナ数が増えると線形にキャパシティが増加していることが明白である。

【図 1】

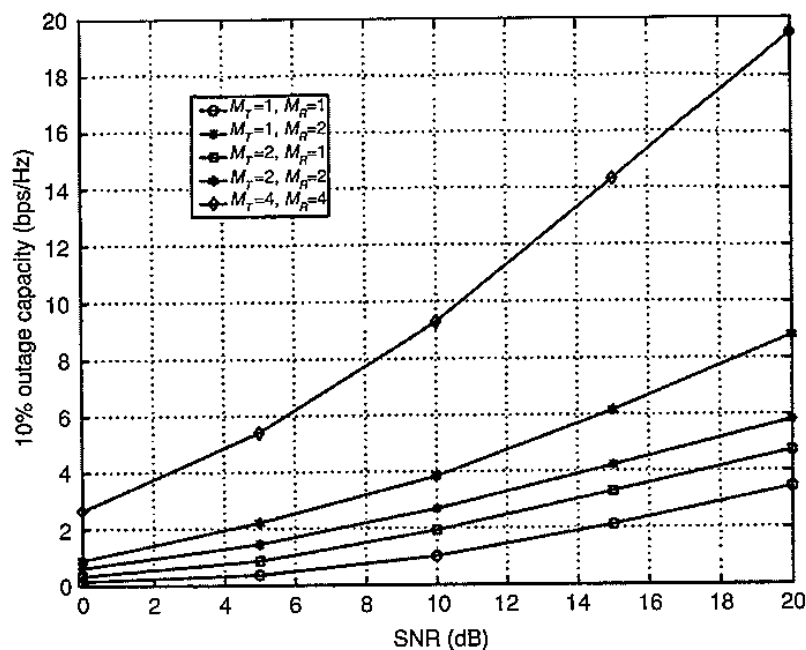
Ergodic Capacity and Outage Capacity



出典： " Introduction to Space-Time Wireless Communications " , " Chapter 4.5 Capacity of random MIMO cahnnels " , " 2003 " , " Arogyaswami Paulraj, Rohit Nabar and Dhananjay Gore 著 " , " Cambridge University Press 発行 " , " p. 72, Figure 4.4: Ergodic Capacity and Outage Capacity "

【図 2】

10% Outage Capacity



出典： " Introduction to Space-Time Wireless Communications " , " Chapter 4.5 Capacity of random MIMO cahnnels " , " 2003 " , " Arogyaswami Paulraj, Rohit Nabar and Dhananjay Gore 著 " , " Cambridge University Press 発行 " , " p. 76, Figure 4.8: 10% Outage Capacity "

【出典】

[1] " Introduction to Space-Time Wireless Communications " , " Chapter 4.5 Capacity of random MIMO cahnnels " , " 2003 " , " Arogyaswami Paulraj, Rohit Nabar and Dhananjay Gore 著 " , " Cambridge University Press 発行 "

【参考資料】

[2] " Information theoretic considerations for cellular mobile radio " , " IEEE Trans. Veh. Technol.,43(2), pp.359-378 " , " May 1994 " , " L.Ozarow, S.Shamai and A.W yner 著 "

[3] " Fading channels: Information-theoretic and communications aspects " , " IEEE Trans. Inf. Theory, 44(6), pp.2619-2692 " , " October 1998 " , " E.Biglieri, J.Proakis and S.Shamai 著 "