2144 最適マトリクス変換による伝送路と情報の整合方式

（東京大学工学部）
尾佐竹徇，田中英彦

はじめに　最近送信情報にマトリクス変換を施こして伝送効果を上げる方式が注目され種々の方式が提案されている．しかし現在迄のところ，送信側，受信側に於けるマトリクス変換を一般的に論じ，伝送路及び情報に対応して情報を如何に変換するのがよいか明らかにされていない．ここではその点に関する解明をおこない，更に伝送チャネル数と送信情報の数とが異なる場合の問題も明らかにしたのでその結果を御報告する．

本文　図1は方式のモデルである．送信情報はk次元のベクトル$\boldsymbol{x}$でありこれを適当な送信行列Aによってmヶの送信信号$\boldsymbol{S}$（ベクトル）に変換する．伝送路としては相互に干渉があり又減衰も異なる並列mチャネルを仮定し，それに雑音$\boldsymbol{n}$が各々加算されるものとする．受信側では受信ベクトル$\boldsymbol{r}$を受信行列Dに通しそれによって受信情報$\boldsymbol{y}$（k次）を得る．一方送信情報，雑音それぞれの相関行列は既知としてそれぞれR, Qによって表わし，又伝送路行列をTとする．

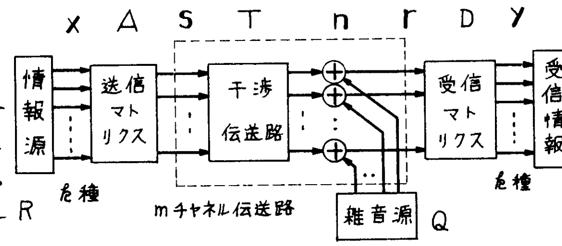

図1　マトリクス変換方式

以上のような伝送方式に対し最適な送受信行列A, Dを求めることが本文の問題である．解析の制約条件は(1)送信電力条件と(2)出力信号の無歪条件とであるが，(1)はmヶの送信信号の全電力和P_sを一定とする条件で，(2)は出力信号に他情報からの漏れが無く又出力のスケールも元情報と一致させるという条件である．(2)の条件は用いる対象によって必要か否かが異なるのでこの条件を入れる場合と入れない場合との2通りについて解析した．又最適性の評価関数としては出力信号と送信情報信号との誤差電力を各情報について重み付けしその和を最小とすることとした．このモデルについて解析をおこない，最適送受信行列とそれを用いた場合の各情報出力のSNR等の一般解が求められた．その結果の一例として無歪条件を入れない場合を示せば次のようになる．まず最適送受信行列は，$\ell = \min(k, m)$ として

$$A = U A_1 \Xi^{-1}, \qquad D = \Xi D_1 {}^t U T^{-1}$$

但し，$m \geqq k$ なら $A_1 = \begin{pmatrix} A_0 \\ \hdashline O \end{pmatrix}$　$D_1 = (D_0 \,\vdots\, O)$　$m < k$ なら $A_1 = (A_0 \,\vdots\, O)$　$D_1 = \begin{pmatrix} D_0 \\ \hdashline O \end{pmatrix}$

ここに，A_0, D_0は$\ell \times \ell$の対角行列でその成分$\{a_i\}$, $\{d_i\}$は

$$a_i = \frac{P_s}{\sigma}\left[\left(P_s + \eta \sum_{j=1}^{\ell} w_j\right)\left(\sum_{j=1}^{\ell}\sqrt{w_j g_j}\right)^{-1}\sqrt{\frac{g_i}{w_i}} - \eta\right]^{\frac{1}{2}} \qquad d_i = \frac{\sigma^2 a_i}{\eta w_i + \sigma^2 a_i^2}$$

又U, Vはそれぞれ行列$W = T^{-1} Q\, {}^t T^{-1}$, Rの固有直交行列で，その固有値を$\{\eta w_i\}$, $\{\sigma^2 \rho_i\}$とした時，$\sqrt{\rho_i}$を対角成分とする行列をR_2としてできる行列$G = R_2 {}^t V \Phi V R_2$の固有直交行列が$Z$で，固有値が$\{g_i\}$である．更に$\Phi$は重み行列で$\Xi = V R_2 Z$である．

各出力のSNRも同様に求められ，又無歪条件が入った場合には最適送受信行列の形は同じであるが，a_i d_iの値が少し変化する．又電力条件を弦張して各チャネル毎の条件にすることも可能である．本方式は適用範囲が広く，例えば並列のみならず直列伝送に於ける干渉補償方式，画像帯域の圧縮方式，最適フィルタ構成等に用いることができる．図2は直列2進両極性パルス伝送の干渉補償方式として応用した例の一結果である．図中ϵ_1, ϵ_2は規格化干渉量である．

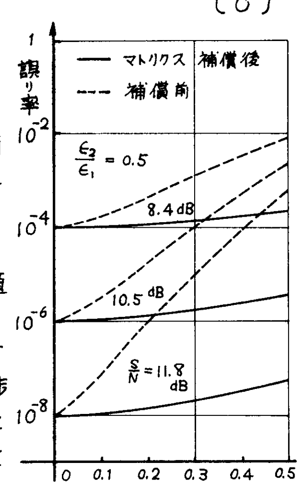

図2　全干渉量（$\epsilon_1 + \epsilon_2$）