



日本学術会議 URSI-F No. 552/553 April 22, 2011

フェージングエミュレータ型 MIMO-OTA端末評価システムの構築

~ 広帯域伝搬環境を簡易な構成で実現する ~

唐沢好男 小佐古 昂 (電気通信大学)





発表内容 1. MIMO OTAの分類 2. フェージングエミュレータ型の細分類 パス制御型(FE-1)とアンテナ制御型(FE-2) 3. FE-2型狭帯域測定系の構築と実験 4. FE-2 型広帯域測定系の構成提案 5.構築中のシステム紹介 6. まとめ





MIMOの研究動向

○ 情報伝送方式 ○ システム応用 〇 装置開発(基地局、端末)

O MIMO端末特性評価環境構築と測定法

ニーズが高まってきている まだ、研究が薄い 標準測定法の必要性









OTA: Over-the Air









MIMO-OTA 測定系に対する要求条件































フェージングエミュレータ(FE)タイプOTA: 全体構成



9













FE-2型:狭帯域









FE-2型:広帯域









<u>簡易構成型(Type2:狭帯域)の構築</u>



伝搬チャネルの制御を散乱体アンテナ単位で行う









アンテナ配置 (ドップラー周波数設定)

O x 軸対称に置かないO y 軸対称に置かないO 点対称に置かない









フェージングエミュレータ方式の実験系構築と 初期実験(狭帯域システム)(AP研2011年1月:小佐古他)

<u>チャネル特性測定の概要</u>

- 使用周波数:5GHz(CW)
- MIMO構成: 2×2MIMO
- 散乱体アンテナ本数(L):8本
- 想定端末移動速度: 20m/s (72km/h)
- ・ 受信アンテナ間隔: 0.5 λ (3cm)
- ・ OTAアンテナで形成される円の半径:1m
- 散乱体アンテナ高:約1.1m
- ・ 使用アンテナ:半波長ダイポール
- 偏波:垂直偏波





コネクションマトリクス









Doppler Shifter の構成









Connection Matrix



試作システムの外観









電波暗室内でのアンテナ配置











Reference Signal:10MHz & Trigger Signal









FE-2型の特徴

- 適応信号処理を含まず、簡易な構成で実現できる
- 広帯域環境(周波数選択性フェージング環境)生成が このままでは困難

適応信号処理を一切含まない、マルチパス遅延環境の 生成は可能か?

FPGAによる遅延波生成・空間合成によるレイリー変動 生成・直交符号による変動の独立性を機能分担よって 実現する方式を提案







Part A Connection Matrix



AWCC



24





















受信
r(t) = H(t, \tau) ⊗ s(t) + h(t) チャネルモデル
H(t, \tau) = A_{RX}A_{Doppler}(t)H_{delay}(\tau)A_{TX}
チャネル特性
遅延生成

$$A_{TX} = (w_1 \quad w_2 \quad \cdots \quad w_M)$$

 $w_m = (w_{m1} \quad w_{m2} \quad \cdots \quad w_{mL})^T$
 $\gamma \beta' \overline{\neg - \nu}$ 符号
 $H_{delay}(\tau) = \sum_{k=1}^{K} A_{dalay}^{(k)} \delta(\tau - \tau_k)$
 $A_{dalay}^{(k)} = \text{diag}(\alpha_1^{(k)}c_k \quad \alpha_2^{(k)}c_k \quad \cdots \quad \alpha_L^{(k)}c_k)$
 $A_{Doppler}(t) = \text{diag}(e^{j2\pi f_{D1}t} \quad e^{j2\pi f_{D2}t} \quad \cdots \quad e^{j2\pi f_{D1}t}) \quad f_{D1} = \frac{v}{\lambda}\cos\theta_i$
 $A_{RX} = (v_1 \quad v_2 \quad \cdots \quad v_L)$
 $v_l = (v_{l1} \quad v_{l2} \quad \cdots \quad v_{lN})^T$
 $v_{ln} = e^{jkd_n\cos(\theta_l - \theta_0)}$
 $\tau \nu - \mathcal{G}$







オーバーオールチャネル特性







WH符号の積の再生性









<u>送信ポートが異なり (m ≠ m')遅延が同じ波(k)の相関</u>

$$\left\langle a_{nm}^{(k)*}(t)a_{nm'}^{(k)}(t)\right\rangle = \sum_{l=1}^{L} w_{ml}\alpha_{l}^{(k)}w_{m'l}\alpha_{l}^{(k)}\left|c_{k}\right|^{2} = 0$$

送信ポートが同じで(m)、遅延が異なる波 (
$$k \neq k'$$
)の相関
 $\left\langle a_{nm}^{(k)*}(t)a_{nm}^{(k')}(t) \right\rangle = \sum_{l=1}^{L} w_{ml} \alpha_{l}^{(k)} w_{ml} \alpha_{l}^{(k')} c_{k} c_{k'}$
 $\begin{cases} = 0 \qquad (\alpha_{l}^{(k)} \text{ がアダマール符号の場合}) \\ \approx 0 \qquad (\alpha_{l}^{(k)} \text{ を乱数で与えた場合}) \end{cases}$



結論



UEC Tokyo

送信ポートが異なり、遅延も異なる波 $(m \neq m', k \neq k')$ の相関 $\left\langle a_{nm}^{(k)*}(t) a_{nm}^{(k')}(t) \right\rangle = \sum_{l=1}^{L} w_{ml} \alpha_{l}^{(k)} w_{m'l} \alpha_{l}^{(k')} c_{k} c_{k'}$ $\begin{cases} = 0 \qquad w_{ml} \alpha_{l}^{(k)} \neq w_{m'l} \alpha_{l}^{(k')} \\ \neq 0 \qquad w_{ml} \alpha_{l}^{(k)} = w_{m'l} \alpha_{l}^{(k')} \end{pmatrix} \longrightarrow \mathbb{N}G$ $\approx 0 \qquad (\alpha_{l}^{(k)} \in \mathbb{N})$

強い遅延波の $\alpha^{(k)}$ には、アダマールコードを、使えるコードが なくなったら、弱い遅延波には乱数をあてる。 例えば、M=2で w_1 , w_2 をコネクションマトリクスで使ったら、遅 延に使えるアダマールコードは、 w_1 , w_3 , w_5 , w_7 、レベルの強 い4つの遅延波にこれを充て、弱い波については乱数で







送信入力ポート信号変動の直交生成と遅延波間の直交生成の独立性の関係











まとめ

提案方式(FE-2:アンテナ制御型)は、

- 1) 高機能構成(FE-1:パス制御型)と同等機能が実現できる (遅延波10波、最大遅延10μsec)
- 2)IF信号をIF信号のまま、AD変換速度(fs>150MHz)で パイプライン処理し、適応信号処理を含まない
- 3) 機能は、FPGAによるディジタル信号処理部(マルチパスは生成)と ドップラーシフトを与える高周波部よりなり、この二つで機能を 分担する

4) 簡易な構成で安価に実現できる

現在、FPGAを用いてシステム 構築 中