

直交射影CMAで制御される アダプティブアレーを用いた マルチユーザ・ディテクション

邵 文凱, 府川 和彦, 鈴木 博
東京工業大学

発表内容

背景

- 従来のRLS形CMA

提案アルゴリズム

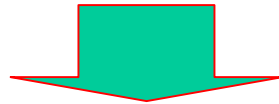
- 直交射影CMA

計算機シミュレーション

結論

ブラインド信号処理

✚ アダプティブアレーのブラインド信号処理



CMA (Constant Modulus Algorithm)

CMA とは

- ✧ アレー出力の振幅を一定になるよう制御
- ✧ トレーニング信号の情報が不要

CMAによるブラインド信号処理

✚ CMAの問題点と補償技術

□ 収束速度が遅い

✎ 収束特性の優れたRLS形CMAを導入

□ 多くの場合, 最大受信電力の信号のみを抽出

✎ マルチステージ形CMA

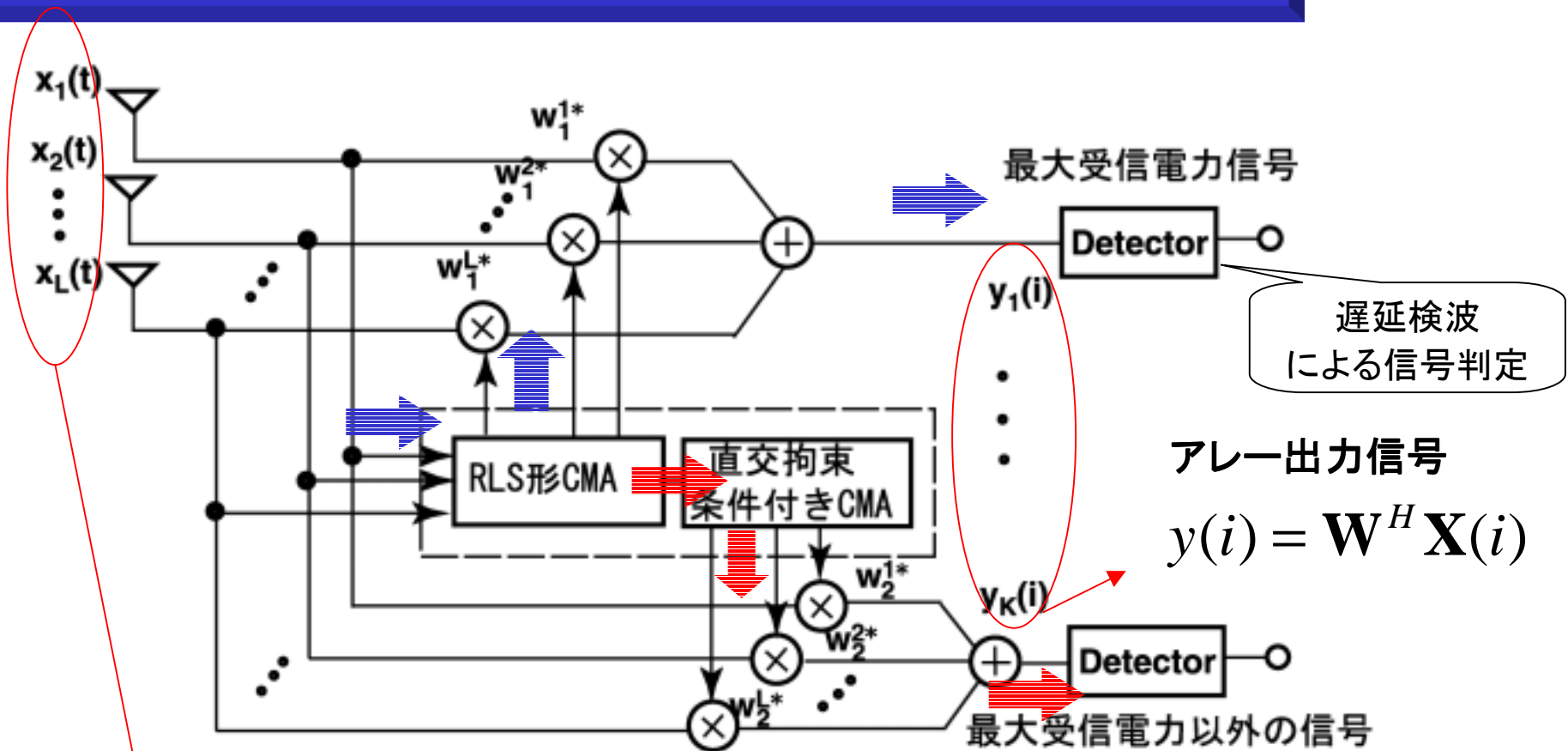
抽出されたユーザの判定信号にインパルス応答を乗算してレプリカ信号を生成し, 受信信号から順次差し引く.

(誤り率が悪い状況では伝送特性が悪化)

✎ 直交射影CMAを提案

前段階で求めたアレー重み付け係数ベクトルからインパルス応答ベクトルを求め, これに直交するように新たな重み付け係数ベクトルを推定する.

提案アルゴリズムを用いた受信機の構成




$\mathbf{X}(i) = [x_1^*(i) \quad x_2^*(i) \quad \cdots \quad x_L^*(i)]$: 受信信号ベクトル

$\mathbf{W}^H = [w_1^*(i) \quad w_2^*(i) \quad \cdots \quad w_L^*(i)]$: 重み付け係数ベクトル

CMAの評価関数: $J_1(i) = \sum_{k=1}^i \lambda^{i-k} \{\sigma - |y(k)|\}^2$

評価関数 $J_1(i)$ を最小にする
重み付け係数ベクトル \mathbf{W} を求める


$$\frac{\partial J_1(i)}{\partial \mathbf{W}} = -2\sigma \sum_{k=1}^i \lambda^{i-k} \mathbf{X}(k) \frac{y^*(k)}{|y(k)|} + 2 \sum_{k=1}^i \lambda^{i-k} \mathbf{X}(k) \mathbf{X}^H(k) \mathbf{W} = 0$$

ここで, $d(k) = \frac{\sigma y(k)}{|y(k)|}$ の \mathbf{W} に対する依存性無視



$$\left[\sum_{k=1}^i \lambda^{i-k} \mathbf{X}(k) \mathbf{X}^H(k) \right] \mathbf{w}_1(i) = \sum_{k=1}^i \lambda^{i-k} \mathbf{X}(k) d^*(k)$$

正規方程式に相当



逐次形式はRLSアルゴリズムと同じ

直交射影CMA

$\hat{\mathbf{W}}_{c1}(i)$: RLS形CMAで求めた重み係数

最大受信電力の信号に対するインパルス応答に相当

$$\hat{\mathbf{W}}_{c1}(i) = \mathbf{P}(i) \hat{\mathbf{V}}_{c1}$$

$\mathbf{P}(i)$: $\mathbf{X}(i)$ の自己相関行列の逆行列

$$\mathbf{R}(i) \hat{\mathbf{W}}_{c1}(i) = \hat{\mathbf{V}}_{c1} \quad \mathbf{P}(i) = \mathbf{R}^{-1}(i)$$

$\hat{\mathbf{V}}_{c1}$ に直交する拘束条件の下で
CMAを動作


$$\hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{W}_2 = 0$$

受信電力が2番目以降の信号も抽出できる

直交射影CMAの評価関数:

$$J_2(i) = J_1(i) + \lambda_L \mathbf{W}^H \hat{\mathbf{V}}_{c1}$$

Lagrangeの未定乗数

$$\frac{\partial J_2(i)}{\partial \mathbf{W}} = -2 \sum_{k=1}^i \lambda^{i-k} \mathbf{X}(k) d^*(k)$$

$\mathbf{V}(i)$

$$+ 2 \sum_{k=1}^i \lambda^{i-k} \mathbf{X}(k) \mathbf{X}^H(k) \mathbf{W} + 2 \lambda_L \hat{\mathbf{V}}_{c1}$$

$\mathbf{P}^{-1}(i)$

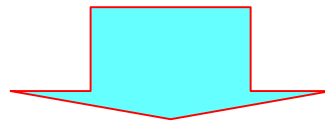


$$\mathbf{W}_2(i) = \mathbf{W}_1(i) - \lambda_L \mathbf{P}(i) \hat{\mathbf{V}}_{c1}$$

$\hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{W}_2 = 0$ という直交条件を満たす必要がある

$$\hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{W}_2(i) = \hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{W}_1(i) - \lambda_L \hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{P}(i) \hat{\mathbf{V}}_{c1} = 0$$

$$\lambda_L = \frac{\hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{W}_1(i)}{\hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{P}(i) \hat{\mathbf{V}}_{c1}}$$



$$\mathbf{W}_2(i) = \mathbf{W}_1(i) - \frac{\hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{W}_1(i)}{\hat{\mathbf{V}}_{c1}^H \mathbf{P}(i) \hat{\mathbf{V}}_{c1}} \mathbf{P}(i) \hat{\mathbf{V}}_{c1}$$

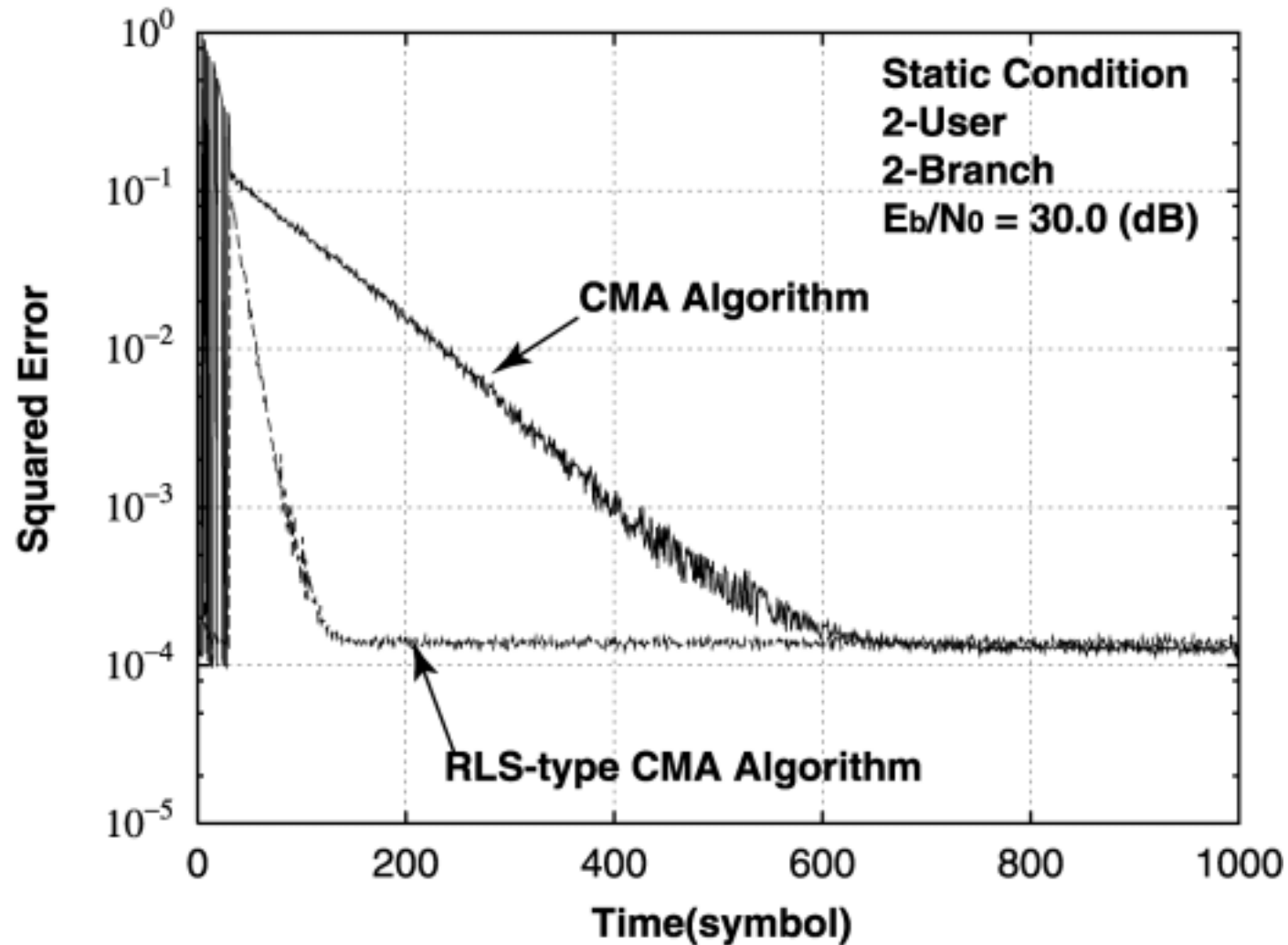
シミュレーション諸元

ユーザ数	2
受信アンテナ	2素子等間隔リニアアレー (半波長間隔)
変調方式(データ信号)	QPSK
検波方式	遅延検波
データ長	31+256(シンボル)
到来波角度差(Φ)	60° 又は30°

計算機シミュレーション

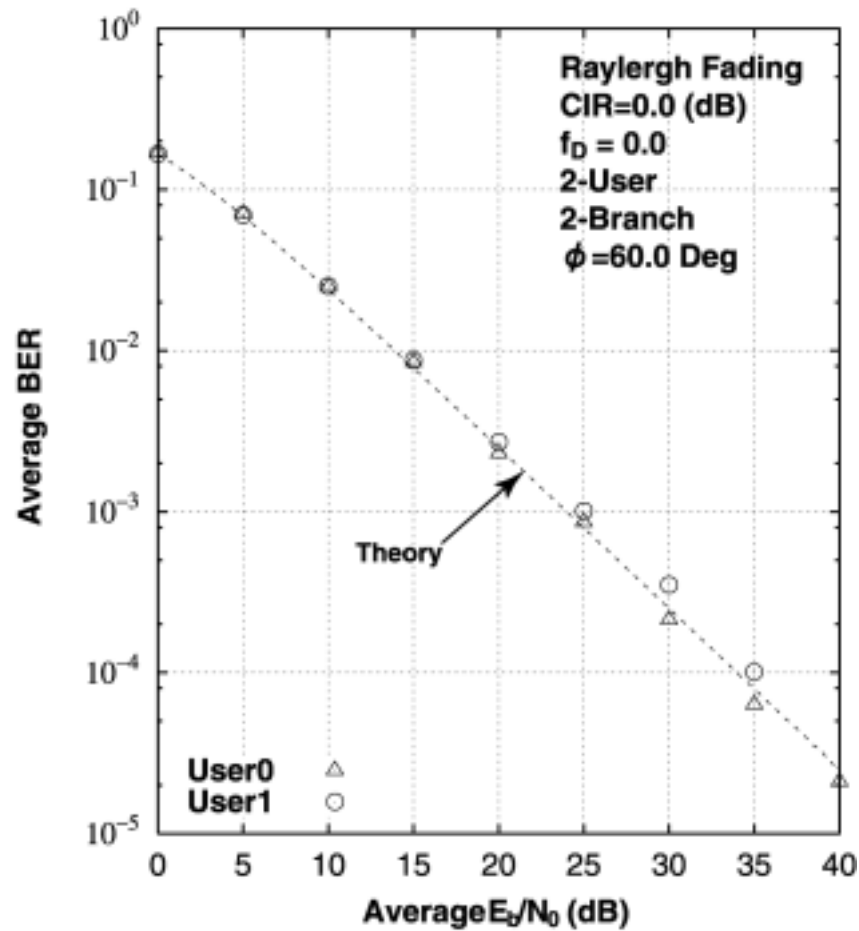
1. RLS形CMA

収束特性比較

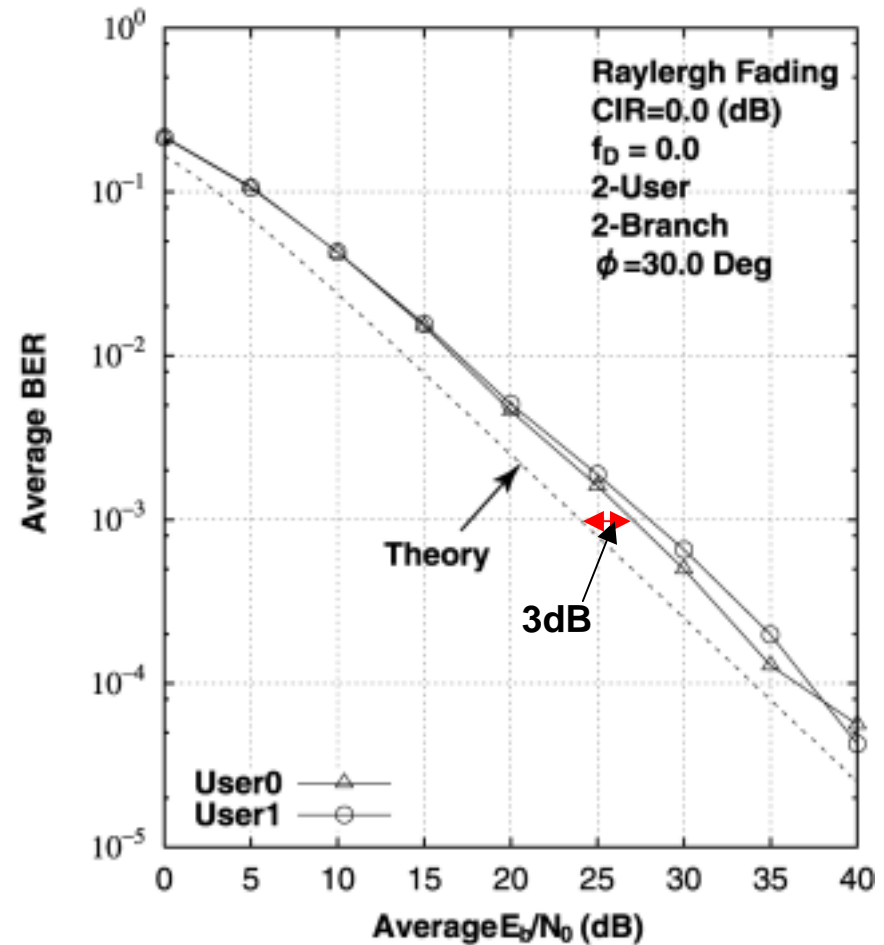


2. 直交射影CMA

レイリーフェージング条件におけるBER特性

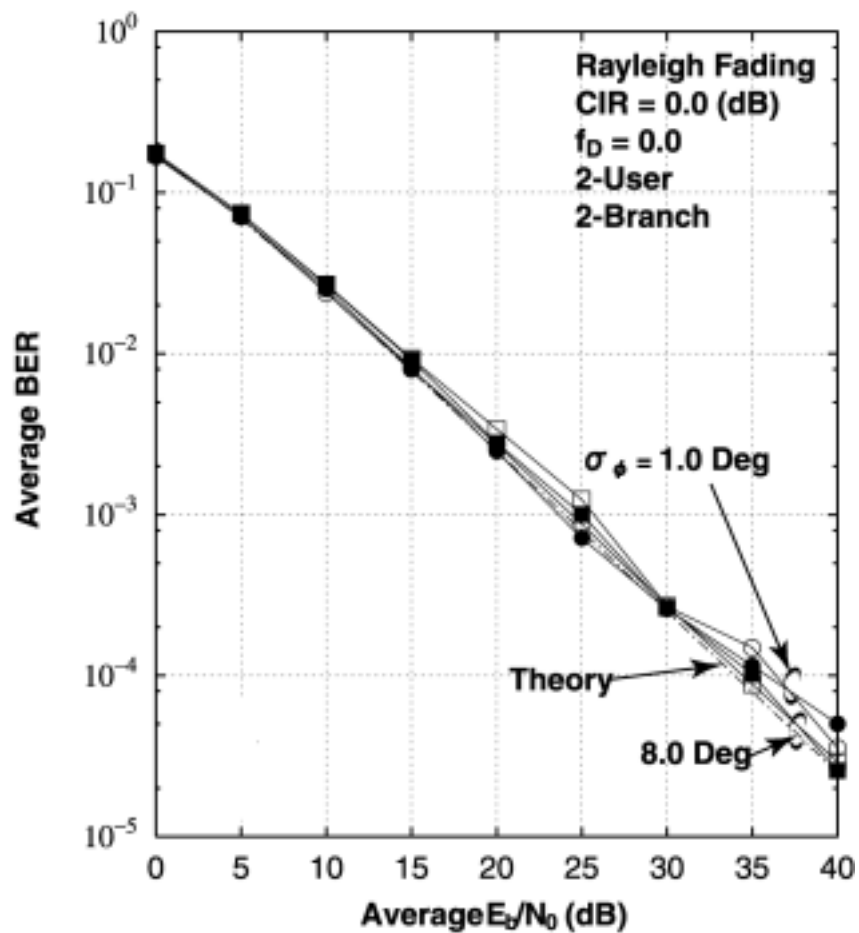


2ユーザの到来角度差が 60° 場合

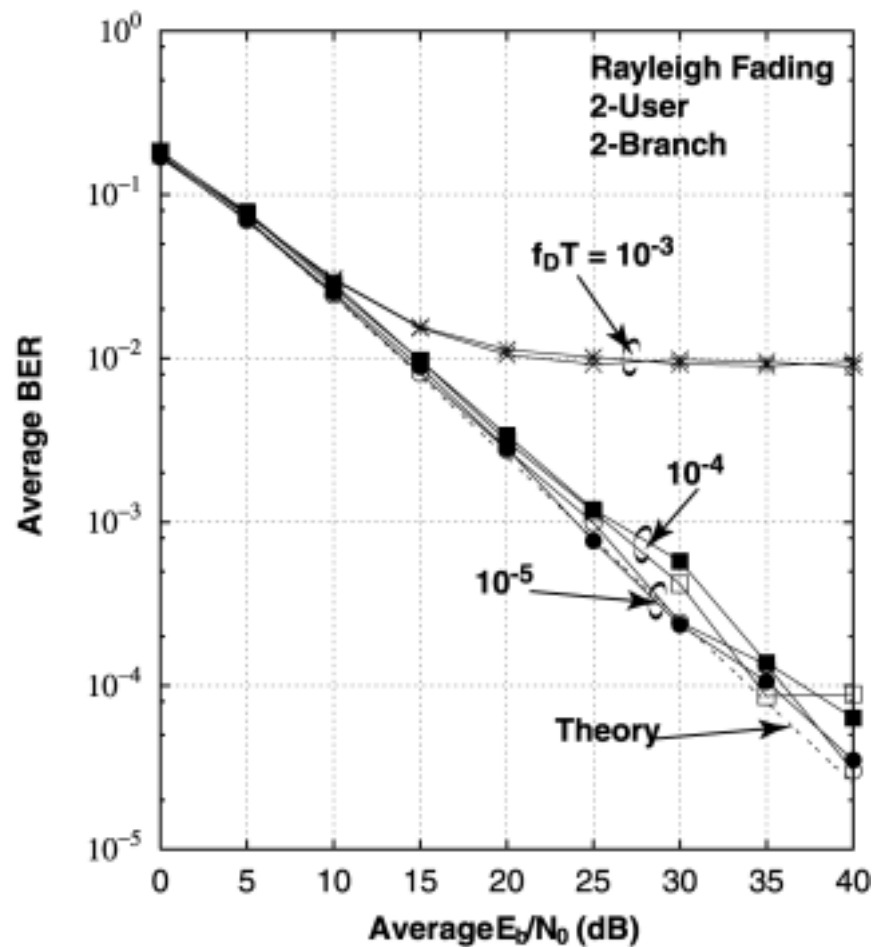


2ユーザの到来角度差が 30° 場合

2. 直交射影CMA

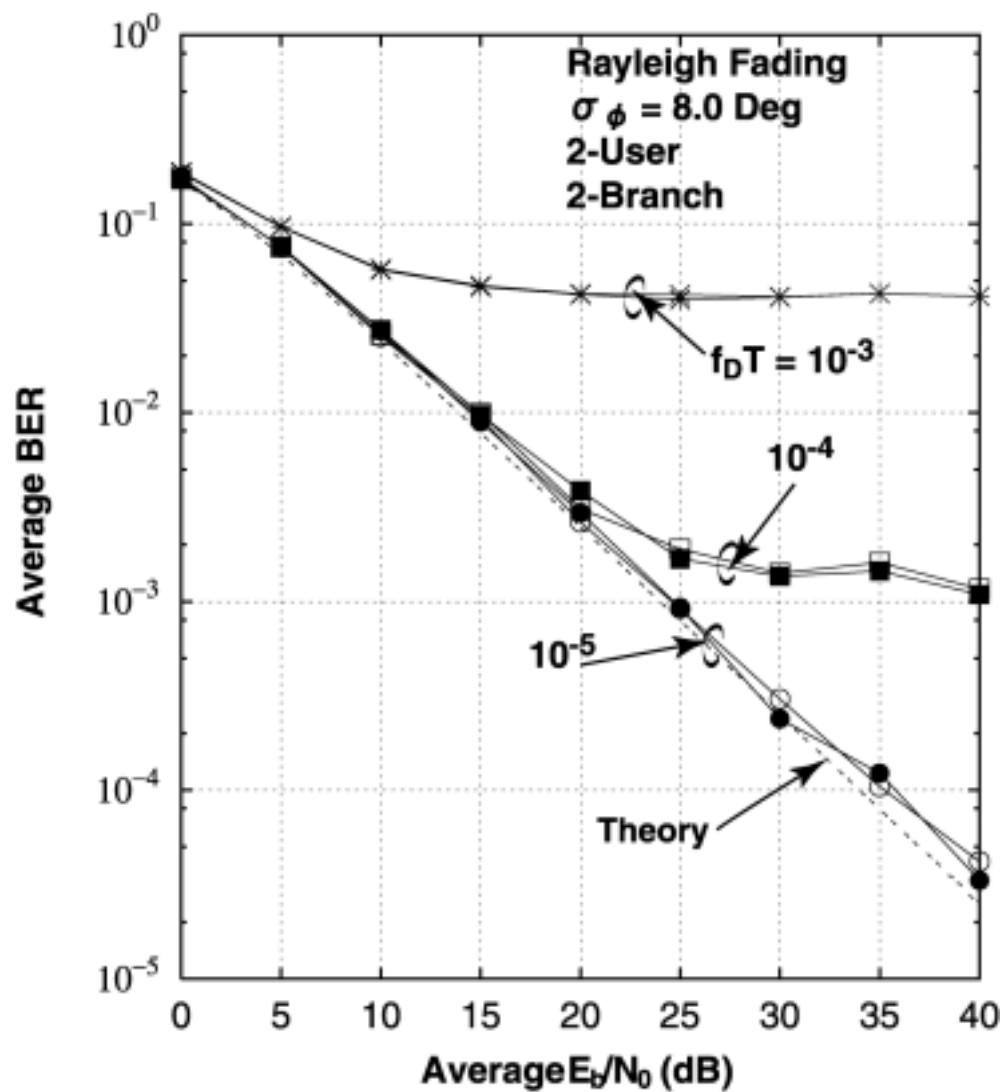


角度広がりがある場合



ドップラー周波数により
インパルス応答が変動する場合

2. 直交射影CMA



角度広がりがあり、
ドップラー周波によりインパルス応答が変動する場合

- ✦ アダプティブアレーを用いたマルチユーザ検波方式を検討した。
 - 収束を速くするため, **RLS形CMA**を導入
 - 最大電力以外の信号も検波するため, **直交射影CMA**を提案

- ✦ 計算機シミュレーションにより, 2ユーザ・レイリーフェージング伝送路で良好に動作することを確認した.