

高周波数帯を活用する 端末連携信号処理技術の研究開発

受付番号 145007108
平成26年度～平成27年度

研究代表者	村田英一	京都大学大学院 情報学研究科
	田野 哲	岡山大学大学院 自然科学研究科
	梅原大祐	京都工芸繊維大学 情報工学・人間科学系

研究開発の概要

年率2倍で増大するモバイルデータトラフィックへの対策

- フェムト(超小型)基地局の増設 → 予測しにくい干渉の増大
- MIMO空間多重数を拡大したい → 端末側アンテナ数の不足

混雑地での端末の信号処理能力を連携により向上する



■ 連携端末適応選択アルゴリズムと分散処理方式の開発

- 効果の高い連携端末群の適応選択
- 連携コストの削減
- 計算処理負荷, 消費電力負荷の低減と平均化

■ 高周波数帯における収集・配信用MACプロトコルの開発

- 信号収集・配信による端末連携の実現
- スケジューリングによるオーバヘッドの短縮
- スリープ機能による消費電力の低減

■ 信号検出器の高機能化(過負荷MIMO技術の適用)

- 線形信号検出の拡張
- 非線形信号検出の導入
線形信号検出への非線形信号検出の導入
- リソース制御機能付き信号検出

実証実験



既存設備
5.1 GHz 4信号基地局



新規導入端末(伝送実験6台)
Ettus X310 SDR
Dual RF
5.1 GHz 受信
12.8 GHz 連携送受信

4アンテナ基地局1台

連携端末最大6台

屋外伝送実験により**既存帯域効率4倍**を実証

帯域幅の制約により特定実験試験局周波数

5.1 GHz帯を基地局信号に (平成28年6月30日までEIRP 1 W以下)

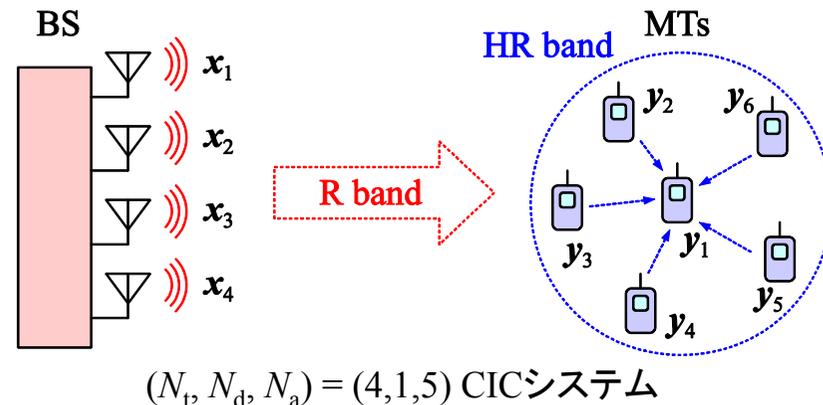
12.8 GHz帯を連携用信号に (平成31年6月30日までEIRP 1 W以下)

収集・配信プロトコルの効率化・低消費電力化

端末共同干渉キャンセラ(CIC)のための
Radio over Higher-frequency Radio (RoHR)

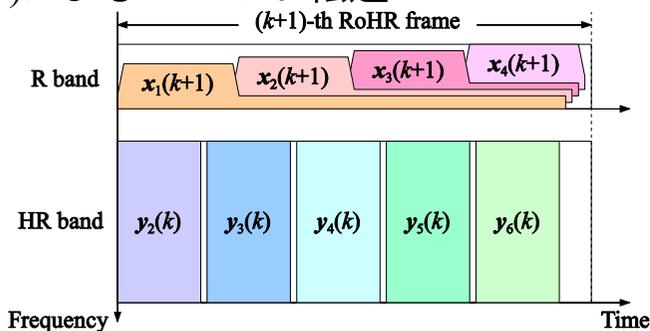
- $N_r - N_t + 1$ ブランチによる**ダイバーシチ利得**
- 親端末(CT) = 宛先端末(DT)による**復号フレーム配信を削減**
- DTを一端末とすることで、**1つの受信フレームの収集を削減**
- PCM-RoHR: Rバンドの信号PCMデータをHRバンドで転送
- PAM-RoHR: Rバンドの量子化振幅値をHRバンドで転送

N_t : 基地局(BS)の送信アンテナ数 N_r : 端末群の受信アンテナ数
 N_d : 宛先端末(DT)数 N_a : 連携端末(AT)数



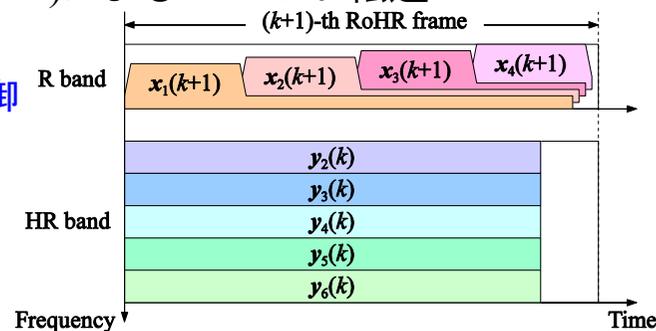
時間分割(TD)によるHRバンド転送

- **圧縮転送が適用可能**
- **マルチレートが適用可能**
- **フレーム間間隔(IFS)の存在**

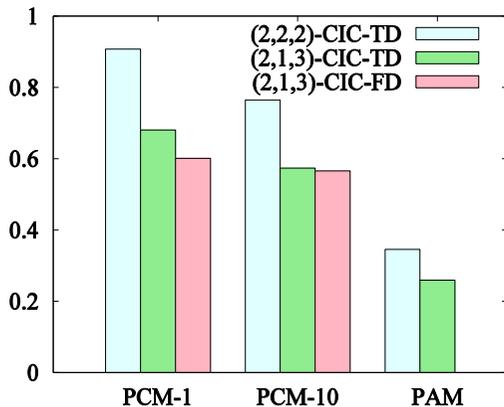


周波数分割(FD)によるHRバンド転送

- **IFSの削減**
- **送信電力制御の必要性**
- **タイミングマージンの低減**



Normalized frame transfer time T_{nf}



転送方式	PCM-1	PCM-10	PAM
量子化ビット数	12 bits/sample		—
帯域拡大率	40		20
連結フレーム数	1	10	1
変調方式	16-QAM		—
符号化率	1/2		—

正規化フレーム時間の評価

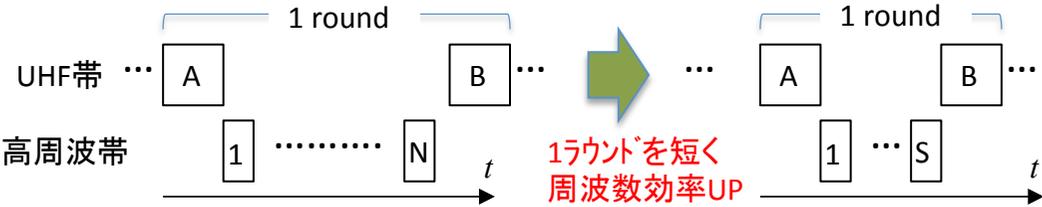
- Rバンド: QPSK, 符号化率1/2
- 無線LANと比べて、**プロトコルオーバーヘッドを50%以上削減**
- スリープ制御により、PAM-RoHRは**50%以上の低消費電力化が可能**

信号検出器の高機能化・低消費電力化

-過負荷MIMO受信機の適用による周波数利用効率向上-

目的

- 連携端末数削減による信号転送のオーバーヘッド低減⇒周波数利用効率向上
- 伝送特性の向上と宛先端末の低消費電力・演算量削減⇒実システムへの容易な導入



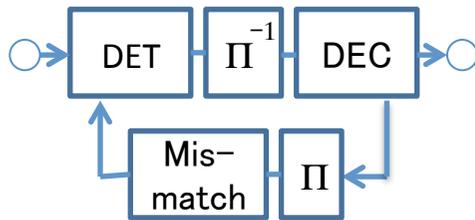
線形信号検出器

■ 提案法

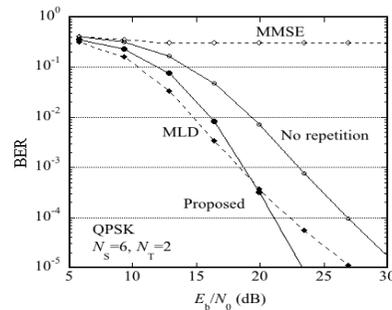
- ・ 逐次干渉補償法に次元拡張した基底格子縮小 ⇒ 線形信号処理でも協調端末数以上の信号検出
- ・ 繰返しノイズ除去法 ⇒ モデルミスマッチによる劣化補償
- ・ 低演算量型ソフト信号出力 ⇒ 軟判定復号を可能

■ 成果

- ・ 6信号受信時に、2協調端末だけでフロア誤り解消
- ・ 上記条件で、硬判定MLDより優れた伝送特性
- ・ オーバーヘッドを6分の1程度に低減可能、これにより周波数利用効率向上



提案繰返し復号



伝送特性

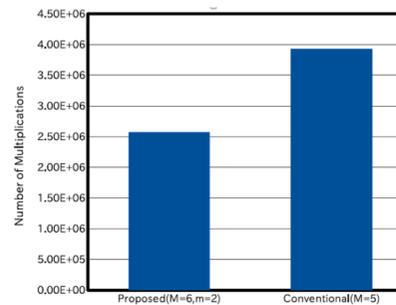
非線形信号検出器

■ 提案法

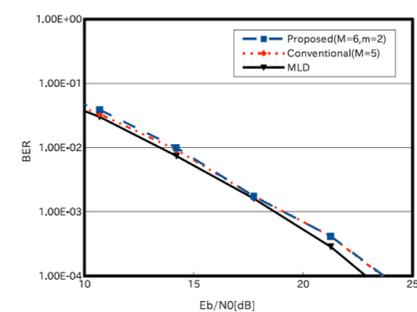
- ・ 拡張回転行列 ⇒ 検出器の演算量を制御可
- ・ 拡張回転行列の適応選択 ⇒ 伝送特性を約1.5dB改善
- ・ 回転行列のプリセレクション ⇒ 演算量低減

■ 成果

- ・ MLDと同等の優れた伝送特性特性
- ・ 演算量を従来法より40%削減, MLDの50分の1以下
- ・ オーバーヘッドを6分の1以下にも低減可能、これによりさらに周波数利用効率を向上



演算量(乗算回数)

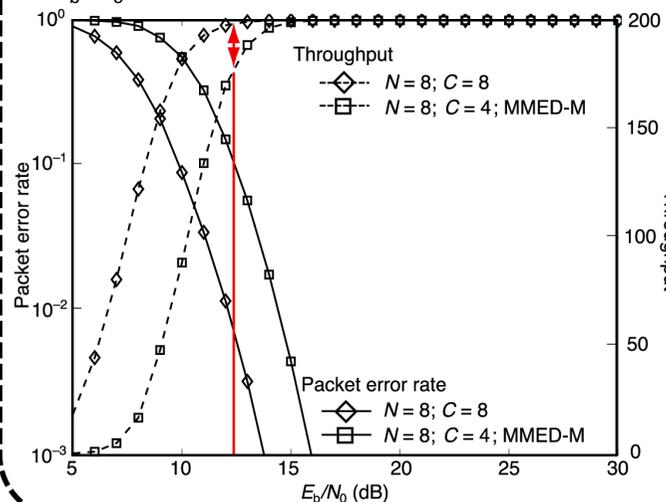


伝送特性

連携端末適応選択アルゴリズムと実証実験

連携端末適応選択アルゴリズム

- 共有信号数を増加させるほどMIMO受信特性が向上, 共有に要する時間や電力などが増大
- 伝搬路状況に応じてMIMO受信に効果的な端末を選定し、適応的に受信信号を共有
- QRM-MLD特有の段階的な候補削減処理に適応した独自のアルゴリズムMMED-Mを考案
- 8端末(下図中N)からパケット毎にその伝搬路状況のみを利用してC=4端末を選定し受信信号データ部を収集
- 受信信号数を50%削減, スループット劣化は E_b/N_0 12.5dB以上において10%未満

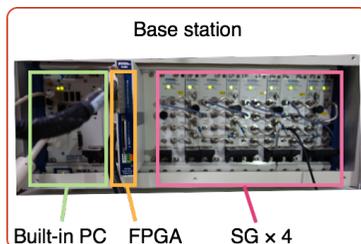


成果と今後の展開

査読付き誌上发表論文10件, 査読付き口頭発表論文9件, 口頭発表42件, 受賞4件, 報道発表1件, 報道掲載(新聞)3件
 本研究成果をベースとして新規の着想に基づく研究開発課題を平成28年度のSCOPEで実施している. 国内携帯電話オペレータ研究開発部門との共同研究も実施している.

実証実験

- 5.1 GHz帯を基地局信号に (平成28年6月30日までEIRP 1 W以下)
- 12.8 GHz帯を連携用信号に (平成31年6月30日までEIRP 1 W以下)



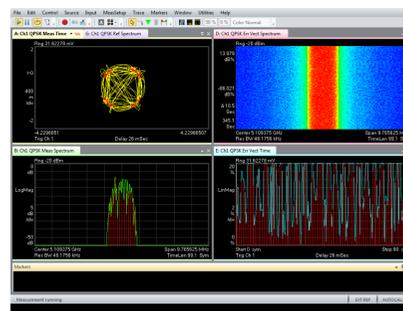
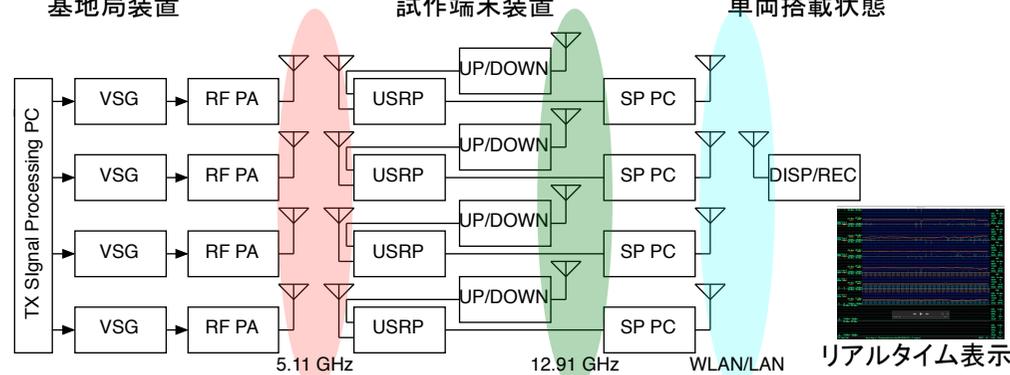
基地局装置



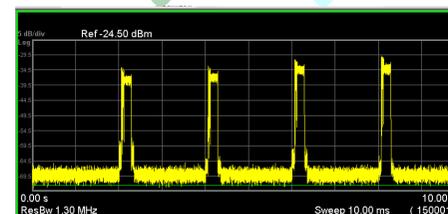
試作端末装置



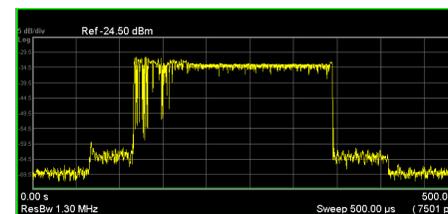
車両搭載状態



12.8GHz帯連携用信号の品質
 信号点配置, スペクトル, EVM



12.8GHz帯連携パケット群



12.8GHz帯連携パケット(AF1パケット)