

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19760271

研究課題名（和文） 高密度マルチキャリア信号の周波数利用効率に関する研究

研究課題名（英文） A Study on Spectral Efficiency of High-Compaction Multicarrier Signals

研究代表者

浜村 昌則（HAMAMURA MASANORI）

高知工科大学・工学部・准教授

研究者番号：80333227

研究成果の概要：

高密度マルチキャリア信号に関して、この信号の基礎的な性質を明らかにする研究に加えて、この信号を非同期ワイヤレス通信に適用するための方式研究も行った。この信号により高い周波数利用効率を得られることと、そのために必要な条件を明らかにした。非同期通信方式の研究においては、通信路特性や各ユーザ信号の特性が全て未知の条件においても優れた多元接続が可能となる通信方式を見つけることができた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	300,000	2,700,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：通信・ネットワーク工学

キーワード：通信方式，情報通信工学，移動体通信，周波数利用効率

1. 研究開始当初の背景

マルチキャリア通信方式では周波数の異なる複数のキャリアを用いて情報伝送を行う。使用するキャリアの数を一定の通信帯域幅内で増加させると、キャリアの周波数間隔が狭くなり、

(1) 送信信号スペクトルの占有帯域幅が減少する

(2) 帯域外電力が減少する

(3) 送信信号の周期が長くなる

という特徴が見られるようになる。しかし、

これらすべてが、キャリア数を自由に増加させられる場合に得られる効能である。

一般に、与えられた一定の帯域幅内でキャリア数を増加させると送信信号長が長くなる。これにより、遅延波による影響を抑えられるようになる一方で、長くなりすぎるとフェージングによる振幅歪みが顕著となる。そのため、キャリア数を減さざるを得なくなる。

このように、マルチキャリア通信方式は、使用できる通信帯域幅に制約のある通常の状態において、必ずしも最適な設計ができるとは限らない。

キャリア数を増加させずに帯域外電力を抑える基本的な方法として、

- (1) 時間領域において窓関数を用いる方法
- (2) 周波数領域において帯域フィルタを用いる方法

が挙げられる。

(1)の方法では一般に、送信信号の一部をサイクリックに、しかも周期毎に送信信号に追加することを必要とするため、やはり周波数利用効率の低下を引き起こす。また、(2)の方法では信号波形に歪みが生じるため、ビット誤り率など通信品質が劣化する。信号波形に歪みを生じさせない帯域フィルタとして、ナイキストフィルタが挙げられる。理想矩形フィルタによる波形整形は周波数利用効率を最大化するが、 $\sin(t)/t$ 型のインパルス応答特性を持つため非因果的である。これを近似するフィルタは実現可能であるものの、近似のため信号波形に歪みが生じる。レイズドコサイン型の周波数特性を持つ理想帯域フィルタは矩形フィルタと比べ帯域幅が広く周波数利用効率が低下する。このように、マルチキャリア通信方式においても容易には最大の周波数利用効率を達成できない。

2. 研究の目的

本研究は、このような非常に基礎的な問題に取り組み、通信方式の周波数利用効率を向上させる新たな信号波形の研究と、その特長を活かした新しい通信方式の提案を行うものである。

先行研究を通じて、先に述べた問題点を高密度マルチキャリア信号によって解決し得ることが分かってきていたため、次の研究を行うことを目的とした。

- (1) 周波数利用効率を最大化する直交信号の最適セットの導出、ピーク電力を最小化する直交信号の最適セットの導出

- (2) 非同期(上り)回線の周波数利用効率向上のための基礎研究、直交信号セット内の各信号に対する最適な電力分配法

3. 研究の方法

- (1) について：

全直交信号の電力が等しく、帯域外総電力が一定という条件の下で、周波数利用効率を最大とする信号の組合せを求める。ピーク電力を最小化するという意味において最適な高密度マルチキャリア信号のセットを求める。

- (2) について：

直接拡散 CDMA ベースのフィードバックシステムの特性を求める。このシステムのマルチキャリア化の方法、チップパルスとして、異なる高密度マルチキャリア信号を各ユーザに割り当てる方法、送信総電力が一定(各信号の電力は異なる)で、帯域外総電力も一定という条件の下で、各信号に異なる電力を配分する方法について検討する。

4. 研究成果

本研究の主な成果を次に述べる。

- (1) について：

高密度マルチキャリア信号のセットが、時間・周波数積 45.25、帯域外エネルギー0.1%未満という条件において、周波数利用効率の上界値の95%を達成することを明らかにした(図1参照)。

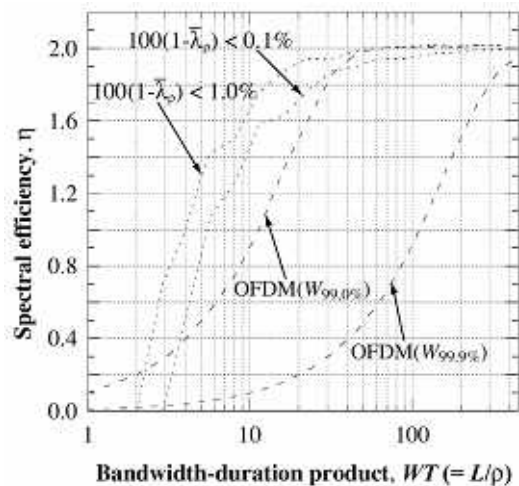


図1：時間・周波数積と周波数利用効率の関係

直交周波数分割多重(orthogonal frequency-division multiplexing: OFDM)信号の周波数利用効率が高いことは従来から知られているが、上記の周波数利用効率の実現に OFDM 信号は時間・周波数積 373.0 を必要とすることから、高密度マルチキャリア信号の周波数利用効率は非常に高いと言える。このような高い周波数利用効率を実現するには高密度マルチキャリア信号のキャリア密度を 4 ~ 8 以上とする必要があることを明らかにした。符号の生成に特異値分解の手法を利用することを提案し、これにより、非常に高精度な数値解を得られるようにした。

(2) について：

高密度マルチキャリア信号のセットを応用することで非常に優れた非同期通信特性が得られるフィードバック符号分割多元接続のマルチキャリア化に関する検討を行った。

通信路のインパルス応答や多重ユーザ信号のタイミング情報などが全て未知の通信路モデル(図2)で検討を行い、非同期通信であるにもかかわらず同期式なみに低いビット誤り率が得られることを明らかにした(図3参照)。

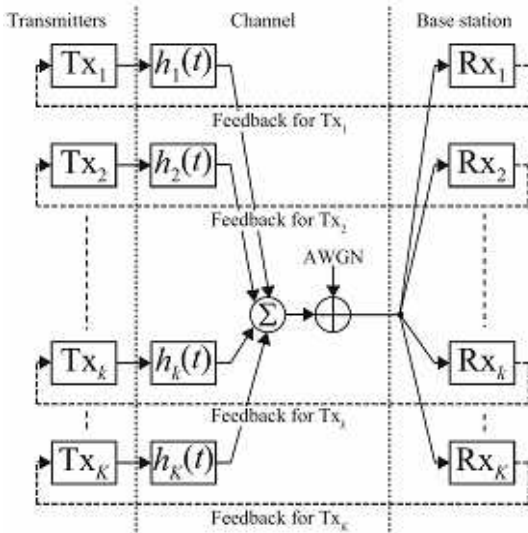


図2：非同期上り回線モデル

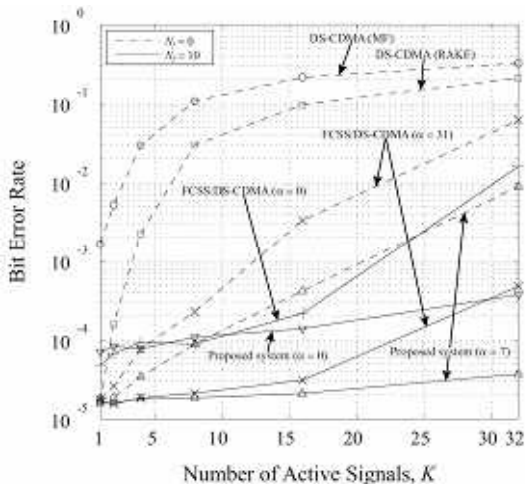


図3：非同期多重信号数とビット誤り率の関係

この研究の発想を利用して、フィードバックベースの非同期高密度マルチキャリア通信システムの研究に発展させた。帯域外エネルギーを小さく抑えることを保証しつつ、優れた非同期多重が可能となることを示す成

果を得た。セルラーシステムへの応用に関する研究において、各ユーザに送信電力を適切に割り当てるためのゾーン方式を提案した。これにより、帯域外エネルギーをシステム全体として大幅に抑制できることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Kazuki Chiba, Masanori Hamamura, "Multitone-hopping CDMA using feedback-controlled hopping pattern for decentralized multiple access," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol.E91-A, no.12, pp.3723-3730, 2008, 査読有。

Teruhiko Miyatake, Kazuki Chiba, Masanori Hamamura, "Asynchronous, decentralized DS-CDMA using feedback-controlled spreading sequences for time-dispersive channels," IEICE Transactions on Communications, vol.E91-B, no.1, pp.53-61, 2008, 査読有。

[学会発表](計4件)

浜村昌則, "セルラーシステム下り回線における高密度 MC-CDMA の信号割当法," 2008 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2008 年 9 月 18 日, 東京。

Masanori Hamamura, "Performance of continuous-phase, unmodulated parallel combinatory high-compact multicarrier modulation," International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC 2008), August 6, 2008, Crete Island.

Masanori Hamamura, "Spectral efficiency of orthogonal set of truncated MC-CDMA signals using discrete prolate spheroidal sequences," 2008 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2008), April 3, 2008, Las Vegas.

浜村昌則, “マルチパス通信路におけるホッピングパターン帰還型マルチトーンホッピング CDMA の性能,” 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会, 2007 年 12 月 18 日, 東京.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浜村 昌則 (HAMAMURA MASANORI)

高知工科大学・工学部・准教授

研究者番号: 80333227

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし