

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560371

研究課題名(和文)

協調受信によるワンセグメント地上デジタル放送の受信特性改善方式の研究

研究課題名(英文)

Improving Performance of One Segment Terrestrial Television
Broadcasting by Cooperative Reception

研究代表者

伊丹 誠 (ITAMI MAKOTO)

東京理科大学・基礎工学部・教授

研究者番号：70212983

研究成果の概要(和文)：

本研究では、ISDB-T ワンセグメントサービスの強調受信方式を提案し、その特性を解析した。小型のワンセグ移動受信端末では、ダイバーシティのための複数のアンテナを効率的に設置することが困難であり、十分なダイバーシティゲインを必ずしも得ることができない。このような問題に対して、複数の受信機間で専用の Bluetooth ネットワークなどを利用して受信データの情報を交換し受信特性を向上する強調受信は有効な解決策である。しかしながら、専用通信ネットワークの通信容量には限りがあるため、伝送路情報や、サブキャリア情報の効率の良い交換方式を開発する必要がある。本研究では出来るだけ交換する情報量を減らし、最大限のダイバーシティ効果を得るための方式について検討を行い、良好な特性が得られることを確認した。

研究成果の概要(英文)：

A scheme for cooperative reception of ISDB-T one-segment service is proposed and its performance is analyzed. It is very difficult to install multiple antennas for diversity reception in small mobile one-segment terminals, and therefore efficient diversity is not always achieved. Cooperative reception between multiple receivers via a dedicated communication network such as Bluetooth is one method of overcoming this problem. Since the communication-link capacity between terminals is limited, a scheme for the efficient exchange of required information such as channel information and sub-carrier data between terminals for diversity must be developed. In this research possible schemes to reduce the information exchanged between terminals and to achieve maximum diversity performance are discussed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学 通信・ネットワーク工学

キーワード：ワンセグ放送、OFDM、強調受信、ダイバーシティ、受信特性改善

1. 研究開始当初の背景

2011年の地上アナログ放送の終了に向けた、地上デジタル放送のためのインフラの整備および受信機の普及のための様々な対応

が広く行われている。地上デジタル放送は研究当初の2007年頃、全国の大都市ではそのインフラは整備されているが、受信のための環境としては改善すべき点が広く存在し、

ギャップフィラや中継局の整備や移動受信にも対応した受信機の開発が積極的に行われている。一方地上デジタル放送の普及を促進させるための新たなサービスも広く検討されていた。その一つが、ワンセグメント地上デジタル放送、いわゆるワンセグ放送であり、高品質な地上デジタル放送を携帯電話に代表される小型通信端末や PC 上で容易に受信できるようにするためのサービスとして期待を集め、それを利用した種々の放送サービスが期待されてるようになってきた。

2. 研究の目的

ワンセグ放送は、日本の BST-OFDM(Band Segmented OFDM)を利用した放送サービスの一つであり、13 個あるセグメントの 1 つをワンセグ放送用に割り当てることによって、その部分だけを簡易な受信機で受信することを可能にしている。しかしながら、ワンセグ放送においては 12 セグメントを用いる通常の地上デジタル放送と比べて受信環境が非常に悪くなることが想定される。通常の地上デジタル放送の場合は 12 セグメントを用いるため信号帯域が広く OFDM に誤り訂正符号を組み合わせることによって、マルチパスによる周波数選択性フェーディング環境下でも特性の劣化を効果的に抑えることが可能である。しかしながらワンセグ放送の場合は通常の放送と比べて信号帯域幅が 1/13 になってしまい、広帯域を用いることによるダイバーシティゲインの確保が困難なため通常の地上デジタル放送と比べてマルチパスへの耐性が大きく劣ってしまう。そのため、ワンセグ放送では変調方式に QPSK のみを用い、誤り訂正符号もレートの低いものを用いることによって映像品質 (ビットレート) を多少犠牲にしながら受信率の向上を図っているが、マルチパスの厳しい環境・受信エリ

ア端付近・室内などでは十分な受信特性を得られない場合が多々ある。したがって、携帯受信の特徴を生かし、十分なサービスを行っていくためには広い範囲での受信率の向上が必要となる。

OFDM では複数のアンテナを用いるダイバーシティ受信は劣悪な環境下での受信特性向上のために極めて有効であり、移动通信等で広く用いられているが、携帯電話等の小型形態受信での受信が主体のワンセグ放送の場合には本質的に適用が難しく特性確保が困難である。その理由は、地上デジタル放送で用いる周波数帯が UHF 帯であるため、波長が 1m オーダであり、ダイバーシティ効果を十分に得るためのアンテナセパレーションが合理的な形で得られないためである。

そこで本研究では、複数の端末間で受信データを交換することによって端末間でダイバーシティを行う協調受信方式を提案し検討を行うものである。現在ワンセグ放送を受信可能な携帯電話機は広く普及しており、一方現在の携帯電話機には複数の携帯電話間での通信手段を持っているものが多い。代表的なものとしては、赤外線インタフェース、Bluetooth、IEEE802.11 などがあげられ特に前者 2 つは非常に多くの端末で採用されている。そこで、これらの専用通信インタフェースを用いて、各端末が受信特性の劣化している部分を他の受信特性の良好な端末から受信することによってダイバーシティを得ることを提案する。これによって、端末単体では確保が難しいアンテナ間のセパレーションを容易に確保することが可能になる。OFDM の場合伝送路の影響はキャリアごとに現れるためキャリア単位で特性の確保を行っていけば効率よく特性の向上を図ることが可能になる。複数端末

間でデータの交換を行うダイバーシティの手法は移動通信の分野で文献(M. Dohler, E. Lefranc, H. Aghvami, "Virtual Antenna Arrays for future mobile communication systems", IEEE ICT 2002, Beijing, China, Jun. 2002)などのような基本的な検討がなされているが, 実用的なシステムは未だ実現されておらず, OFDM の特性を生かした構成が可能なワンセグ放送への適用の可能性を検討することは, 実用的にも理論的にも非常に重要であると考えられる.

3. 研究の方法

本研究における研究方法概要を以下に示す. 提案方式の評価はコンピュータを用いたシミュレーションによって行った.

- (1) 先行研究における検討の問題点および未検討課題の整理および, 関連技術に関する国内外での動向の調査を行った.
- (2) 具体的なワンセグ放送について, 実測データおよびシミュレーションに基づき評価のための詳細な伝送路データの収集および伝送路モデルの構築を行った.
- (3) (2)で得られた伝送路モデルや実測の伝送路特性を用いて, 複数端末間で受信データを交換した再得られる特性の改善度を詳細に評価した.
- (4) 複数端末間でやり取りする情報については受信機のどの部分の情報を交換するかによって種々の形態が想定される. したがって, 実際に交換される情報のレベルごとに, 実現可能な特性を評価し, どのような形で交換を行うのが最も特性の改善が得られるか比較評価を行っていく. その際, 伝送路特性の推定方式, 交換される情報が伝わる端末間ネットワークの伝送容量およびプロトコル, 交換された情報を用いたデータ復調の手法等も考慮して最適なものを検討した.

- (5) 具体的な端末間ネットワークとして, 現在携帯電話などの内蔵ネットワークとして広く普及している Bluetooth および赤外線インタフェースを想定し, ブロードキャスト型, ポイントツーポイント型などのネットワーク上での実現可能な性能を評価した.

4. 研究成果

OFDM を用いたダイバーシティでは, キャリアごとの伝送路特性を比較し, アンテナごとの受信信号を最適に合成する.従って, 受信器間では, お互いの伝送路特性と受信信号を共有する必要がある.小型のワンセグ受信機では, 複数のアンテナを距離を離して設置することができない為, 本誌では協調受信を提案する.協調受信では, 複数のワンセグ受信ユーザ間で, 小型端末に搭載されることが多い Bluetooth を使って, お互いの伝送路特性と受信信号を共有することでダイバーシティを行う.

提案システムの構成を図 1 に示す.図に示した協調受信では, 選択ダイバーシティ, 最大比合成と本誌で提案する他端末から送られてきた判定後のシンボルデータを再変調し(信号点に戻し)合成する最大比合成の 3 種類のダイバーシティ方式を検討する.

また, キャリアごとにダイバーシティを行うキャリアを選択し, ダイバーシティ利得の大きいキャリアを選別する方法を検討する.ダイバーシティを端末間で行うために必要な共有情報は, 端末のキャリアごとの伝送路特性, 受信信号であるが, ダイバーシティのキャリアを選別する場合, ダイバーシティを行うキャリアの番号を送る必要もある.これらの伝送路特性や受信信号の情報は量子化され共有され, キャリア番号も 432 キャリア分となるため, データ量が膨大となり, Bluetooth などを使ってすべての情報を共有

することはできない。

そこで、本研究では、キャリアを有効に選別することでダイバーシティを行うキャリア数を減らし、受信シンボルと伝送路特性の共有量を減らすことで3種類のデータ量を削減する方法を提案する。また、共有情報量の増加を招く最大比合成を Bluetooth では用いることができないため、シンボル判定後のデータを使い、選択ダイバーシティと同等のデータ共有量でダイバーシティ利得が大きくなるような合成方法を提案する。

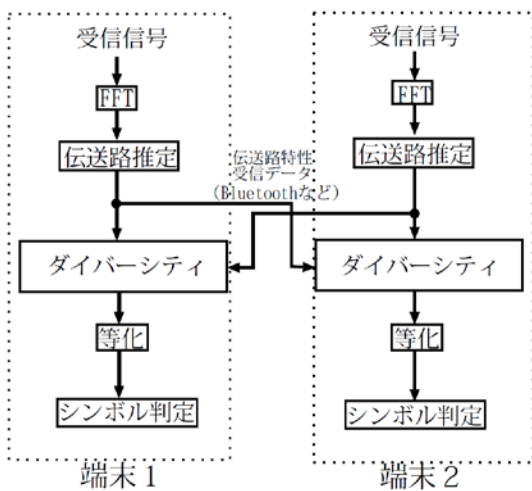


図1 システムモデル

本研究では端末間のデータ交換方式として4通りの方式を提案し、特性の比較を行った。それらの方式をここでは method1, method2, method3, method4 と表わし、いかに、具体的な交換方法と特徴を示す。ここでは端末1が端末2からデータを得て強調受信を行う場合を想定して説明を行っている。実際の動作では、逆の処理も同時に行われる。

(1) method1

SN 比の大きいキャリアから交換を行う方式。すべてのキャリアの情報が量端末で必要。交換データ量大。

(2) method2

端末1で受信電力小さいキャリアの情報を端末2から得る。協調が必要なキャリアの番号を交換する必要がある。交換データ量少。

(3) method3

端末2で受信電力の大きなキャリアの情報を端末1に送信。協調が必要なキャリアの番号を交換する必要がある。交換データ量少。

(4) method4

BER 改善度が最大になるようにキャリアの情報交換を行う。すべてのキャリアの情報が量端末で必要。交換データ量大。

後で示すように、上記4通りの方法はそれぞれ交換するキャリア数が同じ個数の場合特性改善度が異なる。しかしながら、チャンネル情報の交換の方式がそれぞれ異なるため、実際に必要となる交換すべきデータ量が大きく変わってくる。実際に実現可能な特性は専用ネットワーク回線のデータ伝送速度で制限され、交換可能なキャリア数が決定される。本研究では、当時の携帯電話で一般的であった、Bluetooth1.0を想定した伝送速度の上限を用いて提案方式の評価を行う。

また、交換すべきデータをできるだけ減らすために、全キャリアの伝送路特性が必要となる場合、すべてのキャリアの伝達関数をそのまま送信するとデータ量が非常に多くなるため、伝送路を有限のパスの集まりでモデル化し、パスのパラメータ（複素減衰量、遅延時間）を量子化して交換することで伝送路情報のデータ量を減らしている。また、交換するキャリアの受信データも必要であるが、ここでは受信された値をそのまま交換するのではなく、一度判定して2ビットのデジタルデータとして送信することで交換するデータ量を減らしている。

以上の方式についてシミュレーションによって特性評価を行った。ここでは、評価結果の一部を示す。図2は他端末から得られたデータを用いてダイバーシティ受信を行った結果である。図2ではダイバーシティの方式として選択ダイバーシティを用いている。図の横軸は交換するキャリア数であり、縦軸は達成されるビット誤り率である。図では凡例にあるように前述の各方式を適用してえられる特性を比較している。方式名の後の estimator1 は伝送路特性を直接交換しダイバーシティを行った場合の特性、estimator2 は前述のパス情報を交換した場合の特性を示す。上記のいずれも付加されていない方式名は、伝送路特性が既知の場合である。

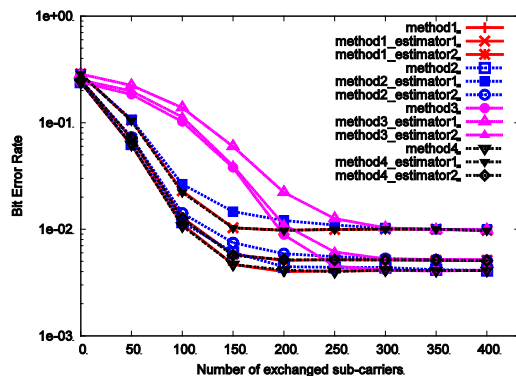


図2 選択ダイバーシティを行った場合の特性(CNR=8dB)

図 2 からわかるように method1 もしくは method4 が最も良い特性を示している。他の方式は必ずしも最適な交換キャリアが選択されていないため、特性は劣ってしまう。伝送路推定を行う場合、伝送路が既知の場合よりも特性が劣化するが、estimator2 の場合はその差が小さく理想に近い特性が得られていることが分かる。

さらに特性を改善するために、他端末から得られた硬判定データを、再変調し受信 CN 比に相当する付加雑音を加わっていることを仮定して、最大比合成を行う方式を提案する。その場合の特性を図 3 に示す。

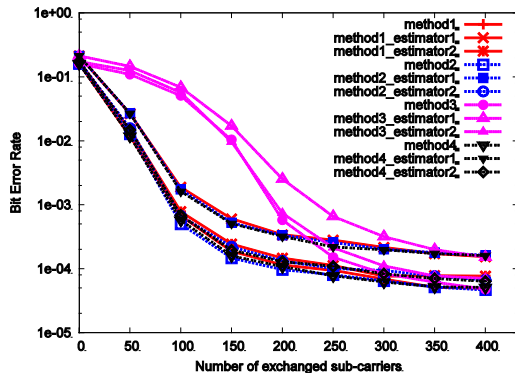


図 3 再変調による最大比合成ダイバーシティを行った場合の特性 (CNR=8dB)

図 3 より明らかなように最大費合成をおこなうことによってさらに特性が改善されることが分かる。本最大費合成方式の場合、交換するデータ量は上記の選択ダイバーシティ方式と同様であるため、より少ない交換キャリア数で選択ダイバーシティと同等の特性を達成することが可能になる。したがって、効率のよい協調受信を行うために有効な方式であると考えられる。

以上の結果をもとに Bluetooth1.0 を用いて双方向通信を想定した場合を考える。個の場合片方の端末に利用可能な伝送帯域は約 433.9kbps であり、この値によって交換可能なキャリア数が決定される。図 2, 3 の倍選択方式、最大比合成方式いずれも method4_estimator2 の場合は、最大 170 キャリアの交換が可能であり、選択方式では BER が約 10^{-2} 、最大比合成方式では BER が約 10^{-4} となる。これに対して、全サブキャリアの伝送路データを交換する最大比合成方式では 30 キャリアしか交換することができず十分な BER を達成することができない。

以上の結果から、本研究における協調受信方式は、効率よく端末間でデータ交換を行い、良好な BER 特性を実現可能であることが確認された。

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 6 件)

- ① Takashi Okubo, Makoto Itami, A Study on Cooperative Reception of One Segment ISDB-T, Proceedings of ISITA 2008, 査読有, 2008, 1-6
- ② Takashi Okubo, Makoto Itami, A Study on Efficient Cooperative Reception Scheme of One Segment ISDB-T, Proceedings of ICCE 2009, 査読有, 2009, 978-979
- ③ 大久保, 小林, 大野, 藤井, 伊丹, 地上デジタルテレビジョン放送ワンセグサービスの協調受信に関する一検討, 映像情報メディア学会誌, 査読有, Vol. 64, No. 2, 2010, 222-229
- ④ Akira Nakamura, Kento Ishizu, Kohei Ohno, Makoto Itami, A Study on Complexity Reduction of Zero-forcing ICI Canceller in Mobile Reception of OFDM, 2010 Digest of Technical Papers International Conference on Consumer Electronics, 査読有, 2010
- ⑤ 宮坂, 増田, 大野, 藤井, 伊丹, 畳み込み符号化プリコーデッド OFDM の繰り返し復調方式, 映像情報メディア学会誌, Vol. 64, No. 7, 2010, 1029-1035
- ⑥ Naoki Kobayashi, Kohei Ohno, Makoto Itami, Cooperative Reception using Scattered Pilot Symbol for ISDB-T One-Segment Service, Proceedings of ICCE 2011, 査読有, 2011, 381-382

[学会発表] (計 3 件)

- ① 大久保, 伊丹, Oneseg ISDB-T の協調受信における効率的な CSI 伝送方式の検討, 映像情報メディア学会放送方式研究会, 2008 年 8 月
- ② 小林, 大久保, 大野, 伊丹, ワンセグメント ISDB-T の協調受信特性の改善, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2009 年 7 月
- ③ 小林, 大野, 伊丹, 地上波デジタルテレビジョン放送のワンセグサービスにおけるスキッタードパイロットシンボルを共有する協調受信に対する検討, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2010 年 7 月

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://itamilab.te.noda.tus.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊丹 誠 (ITAMI MAKOTO)

東京理科大学・基礎工学部・教授

研究者番号：70212983

(2) 研究分担者

無

(3) 連携研究者

無