

光 CDMA 方式における追加 ONU 数増大の影響に関する研究

2009SE310 山本一貴

指導教員：奥村康行

1 はじめに

近年インターネットの普及により、通信全体のトラフィック量が増加し、通信キャリアに高速化や大容量化、多様性が要求されている。このような背景の下、これからのアクセスネットワークでは、従来の技術に勝る信頼性や柔軟性を特つアクセスシステムが要求されている。既存のシステムが存在する中で、高速の新サービス追加が要求される。新サービスでは、狭帯域しか使用できないため周波数利用効率の高いものが要求される。

2 技術の課題と目的

従来の技術に勝る信頼性や柔軟性を特つ光アクセスシステムとして光 CDMA 方式 [2] があげられる。しかし、この方式にはビート雑音が発生し、多重度が制限されるという課題が存在する。最大尤度判定技術 [3] を使用することで、ビットエラー率を低減し、受信感度を向上させることができる。また、雑音信号を緩和させるために、LMS アルゴリズムを用いた適応フィルタ [4],[5] が提案され、雑音信号を適応処理することが可能となった。この適応フィルタを用いたビート雑音推定器 [3] を用いた実験として先行研究では、あるユーザが通信状態のところ別ユーザの通信が追加される状況において、より雑音低減を実現するためのアルゴリズムの提案、検討が行われた [6]。先行研究では、追加アルゴリズムを用いることでエラーを抑えつつ ONU を追加することができている。ここでエラーとは、送信信号と判定信号の差である。しかし、ONU 数 3 までしか実験が行われておらず、ONU 数を増やした場合においても同様な結果を得るか研究を行う。

3 課題解決の方法

ONU 数を 8 に変更するため、アダマール符号を ONU 数 8 に対応するものに変更する。ONU 数 3 では 4 行 4 列のアダマール行列だが、ONU 数 8 では 9 行 9 列のアダマール行列を用意し ONU に振り分けを行う。また、ONU 追加の仕方を複数用意する。ONU を一つずつ順に追加する場合、ONU を一度に全て追加する場合、ONU を複数毎に数回に分けて追加を行う場合を用意する。ONU を複数毎に数回に分けて追加を行う場合において、ONU2, 3 を追加しその後 ONU4, 5 を追加し、最後に ONU6, 7, 8 を追加する。そのために ONU 毎に追加開始のパラメータを用意し調整できるようにする。

4 実験の構成

本研究の光 CDMA 方式の構成例を図 1 に示す。送信部は多波長光源、符号器、および変調器から構成される。受信部では光フィルタ、O/E 変換装置、復号器、および判定

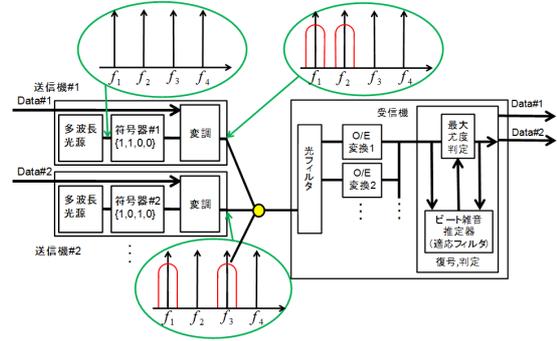


図 1 光 CDMA の構成例

器で構成される。複数ユーザが周波数を共有し、受信側において複数の光信号を同時に O/E 変換することで、ビート雑音が発生する。ビート雑音の影響を低減するために最大尤度軟判定受信技術を用いた推定器が提案され本研究でもこの推定器を用いる。

4.1 最大尤度軟判定技術 [3]

最大尤度軟判定技術のアルゴリズムを順に説明する。ユーザ i の送信信号、式 $S_{i,tx}(t)$ は次のように表される。

$$S_{i,tx}(t) = a_i(t) A_i \sum_{k=i}^M c_{ik} \cdot \cos(2\pi f_{ik} t + \phi_{ik}) \quad (1)$$

直交符号はアダマール符号 [1] を想定する。二乗平均をとった場合の受信信号 $S_{k,rx}$ は次の式 (2) に示す。

$$S_{k,rx} = \sum_{i=1}^N \frac{c_{ik}^2 a_i^2 A_i^2}{2} + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_{ik} a_i A_i c_{jk} a_j A_j b_{ijk} + x_k \quad (2)$$

b_{ijk} は式 (3) で表すビート雑音である。

$$b_{ijk}(t) = \cos(2\pi(f_{ik} - f_{jk})t + (\phi_{ik} - \phi_{jk})) \quad (3)$$

このビート雑音は、 i 番目と j 番目のユーザが k 番目の同じ周波数を共有することで発生する。この推定したビート雑音を用いて、最大尤度を有する各ユーザのデータ信号の組み合わせを選択し判定値とすることが最大尤度軟判定受信技術である。この判定信号は式 (4) で表せる。

$$\arg \min_{\{a_i\}} \left\{ \sum_k (S_{k,rx} - \sum_{i=1}^N \frac{c_{ik} a_i}{2} - \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_{ik} a_i c_{jk} a_j b_{ijk})^2 \right\} \quad (4)$$

これはビット誤り率を小さくする方法として最適である。

4.2 ビート雑音推定器の構成

受信機側で使用するビート雑音推定器の構成を図 2 に示す。特定のビート雑音推定器に適応フィルタを用いることは、ユーザ数の変更対応可能を目的としていると共に、回路規模を小さくすることができる。そして適応フィルタは、信号処理の過程に応じて特性を変化させることにより、任意の信号中の雑音を除去することが出来るものである。

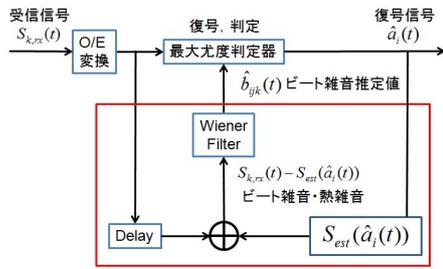


図2 ビート雑音推定器の構成

5 結果

シミュレーション条件, 結果を以下に示す. 図3より, 表1 シミュレーションのパラメータの設定

データ数	2.0×10^4
直交符号	アダマール符号
位相 [θ]	0
電界強度	1000, 2500, 5000
タップ数	10
ステップサイズ	0.005

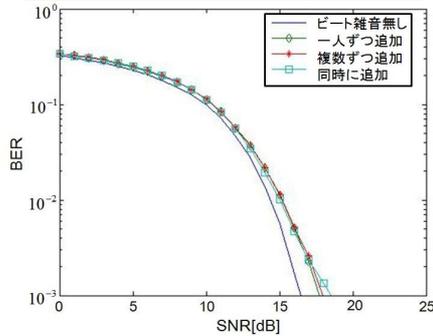


図3 BER 特性

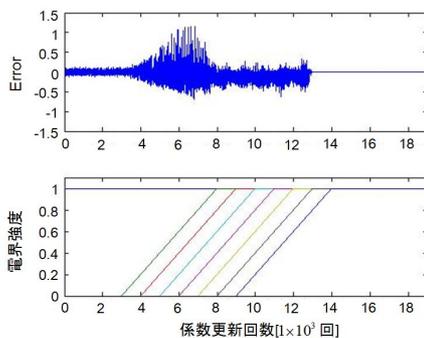


図4 エラー特性と電界強度 (一人ずつ追加)

BER は全ての条件で SNR を抑えることが出来ている. これよりどのような場合においても誤りを抑えることが出来る事が分かる. 図4~6より ONU が追加され始めることでエラーが発生しその後収束していること, また追加される ONU の数が多いほどエラーが大きくなる事が分かる. また図5より, ONU が追加されるたびにエラーが一度収束しているため, ONU 追加毎にビート雑音を推定していることが分かり, ONU の数に影響されないことが分かる. これより ONU 数8で実際の通信に近い場合においても効果的であることが分かる.

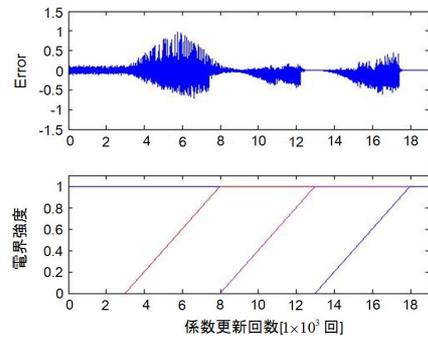


図5 エラー特性と電界強度 (複数人毎に追加)

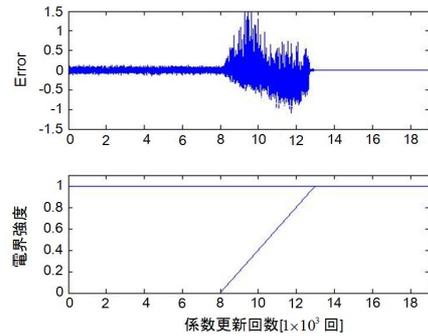


図6 エラー特性と電界強度 (同時に追加)

6 考察

シミュレーション結果より ONU 数を増やし様々な追加をした場合にもエラー特性を抑えることが出来た. しかし, BER を求める際に全体で計算を行っており, 追加中など細かい部分での BER を求めている. そのため, BER を状態毎に判定し検証を行う必要があると考えられる. また, 実際の通信の際に必要な誤り訂正能力の条件を検討し, パラメータの値を設定することで, より実際の通信に近い状況でのシミュレーションを行えると考えられる.

参考文献

- [1] Savo Glisic, "Advanced Wireless Communications 4G Technologies," pp. 167-227, Wiley, Jun. 2004.
- [2] 伊藤寛和, "ビート雑音推定器に適応フィルタを用いた光 CDMA 方式の提案," 電子情報通信学総合大会講演文集, 2011年基礎・境界, 125, 2011-02-28.
- [3] 桐原誉人, 三鬼準基, 金子慎, 木村秀明, 葉玉寿弥, "最大尤度軟判定受信技術を用いた光 CDMA 方式," 信学技報, CS2009-40, Sep. 2009.
- [4] 島村徹也, "〜MATLAB による〜実戦デジタル信号処理," トリケップス社, Jun. 2010.
- [5] 神谷幸宏, "MATLAB によるデジタル無線通信技術," コロナ社, Dec. 2008.
- [6] 下村亮二, "適応フィルタを用いた光 CDMA 方式における ONU 追加アルゴリズムの研究," 2012年度南山大学大学院数理情報研究科, Mar. 2012.