

静止衛星を用いた同期 CDMA 通信システムにおける同期化手法に関する検討 A Synchronization Method for Synchronized CDMA Systems with GEO Satellites

阪本 卓也 梅原 大祐 川合 誠

Takuya SAKAMOTO Daisuke UMEHARA Makoto KAWAI

京都大学大学院 情報学研究科 通信情報システム専攻

Dept. of Communications and Computer Eng., Kyoto University

1 はじめに

ブロードバンドネットワーク等における遠隔僻地へのアクセス系として広いサービスエリアを持つ衛星回線が注目されている。パケットベースのネットワークへの多元接続方式としては統計的多重効果により電力、周波数の有効利用が図れる同期 CDMA 方式の適用が考えられる。その際、高速通信を実現するためにはチップレートを十分に高くする必要がある為、高い同期精度が必要となる。本稿では制御局からの制御信号及び自局信号の受信タイミングから信号送出タイミングを決定する手法を提案し、本方式の同期精度について示す。

2 システムモデル

本稿では広い帯域が利用可能な Ka バンド帯においてチップレート 1GHz の直接拡散方式により多数のチャネルを多重化するシステムを考える。拡散符号の一つは制御局に、その他は各地球局に割り当てるものとする。各地球局は制御局に接続されたゲートウェイを介してコアネットワークへアクセスする。同期 CDMA 通信システムでは同期精度を 1 チップの 0.3 以内に抑えることで良い通信品質を維持できることが知られている [1]。従って、本システムの場合、0.3nsec 以内の同期精度を要求条件とする。衛星のビームは 1 ビームとし、各地球局は制御信号及び自局の信号を受信できるものとする。地球局での信号処理のブロック図を図 1 に示す。各地球局は更新周期 $T_0 = 1\text{sec}$ 毎に制御局からの制御信号の遅延時間 $D_p(i)$ と自局信号の遅延時間 $D_f(i)$ を Timing Detector 内の遅延ロックループで生成される信号のタイミングにより測定する。ブロック図の Signal Processing 部において時刻 $t - 1$ までに取得した遅延時間差 $V_i = D_p(i) - D_f(i)$ ($i = 0, 1, \dots, t - 1$) から、 V_t の予測値 \hat{V}_t を推定し、送信タイミング $T(t) = \hat{V}_t$ とすることで同期維持を行う。以下では予測値 \hat{V}_t の決定手法に着目する。パラメータとして、衛星の位置を東経 132 度、離心率を 0.0005、軌道傾斜角を 0.05° 、制御局を東京都心部と仮定する。

3 遅延時間変化及びカルマンフィルタ

遅延時間差 V_i の特性を特徴づけるものとして、発信器の周波数揺らぎ、対流圏位相シンチレーション、受信タイミング観測揺らぎ、衛星の運動による効果の 4 つがある。衛星の運動による遅延時間の変化は日本国内で見ると、最大変化が振幅 $A_{\text{sat}} = 3618\text{nsec}$ の 1 日周期の正弦波となる。衛星の運動の効果以外は既知のパワースペクトルに従うランダム信号で近似できる。受信タイミング観測揺らぎに関しては標準偏差 0.5nsec の白色ガウス雑音を仮定し、発信器の周波数揺らぎ及び対流圏位相シンチレーションによる効果は文献 [2] で実測されたパワースペクトルを用いるものとする。

カルマンフィルタはシステムの状態を逐次的に推定するオンラインアルゴリズムである。カルマンフィルタを適用した場合の推定誤差 $V_t - \hat{V}_t$ の確率密度関数 (PDF) を図 2 に破線で示す。ただし観測時間は 10000 秒とし、その直前の 10000 秒間のデータから推定したシステムの特性に最適化したパラメータを用いる。図より誤差の分布にオフセットがみられ、誤差の RMS は 0.702nsec と 0.3nsec よりも大きな値となる。これは、衛星の運動が大きなトレンド成分となり、信号のスペクトルが

正確に線形システムで表現できていないことが原因であると考えられるため、観測時間をより長くすることで誤差はより大きくなり、高い同期精度を維持できないことがわかる。

4 提案手法及びその評価

衛星の運動が乗った時系列に対し、最近の 100 データから回帰直線を求める V_i からその直線の値を減算し、そのデータをカルマンフィルタに適用し、仮の推定値を求める。仮の推定値に回帰直線の値を加え、真の推定値とする。この手法を適用した場合の推定誤差の PDF を図 2 に実線で示す。単にカルマンフィルタを適用した場合に比べ、誤差の分布のオフセットが非常に小さくなっていることがわかる。また、誤差の RMS は 0.275nsec と、0.3nsec よりも小さな値となる。

5 結論

本稿ではカルマンフィルタを拡張した提案手法を用いることにより、仮定したパラメータの元で衛星の運動が大きい場合でも 0.3nsec の同期が可能であり、十分な同期精度が得られることを示した。

参考文献

- [1] R. de Gaudenzi and C. Elia, IEEE J-SAC Vol 10, No2, Feb. 1992.
- [2] E. Vilar and S. Senin, ELECTRONICS LETTERS, vol. 33, no. 22, pp. 1901-1902, Oct. 1997.

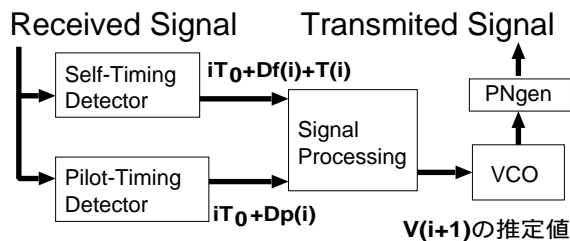


図 1: 地球局の信号処理のブロック図

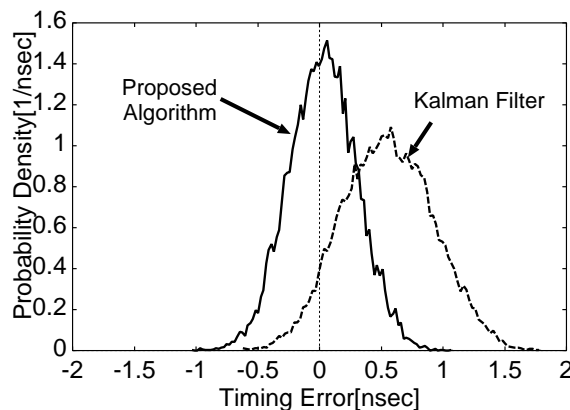


図 2: 提案手法及びカルマンフィルタによるタイミング誤差の PDF