

## 次世代 PHS におけるタイミングコレクトチャネル (TCCH) を用いた遅延量判定アルゴリズムの検討

池野谷克俊<sup>†</sup> 和田 知久<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 琉球大学工学部情報工学科

〒 903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原 1 番地

E-mail: fike@lsi.ie.u-ryukyu.ac.jp, wada@ie.u-ryukyu.ac.jp

**あらまし** 現在, OFDM 技術を用いた次世代 PHS が開発されている。次世代 PHS システムでは, 複数の端末からの信号を基地局が同時に処理するため, 基地局と端末との距離に応じて, 端末の送信タイミングを修正する必要がある。本稿では, 送信タイミングを修正するために, タイミングコレクトチャネル (TCCH) を用いた遅延量判定アルゴリズムを検討し, シミュレーションにてアルゴリズムの CN 比に対する性能評価を行った。シミュレーション結果より, 58.31~99.99%の確率で遅延量判定が正しく行えることが確認できた。

**キーワード** 次世代 PHS, タイミングコレクトチャネル (TCCH), 遅延プロファイル, 遅延量判定アルゴリズム

## Study on delay measurement algorithm using Timing Correct Channel(TCCH) in next generation PHS

Katsutoshi IKENOYA<sup>†</sup> and Tomohisa WADA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Department of Information Engineering, University of the Ryukyus

Senbaru 1, Nishihara, Okinawa, 903-0213 Japan

E-mail: fike@lsi.ie.u-ryukyu.ac.jp, wada@ie.u-ryukyu.ac.jp

**Abstract** Currently, Next Generation PHS uses OFDM technology is developed. In next generation PHS system, base station processes signals from a number of mobile stations at the same time. This means that it is necessary to correct transmitting timing of each mobile station depending on distance between base station and mobile station. This paper proposes delay measurement algorithm using Timing Correct Channel (TCCH) and evaluates the performance of proposed algorithm to CNR. Simulation shows that the success rate of delay measurement in proposed algorithm is 58.31~99.99%.

**Key words** Next Generation PHS, Timing Correct Channel (TCCH), Delay Profile, Delay Measurement Algorithm

### 1. はじめに

現在開発されている次世代 PHS では OFDM 方式を利用しており, 基地局では高速フーリエ変換 (FFT) を用いて受信処理を一括で行うため, 複数の端末から送信された信号を同じタイミングで受信する必要がある。しかし, 各端末から基地局までの距離は異なるため, 距離 (信号の遅延量) に応じて送信タイミングを修正する必要がある。そのため, 通信開始時に TCCH と呼ばれる信号を利用し, 送信タイミングの修正を行う。今回, 受信した TCCH から遅延量を判定するアルゴリズムを提案し, アルゴリズムの CN 比に対する性能評価を行った。

本稿では, 2 節において次世代 PHS システムの概要を説明

する。3 節では, TCCH の受信処理を示す。4 節では, 今回提案したアルゴリズムについて説明する。5 節ではシミュレーション結果を示し, 性能評価を行う。6 節でまとめを行う。

### 2. 次世代 PHS システム概要

#### 2.1 フレーム構成

次世代 PHS システムは, 時分割多元接続/時分割複信 (TDMA/TDD) 方式を採用しており, 端末から基地局へ信号を送信する Uplink と, 基地局から端末へ信号を送信する Downlink を時分割で行うことで通信を行う。Uplink と Downlink の組をフレームと呼ぶ。図 1 はフレームの構成図を表したものである。

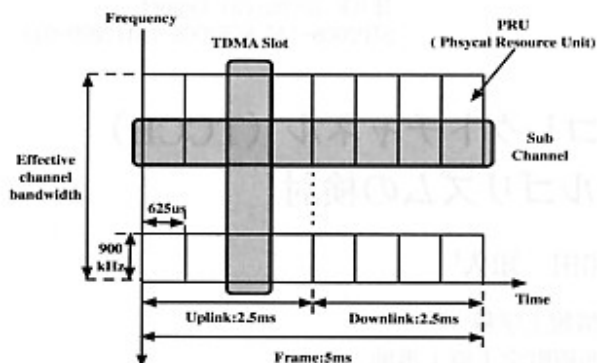


図1 次世代 PHS システムのフレーム構成

Uplink と Downlink は、それぞれ TDMA Slot と呼ばれる 4 つの Slot に分割される。また、周波数軸においても 900kHz 毎に、Subchannel と呼ばれる channel に分割される。ここで、分割された Subchannel の 1 つが、制御用の Common Channel(CCH) として利用され、残りの Subchannel が、個別通信用の Individual Channel(ICH) として利用される。TDMA Slot と Subchannel によって分割された  $900\text{kHz} \times 625\mu\text{s}$  のチャンネル割当最小単位を、Physical Resource Unit(PRU) と呼ぶ。各端末には PRU が割り当てられ、割り当てられた PRU に情報を乗せて通信を行う。

## 2.2 TCCH

TCCH とは Timing Correct Channel と呼ばれる信号パターンのことであり、CCH の Uplink にて使用される。TCCH の信号パターンは 12 種類あるが、OFDM でのパターンは 6 種類となっている。TCCH は以下の目的で使用される。

- 端末が基地局に対して、ICH へのチャンネル割当要求を行うため。
- 通信を行う際の端末の送信タイミングや送信パワーを修正するため。

TCCH 用の PRU フォーマットおよび、TCCH のデータ構造を図 2 に示す。

PRU 内にはデータを送信するための 19 のシンボルがあり、その一部を用いて TCCH を送信することができる。TCCH を送信するためのシンボルを Sub-slot と呼び、PRU 内には 4 つの Sub-slot がある。端末はそのどれか 1 つの Sub-slot に TCCH を送信することになる。また、Sub-slot が 3 シンボルで構成されていることから、TCCH のデータ構造は次世代 PHS における通常の OFDM データ構造と異なる。TCCH は、同一の信号を 3 シンボル分連続させたものに信号長の 8 分の 1 のガードインターバル (GI) を付加した構造となっている。

## 3. TCCH 受信処理

受信した信号が TCCH であるかを判断する処理を図 3 にブロック図で示す。処理手順は以下になっている。

- (1) 512 点 FFT を行い、信号を複素数に変換。
- (2) CCH 部分の 24 サブキャリアを取り出す。
- (3) TCCH パターンの共役複素数を乗算。

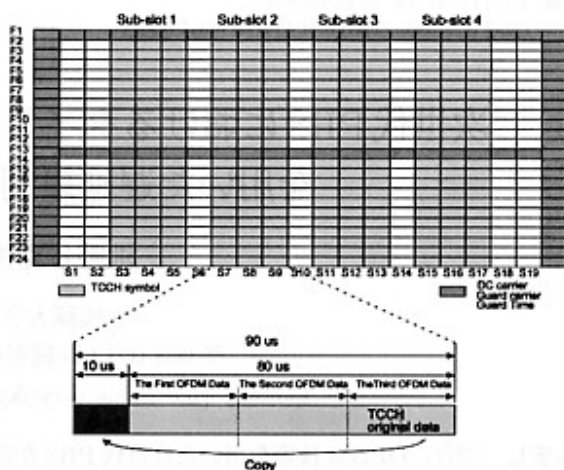


図2 TCCH の PRU フォーマットおよびデータ構造

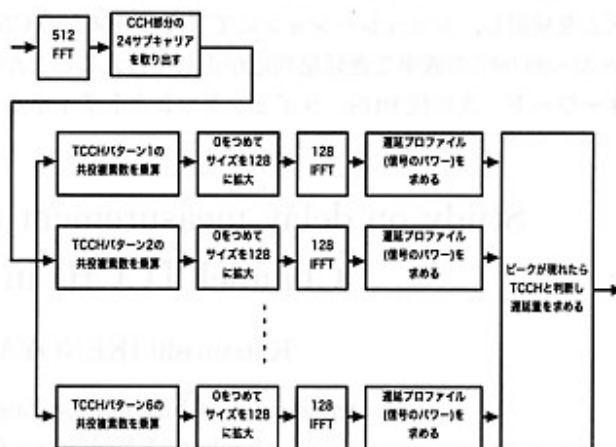


図3 TCCH の受信処理

- (4) データ列に 0 を挿入しデータサイズを 128 点にする。
- (5) 128 点 IFFT を行い複素数から信号へ変換。
- (6) 遅延量を判断するためのプロファイル (遅延プロファイル) として、信号のパワーを求めると。
- (7) 遅延プロファイルにピークが出れば TCCH と判断し、遅延量を求める。

伝送路がノイズもマルチパスもない状態だとすると、受信処理の 3 において、受信信号が TCCH ならばコンスタレーションが揃うことになる。したがって、処理 5 において IFFT を行うと、各サブキャリアの位相が揃い、処理 6 で信号パワーを求めるとインパルスのような信号となる。受信信号が TCCH と判断されると、遅延プロファイルから遅延量の判定を行う。

## 4. 遅延量判定アルゴリズム

### 4.1 遅延量判定概要

図 4 に遅延プロファイル例を示す。ここでは、Sub-slot1 に TCCH を送信した場合を想定しており、遅延量を 0~256step まで、32step 刻みで変化させ、CN 比は 10dB、DU 比は 5dB としている。

遅延プロファイルから 128step 未満の遅延量ならば、シンボ

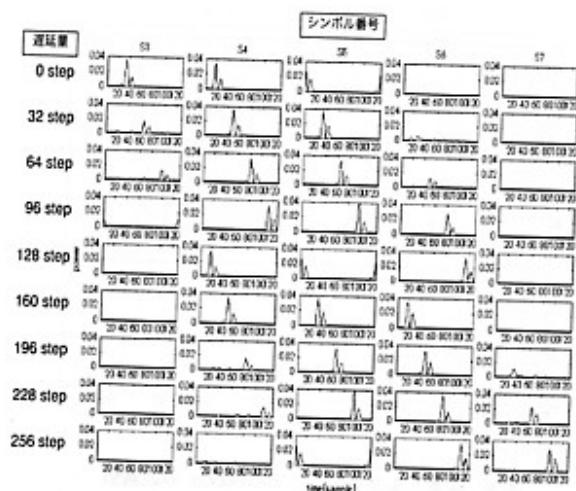


図4 遅延プロファイル例

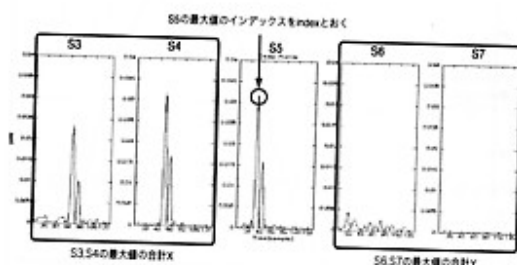


図5 提案アルゴリズム1概要

ル5 (S5) の最大値のインデックスの値が遅延量となっているが、128step以上の遅延の場合はS5の最大値のインデックスに128を加算した値が遅延量となっている。したがって遅延量が128step以上になるかどうかで、S5の最大値のインデックスに128stepの補正をかけるかの判断を行う処理が必要となる。

同様に、256step以上の遅延の場合は256stepの補正が必要となるのだが、BSが作り出すエリアの半径が数百mから1km程度であることから、256step以上の遅延を考慮する必要はないと言える。したがって遅延量判定の範囲を0~255stepまでとする。

#### 4.2 提案アルゴリズム1

まず、遅延量判定アルゴリズムとして以下の処理を行うアルゴリズムを提案した。

(処理1) S5の最大値のインデックスをindexとおく。

(処理2) S3,S4の最大値の和をXとおき、S6,S7の最大値の和をYをおく。

(処理3) XとYを比較し、 $X > Y$ となればindexを遅延量とし、そうでなければindex+128を遅延量とする。

しかし、このアルゴリズムでは図4において遅延量が128stepの場合や160stepなどの場合に、XとYの値が近いためノイズなどの影響により、判定を誤ってしまう可能性が高い。そこで、このアルゴリズムの処理3を変更した2つのアルゴリズムを提案した。

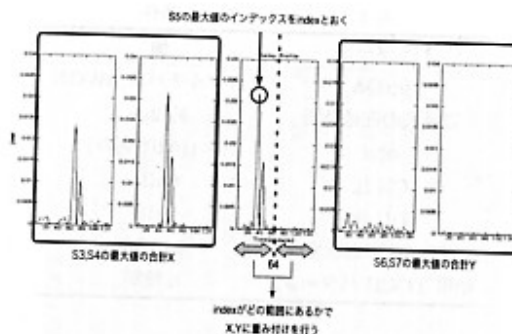


図6 提案アルゴリズム2概要

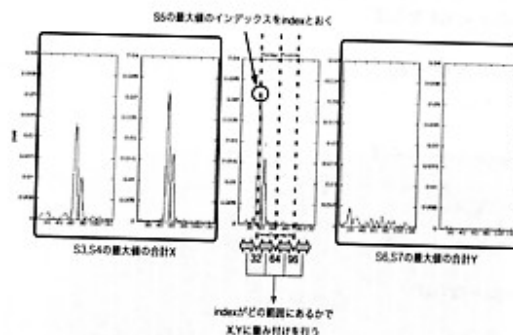


図7 提案アルゴリズム3概要

#### 4.3 提案アルゴリズム2

提案アルゴリズム2では、提案アルゴリズム1の処理3を以下のように変更した。

(処理3-1) indexの値によって以下のようにXとYに重み付けを行う。

$index < 64$  ならば

$$X' = X \times (1 - \alpha)$$

$$Y' = Y \times \alpha$$

$index \geq 64$  ならば

$$X' = X \times \alpha$$

$$Y' = Y \times (1 - \alpha)$$

$$(0 \leq \alpha \leq 1)$$

(処理3-2)  $X'$ と $Y'$ を比較し、 $X' > Y'$ となればindexを遅延量とし、そうでなければindex+128を遅延量とする。

提案アルゴリズム2では、ノイズによってXとYが影響を受けても、indexの値によってXとYに重み付けを行うことで誤判定を防ぎ、遅延量判定成功率の向上を図っている。

#### 4.4 提案アルゴリズム3

提案アルゴリズム3ではS5を4つの範囲に分け、処理3を以下のように変更した。

(処理3-1) indexの値によって以下のようにXとYに重み付けを行う。

$index < 32$  ならば

$$X' = X \times (1 - \alpha)$$

表1 シミュレーション条件

パラメータ	値
伝送路	2波マルチパス,AWGN
遅延波の遅延時間	約 2 $\mu$ s
$\alpha, \beta$	0~1(0.01 刻み)
CN 比	0 dB
DU 比	5 dB
TCCH の遅延量	0~255
使用 TCCH パターン	6 種類

$$Y' = Y \times \alpha$$

32  $\leq$  index < 64 ならば

$$X' = X \times (1 - \beta)$$

$$Y' = Y \times \beta$$

64  $\leq$  index < 96 ならば

$$X' = X \times \beta$$

$$Y' = Y \times (1 - \beta)$$

96  $\leq$  index ならば

$$X' = X \times \alpha$$

$$Y' = Y \times (1 - \alpha)$$

0  $\leq$   $\alpha \leq$  1, 0  $\leq$   $\beta \leq$  1

(処理3-2)  $X'$  と  $Y'$  を比較し,  $X' > Y'$  となれば index を遅延量とし, そうでなければ index+128 を遅延量とする.

提案アルゴリズム3では, 提案アルゴリズム2よりも細かく重み付けを行うことで, 更なる性能向上を図っている.

## 5. シミュレーション

### 5.1 係数 $\alpha, \beta$ の最適値

提案アルゴリズム2, 3で使用されている係数の最適値を求めるため, 表1の条件でシミュレーションを行った. 図8は提案アルゴリズム2において係数  $\alpha$  の値による成功率の変化を表している. 結果より,  $\alpha = 0.61$  の場合に成功率が一番高いことが分かる. 同様に, 図9, 10が提案アルゴリズム3における係数  $\alpha, \beta$  の値による成功率変化を表している. 結果より,  $\alpha = 0.66, \beta = 0.57$  の場合に成功率が一番高いことが分かる.

### 5.2 CN 比に対する性能評価

各提案アルゴリズムの CN 比に対する性能評価を行うため, 5.1節でのシミュレーションで求めた係数の値を用いて, 表2の条件でシミュレーションを行った.

シミュレーション結果を図11に示す. 図の横軸は CN 比を, 縦軸は遅延量判定成功率を表している. 丸いマークがついたラインは提案アルゴリズム1の遅延量判定成功率を表しており, 三角のマークがついたラインが提案アルゴリズム2での遅延量判定成功率, 四角のマークがついたラインが提案アルゴリズム3での遅延量判定を表している. 提案アルゴリズム1での遅延量判定成功率は 53.48~90.10%となっている. 提案アルゴリズム2での遅延量判定成功率は 57.57~99.28%で, 提案アルゴリ

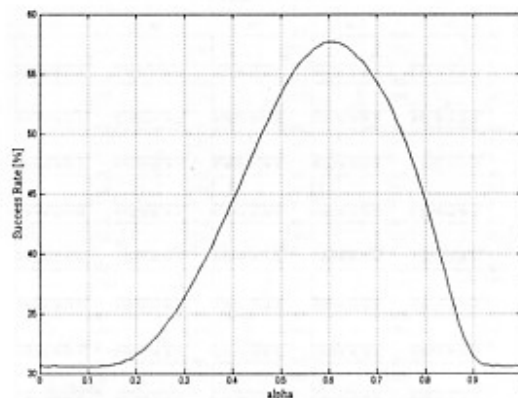


図8 提案アルゴリズム2での係数  $\alpha$  の最適値

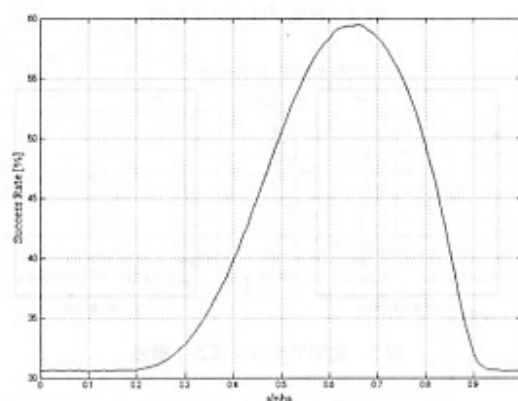


図9 提案アルゴリズム3での係数  $\alpha$  の最適値

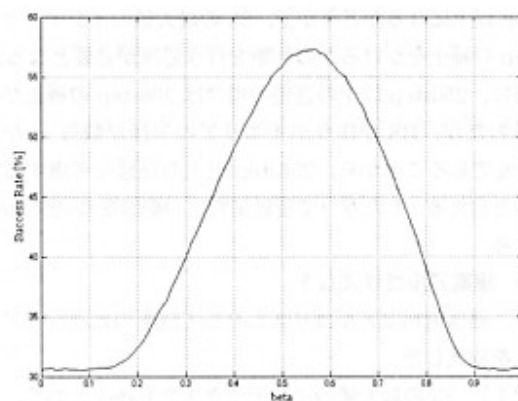


図10 提案アルゴリズム3での係数  $\beta$  の最適値

ズム1と比べると最高で約9%の改善が見られる. 提案アルゴリズム3では, 提案アルゴリズム2と比較すると若干の改善が見られ, 遅延量判定成功率は 58.31~99.99%となった.

### 5.3 許容誤差による成功率変化

各提案アルゴリズムにおいて, CN 比を変化させた時の遅延量判定成功率を求めたが, 遅延量判定に失敗した場合でも, わずかな誤差しか生じていない可能性がある. そこで, 遅延量判

表2 シミュレーション条件

パラメータ	値
伝送路	2波マルチパス, AWGN
遅延波の遅延時間	約 2 $\mu$ s
CN 比	0~20 dB (1 dB 刻み)
DU 比	5 dB
TCCH の遅延量	0~255
使用 TCCH パターン	6種類

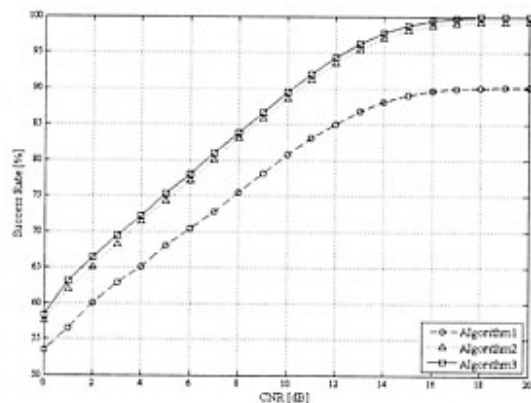


図11 各提案アルゴリズムの CN 比に対する性能評価

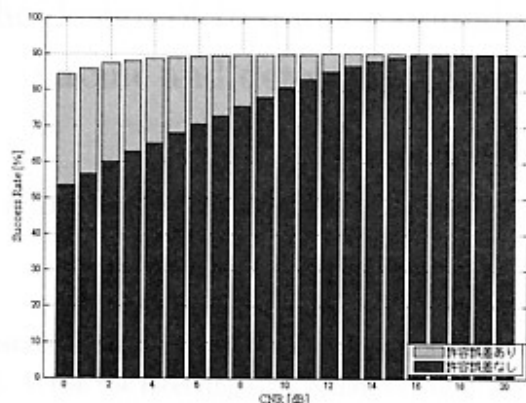


図12 提案アルゴリズム1での許容誤差による遅延量判定成功率変化

定結果に対してある程度の許容誤差を持たせると、遅延量判定成功率がどの程度向上するのかをシミュレーションすることで、ここでは、遅延量判定結果に  $\pm 1step$  ( $\pm 1\mu s$ ) の許容誤差をもたせ、その他のシミュレーション条件は表2の条件を用いた。

提案アルゴリズム1, 2, 3での遅延量判定成功率変化をそれぞれ、図12, 13, 14に示す。図の横軸は CN 比を、縦軸は遅延量判定成功率を表しており、バーは許容誤差なしの場合の遅延量判定成功率と、 $\pm 5step$  の許容誤差をもたせたことによる遅延量判定成功率の増加部分を表示している。各提案アルゴリズムでの許容誤差ありの場合と無しの場合の遅延量判定成功率の値を表3に示す。どの提案アルゴリズムにおいても、最大で30%以上の遅延量判定成功率の向上が確認できた。

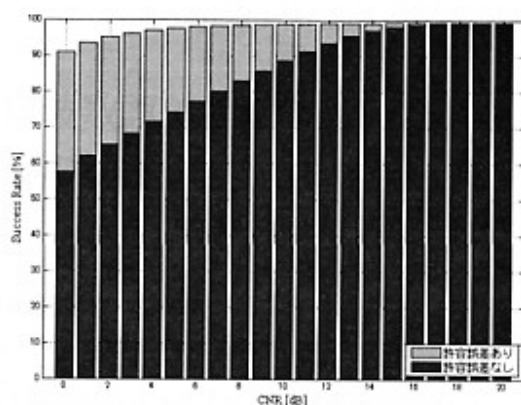


図13 提案アルゴリズム2での許容誤差による遅延量判定成功率変化

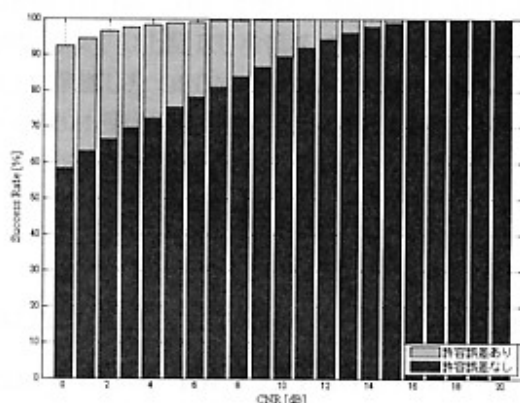


図14 提案アルゴリズム3での許容誤差による遅延量判定成功率変化

表3 許容誤差による遅延量判定成功率の変化

提案アルゴリズム	許容誤差なし	許容誤差あり
提案アルゴリズム1	53.48~90.10%	84.26~90.10%
提案アルゴリズム2	57.57~99.28%	90.83~99.28%
提案アルゴリズム3	58.31~99.99%	92.33~99.99%

## 6. まとめ

本稿では、端末の送信タイミングを基地局との距離に応じて修正するため、TCCHを用いて遅延量を判定するアルゴリズムを提案し、アルゴリズムの CN 比に対する性能評価を行った。シミュレーション結果より、提案アルゴリズムの中で最も遅延量判定成功率が高かったのはアルゴリズム3で、その時の遅延量判定成功率は58.31~99.99%となった。また、遅延量に対して  $\pm 5step$  の許容誤差を持たせた場合、遅延量判定成功率は92.33~99.99%まで向上することが確認できた。

## 文 献

- [1] 伊丹誠, デジタル放送/移動通信のための OFDM 変調技術, 株式会社トリケップス, 東京, 2000.
- [2] 石塚真一, 尾知博, 島村徹也, 沖田芳雄, 永塚守, デジタル通信システムのための MATLAB プログラム事例解説, 株式会社トリケップス, 東京, 2000.
- [3] PHS Mou Group, Next Generation PHS Specifications(Revision3), Tokyo, 2007.