

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-312380  
(P2007-312380A)

(43) 公開日 平成19年11月29日(2007.11.29)

(51) Int.C1.

HO4B 7/26

(2006.01)

F 1

HO4B 7/26

テーマコード(参考)

K 5KO67

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L 外国語出願 (全 49 頁)

(21) 出願番号 特願2007-121742 (P2007-121742)  
 (22) 出願日 平成19年5月2日 (2007.5.2)  
 (31) 優先権主張番号 06290717.5  
 (32) 優先日 平成18年5月4日 (2006.5.4)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 503163527  
 ミツビシ・エレクトリック・インフォメイ  
 ション・テクノロジー・センター・ヨーロ  
 ッパ・ビーヴィ  
 MITSUBISHI ELECTRIC  
 INFORMATION TECHNO  
 LOGY CENTRE EUROPE  
 B. V.  
 オランダ国、1119 エヌエス・スピブ  
 ホール・レーイク、カプロニラーン 46  
 Capronilaan 46, 111  
 9 NS Schiphol Rijk,  
 The Netherlands  
 (74) 代理人 100110423  
 弁理士 曽我 道治

最終頁に続く

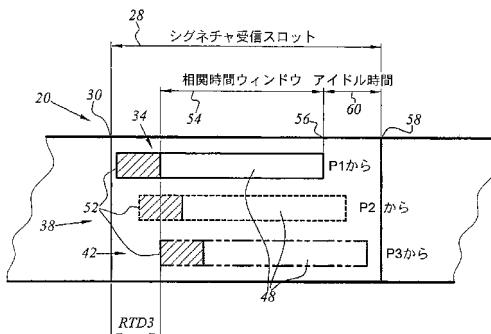
(54) 【発明の名称】伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法及び通信システム

## (57) 【要約】 (修正有)

【課題】精度良く、サイズが最適化されたシグネチャ受信タイムスロットを有する、基地局と端末との間のラウンドトリップ遅延を推定する。

【解決手段】基地局から下りリンクで開始指令信号を端末へ送信するステップと、端末による開始指令信号の終端の受信後に、シグネチャ信号を端末から基地局へ上りリンクで送信するステップと、基地局において、シグネチャ受信タイムスロット内でシグネチャ信号を受信し、処理するステップであって、それによって、ラウンドトリップ遅延情報を提供する。処理するステップは、固有の参照シーケンスを使用することにより、固定相関時間ウィンドウ内において実行される巡回相関ステップを含む。

【選択図】図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基地局(6)と端末(4)との間に存在し、且つ、所定のラウンドトリップ遅延範囲内に含まれる伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法であって、

以下のステップ：

前記基地局(6)から下りリンクで開始指令信号(24)を前記端末(4)へ送信するステップと、

前記端末(4)による前記開始指令信号の終端(30)の受信後に、シグネチャ信号(32、36、40)を前記端末(4)から前記基地局(6)へ上りリンクで送信するステップと、

前記基地局(6)において、シグネチャ受信タイムスロット(28)内で前記シグネチャ信号(34、38、42)を受信するステップと、

前記基地局(6)において、前記受信されたシグネチャ信号(34、38、42)を処理するステップ(62)であって、それによって、ラウンドトリップ遅延情報を提供する、処理するステップ(62)と、

を含み、

前記処理するステップ(62)は、前記シグネチャ信号(32、36、40)を計算するための固有の参照シーケンス(48)を使用することにより、固定相関時間ウィンドウ(54)内において実行される巡回相関ステップ(66)を含むことを特徴とする、伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

**【請求項 2】**

前記巡回相関ステップ(66)は、少なくとも2つのステップを含み、

各ステップは、時間領域においてサンプルを処理する、ことを特徴とする、請求項1に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

**【請求項 3】**

前記シグネチャ受信タイムスロット(28)の長さは、前記所定の範囲のラウンドトリップ遅延R TD 3にわたるラウンドトリップ遅延の推定を可能にするように最小にされることを特徴とする、請求項1又は2のいずれか一項に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

**【請求項 4】**

前記シグネチャ受信タイムスロット(28)は、アイドル期間(60)を含み、

前記アイドル期間(60)の長さは、推定されるべきラウンドトリップ遅延の範囲R TD 3に等しい、

ことを特徴とする、請求項1～3のいずれか一項に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

**【請求項 5】**

前記固有の参照シーケンス(48)は、ゼロ自己相関(ZAC)シーケンスである、ことを特徴とする、請求項1～4のいずれか一項に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

**【請求項 6】**

前記固有の参照シーケンス(48)は、定振幅ゼロ自己相関(CAZAC)シーケンスである、ことを特徴とする、請求項1～5のいずれか一項に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

**【請求項 7】**

前記固有の参照シーケンス(48)は、Zadoff-Chuシーケンスである、ことを特徴とする、請求項1～6のいずれか一項に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

**【請求項 8】**

前記シグネチャ(34、38、42、44)は、前記固有の参照シーケンス(48)と、前記固有の参照シーケンス(48)のテール又はヘッドにそれぞれ連結された巡回拡張

10

20

30

40

50

部(52)とを含み、

前記巡回拡張部(52)は、前記固有の参照シーケンス(48)のそれぞれヘッド部(50)又はテール部である

ことを特徴とする、請求項1～7のいずれか一項に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

#### 【請求項9】

前記処理するステップ(62)は、以下のステップのシーケンスであって、

前記シグネチャ受信タイムスロットにおいて一組のサンプルを受信するステップ(64)と、

前記相関時間ウィンドウの外部で受信された前記サンプルを除去するステップ(65) 10  
と、

残っている前記一組のサンプルを第1の有用なシーケンスとしてリングシフトレジスタに記憶するステップと、

前記固有の参照シーケンス(48)及び前記第1の有用なシーケンス(48)からのシフトされた連続的なシーケンスに関係した、時間領域のサンプルごとの積の一組の総和(68)を実行するステップと、

時間領域のサンプルごとの積の前記総和(68)から得られた積の合計を、前記参照シーケンスの長さNから1を引いたものに等しい長さのアレイに記憶するステップ(64)と、

前記アレイにおいて、時間領域における相関の最大ピークを検出するステップ(74) 20  
と、

前記検出された相関のピークに対応する時間として前記端末の前記ラウンドトリップ遅延を求めるステップ(76)と

から成るステップのシーケンスを含む、ことを特徴とする、請求項1～8のいずれか一項に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

#### 【請求項10】

前記処理するステップ(62)は、以下のステップのシーケンスであって、

前記シグネチャ受信タイムスロットにおいて一組のサンプルを受信するステップ(64) 30  
と、

前記相関時間ウィンドウの外部で受信された前記サンプルを除去するステップ(65)と、

前記相関時間ウィンドウ内で受信された前記サンプルに対して第1の高速フーリエ変換(FFT)を実行するステップ(77)と、

前記得られた周波数領域のサンプルに、第2の高速フーリエ変換(FFT)(84)から結果として得られた前記固有の参照シーケンス(48)の前記周波数領域のサンプルを乗算するステップ(78)と、

乗算ステップにおいて得られた前記サンプルに対して逆高速フーリエ変換(IFFT)を実行するステップ(80)と、

時間領域における相関の最大ピークを検出するステップ(74)と、

前記検出された相関のピークに対応する時間として前記端末の前記ラウンドトリップ遅延を求めるステップ(76)と、 40

から成るステップのシーケンスを含む、ことを特徴とする、請求項1、3～8のいずれか一項に記載の伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法。

#### 【請求項11】

少なくとも2つの端末(4、94、96)(T1、T2、T3)に関係した少なくとも2つの端末コードのうちから前記端末(4)(T1)に関係した端末識別子コードを決定することを含み、

別個のシグネチャ信号(118、122、126)が各端末(4、94、96)から前記基地局(6)へ1つの上りリンクで送信され、

信号の時間合計を形成する前記受信されたシグネチャ信号(120、124、128) 50

は、固定相関時間ウィンドウ(54)内で実行される共通の巡回相関ステップ(166)を含み且つ前記固有の参照シーケンス(48)を使用する処理ステップ(160)において同時に処理される。

ことを特徴とする、請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項12】

各シグネチャ(118、122、126)は、シグネチャシーケンス(48、152、154)と、前記シグネチャシーケンス(48、152、154)のテール又はヘッドにそれぞれ連結されたシグネチャ巡回拡張部(52、156、158)とを含み、

前記シグネチャシーケンス(48、152、154)は、前記固有の参照シーケンス(48)を巡回シフトしたものであり、

前記シグネチャ巡回拡張部(52、156、158)は、前記シグネチャシーケンス(48)のそれぞれヘッド部(50)又はテール部である、ことを特徴とする、請求項11に記載の方法。

#### 【請求項13】

前記処理ステップ(160)は、以下のステップのシーケンスであって、

前記シグネチャ受信タイムスロット(28)において一組のサンプルを受信するステップ(162)と、

前記受信されたシグネチャ信号サンプルの時間合計から、前記相関時間ウィンドウ(54)の外部で受信された前記サンプルを除去するステップ(164)と、

残っている前記一組のサンプルを第1のフィルタリングされた受信信号としてリングシフトレジスタに記憶するステップと、

前記固有の参照シーケンス(48)及び前記第1のフィルタリングされた受信信号からのシフトされた連続的な受信シーケンスに関係した、時間領域のサンプルごとの積の一組の総和(170)を実行するステップと、

時間領域のサンプルごとの積の前記総和(170)から得られた積の合計を、前記参照シーケンスの長さNから1を引いたものに等しい長さのアレイに記憶するステップ(172)と、

前記アレイにおいて、時間領域における一組の相関の最大ピークを検出するステップ(186)と、

検出された各最大ピークについて、前記時間領域の相関期間の1つの所定の間隔に単独で関連したコードであるとして前記識別子コードを求めるステップと、

検出された各最大ピークについて、前記関連した識別子コードによって特定された前記端末の前記対応するラウンドトリップ遅延を、前記検出された相関のピークに対応する時刻と、前記識別子コードに関連した前記間隔の開始時刻との時間差として求めるステップ(188)と、

から成るステップのシーケンスを含む、ことを特徴とする、請求項11又は12に記載の方法。

#### 【請求項14】

少なくとも2つの端末(4、94、96)(T1、T2、T3)に関係した少なくとも2つの端末コードのうちから前記端末(4)(T1)に関係した端末識別子コードを決定することを含み、

別個のシグネチャ信号(118、122、126)が各端末(4、94、96)から前記基地局(6)へ1つの上りリンクで送信され、

信号の時間合計を形成する前記受信されたシグネチャ信号(120、124、128)は、固定相関時間ウィンドウ(54)内で実行される共通の巡回相関ステップ(166)を含み且つ前記固有の参照シーケンス(48)を使用する処理ステップ(160)において同時に処理され、

前記処理ステップ(160)は、以下のステップのシーケンスであって、

前記シグネチャ受信タイムスロット(28)において一組のサンプルを受信するステップ(162)と、

10

20

30

40

50

前記受信されたシグネチャ信号サンプルの時間合計から、前記相関時間ウィンドウ(54)の外部で受信された前記サンプルを除去するステップ(164)と、

前記相関時間ウィンドウ(54)内で受信された前記サンプルに対して第1の高速フーリエ変換(FFT)を実行するステップ(190)と、

前記得られた周波数領域のサンプルに、第2の高速フーリエ変換(FFT)(200)から結果として得られた前記固有の参照シーケンス(48)の前記周波数領域のサンプルを乗算するステップ(192)と、

乗算ステップ(192)において得られた前記サンプルに対して逆高速フーリエ変換を実行するステップ(194)と、

ステップ(194)から結果として得られた前記時間領域のサンプルを、前記参照シーケンスの長さNから1を引いたものに等しい長さのアレイに記憶するステップと、

時間領域の相関期間において一組の最大の相関ピークを検出するステップ(186)と、

各最大ピークについて、前記時間領域の相関期間の1つの間隔に単独で関連したコードであるとして前記識別子コードを求めるステップと、

各最大ピークについて、前記関連した識別子コードによって特定された前記端末の前記ラウンドトリップ遅延を、前記検出された相関のピークに対応する時刻と、前記識別子コードに関連した前記間隔の開始時刻との時間差として求めるステップ(188)と、  
から成るステップのシーケンスをさらに含む、ことを特徴とする、請求項1、3~7のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項15】

少なくとも2つの端末が上りリンクにおいて同期され、

異なるシグネチャが各端末に割り当てられ、各シグネチャは前記固有の参照シーケンスを巡回シフトしたものであり、

上りリンクで同期された端末に割り当てられた前記一組のシグネチャは、コンパクトグループを形成する、

ことを特徴とする、請求項11~13のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項16】

基地局(6)、端末(4)を備える通信システムであって、

前記端末は、

開始指令信号(24)の終端(30)を受信するための受信手段と、

前記開始指令信号(24)の前記終端(30)の受信後に、シグネチャ信号(32、36、40)を前記基地局(6)へ上りリンクで送信するための送信手段と、  
を備え、

前記基地局は、

前記開始指令信号(24)を前記端末(4)へ下りリンクで送信するための送信手段と、

受信シグネチャ信号(34、38、42)をシグネチャ受信タイムスロット(28)内において受信するための手段と、

前記受信シグネチャ信号(34、38、42)を前記基地局(6)において処理するための手段であって、それによって、ラウンドトリップ遅延情報を提供する、処理するための手段と、  
を備え、

前記処理するための手段は、前記シグネチャ信号(32、36、40)を計算するための固有の参照シーケンス(48)を使用することによって、固定相関時間ウィンドウ(54)内で実行される巡回相関ステップ(66)を実行することができる、  
ことを特徴する通信システム。

#### 【請求項17】

少なくとも2つの端末(4、94、96)を備え、

前記処理するための手段は、少なくとも2つの端末(4、94、96)(T1、T2、

10

20

30

40

50

T 3 ) に関係した少なくとも 2 つの端末コードのうちから、前記端末 ( 4 ) ( T 1 ) に関係した端末識別子コードを求めることができ、

別個のシグネチャ信号 ( 118, 122, 126 ) が各端末 ( 4, 94, 96 ) から前記基地局 ( 6 ) へ 1 つの上りリンクで送信され、

信号の時間合計を形成する前記受信されたシグネチャ信号 ( 120, 124, 128 ) は、固定相関時間ウィンドウ ( 54 ) 内で実行される共通の巡回相関ステップ ( 166 ) を含み且つ前記固有の参照シーケンス ( 48 ) を使用する処理ステップ ( 160 ) において同時に処理される、

ことを特徴とする、請求項 16 に記載の通信システム。

#### 【請求項 18】

少なくとも 1 つの第 1 の端末が、第 1 の固有の参照シーケンス ( 48 ) として第 1 の Z a d o f f C h u シーケンスを使用し、

少なくとも 1 つの第 2 の端末が、第 2 の固有の参照シーケンスとして第 2 の Z a d o f f C h u を使用し、

前記第 2 の Z a d o f f C h u は、前記第 1 の Z a d o f f C h u シーケンスの逆シーケンスである、

ことを特徴とする、請求項 17 に記載の通信システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

[ 発明の技術分野 ]  
本発明は、上りリンクトラフィック多重フレームに多重化された専用タイムスロット内で受信された R A C H 信号から携帯電話端末に付随する複数のラウンドトリップ遅延を推定する方法に関する。

##### 【0002】

##### [ 発明の背景 ]

一組の端末 ( T ) から基地局 ( B S ) への上りリンク ( U L ) 及び基地局 ( B S ) から一組の端末の各端末 ( T ) への下りリンク ( D L ) を備える U M T S のような携帯電話通信システムでは、時間領域においてランダムアクセスチャネル ( R A C H ) を提供することが周知である。 R A C H は、上りリンク ( U L ) トラフィックで時間多重されている。

##### 【0003】

上りリンクにおいて、ランダムアクセスは、通常、トラフィックチャネルがタイミングアドバンス ( timing advance ) メカニズムによってしっかりと同期されたスケジューリングされたトラフィックと対照的な意味を持つ。

##### 【0004】

実際に、( 時間、符号、及び / 又は周波数における ) 上りリンク資源が基地局 ( B S ) によって端末に割り当てられていない場合には、ランダムアクセスが端末によって使用される。たとえば、これは、端末に電源が投入された時のネットワークへの初期アクセスの場合に行われる。

##### 【0005】

( たとえば、直交周波数分割多重を使用する ) いくつかの通信システムでは、基地局において上りリンクを同期させることが、性能を増大するのに有益であり、動作にも必要とされる。

##### 【0006】

これは、タイミングアドバンス手段によって得られる。このタイミングアドバンス手段によって、基地局は、各端末とのラウンドトリップ遅延 ( R T D ) ( ラウンドトリップ遅延は、基地局 ( B S ) と端末 ( T ) との間の距離に依存する ) を測定し、基地局 ( B S ) において各端末のデータを他の上りリンクの端末のデータと整列 ( align ) させるために、各端末が自身の上りリンクデータ送信をシフトするよう、各端末に特有のタイミングアドバンス情報を端末に送信する。

10

20

30

40

50

## 【0007】

ラウンドトリップ遅延を測定する周知の方法は、以下のステップを含む。まず第1に、端末(T)は、データタイミング同期、フレーム同期、及び周波数同期を含む下りリンク(DL)同期を実行する。次に、端末は、所定のシンボルの受信の終了直後(たとえば、下りリンク(DL)フレームの最初の同期サブフレームの終了後)に、少なくともプリアンブル(シグネチャとも呼ばれる)及び場合によりメッセージを含む、自身に関連したRACHを送信する。最後に、基地局(BS)は、RACHシグネチャを検出し、所定のシンボルの下りリンク送信の終端と、結局は端末レベルでの所定の処理継続時間後の上りリンクのRACH受信の始端との間の遅延として、ラウンドトリップ遅延RTDを求める。

## 【0008】

本質的に分かるように、RACHシグネチャは粗く同期され、基地局における上りリンクのシグネチャ受信タイムスロットは、同期されたスケジュールトラフィックデータとのあらゆる望ましくない干渉を回避するために、注意深く把握される必要がある。

## 【0009】

一般的な場合に、トラフィック多重及び/又は送受信複信のタイプについては、このような干渉を回避するためにアイドル期間が必要とされる。この干渉およびアイドル期間は最小にされるべきである。

## 【0010】

時間領域における通常の相関プロセスを使用すると、スライディング相関ウィンドウ(sliding correlation window)又は櫛相関アーキテクチャ(comb correlating architecture)を使用する必要があるので、相関プロセスによって生成される自己雑音は限定されるが、シグネチャ受信タイムスロットのサイズは最小化できない。

## 【0011】

サイズが固定相関ウィンドウを使用することによって最小にされる時、相関プロセスによって生成される自己雑音は増加する。

## 【0012】

【特許文献1】米国特許第6546062号明細書(要約書、請求項1~3および16~18、第1図、第4図、第6図、第7欄30~60行、第10欄40~65行)

【特許文献2】米国特許第6388997号明細書(要約書、第2図、第8a図、第10欄10~34行)

【特許文献3】米国特許出願公開第2005/0047530号明細書(要約書、003段落~0039段落)

【非特許文献1】JECHOUX B他著「Concatenated extended complementary sequences for inter-base station synchronization in UMTS TDD mode」VTC FALL 2001. IEEE 54TH VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE. PROCEEDINGS. ATLANTIC CITY, NJ, OCT. 7 - 11, 2001, IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL. 1 OF 4. CONF. 54, 2001年10月7日, 1691~1695ページ, XP010562252 ISBN: 0-7803-7005-8(要約書、0III段落~00IV段落)

## 【0013】

対象となる問題は、シグネチャ受信タイムスロットのサイズを最小にするために固定相関ウィンドウを使用すると、相関プロセスによって生成される自己雑音が増加し、ラウンドトリップ遅延RTD推定精度が減少するということである。

## 【0014】

## [発明の概要]

本発明の目的は、RTD推定の精度を増加させる、サイズが最適化されたシグネチャ受信タイムスロットを有する、時間領域でのRTD推定方法を提供することである。

## 【0015】

したがって、本発明は[請求項1]に関係する。

## 【0016】

特定の実施の形態によれば、伝播ラウンドトリップ遅延を推定するための方法は、次の

10

20

30

40

50

特徴：[従属請求項2～15]の1つ又は2つ以上を含む。

【0017】

また、本発明は、通信システム[請求項16]にも関係する。

【0018】

特定の実施の形態によれば、この通信システムは、次の特徴：[従属請求項17～18]の1つ又は2つ以上を備える。

【0019】

本発明のより良い理解は、以下の説明を読むことによって容易になる。以下の説明は、もっぱら例としてのみ与えられるものであり、図面に関してのみ与えられるものである。

【0020】

図1に、单一の端末移動体通信システム2の3つの構成を示す。この单一の端末移動体通信システム2は、T1として参照されるユーザ端末4及びBSとして参照される基地局6を備える。第1の構成では、端末4は、P1として参照される第1の位置に位置する。第2の構成では、端末4は、P2として参照される第2の位置に位置する。第3の位置では、端末4は、P3として参照される第2の位置に位置する。P1はBSに近い一方、P2はBSからより遠くに位置し、P3はBSから最も遠くに位置する。

【0021】

各位置P1、P2、及びP3において、端末4は、BSから送信された同じ下りリンク信号8を、しかし異なる伝播経路遅延をもって、受信することができる。

【0022】

各位置P1、P2、及びP3において、端末は、各上りリンク信号10、12、及び14を送信することができる。

【0023】

基地局6が移動体4へデータを送信し、端末4がこれを受信し即時再送した後に基地局6が同じデータを受信するのに要する時間は、2方向の経路の距離に依存し、ラウンドトリップ遅延RTDと呼ばれる。

【0024】

P1、P2、及びP3に対応するラウンドトリップ遅延は、ラウンドトリップ遅延RTD1、RTD2、及びRTD3としてそれぞれ参照され、RTD1 < RTD2 < RTD3である。

【0025】

ここで位置P3により画定される最大カバレッジ範囲は、基地局6が受け持つセル16を画定し、ラウンドトリップ遅延RTD3によって特徴付けることができる。

【0026】

図2に、下りリンク18及び上りリンク20のデータ構造を示す。この図において、横座標軸に付随する時間は、左から右に流れている。下りリンクフレーム18は、いくつかのトラフィックデータバースト22及び規則的に間隔を空けて配置された同期バーストを時間多重したものである。ここでは、1つの同期バースト24のみが示されている。基地局8レベルにおける上りリンクフレーム20は、スケジューリングされたトラフィックデータ26及び規則的に間隔を空けて配置されたRACH(ランダムアクセスチャネル)受信タイムスロット28を時間多重したものである。同期特性に関するRACHの有用な部分は、シグネチャとも呼ばれるそのプリアンブルであるので、以下ではシグネチャのみを説明することにする。

【0027】

端末4が上りリンクにおいて基地局6と同期することを可能にするために、BSから送信された同期バースト24の終端信号30の伝播後で且つ受信時、場合によっては、所定の継続時間の後に、端末4はシグネチャを送信する。このシグネチャは、そのデータ構造についてはSGN1として参照され、また、端末P1、P2、及びP3の送信口ケーションに応じてそれぞれ32、36、及び40として参照される。シグネチャ受信タイムスロット28内で受信されたシグネチャSGN1は、P1、P2、及びP3に位置する端末か

10

20

30

40

50

ら発行されると、端末の位置に応じて異なって位置し、それぞれ 34、38、42 として参照される。同期バースト 24 の開始指令時刻 (start order time) 30 と、基地局 6 レベルでのシグネチャ SGN1 の受信の終端との間の時間の差、場合によっては端末レベルでの所定の継続時間後における時間の差は、端末 4 のラウンドトリップ遅延に等しくなる。受信シグネチャ 34 (実線のフレーム)、38 (破線のフレーム)、及び 42 (二点鎖線のフレーム) にそれぞれ対応するラウンドトリップ遅延が、ラウンドトリップ遅延 R T D 1、R T D 2、及び R T D 3 となる。図 2 では、シグネチャ末端の伝播経路が、基地局からの距離対時間の軸フレームにおいて太線で示されている。

## 【0028】

図 3 に、シグネチャ SGN1 のデータ構造 44 を示す。シグネチャ SGN1 は、SEQ 10 B1 として参照される参照シーケンス 48 に分割できる一組のデータ 46 と、シグネチャ SGN1 のテール部とみなすことができる、SGN1-T として参照される巡回拡張部 52 とを備える。

## 【0029】

参照シーケンス SEQ B1 は、 $a_1$  から  $a_N$  の一組の連続データである。N は、参照シーケンス 44 の長さである。端末によって送信される時、SGN1 の最初の送信データは  $a_1$  である。

## 【0030】

SEQ B1 の参照シーケンスのヘッド部 50 は、 $a_1$  から  $a_K$  にわたるデータシーケンスであり、巡回拡張部 SGN1-T は、ヘッド部 SGN1-H と同じデータ構造を有する。一変形では、巡回拡張部は、シグネチャの先頭に配置することができ、シーケンスのテール部と同じデータ構造を有することができる。

## 【0031】

ここで、シーケンスは、CAZAC (定振幅ゼロ自己相関(Constant Amplitude Zero Auto-Correlation)) シーケンスであり、より詳細には、以下のように定義される Zadoff-Chu シーケンスである。

N が偶数の場合、

## 【0032】

## 【数1】

$$a(k) = W_N^{k^2/2+qk}$$

30

## 【0033】

であり、ここで  $k = 0, 1, \dots, N - 1$  であり、q は任意の整数である。

N が奇数の場合、

## 【0034】

## 【数2】

$$a(k) = W_N^{k(k+1)/2+qk}$$

40

## 【0035】

であり、ここで  $k = 0, 1, \dots, N - 1$  であり、q は任意の整数である。

ここで、 $W_N = e^{j(-\pi/2)r/N}$  であり、r は N と互いに素である。

## 【0036】

CAZAC シーケンスは、ディラック関数である周期的な自己相関関数である。定振幅であることによって、高電力送信が必要とされる場合の非線形性に対する良好な保護が可能になる。

## 【0037】

一変形として、シーケンス ZAC (ゼロ自己相関(Zero Auto-Correlation)) も使用することができる。

50

## 【0038】

図4に、3つの異なる位置P1、P2、及びP3に位置する同じ端末T1に対応する3つのシグネチャ34、36、38が重ねて置かれた、シグネチャ受信タイムスロット28を示す。シグネチャ受信タイムスロット28は、すべての受信シグネチャ34、36、及び38を一体的に含むように配置され、したがって、ラウンドトリップ遅延の全範囲をカバーする。シグネチャ受信タイムスロット28は、時間が固定されている相関時間ウィンドウ54を備える。相関時間ウィンドウ54の長さは、参照シーケンスの長さNに等しく、この相関時間ウィンドウ54において巡回相関プロセスが実行される。相関プロセスの開始時刻56は、図4の相関時間ウィンドウの右端に対応する。端末4に割り当てられたシグネチャ34の受信の開始時刻58は、端末4が基地局6に非常に接近して位置していると、シグネチャ受信タイムスロット28の右端に対応する。時刻56及び58によって範囲が定められた時間間隔は、アイドル期間60を規定する。アイドル期間60は、シグネチャ又はRACHの、スケジューリングされたトラフィックデータとの干渉を回避するために必要とされ得る。

10

## 【0039】

シーケンスSEQB1の巡回拡張部52は、相関時間ウィンドウ54内に含まれるあらゆる受信シグネチャ34、36、38について、巡回的に完全な一組の参照シーケンスデータが受信されることを保証するものである。

## 【0040】

したがって、相関ウィンドウ54内に含まれるどの受信シグネチャデータも、SEQB1から導出された、巡回シフトされた参照シーケンスである。

20

## 【0041】

参照シーケンスSEQB1を基準とした、巡回シフトされた参照シーケンスの巡回シフトを求めることによって、端末T1が受ける対応したラウンドトリップ遅延が提供される。

## 【0042】

図4で分かるように、シグネチャ38の最大ラウンドトリップ遅延RTD3は、相関時間ウィンドウ内に含まれるシグネチャデータを巡回シフトしたものでもある巡回拡張部52の長さに等しい。

30

## 【0043】

図5のフローチャートは、単一の端末移動体通信システム2の基地局BSレベルにおけるラウンドトリップ遅延を推定するのに使用される方法62の第1の実施の形態を示している。

## 【0044】

最初のステップ64において、シグネチャ受信スロット28内の完全なシグネチャSGN1の受信後、相関時間ウィンドウ54の外部に位置する受信シグネチャSGN1のサンプルがステップ65において除去される。

40

## 【0045】

続いて、次のステップ66において、巡回相関が、初期のゼロシフトされてフィルタリングされた受信シーケンスとしてリングシフトレジスタに入力された残りのサンプルに対して実行される。

## 【0046】

ステップ66は、ステップ67、68、69、70、71、及び72を含む。

## 【0047】

シフトカウンタicが、ステップ67において、シフトカウンタicの値を1に設定することにより最初に初期化される。次に、ステップ68において、サンプルごとの積の総和が、固有の参照シーケンスSEQB1と、ic-1だけシフトされてフィルタリングされた受信シーケンスとに対して実行される。ステップ68から結果として得られた積の合計Ptime(ic)は、ステップ69により、1からN-1までインデックスされるアレイのインデックスic-1に記憶される。ステップ69の後にステップ70が続き、実

50

際のカウンタ値  $i_c$  が  $N$  と比較される。

【0048】

$i_c$  が  $N$  と異なる場合、カウンタ値  $i_c$  は、ステップ 71において1つだけインクリメントされ、リングレジスタの実際のシフト受信シーケンスは、1サンプル期間だけシフトされる。次に、ステップ 68、69、70が再び実行される。

【0049】

$i_c$  が  $N$  に等しい場合、積の合計配列  $P_{time}(i_c)$  の最大値として相関ピークを検出することにより、ステップ 74が進行する。積の合計  $P_{time}(i_c)$  が最大になる  $i_{c_{max}}$  の値が、ステップ 76において、 $t(SGN1)$  として参照される受信シグネチャ  $SGN1$  の推定ラウンドトリップ遅延として特定される。

10

【0050】

第2の実施の形態では、図6のフローチャートに示すような方法 62が、同じシーケンスのステップ 64、65、66、74、及び 76 を含む。これらのステップは、ステップ 66 を除いてすべて同じである。ステップ 66 では、ステップ 77、78、及び 80 が続けて実行される。ステップ 77 において、第1のFFT(高速フーリエ変換)が、ステップ 65 から結果として得られた時間領域のサンプルを周波数領域の受信サンプルに変換する。次に、ステップ 78 において、周波数領域に変換されたサンプルに、ステップ 80 によって得られた参照シーケンス  $SEQB1$  の対応する周波数領域のサンプルが乗算される。ステップ 80 において、ステップ 80 により時間領域の参照シーケンス  $SEQB1$  を入力した後、第2のFFTがステップ 84 によって実行される。2つのFFTの結果を乗算した後、次に、IFFT(逆高速フーリエ変換)がステップ 80 により実行される。

20

【0051】

図7のチャート 86 に、図1の3つの構成の相関の大きさ対時間を示す。

【0052】

$t_{start}30$ を基準とした、実線 88、破線 90 のピーク、及び二点鎖線 92 の時間軸上の各位置は、第1のラウンドトリップ遅延  $RTD1$ 、第2のラウンドトリップ遅延  $RTD2$ 、及び第3のラウンドトリップ遅延  $RTD3$ を決定する。

20

【0053】

図8、図9、及び図10は、 $T1$ 、 $T2$ 、及び  $T3$  として参照される3つの異なる端末 4、94、及び 98 を使用する移動体通信システムの3つの構成を示し、それぞれの図において3つの端末は実線の四角形、破線の四角形、二点鎖線の四角形に囲まれている。

30

【0054】

図8に示すような第1の構成 93では、端末 4 ( $T1$ ) は  $P1$  に位置する一方、端末 94 ( $T2$ ) 及び端末 96 ( $T3$ ) は  $P2$  及び  $P3$  にそれぞれ位置する。 $T1$ 、 $T2$ 、及び  $T3$  に割り当てられた各上りリンクは、98、100、及び 102 として参照される。第1の構成 93 では、端末  $T1$ 、 $T2$ 、及び  $T3$ への対応するラウンドトリップ遅延は、それぞれラウンドトリップ遅延  $RTD1$ 、 $RTD2$ 、及び  $RTD3$ となる。

【0055】

図9に示すような第2の構成 103では、端末 4 ( $T1$ ) が  $P3$  に位置する一方、端末 94 ( $T2$ ) 及び端末 96 ( $T3$ ) は  $P1$  及び  $P2$  にそれぞれ位置する。 $T1$ 、 $T2$ 、及び  $T3$  に割り当てられた各上りリンクは、108、104、及び 106 として参照される。第2の構成 103 では、端末  $T1$ 、 $T2$ 、及び  $T3$ への対応するラウンドトリップ遅延は、それぞれラウンドトリップ遅延  $RTD3$ 、 $RTD1$ 、及び  $RTD2$  である。

40

【0056】

図10に示すような第3の構成 110では、端末 4 ( $T1$ ) が  $P2$  に位置する一方、端末 94 ( $T2$ ) 及び端末 96 ( $T3$ ) は  $P3$  及び  $P1$  にそれぞれ位置する。 $T1$ 、 $T2$ 、及び  $T3$  に割り当てられた各上りリンクは、114、116、及び 112 として参照される。第3の構成 110 では、端末  $T1$ 、 $T2$ 、及び  $T3$ への対応するラウンドトリップ遅延は、それぞれラウンドトリップ遅延  $RTD2$ 、 $RTD3$ 、及び  $RTD1$  である。

【0057】

50

図11に、下りリンク18及び上りリンク20のデータ構造を図2と同じ方法で示す。

#### 【0058】

第1の構成93に関して、端末4、94、96が基地局6と上りリンクで同期することを可能にするために、各端末4、94、及び96は、BSから送信された同期バースト24の開始指令信号30の伝播後で且つ開始指令30の受信時、場合によっては所定の継続時間の後に、関連したシグネチャを送信する。このシグネチャは、そのデータ構造についてはSGN1、SGN2、及びSGN3として参照され、また、その端末の対応するロケーション、すなわちP1、P2、及びP3については118、122、及び126として参照される。各シグネチャSGN1、SGN2、及びSGN3は、シグネチャ受信タイムスロット28内で受信され、P1、P2、及びP3にそれぞれ位置する各端末4、94、95から発行されると、端末の位置に応じて異なって位置し、それぞれ120、124、及び128として参照される。同期バースト24の開始指令時刻30と、基地局レベルでの各シグネチャSGN1、SGN2、及びSGN3の受信の終了との間の時間の差、場合によっては端末レベルでの所定の継続時間後における時間の差は、端末4、94、及び96のラウンドトリップ遅延にそれぞれ等しくなる。受信シグネチャ120、124、及び128にそれぞれ対応するラウンドトリップ遅延が、ラウンドトリップ遅延RTD1、RTD2、及びRTD3となる。図11では、シグネチャ末端の伝播経路が、基地局からの距離を表す縦軸及び時間を表す水平軸の2軸フレームにおいて太線で示されている。

#### 【0059】

ここでは、第1の構成93の受信シグネチャ120、124、及び128のみが、シグネチャ受信タイムスロット28内に示されている。

#### 【0060】

第2の構成103に関しては、送信シグネチャ130、132、及び134のみが示され、T2、T3、及びT1によってP1、P2、及びP3からそれぞれ発行されたSGN2、SGN3、及びSGN1としてそれぞれ割り当てられる。

#### 【0061】

第3の構成110に関しては、送信シグネチャ136、138、及び140のみが示され、T3、T1、及びT2によってP1、P2、及びP3からそれぞれ発行されたSGN3、SGN1、及びSGN2としてそれぞれ割り当てられる。

#### 【0062】

図12は、参照シーケンスSEQB1から導出される3つのシグネチャシーケンスを構築する方法を示している。参照シーケンスSEQB1は、参照リング142において時計回りに配置されている。Nを3の整数倍と仮定して、参照シーケンスSEQB1は、SB1、SB2、及びSB3として参照される3つの連続したサブシーケンス146、148、及び150に等分割される。

#### 【0063】

SB1は、 $a_1$ から $a_{N/3}$ に及ぶ一組のデータを含む。SB2は、 $a_{(N/3)+1}$ から $a_{2N/3}$ に及ぶ一組のデータである。SB3は、 $a_{(2N/3)+1}$ から $a_N$ に及ぶ一組のデータである。

#### 【0064】

第1のシグネチャシーケンスSEQB1は、参照シーケンスであり、連続したサブシーケンスSB1、SB2、及びSB3の組として表すことができる。

#### 【0065】

SEQB2として参照される第2のシグネチャシーケンス152は、連続したサブシーケンスSB2、SB3、及びSB1の組として定義される。

#### 【0066】

SEQB3として参照される第3のシグネチャシーケンス154は、連続したサブシーケンスSB3、SB1、及びSB2の組として定義される。

#### 【0067】

直線的に配備されたシーケンスSEQB1及びSEQB2、SEQB3は、図13、図50

14、及び図15にそれぞれ表されている。すべてのシーケンスは、互いに直交している。

#### 【0068】

シグネチャSGN1の構築は上述されている。SGN2及びSGN3は、SGN1について上述したのと同じ方法で構築される。

#### 【0069】

図16に、3つのシステム構成のすべての受信シグネチャ118、138、134、130、122、140、136、132、126が重ねて配置されたシグネチャ受信タイムスロット28を示す。第1の構成93のシグネチャは、実線により縁取られた長方形に囲まれている。第2の構成のシグネチャは、破線により縁取られた長方形に囲まれている。第3の構成のシグネチャは、二点鎖線により縁取られた長方形に囲まれている。

#### 【0070】

実際の受信は、シグネチャを囲む同じタイプの線として見えるはずである。たとえば、第1の構成の場合、実際の受信では、118、122、及び126のみが示されることになる。

#### 【0071】

シグネチャ巡回拡張部52、156、及び158は、それぞれ、各シグネチャSGN1、SGN2、及びSGN3のシグネチャのテールである。すべてのシグネチャ拡張部は、同じ長さを有する。

#### 【0072】

一変形では、シグネチャ巡回拡張部は、それぞれ、各シグネチャSGN1、SGN2、及びSGN3のシグネチャヘッドとすることができます。

#### 【0073】

図17のフローチャートは、3つの端末を使用する移動体通信システムの、基地局レベルにおける各ラウンドトリップ遅延及び端末識別子コードを併せて推定するのに使用される、方法の第1の実施の形態を示している。

#### 【0074】

最初のステップ162において、シグネチャ受信スロット28のすべてのシグネチャの和 $SGN1 + SGN2 + SGN3$ の受信後、受信シグネチャの和 $SGN1 + SGN2 + SGN3$ のサンプルのうち相関時間ウィンドウ54の外部に位置するものが、ステップ164において除去される。

#### 【0075】

続いて、次のステップ166において、巡回相関が、初期のゼロシフトされてフィルタリングされた受信信号としてリングシフトレジスタに入力された残りのサンプルに対して実行される。

#### 【0076】

ステップ166では、シフトカウンタ $i_c$ が、ステップ168において、シフトカウンタ $i_c$ の値を1に設定することにより最初にセットアップされる。次に、ステップ170において、サンプルごとの積の総和が、参照シーケンスSEQB1と、 $i_c - 1$ だけシフトされた受信シーケンスとに対して実行される。ステップ170から結果として得られた積の合計 $P_{time}(i_c)$ は、ステップ172により、1から $N - 1$ までインデックスされるアレイのインデックス $i_c - 1$ に記憶される。ステップ172の後にステップ180が続き、ステップ180において、実際のカウンタ値 $i_c$ が $N$ と比較される。

#### 【0077】

$i_c$ が $N$ と異なる場合、カウンタ値 $i_c$ は、ステップ182において1つだけインクリメントされ、リングレジスタの実際のシフト受信信号は、1サンプル期間だけシフトされる。次に、ステップ170、172、180が再び実行される。

#### 【0078】

$i_c$ が $N$ に等しい場合、相関の積の合計配列 $P_{time}(i_c)$ の3つの最も高い値として3つの相関ピークを検出することにより、ステップ186が進行する。各ピークは1

10

20

30

40

50

つのシグネチャに対応する。このシグネチャは、各端末に割り当てられた端末識別子コードである。積の合計が最大になる  $i_c$  の 3 つの値が、ステップ 188において、シグネチャに関連した 3 つの時間間隔の 1 つに属するものとして特定され、検出された各シグネチャについて、ラウンドトリップ遅延が、シグネチャピークの時間インデックスと、ラウンドトリップ遅延がない場合の同じシグネチャの予想インデックスとの時間差として求められる。

#### 【0079】

図 18 は、3 つの異なる端末を使用する移動体通信システムの端末識別子コード及びラウンドトリップ遅延を検出する方法の第 2 の実施の形態である。

#### 【0080】

この第 2 の実施の形態では、方法 160 は、ステップ 166 を除いて、第 1 の実施の形態のステップと同じシーケンスのステップ 162、164、186、及び 188 を含む。ステップ 166 では、異なるステップ 190、192、及び 194 が続けて実行される。ステップ 190 において、第 1 の FFT (高速フーリエ変換) が、ステップ 164 から結果として得られた時間領域のサンプルを周波数領域の受信サンプルに変換する。次に、ステップ 192 において、周波数領域の受信サンプルに、ステップ 196 によって得られた周波数領域の参照シーケンス SEQB1 の対応するサンプルが乗算される。ステップ 196 において、ステップ 198 により時間領域の参照シーケンス SEQB1 を入力した後、第 2 の FFT がステップ 200 によって実行される。2 つの FFT の結果を乗算した後、次に、IFFT (逆高速フーリエ変換) が、ステップ 194 により、結果のサンプルに対して実行される。

#### 【0081】

図 19 は、重ねて配置された 3 つのシステム構成についての 3 つの端末のシグネチャの相関の大きさ対時間を示している。図 19 のチャートでは、実線、破線、及び二点鎖線は、第 1 の構成の相関ピーク、第 2 の構成の相関ピーク、及び第 3 の構成の相関ピークをそれぞれ示している。線 220、222、及び 224 は、第 1 の構成についての第 1 のシグネチャの時間相関、第 2 のシグネチャの時間相関、及び第 3 のシグネチャの時間相関をそれぞれ示している。線 226、228、及び 230 は、第 2 の構成についての第 1 のシグネチャの時間相関、第 2 のシグネチャの時間相関、及び第 3 のシグネチャの時間相関をそれぞれ示している。線 232、234、及び 236 は、第 3 の構成についての第 1 のシグネチャの時間相関、第 2 のシグネチャの時間相関、及び第 3 のシグネチャの時間相関をそれぞれ示している。図から分かるように、時間間隔は、シグネチャにそれぞれ割り当てられたものとして定義することができる。したがって、ここで、 $[a_1, a_{(N/3)-1}]$  は SGN1 に割り当てられ、 $[a_{N/3}, a_{(2N/3)-1}]$  は SGN2 に割り当てられ、 $[a_{(2N/3)-1}, a_{N-1}]$  は SGN3 に割り当てられる。各受信シグネチャについて測定されたラウンドトリップ遅延は、受信シグネチャの時間インデックスから、何ら遅延のない同じシグネチャの予想時間インデックスを引いたものに等しい。この予想時間インデックスは、SGN1 では 1 であり、SGN2 では  $N/3$  であり、SGN3 では  $2N/3$  である。

#### 【0082】

実際の動作では、同じタイプの 3 つの線のみが示されることになる。例として、第 1 の構成の場合、相関ピーク線 220 は、RTD1 のラウンドトリップ遅延を示す一方、線 22 及び 224 は、それぞれ RTD2 のラウンドトリップ遅延及び RTD3 のラウンドトリップ遅延を示す。

#### 【0083】

巡回的に隣接するシグネチャの検出においてあらゆる重なり合いを回避するために、2 つの隣接するシグネチャに、少なくとも通信システムによって予想される最大ラウンドトリップ遅延だけ間隔を空けることを通じて、設計に細心の注意が払われる。上述したシステムでは、この間隔は、ラウンドトリップ遅延 RTD3 よりも大きくなる。

#### 【0084】

10

20

30

40

50

図20は、上りリンクで同期された端末及び上りリンクで同期されていない端末を含むシステムの、上述した方法に従った相関の大きさ対時間を示している。

#### 【0085】

ここで、2つの同期されていないシグネチャが、2つの同期されていない端末に割り当てられている。第1の端末はラウンドトリップ遅延R T D 1を示すものとして配置され、第2の端末はラウンドトリップ遅延R T D 2を示すものとして配置される。同期されていないシグネチャとは、そのシグネチャが初期アクセス用に送信されることを意味する。

#### 【0086】

一組の同期されたシグネチャは、上りリンクで同期された一組の端末に割り当てられる。同期されたシグネチャとは、端末が上りリンクにおいて基地局と常に時間同期されている時、すなわち、タイミングアドバンス値がその端末ですでに利用可能である時に、そのシグネチャが送信されることを意味する。

#### 【0087】

同期された端末の第1の同期されたシグネチャの構築コア(building core)としてのシグネチャシーケンスは、ここでは、第1の同期されていないシグネチャの生成シーケンス(generating sequence)から相対的に $2N/3$ だけシフトされている。同期された端末のその後のどのシグネチャも、参照シーケンスに対して範囲 $[2N/3, N-1]$ 内に含まれる値だけシフトされた生成シーケンスを有する。

#### 【0088】

第1の同期されていないシグネチャ及び第2の同期されていないシグネチャは、それぞれ、時間遅延及び端末識別子を提供する。

#### 【0089】

図20では、チャートが、ラウンドトリップ遅延R T D 1と共に、第1の同期されていないシグネチャに対応する第1の相関ピーク線240を示している。

#### 【0090】

また、このチャートは、ラウンドトリップ遅延R T D 2と共に、第2の同期されていないシグネチャに対応する第2の相関ピーク線244も示している。

#### 【0091】

このチャートは、R T D のない一組の同期されたシグネチャに対応する一組の相関ピーク線244(最初の線246、最後の線260)も示している。

#### 【0092】

2つの異なるプロセス(同期又は非同期)間でシグネチャを分割することの利益は、同期された場合には、もはや考慮すべきトリップ遅延が存在しないので、異なるシグネチャを巡回シフトしたものより密接にまとめることが可能である。

#### 【0093】

この場合に、より小さな巡回シフトステップに加えて、より小さな巡回拡張部の継続時間を使用でき、アイドル期間を抑えることができる。巡回拡張部の継続時間は、チャネルの最大経路遅延、タイミングアドバンス誤差、及びフィルタリングの影響を処理するために選ばれるべきである。

#### 【0094】

また、相互間で低い巡回相互通信(cyclic cross correlation)を有するように選択された、いくつかのC A Z A C 参照シーケンスを使用することも好都合となり得る。したがって、シーケンス間の干渉及び受信機の複雑さの増加を犠牲にして、利用可能なシグネチャの個数は、参照シーケンスの個数倍となる。後者は、1つの参照シーケンスのみを使用するだけの場合の单一の相関器の代わりに、基地局において複数の相関器(1つの参照C A Z A C シーケンスごとに1つ)が必要となることによる。

#### 【0095】

良好な巡回相互通信特性を有するこのような一組の基本シーケンスの良い例は、オリジナルのZ a d o f f C h u シーケンスから外挿された時計方向及び反時計方向の位相回転対のシーケンスである。

10

20

30

40

50

N が偶数の場合、

【 0 0 9 6 】

【 数 3 】

$$a_1(k) = W_N^{k^2/2+qk}$$

【 0 0 9 7 】

であり、ここで  $k = 0, 1, \dots N - 1$  であり、q は任意の整数である。

N が奇数の場合、

【 0 0 9 8 】

【 数 4 】

$$a_1(k) = W_N^{k(k+1)/2+qk}$$

【 0 0 9 9 】

であり、ここで  $k = 0, 1, \dots N - 1$  であり、q は任意の整数である。

N が偶数の場合、

【 0 1 0 0 】

【 数 5 】

$$a_2(k) = W_N^{-(k^2/2+qk)}$$

20

【 0 1 0 1 】

であり、ここで  $k = 0, 1, \dots N - 1$  であり、q は任意の整数である。

N が奇数の場合、

【 0 1 0 2 】

【 数 6 】

$$a_2(k) = W_N^{-[k(k+1)/2+qk]}$$

30

【 0 1 0 3 】

であり、ここで  $k = 0, 1, \dots N - 1$  であり、q は任意の整数である。

ここで、 $W_N = e \times p (-j 2 \pi r / N)$  であり、r は N と互いに素である。

【 0 1 0 4 】

この例は、第 2 の参照シーケンスが第 1 の参照シーケンスから導出されるので、参照シーケンスに要求されるストレージが抑制される。したがって、参照の一定の固有性が維持される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 0 5 】

【 図 1 】 単一の端末を使用する移動体通信システムのアーキテクチャである。

40

【 図 2 】 基地局レベルにおける上りリンクフレーム及び下りリンクフレームの通信フローチャートの拡大図である。

【 図 3 】 シグネチャシーケンスのデータ構造である。

【 図 4 】 3 つの異なる位置に位置する同じ端末に対応する、3 つのシグネチャが重ねて配置されたものを有するシグネチャ受信タイムスロットの詳細図である。

【 図 5 】 単一の端末移動体通信システムの基地局レベルにおけるラウンドトリップ遅延を推定するのに使用される方法の第 1 の実施の形態のフローチャートである。

【 図 6 】 単一の端末移動体通信システムの基地局レベルにおけるラウンドトリップ遅延を推定するのに使用される方法の第 2 の実施の形態のフローチャートである。

【 図 7 】 図 5 又は図 6 に示す方法を用いて得られた相関の大きさ対時間を示すチャートで

50

ある。

【図 8】3つの端末を使用する移動体通信システムの構成図である。

【図 9】3つの端末を使用する移動体通信システムの構成図である。

【図 10】3つの端末を使用する移動体通信システムの構成図である。

【図 11】基地局レベルにおける上りリンクフレーム及び下りリンクフレームの、3つの構成が重ねて配置されたものの通信フローチャートの拡大図である。

【図 12】3つのシグネチャシーケンスを構築する方法を示す概略図である。

【図 13】シグネチャシーケンスのデータ構造である。

【図 14】シグネチャシーケンスのデータ構造である。

【図 15】シグネチャシーケンスのデータ構造である。

【図 16】3つのシステム構成のすべての受信シグネチャが重ねて配置されたシグネチャ受信タイムスロットの拡大詳細図である。

【図 17】3つの端末を使用するシステムの、各ラウンドトリップ遅延及び端末識別子コードを併せて推定するのに使用される方法の、第1の実施の形態のフローチャートである。

【図 18】3つの端末を使用するシステムの、各ラウンドトリップ遅延及び端末識別子コードを併せて推定するのに使用される方法の、第2の実施の形態のフローチャートである。

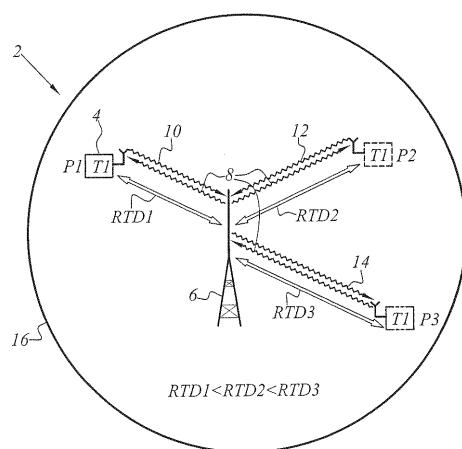
【図 19】図 17 又は図 18 に示す方法を用いて得られた相関の大きさ対時間を示すチャートである。

【図 20】同期されていない端末及び同期された端末を使用するシステムについての図 17 又は図 18 に示す方法を用いて得られた相関の大きさ対時間を示すチャートである。

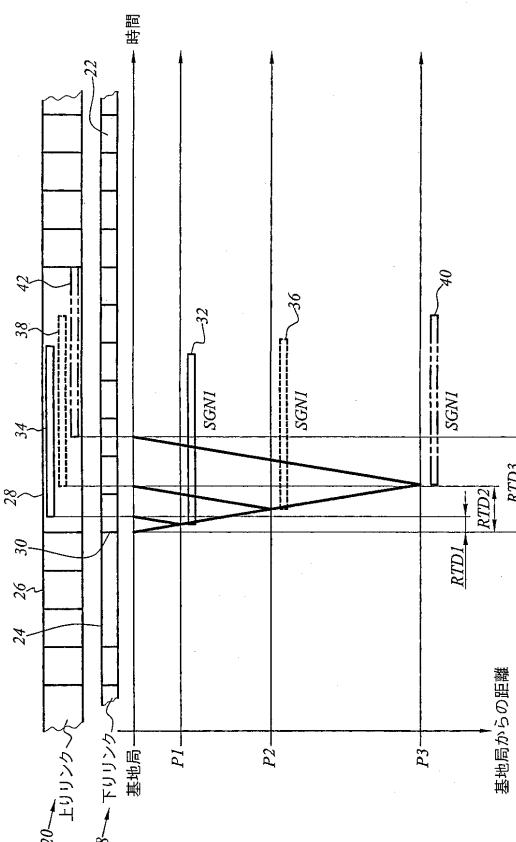
10

20

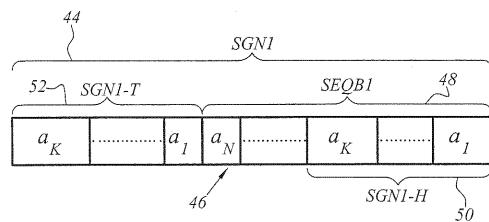
【図 1】



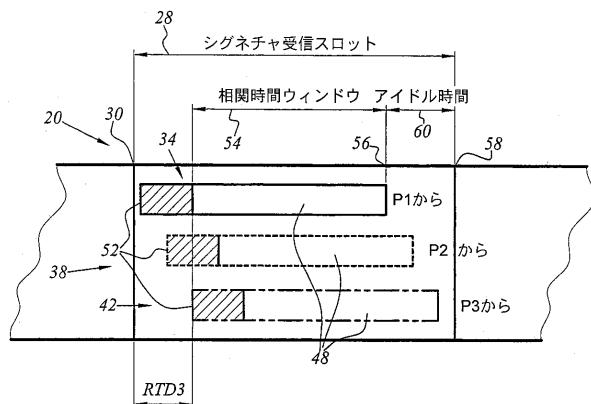
【図 2】



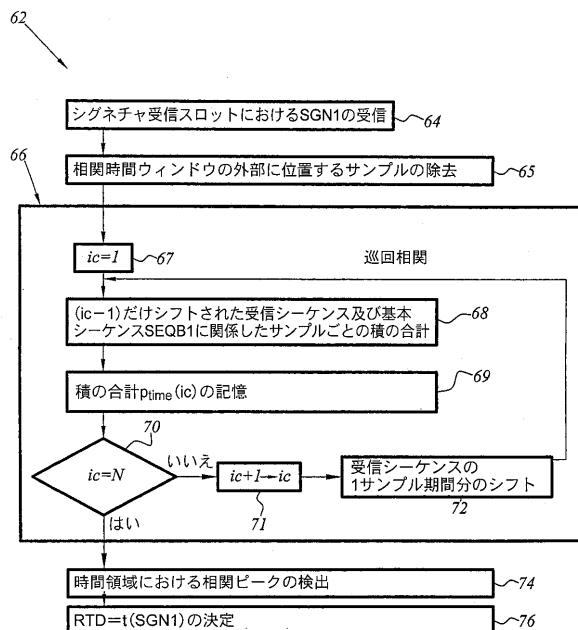
【図3】



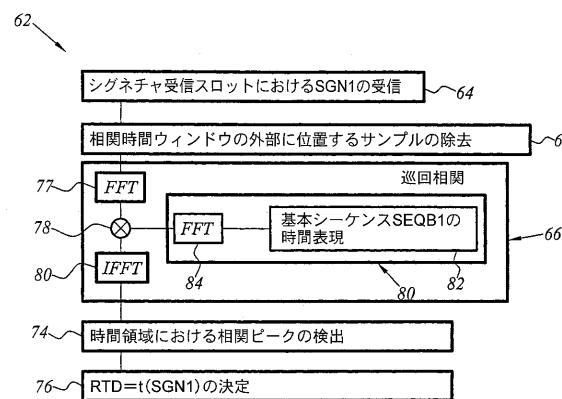
【図4】



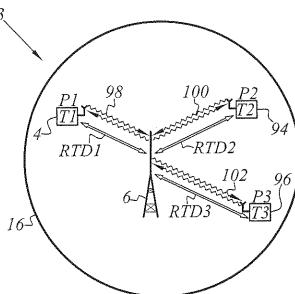
【図5】



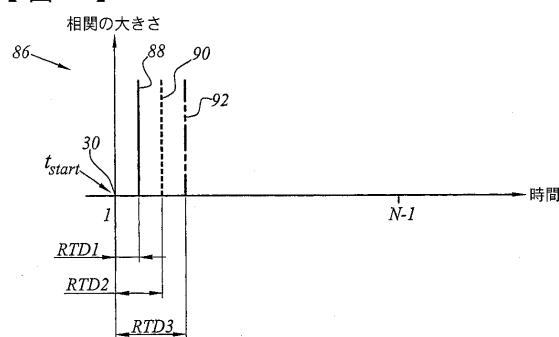
【図6】



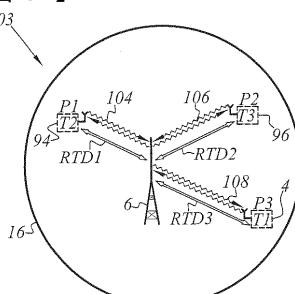
【図8】



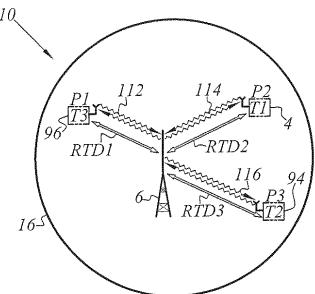
【図7】



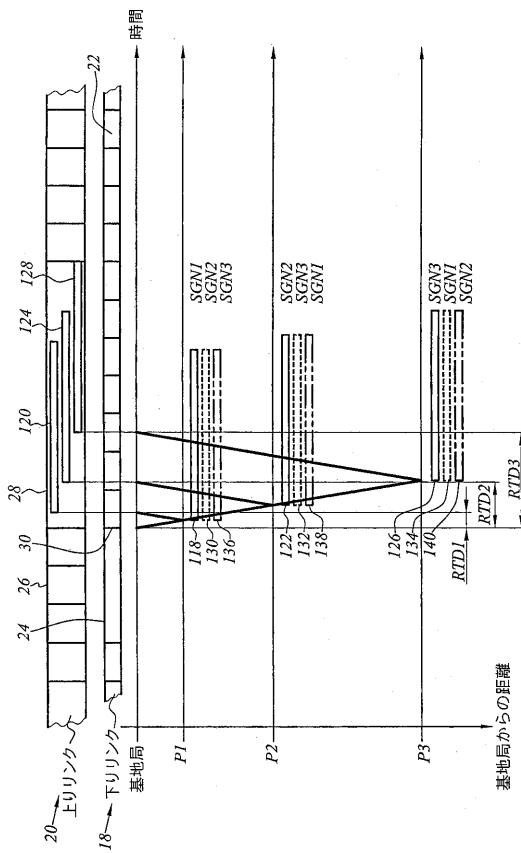
【図9】



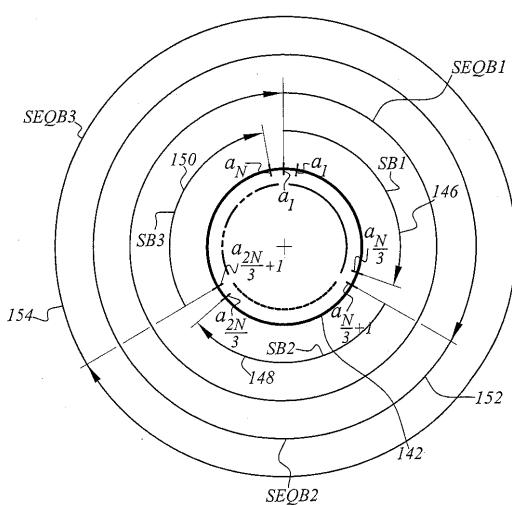
【図 1 0】



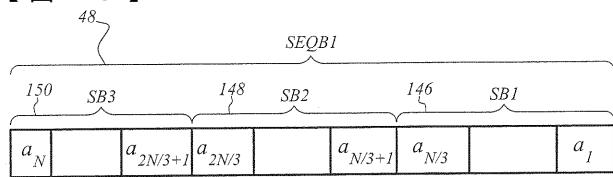
【図 1 1】



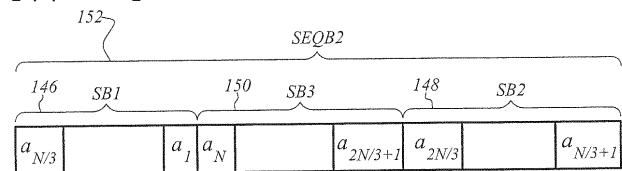
【図 1 2】



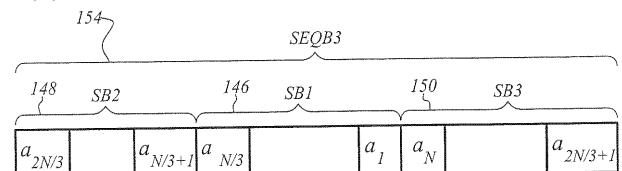
【図 1 3】



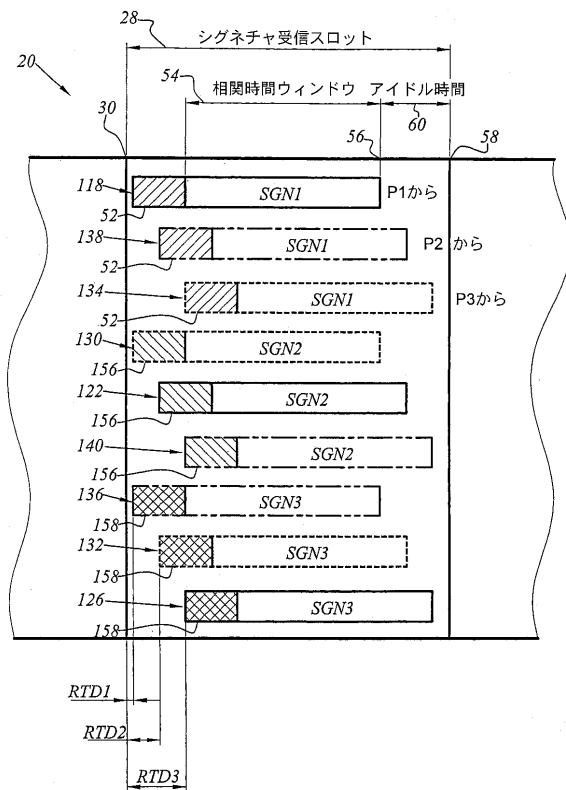
【図 1 4】



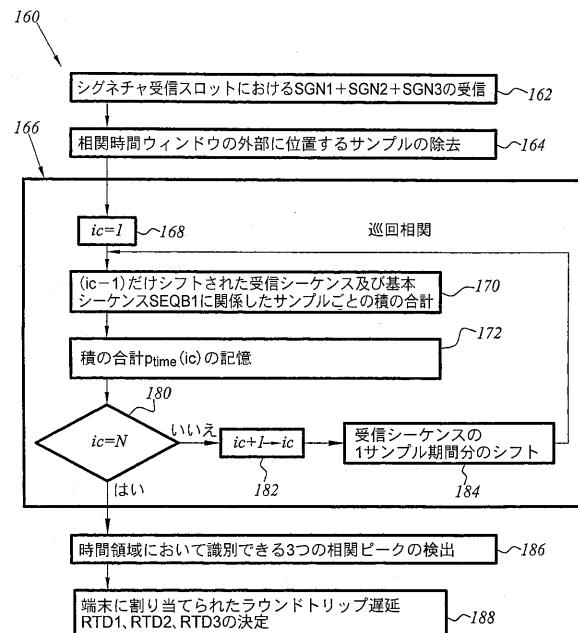
【図 1 5】



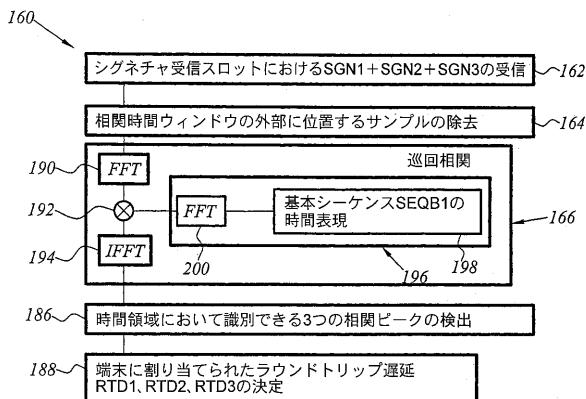
【図16】



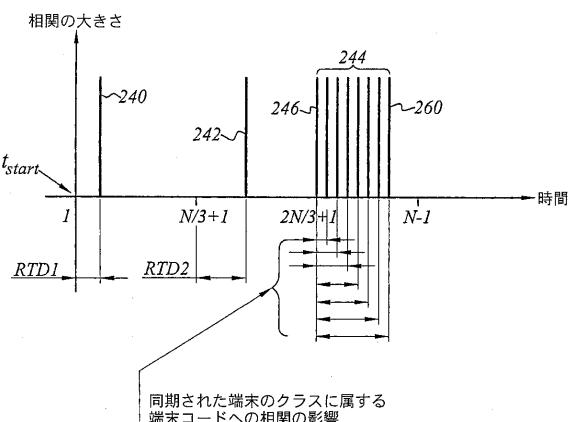
【図17】



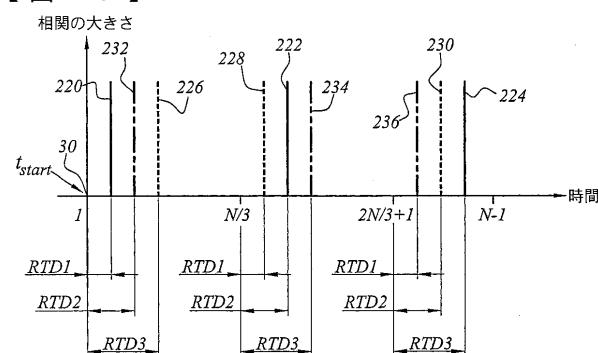
【図18】



【図20】



【図19】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100084010  
弁理士 古川 秀利

(74)代理人 100094695  
弁理士 鈴木 憲七

(74)代理人 100111648  
弁理士 梶並 順

(74)代理人 100147500  
弁理士 田口 雅啓

(72)発明者 ロイク・ブルネル  
フランス国、35000 レンヌ、プールヴァール・ジャンヌ・ドゥアルク 1

(72)発明者 ブリュノ・ジェシュー  
フランス国、06410 ピオ、アヴニユ・サン・フィリップ 210、グリーンサイド・ヴィラ  
26

F ターム(参考) 5K067 AA33 BB04 BB21 DD51 EE02 EE10 FF05 LL11

【外國語明細書】

Title of the Invention

Method for estimating a propagation round trip delay  
and communication system

TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to a method to estimate multiple round trip delays attached to cellular terminals from a RACH signal received within a dedicated time slot multiplexed onto an uplink traffic multiplex frame.

BACKGROUND OF THE INVENTION

In a UMTS-like cellular communication system comprising an uplink (UL) from a set of terminals (T) to a base station (BS) and a downlink (DL) from the base station (BS) to each terminal (T) of the set, it is well known to provide a random access channel (RACH) in time domain, the RACH being time multiplexed with an uplink (UL) traffic.

In uplink, random access is usually meant by contrast with scheduled traffic wherein traffic channels are tightly synchronized by a timing advance mechanism.

Indeed, random access is used by a terminal when no uplink resource (in time, code and or frequency) has been assigned to the terminal by the base station (BS). For instance, this occurs for initial access to the network, when the terminal is switched on.

In some communication systems (e.g. using an Orthogonal Frequency Division Multiplex), synchronization of the uplink at the base station is beneficial for increasing performance and even required for operating.

This is obtained by the timing advance means whereby the base station measures the round trip delay (RTD) with each terminal, the round trip delay depending on the distance between the base station (BS) and the terminal (T), and the base station sends a terminal – specific timing advance information to each terminal in order that the terminal shifts its uplink data transmission so as to align its data with other uplink terminals' data at the base station (BS).

A well known method to measure the round trip delay comprises the following steps. Firstly, the terminal (T) performs downlink (DL) synchronization including data timing, frame and frequency synchronization. Then, the terminal sends its own associated RACH containing at least a preamble also called signature and possibly a message just after the end of the reception of a predetermined symbol (e.g. after the end of a first synchronization sub-frame of the downlink (DL) frame). Finally, the base station (BS) detects the RACH signature and determines the round trip delay RTD as the delay between the end of the downlink transmission of the predetermined symbol and the beginning of the uplink RACH reception eventually following a predetermined processing duration at terminal level.

As known per se, a RACH signature is coarsely synchronized, signature reception time slot in uplink at base station requires to be carefully seized in order to avoid any undesirable interference with synchronized schedule traffic data.

In general case, an idle period is needed as regard type of traffic multiplex and/or transmit/receive duplex in order to avoid such interference, which should be minimized.

When using a usual correlation process in time domain the size of the signature receiving time slot cannot be minimized while limiting the self noise generated by the correlation process since a sliding correlation window or a comb correlating architecture, need to be used.

When the size is minimized by using a fixed correlation window, the self noise generated by the correlation process is increased.

**Patent Documents:**

US 6 546 062 B1

\* abstract; claims 1-3,16-18; figures  
1,4,6 \*  
\* column 7, line 30 - line 60 \*  
\* column 10, line 40 - line 65 \*

US 6 388 997 B1

\* abstract; figures 2,8a \*  
\* column 10, line 10 - line 34 \*

US 2005/047530 A1

\* abstract \*  
\* paragraph [0032] - paragraph [0039] \*

**Non-Patent Document:**

JECHOUX B ET AL: "Concatenated extended complementary sequences for inter-base station synchronization in UMTS TDD mode"  
VTC FALL 2001. IEEE 54TH. VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE. PROCEEDINGS.  
ATLANTIC CITY, NJ, OCT. 7 - 11, 2001, IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, NEW YORK,  
NY : IEEE, US,  
vol. VOL. 1 OF 4. CONF. 54,  
7 October 2001 (2001-10-07), pages  
1691-1695, XP010562252  
ISBN: 0-7803-7005-8  
\* abstract \*  
\* paragraph [0III] - paragraph [00IV] \*

The objective problem is that, when using a fixed correlation window in order to minimize the size of the signature receiving time slot, the self noise generated by the correlation process increases and round trip delay RDT estimation accuracy decreases.

## SUMMARY OF THE INVENTION

The object of the invention is to provide a RTD estimation method in time domain with a size optimized signature receiving time slot that increases the accuracy of RTD estimation.

The invention accordingly relates to [claim 1].

According to particular embodiments, the method for estimating a propagation round trip delay comprises one or more of the following characteristics: [dependent claims 2 to 15].

The invention also relates to a communication system [claim 16].

According to particular embodiments, the communication system comprises one or more of the following characteristics: [dependent claims 17 to 18].

A better understanding of the invention will be facilitated by reading the following description, which is given solely by way of examples and with reference to drawings.

In figure 1, three configurations of a single terminal mobile communication system 2 are illustrated. The single terminal mobile communication system 2 comprises a user terminal 4 referenced as T1 and a base station 6 referenced as BS. In a first configuration, the terminal 4 is located at a first position referenced as P1. In a second configuration, the terminal 4 is located at a second position referenced as P2. In a third position, the terminal 4 is located at a second position referenced as P3. As P1 is close to BS, P2 is located further from BS and P3 is located the furthest from BS.

At each position P1, P2 and P3 the terminal 4 is able to receive the same downlink signal 8 transmitted from BS but with different propagation path delays.

At each position P1, P2 and P3 the terminal can transmit respective uplinks signals 10, 12 and 14.

Time required for the base station 6 to transmit a data to the mobile 4 and to receive the same data after immediate retransmission upon reception by the terminal 4 depends on the two ways path distance and is referred as round trip delay RTD.

Round trip delays corresponding to P1, P2 and P3 are respectively referenced as round trip delay RTD1, RTD2, and RTD3 with RTD1<RTD2<RTD3.

The maximum coverage range as defined herein by the position P3 defines the cell 16 served by the base station 6 and can be characterized by round trip delay RTD3.

In the figure 2, a downlink 18 and an uplink 20 data structure are illustrated, wherein time attached to an abscissa axis is flowing from the left to the right. The downlink frame 18 is a time multiplex of several traffic data bursts 22 and regularly spaced synchronisation bursts, only one 24 being shown herein. The uplink frame 20 at base station 8 level is a time multiplex of scheduled traffic data 26 and regularly spaced RACH (Random Access Channel) receiving time slot 28. Since the useful part of RACH as regard synchronization properties is its preamble, also called signature, only signatures will be described from here.

In order to enable a terminal 4 to synchronize in uplink with the base station 6, after propagation of the end signal 30 of the synchronization burst 24 transmitted from BS and upon reception, possibly after a predetermined duration, the terminal 4 transmits a signature referenced as SGN1 for its data structure and referenced respectively 32, 36 and 40 as depending on the transmission location of the terminal P1, P2 and P3. The signature SGN1 received within the signature receiving time slot 28 is located differently depending on the terminal position and is respectively referenced as 34, 38 42 when issued from the terminal located at P1, P2 and P3. The difference of time between the start order time 30 of the synchronization burst 24 and the end of reception of the signature SGN1 at base station 6 level, possibly following the predetermined duration at terminal level, is equal to the round trip delay of the terminal 4. Round trip delays corresponding respectively to the received signatures 34 (in full lines frame), 38 (in dotted lines frame) and 42 (in phantom lines frame) are round trip delay RTD1, RTD2 and RTD3. In the figure 2, the propagation paths of the signature tail ends are shown in bold lines in the axis frame distance from base station versus time.

In figure 3, the data structure 44 of the signature SGN1 is shown. The signature SGN1 comprises a set of data 46 that can be divided into a reference sequence 48 referenced as SEQB1 and a cyclic extension 52 referenced as SGN1-T that can be viewed as a tail part of the signature SGN1.

The reference sequence SEQB1 is a set of successive data from  $a_1$  to  $a_N$ ,  $N$  being the length of the reference sequence 44. When transmitted by the terminal, the first data transmitted of SGN1 is  $a_1$ .

A head part 50 of the reference sequence of SEQB1 is the sequence of data ranging from  $a_1$  to  $a_k$  and the cyclic extension SGN1-T has the same data structure as the head part SGN1-H. In a variant, the cyclic extension may be located at the head of signature and have a same data structure as the tail part of the sequence.

Here, the sequence is a CAZAC (Constant Amplitude Zero Auto-Correlation) sequence and more particularly a Zadoff Chu sequence defined as

$$a(k) = W_N^{k^2/2+qk} \quad \text{if } N \text{ even, } k=0, 1, \dots, N-1, q \text{ is any integer}$$

$$a(k) = W_N^{k(k+1)/2+qk} \quad \text{if } N \text{ odd, } k=0, 1, \dots, N-1, q \text{ is any integer}$$

with  $W_N = \exp(-j2\pi r/N)$  where  $r$  is relatively prime to  $N$ .

A CAZAC sequence has a periodic autocorrelation function which is a Dirac function. Constant amplitude enables a good protection against non-linearity when high power transmission is needed.

As a variant, a sequence ZAC (Zero Auto-Correlation) may also be used.

In the figure 4, the signature reception time slot 28 is shown with the three superposed signatures 34, 36, 38 corresponding to the same terminal T1 located at three different positions P1, P2 and P3. The signature receiving time slot 28 is arranged so as to include integrally all the received signatures 34, 36 and 38, thus covering the whole range of round trip delays. The signature receiving time slot 28 comprises a correlation time window 54 which is fixed in time, whose length is equal to the reference sequence length  $N$  and wherein a cyclic correlation process will be performed. The start time 56 of the correlation process

corresponds to the right end of the correlation time window in the figure 4. The start time 58 of reception of a signature 34 assigned to a terminal 4, located very close to the base station 6, corresponds to the right end of the signature receiving tie slot 28. The time interval delimited by the times 56 and 58 defines a n idle period 60. The idle period 60 may be necessary in order to avoid interference of signature or RACH with scheduled traffic data.

The cyclic extension 52 of the sequence SEQB1 guarantees that for any received signature 34, 36, 38 included within the correlation time window 54, a cyclically complete set of the reference sequence data is received

Thus, any received signature data comprised within the correlation window 54 is a cyclically shifted reference sequence derived from SEQB1.

Determining the cyclic shift of the cyclically shifted reference sequence relative to the reference sequence SEQB1 provides the corresponding round trip delay experienced by the terminal T1.

As can be seen in figure 4, the maximum round trip delay RTD3 of signature 38 is equal to the length of the cyclic extension 52 that is also the cyclic shift of the signature data comprised within the correlation time window.

The flow chart of figure 5 illustrates a first embodiment of the method 62 used to estimate the round trip delay at base station BS level for a single terminal mobile communication system 2.

After reception of the complete signature SGN1 within the signature reception slot 28 in a first step 64, samples of the received signature SGN1 located outside the correlation time window 54 are removed in a step 65.

Then, in a following step 66, a cyclic correlation is carried out onto the remaining samples which are inputted in a ring shift register as an initial zero shifted filtered received sequence.

The step 66, comprises the steps 67, 68, 69, 70, 71 and 72.

A shift counter ic is firstly initialized in a step 67 by setting shift counter ic value to one. Then, in step 68 a summation of sample by sample products is performed on the ic-1 shifted filtered received sequence with the unique reference sequence SEQB1. The products sum  $P_{time}(ic)$  resulting from step 68 is stored into an array, indexed from 1 to N-1 at index ic-1, by step 69. The step 69 is followed by a step 70 wherein actual counter value ic is compared to N.

If  $ic$  is different from  $N$ , the counter value  $ic$  is incremented by one in step 71 and the actual shift received sequence in the ring register is shifted by one sample period. Then, the steps 68, 69, 70 are performed again.

If  $ic$  is equal to  $N$ , step 74 proceeds by detection of a correlation peak as maximum value of the products sums array  $P_{time}(ic)$ . The value of  $ic_{max}$  for which the products sum  $P_{time}(ic)$  is maximum, is identified in step 76 as the estimated round trip delay of received signature SGN1 referenced as  $t(SGN1)$ .

In the second embodiment, the method 62 as shown in flow chart of figure 6 comprises the same sequence of steps 64, 65, 66, 74 and 76 which are all the same except the step 66, wherein the steps 77, 78 and 80 are successively executed. In step 77, a first FFT (Fast Fourier Transform) translates the time domain samples resulting from step 65 into received samples in frequency domain. Then in step 78, the frequency domain translated samples are multiplied by the corresponding frequency domain samples of the reference sequence SEQB1 obtained by step 80. In step 80, after inputting by step 80, the reference sequence SEQB1 in time domain, a second FFT is executed by step 84. After multiplying the two FFT results, then an IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) is performed by step 80.

In the chart 86 of figure 7, the correlation magnitude versus time of the three configurations in figure 1 is depicted.

The respective position on the time axis of the full line 88, the dotted line 90 peak and the phantom line 92 relative to  $t_{start}$  30 determines the first, second and third round trip delays RTD1, RTD2 and RTD3.

The figures 8, 9 and 10 illustrate three configurations of a mobile communication system using three different terminals 4, 94 and 98 referenced as T1, T2 and T3, respectively enclosed in a full lines, dotted lines, phantom lines squares.

In the first configuration 93 as illustrated in figure 8, the terminal 4 (T1) is located at P1 while terminal 94 (T2) and terminal 96 (T3) are respectively located at P2 and P3. Respective uplinks assigned to T1, T2 and T3 are referenced as 98, 100 and 102. In the first configuration 93, corresponding round trip delays to the terminals T1, T2 and T3 are respectively round trip delays RTD1, RTD2 and RTD3.

In the second configuration 103 as illustrated in figure 9, the terminal 4 (T1) is located at P3 while terminal 94 (T2) and terminal 96 (T3) are respectively located at P1 and P2. Respective uplinks assigned to T1, T2 and T3 are referenced as 108, 104 and 106. In the second configuration 103, corresponding round trip delays to the terminals T1, T2 and T3 are respectively round trip delays RTD3, RTD1 and RTD2.

In the third configuration 110 as illustrated in figure 10, the terminal 4 (T1) is located at P2 while terminal 94 (T2) and terminal 96 (T3) are respectively located at P3 and P1. Respective uplinks assigned to T1, T2 and T3 are referenced as 114, 116 and 112. In the third configuration 110, corresponding round trip delays to the terminals T1, T2 and T3 are respectively round trip delays RTD2, RTD3 and RTD1.

In the figure 11, the downlink 18 and the uplink 20 data structure are illustrated in the same way as in figure 2.

As regards the first configuration 93, in order to enable terminal 4, 94, 96 to synchronize in uplink with the base station 6, after propagation of the start order signal 30 of the synchronization burst 24 transmitted from BS and upon reception of the start order 30, each terminal 4, 94 and 96 transmits possibly after a predetermined duration, an associated signature referenced as SGN1, SGN2 and SGN3 for its data structure, as 118, 122 and 126 for corresponding location of its terminal i.e. P1, P2 and P3. Each signature SGN1, SGN2 and SGN3 is received within the signature receiving time slot 28, is located differently depending on the terminal position and is respectively referenced as 120, 124 and 128 when issued from each terminal 4, 94, 95 respectively located at P1, P2 and P3. The difference of time between the start order time 30 of the synchronization burst 24 and the end of reception of each signature SGN1, SGN2 and SGN3 at base station level possibly following the predetermined duration at terminal level is respectively equal to the round trip delay of the terminal 4, 94 and 96. Round trip delays corresponding respectively to the received signatures 120, 124 and 128 are round trip delays RTD1, RTD2 and RTD3. In the figure 11, the propagation paths of the signature tail ends are shown in bold lines in the two axis frame, the vertical axis representing the distance from base station and the horizontal axis representing time.

Only the received signatures 120, 124 and 128 of the first configuration 93 are herein illustrated within the signature reception time slot 28.

As regards the second configuration 103, only transmitted signatures 130, 132 and 134 are illustrated and respectively assigned as SGN2, SGN3 and SGN1, respectively issued from P1, P2 and P3 by T2, T3 and T1.

As regards the third configuration 110, only transmitted signatures 136, 138 and 140 are illustrated and respectively assigned as SGN3, SGN1 and SGN2, respectively issued from P1, P2 and P3 by T3, T1 and T2.

Figure 12 illustrates the way to build three signature sequences derived from the reference sequence SEQB1. The reference sequence SEQB1 is clockwise disposed on a reference ring 142. The reference sequence SEQB1 is equally divided into three successive sub-sequences 146, 148 and 150 referenced as SB1, SB2 and SB3, assuming that N is an integer multiple of 3.

SB1 comprises is the set of data ranging from  $a_1$  to  $a_{N/3}$ . SB2 is the set of data ranging from  $a_{(N/3)+1}$  to  $a_{2N/3}$ . SB3 is the set of data ranging from  $a_{(2N/3)+1}$  to  $a_N$ .

The first signature sequence SEQB1 is the reference sequence and can be described as the set of successive sub-sequences SB1, SB2 and SB3.

The second signature sequence 152 referenced as SEQB2 is defined as the set of successive sub-sequences SB2, SB3 and SB1.

The third signature sequence 154 referenced as SEQB3 is defined as the set of successive sub-sequences SB3, SB1 and SB2.

The linearly deployed sequences SEQB1 and SEQB2, SEQB3 are described respectively in figure 13, figure 14 and figure 15. All the sequence are mutually orthogonal.

Building of signature SGN1 is described above. SGN2 and SGN3 are built in the same way above described for SGN1.

In figure 16, is illustrated the signature reception time slot 28 wherein all the received signatures 118, 138, 134, 130, 122, 140, 136, 132, 126 of the three system configurations are superposed. The signatures of the first configuration 93 are enclosed within rectangles bordered by full lines. The signatures of the second configuration are enclosed within rectangles bordered by dotted lines.

The signatures of the third configuration are enclosed within rectangles bordered by phantom lines.

An actual reception should be seen as the same type of lines enclosing the signatures. For example, in the case of the first configuration, only 118, 122 and 126 will be shown in an actual reception.

Signature cyclic extensions 52, 156 and 158 are respectively a signature tail of each signature SGN1, SGN2 and SGN3. All signature extensions have the same length.

In a variant signature cyclic extensions may be respectively a signature head of each signature SGN1, SGN2 and SGN3.

The flow chart of figure 17 illustrates a first embodiment of the method used to jointly estimate each round trip delay and terminal identifier code at base station level in the mobile communication system using three terminals.

After reception of the sum of all signatures, SGN1+SGN2+SGN3 in the signature reception slot 28 in a first step 162, samples of the received signatures sum SGN1+SGN2+SGN3 located outside the correlation time window 54 are removed in a step 164.

Then, in a following step 166, a cyclic correlation is carried out onto the remaining samples which are inputted in a ring shift register as an initial zero shifted filtered received signal.

In the step 166, a shift counter ic is firstly set up in a step 168 by setting the shift counter ic value to one. Then, in step 170 a summation of sample by sample products is performed on the ic-1 shifted received sequence with the reference sequence SEQB1. The products sum  $P_{time}(ic)$  resulting from step 170 is stored into an array, indexed from 1 to N-1 to index ic-1, by step 172. The step 172 is followed by a step 180 wherein actual counter value ic is compared to N.

If ic is different from N, the counter value ic is incremented by one in step 182 and the actual shift received signal in the ring register is shifted by one sample period. Then, the steps 170, 172, 180 are performed again.

If ic is equal to N, step 186 proceeds by detection of three correlation peaks as three highest values of the correlation products sums array  $P_{time}(ic)$ , each peak corresponding to a signature. This signature is a terminal identifier code assigned to each terminal. The three values of ic for which the products

sum is maximum are identified in step 188 as belonging to one of three time intervals associated to a signature and for each detected signature the round trip delay is determined as time difference between the time index of the signature peak and the expected index of the same signature without round trip delay.

The figure 18 is a second embodiment of the method to detect terminal identifier code and round trip delay for a mobile communication system using three different terminals.

In this second embodiment, the method 160 comprises the same sequence of steps 162, 164, 186 and 188 as ones of the first embodiment, except the step 166, wherein different steps 190, 192 and 194 are successively executed. In step 190, a first FFT (Fast Fourier Transform) translates the time domain samples resulting from the step 164 into frequency domain received samples. Then, in the step 192, the received samples in frequency domain are multiplied by the corresponding samples of the reference sequence SEQB1 in frequency domain obtained by step 196. In the step 196, after inputting by step 198, the reference sequence SEQB1 in time domain, a second FFT is executed by step 200. After multiplying the two FFT results, then an IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) is performed on resulting samples by the step 194.

Figure 19 illustrates the correlation magnitude versus time of signatures for three terminals for the three system configurations which are superposed. In the chart of figure 19, full lines, dotted lines and phantom lines respectively depict correlation peak of the first, second and third configurations. Lines 220, 222 and 224 depict respectively time correlation of the first, second, and third signatures for the first configuration. Lines 226, 228 and 230 depict respectively time correlation of the first, second, and third signatures for the second configuration. Lines 232, 234 and 236 depict respectively time correlation of the first, second, and third signatures for the third configuration. As can be seen, time intervals can be defined as respectively assigned to a signature. Thus, here  $[a_1, a_{(N/3)-1}]$  is assigned to SGN1,  $[a_{N/3}, a_{(2N/3)-1}]$  is assigned to SGN2 and  $[a_{(2N/3)-1}, a_{N-1}]$  is assigned SGN3. Round trip delay measured for each received signature is equal to time index of the received signature minus the expected time index of the same signature but without any delay that is 1 for SGN1,  $N/3$  for SGN2 and  $2N/3$  for SGN3.

In actual operation only three lines of the same type will be shown. As example, in the first configuration case, the correlation peak line 220 exhibits a round trip delay of RTD1, while lines 222 and 224 exhibit respectively a round trip delay of RTD2 and RTD3.

In order to avoid any overlap in the detection of cyclically adjacent signatures, careful attention will be paid on the design through spacing two adjacent signatures by at least the maximum round trip delay expected by the communication system. In the above described system this spacing will be greater than round trip delay RTD3.

The figure 20 illustrates correlation magnitude versus time following the method above described for a system including uplink synchronized terminal and uplink unsynchronized terminals.

Here, two unsynchronized signatures are assigned to two unsynchronized terminal, a first terminal located as to exhibit round trip delay RTD1 and a second terminal located as to exhibit round trip delay RTD2. Unsynchronized signature means that signature is sent for an initial access.

A set of synchronized signatures are assigned to a set of uplink synchronized terminals. Synchronized signature means that signature is transmitted when the terminal is always time synchronized with a base station in uplink i.e. a timing advance value is already available at the terminal.

The signature sequence as building core of the first synchronized signature of a synchronized terminal is here shifted by  $2N/3$  relative from the generating sequence of the first unsynchronized signature. Any subsequent signature of synchronized terminal has a generating sequence shifted by a value comprised with the range  $[2N/3, N-1]$  relative to the references sequence.

The first and second unsynchronized signatures provide each a time delay and a terminal identifier.

In figure 20, the chart depicts a first correlation peak line 240 corresponding to the first unsynchronized signature with round trip delay RTD1.

The chart also depicts a second correlation peak line 244 corresponding to the second unsynchronized signature with round trip delay RTD2.

The chart also depicts a set 244 of correlation peak lines (first line 246, last line 260) correspond to the set of synchronized signatures with no RTD.

The interest of splitting signature between the two different process (synchronized or not) is that, for the synchronized case the cyclic shift of the different signatures can be merged closer since there is no one trip delay to take into account any more.

In this case, in addition to lower cyclic shift step, lower cyclic extension duration can be used and idle period can be suppressed. The cyclic extension duration should be chosen in order to cope with maximum path delay of the channel, the timing advance error and the filtering effects.

It may be also advantageous to use several CAZAC reference sequences selected to have low cyclic cross correlation between each other. The number of available signatures is hence multiplied by the number of reference sequence at the cost of interference between sequences and receiver complexity increase. The latter is due to the need for multiple correlators (one per reference CAZAC sequence) at the base station instead of a single one when only using only one reference sequence.

A good example of such set of basic sequences with good cyclic cross correlation properties is the clockwise and the counter-clockwise phase rotating pair of sequences extrapolated from the original Zadoff Chu sequence.

$$a_1(k) = W_N^{k^2/2+qk} \quad \text{if } N \text{ even, } k=0, 1, \dots, N-1, q \text{ is any integer}$$

$$a_1(k) = W_N^{k(k+1)/2+qk} \quad \text{if } N \text{ odd, } k=0, 1, \dots, N-1, q \text{ is any integer}$$

$$a_2(k) = W_N^{-(k^2/2+qk)} \quad \text{if } N \text{ even, } k=0, 1, \dots, N-1, q \text{ is any integer}$$

$$a_2(k) = W_N^{-(k(k+1)/2+qk)} \quad \text{if } N \text{ odd, } k=0, 1, \dots, N-1, q \text{ is any integer}$$

with  $W_N = \exp(-j2\pi r/N)$  where  $r$  is relatively prime to  $N$ .

This example requires limited storage of the reference sequences since the second reference sequence is derived from the first reference sequence. Thus a certain uniqueness of the reference is maintained.

**Brief Description of Drawings**

- Figure 1 is a mobile communication system architecture using a single terminal.
- Figure 2 is a communication flow chart with an enlarged view of up link and down link frames at base station level.
- Figure 3 is a data structure of a signature sequence.
- Figure 4 is a detailed view of a signature reception time slot with three superposed signatures corresponding to the same terminal located at three different positions.
- Figure 5 is a first embodiment flow chart of the method used to estimate the round trip delay at base station level for a single terminal mobile communication system.
- Figure 6 is a second embodiment flow chart of the method used to estimate the round trip delay at base station level for a single terminal mobile communication system.
- Figure 7 is a chart illustrating the correlation magnitude versus time obtained with the method shown in figures 5 or 6.
- Figures 8, 9 and 10 are three configurations views of a mobile communication system using three terminals.

- Figure 11 is a communication flow chart of three superposed configurations with an enlarged view of up link and down link frames at base station level.

- Figure 12 is a schematic view illustrating the way to build three signature sequences.

- Figures 13, 14 and 15 are data structure of the three signature sequences.

- Figure 16 is an enlarged and detailed view of a signature reception time slot wherein all the received signatures of the three system configurations are superposed.

- Figure 17 is a first embodiment flow chart of the method used for jointly estimating each round trip delay and terminal identifier codes in the system using three terminals.

- Figure 18 is a second embodiment flow chart of the method used for jointly estimating each round trip delay and terminal identifier codes in the system using three terminals.

- Figure 19 is a chart illustrating the correlation magnitude versus time obtained with the method shown in figures 17 or 18.

- Figure 20 is a chart illustrating correlation magnitude versus time obtained with the method shown in figures 17 or 18 for a system using unsynchronized and synchronized terminals.

1. Method for estimating a propagation round trip delay, existing between a base station (6) and a terminal (4), and comprised within a predetermined round trip delay range, the method comprising the following steps:

transmitting from the base station (6) on a downlink a start order signal (24) to the terminal (4),

after reception by the terminal (4) of the end (30) of the start order signal, sending a signature signal (32, 36, 40) from the terminal (4) to the base station (6) on a uplink,

receiving at the base station (6) within a signature receiving time slot (28) the signature signal (34, 38, 42),

processing (62) at the base station (6) the received signature signal (34, 38, 42) to provide a round trip delay information,

characterized in that the processing step (62) comprises a cyclic correlation step (66) performed within a fixed correlation time window (54) by using a unique reference sequence (48) for calculating the signature signal (32, 36, 40).

2. Method for estimating a propagation round trip delay according to claim 1, characterized in that the cyclic correlation step (66) comprises at least two steps, each step processing samples in time domain.

3. Method for estimating a propagation round trip delay according to any of claims 1 to 2, characterized in that the length of the signature reception time slot (28) is minimized so as to enable the estimation of round trip delay over the predetermined range round trip delay RTD3.

4. Method for estimating a propagation round trip delay according to any of claims 1 to 3, characterized in that

the signature reception time slot (28) comprises an idle period (60),

the length of the said idle period (60) being equal to the range RTD3 of round trip delays to be estimated.

5. Method for estimating a propagation round trip delay according to any of the claims 1 to 4, characterized in that the unique reference sequence (48) is a Zero Auto Correlation (ZAC) sequence.

6. Method for estimating a propagation round trip delay according to any of the claims 1 to 5, characterized in that the unique reference sequence (48) is a Constant Amplitude Zero Auto Correlation (CAZAC) sequence.

7. Method for estimating a propagation round trip delay according to any of the claims 1 to 6, characterized in that the unique reference sequence (48) is a Zadoff-Chu sequence.

8. Method for estimating a propagation round trip delay according to any of claims 1 to 7, characterized in that the signature (34, 38, 42, 44) comprises the unique reference sequence (48) and a cyclic extension (52) concatenated respectively at the tail or the head of the unique reference sequence (48), the cyclic extension (52) being respectively a head portion (50) or a tail portion of the unique reference sequence (48).

9. Method for estimating a propagation round trip delay according to any of claims 1 to 8, characterized in that the processing step (62) comprises a sequence of following steps consisting of:

- receiving (64) a set of samples in the signature receiving time slot,
- removing (65) of the samples received outside the correlation time window,
- memorizing the set of remaining samples in a ring shift register as a first useful sequence,
- performing a set of summations (68) of time domain sample by sample products related to the unique reference sequence (48), and a successive shifted sequence from the first useful sequence (48),
- memorizing (64) the products sums obtained from the summations (68) of time domain sample by sample products into an array of length equal the length of the reference sequence N minus 1,
- detecting (74) in the array a maximum peak of correlation in time domain,
- determining (76) the round trip delay of the terminal as the time corresponding to the detected peak of correlation.

10. Method for estimating a propagation round trip delay according to any of claims 1, 3 to 8, characterized in that the processing step (62) comprises a sequence of the following steps consisting of:

- receiving (64) a set of samples in the signature receiving time slot,

- removing (65) of samples received outside the correlation time window,
- performing (77) a first Fast Fourier Transform (FFT) on the samples received within the correlation time window,
- multiplying (78) the obtained frequency domain samples by the frequency domain samples of the unique reference sequence (48) resulting from a second Fast Fourier Transform (FFT) (84),
- performing (80) an Inverse Fast Fourier Transform (IFFT) on the samples obtained in multiplication step,
- detecting (74) a maximum peak of correlation in time domain,
- determining (76) the round trip delay of the terminal as the time corresponding to the detected peak of correlation.

11. Method according to any of the claims 1 to 7 comprising the determination of a terminal identifier code related to the terminal (4) (TI) among at least two terminal codes related to at least two terminals (4, 94, 96) (T1, T2, T3),  
a distinct signature signal (118, 122, 126) being sent from each terminal (4, 94, 96) to the base station (6) on one uplink,  
the received signatures signals (120, 124, 128) forming a time sum of signals being processed at the same time in a processing step (160) comprising a common cyclic correlation step (166) performed within a fixed correlation time window (54) and using the unique reference sequence (48).

12. Method according to claim 11, characterized in that  
each signature (118, 122, 126) comprises a signature sequence (48, 152, 154) and a signature cyclic extension (52, 156, 158) concatenated respectively at the tail or the head of the signature sequence (48, 152, 154), the signature sequence (48, 152, 154) being a cyclic shift of the unique reference sequence (48) and the signature cyclic extension (52, 156, 158) being respectively a head portion (50) or a tail portion of the signature sequence (48).

13. Method according to any of claims 11 to 12, characterized in that the processing step (160) comprises a sequence of the following steps consisting of:  
- receiving (162) a set of samples in the signature receiving time slot (28),  
- removing (164) from the received time sum of signatures signals samples, the samples received outside the correlation time window (54),

- memorizing the set of remaining samples in a ring shift register as a first filtered received signal,
- performing a set of summations of time domain sample by sample products (170) related to the unique reference sequence (48), and a successive shifted received sequence from the first filtered received signal,
- memorizing (172) the products sums obtained from the summation (170) of time domain sample by sample products into an array of length equal the length of the reference sequence N minus 1,
- detecting (186) in the array a set of maximum peaks of correlation in time domain,
- determining for each detected maximum peak the identifier code as being the solely code associated to one predetermined interval of the time domain correlation period,
- determining (188) for each detected maximum peak the corresponding round trip delay of the terminal identified by the associated identifier code as the time difference between the time corresponding to the detected peak of correlation and the start time of the interval associated to the identifier code.

- 14. Method according to any of the claims 1, 3 to 7, characterized in that it comprises the determination of a terminal identifier code related to the terminal (4) (T<sub>1</sub>) among at least two terminal codes related to at least two terminals (4, 94, 96) (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>),

a distinct signature signal (118, 122, 126) being sent from each terminal (4, 94, 96) to the base station (6) on one uplink,

the received signatures signals (120, 124, 128) forming a time sum of signals being processed at the same time in a processing step (160) comprising a common cyclic correlation step (166) performed within a fixed correlation time window (54) and using the unique reference sequence (48),

and characterized in that the processing step (160) further comprise a sequence of the following steps consisting of :

- receiving (162) a set of samples in the signature receiving time slot (28),
- removing (164) from the received time sum of signatures signals samples, the samples received outside the correlation time window (54),

- performing (190) a first Fast Fourier Transform (FFT) on the samples received within the correlation time window (54),
- multiplying (192) the obtained frequency domain samples by the frequency domain samples of the unique reference sequence (48) resulting from a second Fast Fourier Transform (FFT) (200),
- performing (194) an Inverse Fast Fourier Transform on the samples obtained in multiplication step (192),
- memorizing the time domain samples resulting from step (194) in an array of length equal the length of the reference sequence N minus 1,
- detecting (186) a set of maximum peaks of correlation in a time domain correlation period,
- determining for each maximum peak the identifier code as being the solely code associated to one interval of the time domain correlation period,
- determining (188) for each maximum peak the round trip delay of the terminal identified by the associated identifier code as the time difference between the time corresponding to the detected peak of correlation and the start time of the interval associated to the identifier code.

15. Method according to any of the claims 11 to 13, characterized in that at least two terminals are synchronized in uplink,  
a different signature is assigned to each terminal, each signature being a cyclic shift of the unique reference sequence,  
the set of signatures assigned to uplink synchronized terminals forms a compact group.

16. Communication system comprising a base station (6), a terminal (4),  
the terminal comprising:

receiving means for receiving the end (30) of a start order signal (24),  
transmitting means for sending a signature signal (32, 36, 40) to the base station (6) on a uplink after reception of the end (30) of the start order signal (24),  
the base station comprising:

transmitting means for transmitting on a downlink the start order signal (24) to the terminal (4),

means for receiving within a signature receiving time slot (28) a received signature signal (34, 38, 42),

means for processing at the base station (6) the received signature signal (34, 38, 42) to provide a round trip delay information,

characterized in that the means for processing are able to perform a cyclic correlation step (66) performed within a fixed correlation time window (54) by using a unique reference sequence (48) for calculating the signature signal (32, 36, 40).

17. Communication system according to claim 16, characterized in that

it comprises at least two terminals (4, 94, 96), and

the means for processing is able to determine a terminal identifier code related to the terminal (4) (TI) among at least two terminal codes related to at least two terminals (4, 94, 96) (T1, T2, T3),

a distinct signature signal (118, 122, 126) being sent from each terminal (4, 94, 96) to the base station (6) on one uplink,

the received signatures signals (120, 124, 128) forming a time sum of signals being processed at the same time in a processing step (160) comprising a common cyclic correlation step (166) performed within a fixed correlation time window (54) and using the unique reference sequence (48).

18. Communication system according to claim 17, characterized in that

at least one first terminal uses a first Zadoff Chu sequence as a first unique reference sequence (48),

at least one second terminal uses a second Zadoff Chu as a second unique reference sequence, and

the second Zadoff Chu is the reverse sequence of the fist Zadoff Chu sequence.

## ABSTRACT

The method for estimating a propagation round trip delay, existing between a base station and a terminal, and comprised within a predetermined round trip delay range, comprises the following steps:

transmitting from the base station on a downlink a start order signal (30) to the terminal,

after reception by the terminal of the end of the start order signal, sending a signature signal from the terminal to the base station on a uplink,

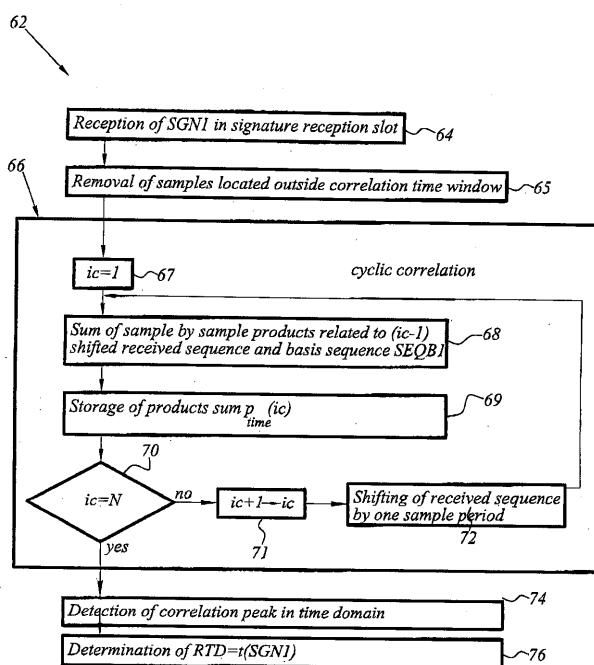
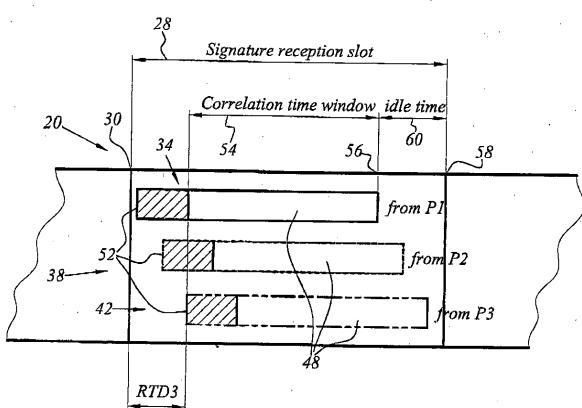
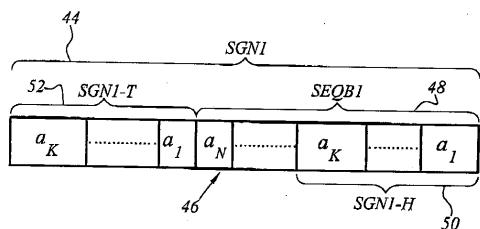
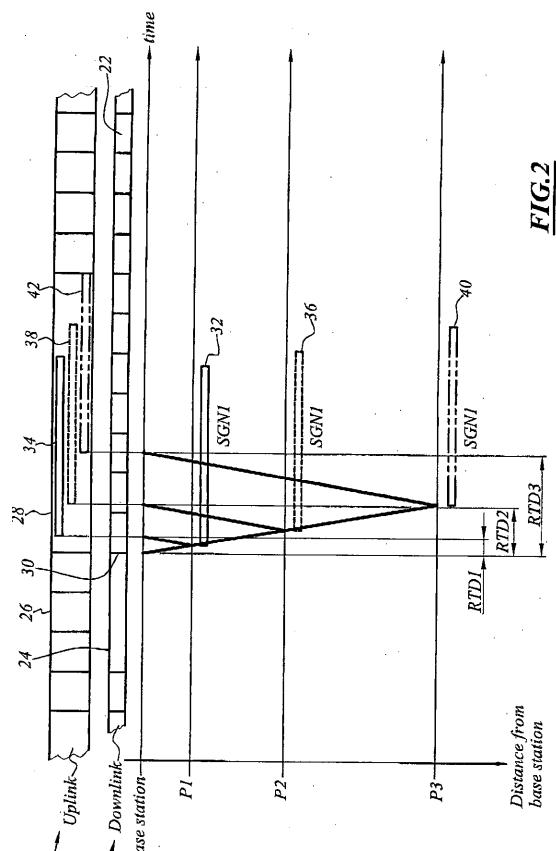
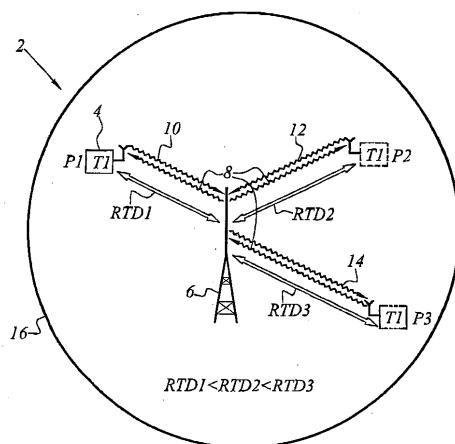
receiving at the base station within a signature receiving time slot (28) the signature signal (34, 38, 42),

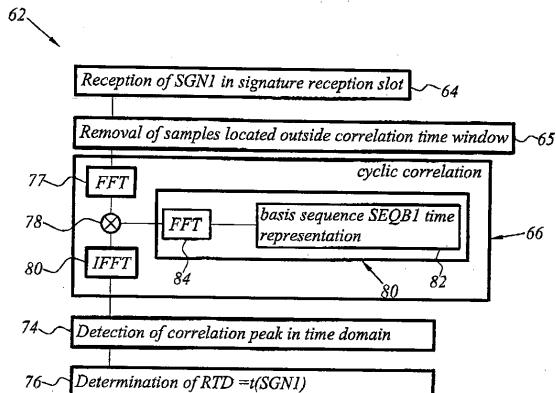
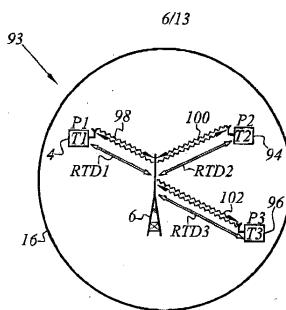
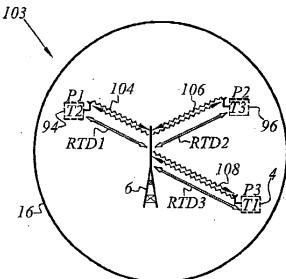
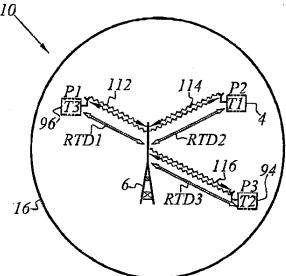
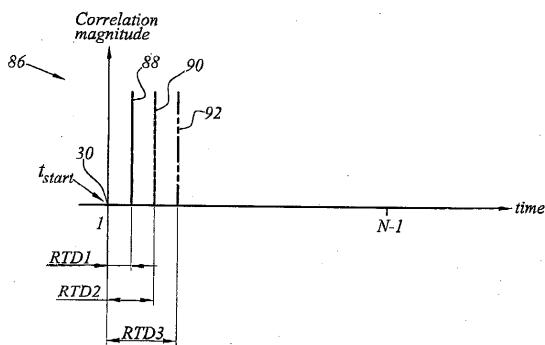
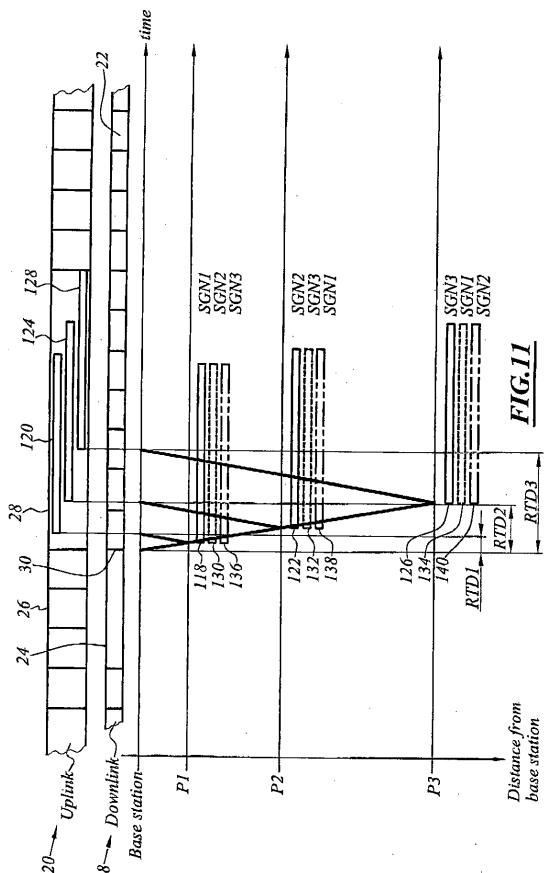
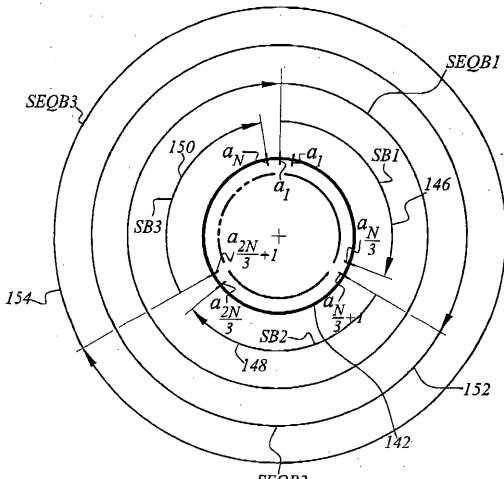
processing at the base station the received signature signal to provide a round trip delay information.

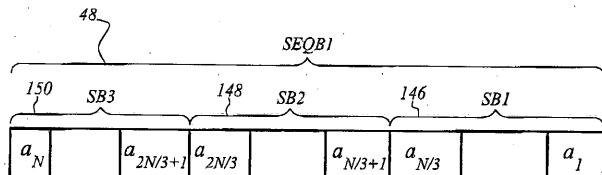
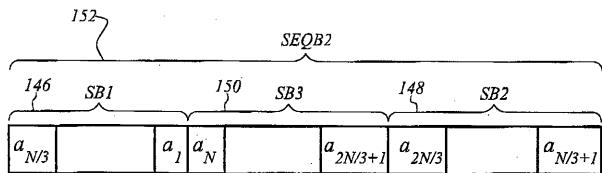
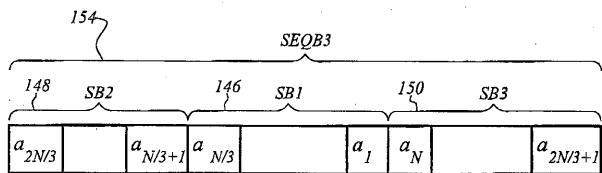
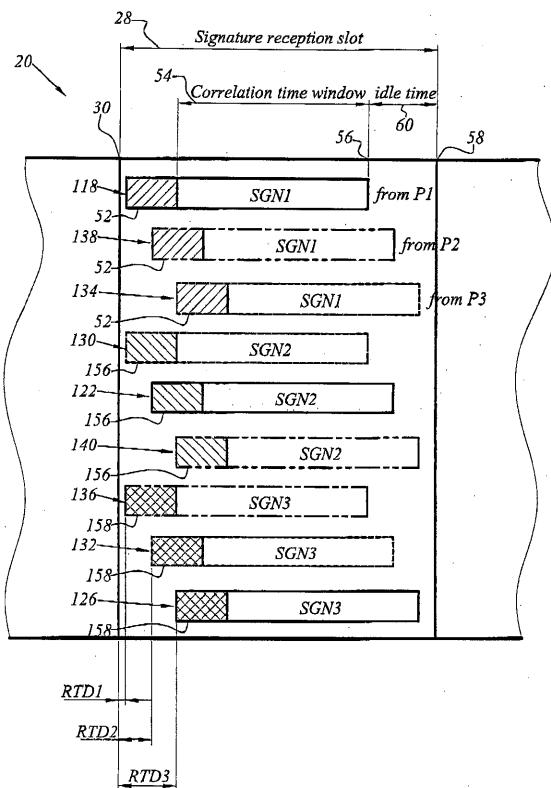
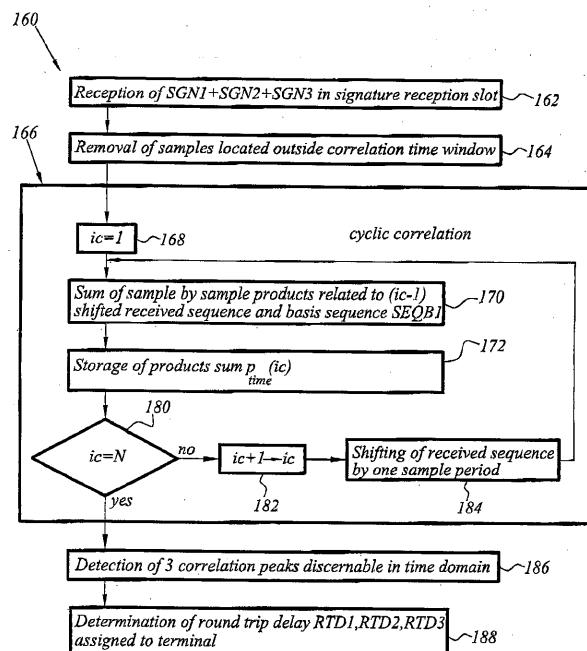
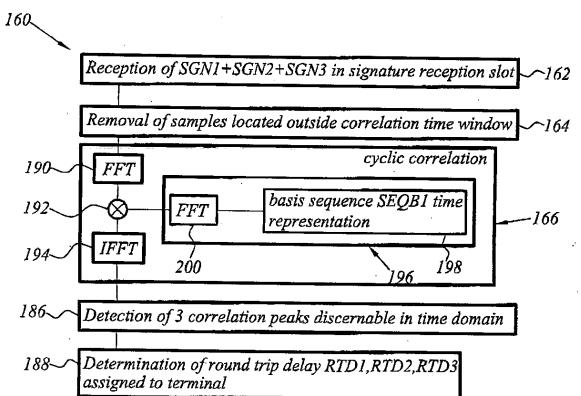
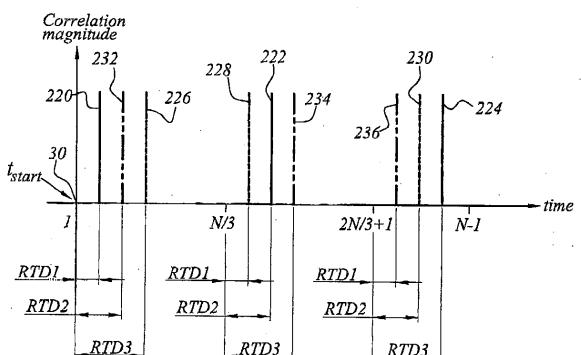
The processing step comprises a cyclic correlation step performed within a fixed correlation time window (54) by using a unique reference sequence (48).

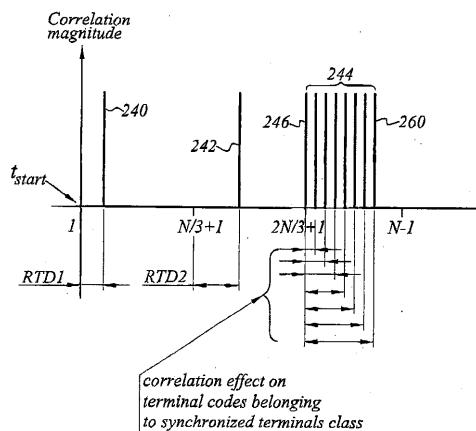
## **Representative Drawing**

**Fig. 4**



**FIG.6****FIG.8****FIG.9****FIG.10****FIG.7****FIG.11**

FIG.13FIG.14FIG.15FIG.16FIG.17FIG.18FIG.19



**FIG.20**