

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3989439号

(P3989439)

(45) 発行日 平成19年10月10日(2007.10.10)

(24) 登録日 平成19年7月27日(2007.7.27)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 4 J	11/00	(2006.01)	HO 4 J	11/00	Z
HO 4 B	7/015	(2006.01)	HO 4 B	7/015	
HO 4 J	13/04	(2006.01)	HO 4 J	13/00	G

請求項の数 3 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2003-548438 (P2003-548438)	(73) 特許権者	000005223
(86) (22) 出願日	平成13年11月28日(2001.11.28)		富士通株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2001/010357		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(87) 国際公開番号	W02003/047140	(74) 代理人	100074099
(87) 国際公開日	平成15年6月5日(2003.6.5)		弁理士 大菅 義之
審査請求日	平成16年11月9日(2004.11.9)	(74) 代理人	100067987
			弁理士 久木元 彰
		(72) 発明者	中村 隆治
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		審査官	高野 洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多重伝送方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直交周波数分割多重を利用して送信装置から受信装置へ信号を伝送する通信システムであって、

上記送信装置は、

信号系列を用いて複数の副搬送波を変調する変調手段と、

上記変調手段の出力にガード区間を挿入する挿入手段と、

上記ガード区間が挿入された変調信号を送信する送信手段を有し、

上記受信手段は、

上記送信装置から送信された変調信号について副搬送波ごとにガード区間の削除処理と復調処理を行い、信号系列を再生する復調手段を有し、

上記ガード区間の長さは、上記送信装置と上記受信装置との間の通信環境に基づいて決定され、

上記受信装置は、上記送信装置と該受信装置との間の伝送距離を推定する推定手段をさらに有し、

上記挿入手段は、上記推定手段により推定された伝送距離に基づいて決まる長さのガード区間を挿入し、

上記削除手段は、その推定された伝送距離に従ってガード区間を削除する

ことを特徴とする通信システム。

【請求項2】

直交周波数分割多重を利用して送信装置から受信装置へ信号を伝送する通信システムであって、

上記送信装置は、

信号系列を用いて複数の副搬送波を変調する変調手段と、

上記変調手段の出力にガード区間を挿入する挿入手段と、

上記ガード区間が挿入された変調信号を送信する送信手段を有し、

上記受信手段は、

上記送信装置から送信された変調信号について副搬送波ごとにガード区間の削除処理と復調処理を行い、信号系列を再生する復調手段を有し、

上記ガード区間の長さは、上記送信装置と上記受信装置との間の通信環境に基づいて決定され、

上記送信装置は、該送信装置と上記受信装置との間の伝送距離を推定する推定手段をさらに有し、

上記挿入手段は、上記推定手段により推定された伝送距離に基づいて決まる長さのガード区間を挿入し、

上記削除手段は、その推定された伝送距離に従ってガード区間を削除することを特徴とする通信システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の通信システムであって、

上記推定手段は、当該送信装置から信号が送信されたときから、上記受信装置からその信号に対応する応答が返ってくるまでの時間に基づいて上記伝送距離を推定する

ことを特徴とする通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直交周波数分割多重・符号拡散 (OFDM - CDMA) 伝送方式、並びにそのための送信装置 (変調装置) 及び受信装置 (復調装置) に係わり、特に、セルラ電話システムまたは移動体通信システムにおける基地局と移動局との間の通信を実現する装置および方法に係わる。

【背景技術】

【0002】

従来より、地上系デジタルテレビ等において、直交周波数分割多重 (以下、OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplex) 伝送方式が適用されている。OFDM 伝送方式では、データは、互いに周波数の異なる複数の副搬送波を利用して伝送される。具体的には、この方式では、互いに直交する多数の副搬送波を送信データで変調し、それらの副搬送波が周波数多重されて伝送される。そして、OFDM 伝送方式によれば、高速データの伝送を行う場合においても、各副搬送波ごとの伝送レートを低くできるので、すなわち各副搬送波ごとのシンボル周期を長くできるので、マルチパス干渉の影響が軽減される。なお、OFDM 伝送方式については、例えば、"Overview of Multicarrier CDMA" (Hara et al., IEEE Communication Magazine, Dec. 1997, pp126-133)、あるいは、"WIDEBAND WIRELESS DIGITAL COMMUNICATIONS", A.F.Molisch Prentice Hall PTR, 2001, ISBN: 0-13-022333-6) に記載されている。

【0003】

図 1 は、OFDM 伝送システムにおいて使用される既存の送信装置の構成図である。ここでは、この送信装置は、信号系列 S_i および信号系列 S_j を多重化して出力するものとする。なお、信号系列 S_i および信号系列 S_j のシンボル周期は「 T 」であるものとする。また、信号系列 S_i および信号系列 S_j は、例えば、互いに異なる移動機へ送信すべき信号であってもよい。あるいは、信号系列 S_i 内に複数の移動機へ送信すべきデータが時間多重されていてもよい。

【0004】

10

20

30

40

50

信号系列 S_i の各シンボル情報は、それぞれ拡散変調器 1 が備える m 個の入力端子に並列に入力される。すなわち、拡散変調器 1 の各入力端子には、シンボル周期 T とごに、同一のシンボル情報が並列に入力される。そして、拡散変調器 1 は、入力されたシンボル情報を信号系列 S_i に対して予め割り当てられている拡散符号 C_i を用いて変調し、その結果として得られる m ビットの拡散信号を出力する。なお、拡散符号 C_i は、「 $C_i(1)$ 」～「 $C_i(m)$ 」から構成されており、直交符号列の中の 1 つの要素であるものとする。

【0005】

副搬送波変調器 2 は、互いに異なる角周波数 $f_1 \sim f_m$ を持った m 個の副搬送波を生成する。ここで、 $f_1, f_2, f_3, \dots, f_m$ の角周波数間隔 Δf は、シンボル周期 T の逆数により定義される一定の値であり、下記の式により表される。

$$\Delta f = 2 \quad f = 2 \quad / T$$

また、副搬送波変調器 2 は、拡散変調器 1 から出力される拡散信号を用いて m 個の副搬送波を変調する。具体的には、例えば、角周波数 f_1 を持った副搬送波は、「 $C_i(1)$ 」が乗算されたシンボル情報により変調され、角周波数 f_m を持った副搬送波は、「 $C_i(m)$ 」が乗算されたシンボル情報により変調される。そして、各副搬送波は、加算器 3 により合成される。

【0006】

ガード区間挿入器 4 は、図 2 に示すように、シンボル毎に、加算器 3 から出力される合成信号に対して、予め固定的に決められているガード区間 (Guard Interval) を挿入する。ここで、このガード区間は、無線伝送路のマルチパスによる影響を排除するために挿入される。なお、図 2 では、副搬送波ごとにガード区間が挿入された状態が描かれているが、実際には、これらの副搬送波は合成されている。

【0007】

加算器 5 は、上述のようにして得られる信号系列 S_i に対応する合成信号、および同様の処理により得られる信号系列 S_j に対応する合成信号を加算する。ここで、信号系列 S_i に対応する合成信号および信号系列 S_j に対応する合成信号には、それぞれガード区間が挿入されている。そして、加算器 5 の出力は、送信機 6 により所定の高周波信号に変換された後、アンテナ 7 を介して送信される。

【0008】

図 3 は、OFDM 伝送システムにおいて使用される既存の受信装置の構成図である。ここでは、この受信装置は、図 1 に示す送信装置により送信された無線信号から信号系列 S_i を受信するものとする。なお、図 3 では、信号を受信するために必要な周波数同期機能、およびタイミング同期機能などは省略されている。

【0009】

アンテナ 11 により受信された信号は、受信機 12 によりベースバンド信号 S_{rx} に変換された後、副搬送波復調器 13 により m 個の受信信号列に変換される。続いて、ガード区間削除器 14 は、各受信信号列からそれぞれガード区間を削除する。また、拡散復調器 15 は、各受信信号系列を逆拡散するために、送信装置において使用された拡散符号と同じ拡散符号 C_i を各受信信号列にそれぞれ乗算する。そして、拡散復調器 15 から出力される各信号を加算器 16 を用いて加算することにより、信号系列 S_i が再生される。

【0010】

上記構成の送信装置および受信装置の間では、信号系列 S_i は、図 2 に示すように、複数の副搬送波 $f_1 \sim f_m$ を利用して伝送される。ここで、信号系列 S_i は、「+1」または「-1」の値を有するシンボル情報から構成されている。即ち、信号系列 S_i は、シンボル周期 T で「+1」または「-1」に変化する。また、各副搬送波 $f_1 \sim f_m$ を利用して伝送される信号は、それぞれ拡散符号 $C_i (C_i(1), C_i(2), \dots, C_i(m))$ により拡散変調されている。なお、図 2 において、「*」が付されているビットは、信号系列 S_i が「-1」であることから拡散変調出力が反転 (共役) 出力になっていることを示している。

【0011】

伝送される信号には、上述したように、シンボル毎にガード区間が挿入されている。図

10

20

30

40

50

2に示す例では、シンボル周期 T に対してガード区間 T_g が挿入されている。したがって、受信装置では、各副搬送波ごとにそれぞれガード区間 T_g を除去することにより得られる区間(区間 T_s)について逆拡散/復調処理が行われる。これにより、受信装置においてマルチパス干渉(遅延波により生ずる干渉)が除去される。

【0012】

ところで、ガード区間 T_g は、マルチパス干渉を除去するために挿入されるので、その長さは、伝送路の最大伝送遅延差よりも長く設定される必要がある。ここで、「最大伝送遅延差」とは、送信装置から受信装置へ複数のパスを介して信号が伝送されるときに最小伝搬時間と最大伝搬時間との差を意味する。例えば、図4において、パス1を介して伝送された信号が最も早く受信装置に到着し、パス3を介して伝送された信号が最も遅く受信装置に到着したとすると、最大伝送遅延差は、パス3による伝搬時間とパス1による伝搬時間との差により表される。

10

【0013】

ところが、セルラ通信システムでは、通常、1つの基地局からサービスエリア内の複数の移動機に対して無線信号が送信される。そして、基地局から移動機へ伝送される信号の最大伝送遅延差は、一般に、それらの間の距離が離れるほど大きくなる傾向にある。ここで、サービスエリア内のすべての移動機においてマルチパス干渉を除去しようとする、基地局から最も遠く離れた位置にいる移動機においてマルチパス干渉を除去できるようにしなければならない。したがって、サービスエリア内のすべての移動機においてマルチパス干渉を除去しようとする、ガード区間 T_g は、基地局から最も遠く離れた位置にいる移動機に信号が伝送されたときの最大伝送遅延差よりも大きくする必要がある。例えば、図5に示す例では、ガード区間 T_g は、基地局から移動機 $MS3$ に信号が伝送されたときの最大伝送遅延差よりも大きくする必要がある。

20

【0014】

しかし、このようにしてガード区間の差を決定すると、基地局の近くに位置している移動機(図5では、移動機 $MS1$)に信号を送信する場合には、ガード区間が必要以上に長くなりすぎる。ここで、ガード区間の信号の電力は、受信装置において信号系列を再生する際に使用されない。このため、上述のようにしてガード区間が決定されると、移動機に信号を送信する際に、無駄な電力が必要となってしまう。この結果、通信システム全体の総伝送容量の低減をまねくことになる。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

本発明は、直交周波数分割多重・符号拡散(OFDM-CDM)伝送方式を利用した通信システムにおいて、信号の伝送効率を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の通信システムは、直交周波数分割多重を利用して送信装置から受信装置へ信号を伝送する通信システムであって、上記送信装置は、信号系列を用いて複数の副搬送波を変調する変調手段と、上記変調手段の出力にガード区間を挿入する挿入手段と、上記ガード区間が挿入された変調信号を送信する送信手段を有し、上記受信装置は、上記送信装置から送信された変調信号について副搬送波ごとにガード区間の削除処理と復調処理を行い信号系列を再生する復調手段を有し、上記ガード区間の長さは、上記送信装置と上記受信装置との間の通信環境に基づいて決定される。

40

【0017】

上記通信システムにおいては、送信装置と受信装置との間の通信環境に基づいてガード区間の長さが決定される。すなわち、ガード区間の長さを、送信装置と受信装置との間の通信環境に応じて必要最小限に短くできる。したがって、通信効率が向上する。

【0018】

上記構成において、上記送信装置が、上記ガード区間の長さに応じて上記変調信号を送

50

信する際の送信電力を制御する電力制御手段をさらに有するようにしてもよい。この構成によれば、信号系列を送信する際の送信電力を必要最小限に抑えることができるので、信号間の干渉が低減する。

【0019】

上記構成において、上記受信装置が、上記送信装置から当該受信装置へ信号が伝送されたときの通信品質をモニタするモニタ手段をさらに有し、上記ガード区間の長さが、予め決められた所定の通信品質が満たされるように決定されるようにしてもよい。この構成によれば、所望の通信品質を満たす範囲内で、必要最小限のガード区間を設定できる。

【0020】

本発明の他の態様の通信システムは、直交周波数分割多重を利用して送信装置から第1の受信装置を含む複数の受信装置へ信号を伝送する通信システムであって、上記送信装置は、第1の受信装置へ伝送する第1の信号系列および第1の受信装置とは異なる他の受信装置へ伝送する第2の信号系列が多重された信号系列を用いて複数の副搬送波を変調する変調手段と、上記第1の信号系列の変調出力に第1のガード区間を挿入するとともに上記第2の信号系列の変調出力に第2のガード区間を挿入する挿入手段と、上記第1のガード区間と第2のガード区間がそれぞれ挿入された変調信号を送信する送信手段を有し、上記第1の受信装置は、上記第1のガード区間の削除処理と復調処理を行い第1の信号系列を再生する復調手段を有し、上記第1のガード区間の長さは、上記送信装置と上記第1の受信装置との間の通信環境に基づいて決定されると共に、上記第2のガード区間の長さは、上記送信装置と上記他の受信装置との間の通信環境に基づいて決定される。この構成によれば、複数の信号系列を時間多重して送信する際に、各信号系列に対して個々に適切なガード区間を設定できる。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、直交周波数分割多重・符号拡散(OFDM-CDM)伝送方式を利用した通信システムにおいて、信号の伝送効率を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。以下では、セルラ通信システムにおいて直交周波数分割多重・符号拡散(OFDM-CDM)伝送方式が利用されるものとする。具体的には、例えば、図5に示す基地局と移動機との間の信号伝送のためにOFDM-CDMが利用されるものとする。

【0023】

図6は、本発明の実施形態の送信装置の構成図である。なお、この送信装置は、図5においては、例えば、基地局装置に相当する。また、この送信装置は、信号系列 S_i および信号系列 S_j を多重化して出力するものとする。ここで、信号系列 S_i および信号系列 S_j は、例えば、互いに異なる移動機へ送信すべき信号であってもよい。あるいは、信号系列 S_i または信号系列 S_j の中にそれぞれ複数の移動機へ送信すべきデータが時間多重されていてもよい。

【0024】

この送信装置は、送信すべき信号系列毎に、拡散変調器(SMOD: Spread Modulator)1、副搬送波変調器(FMOD: Frequency Modulator)2、加算器(SUM)3、ガード区間挿入器(GINS: Guard Interval Insert Unit)21、利得調整器(G)22を備える。ここで、拡散変調器1、副搬送波変調器2、加算器3については、図1を参照しながら説明したものを使用することができる。すなわち、拡散変調器1は、 m 個の入力端子を備えており、それらの入力端子には、シンボル周期 T とごに、同一のシンボル情報が並列に入力される。そして、拡散変調器1は、入力されたシンボル情報を信号系列 S_i に対して予め割り当てられている拡散符号 C_i を用いて変調し、その結果として得られる m ビットの拡散信号を出力する。なお、拡散符号 C_i は、「 $C_i(1)$ 」～「 $C_i(m)$ 」から構成されており、直交符号列の中の1つの要素であるものとする。

【 0 0 2 5 】

副搬送波変調器 2 は、互いに異なる角周波数 $1 \sim m$ を持った m 個の副搬送波を生成する。ここで、 $1, 2, 3, \dots, m$ の角周波数間隔 Δf は、シンボル周期 T の逆数により定義される一定の値であり、下記の式により表される。

$$\Delta f = 2 / T$$

また、副搬送波変調器 2 は、拡散変調器 1 から出力される拡散信号を用いて m 個の副搬送波を変調する。具体的には、例えば、角周波数 1 を持った副搬送波は、「 $C_i(1)$ 」が乗算されたシンボル情報により変調され、角周波数 m を持った副搬送波は、「 $C_i(m)$ 」が乗算されたシンボル情報により変調される。なお、副搬送波変調器 2 の処理は、例えば、逆フーリエ変換演算により実現される。そして、副搬送波変調器 2 から出力される各副搬送波は、加算器 3 により合成される。

10

【 0 0 2 6 】

ガード区間挿入器 2 1 は、シンボル毎に、加算器 3 から出力される合成信号に対して、ガード区間 (Guard Interval) を挿入する。ここで、このガード区間は、無線伝送路のマルチパスによる影響を排除するために挿入される。なお、図 1 に示した既存の送信装置のガード区間挿入器 4 は、予め固定的に決められたガード区間を挿入するが、実施形態のガード区間挿入器 2 1 は、送信装置と受信装置との間の通信状態に応じて決められるガード区間を挿入する。なお、ガード区間の長さは、ガード区間制御部 (G I N S C N T : Guard Interval Control Unit) 2 3 により、信号系列ごとに決定される。

【 0 0 2 7 】

利得調整器 2 2 は、例えば乗算器であり、ガード区間が挿入された信号に利得係数 G を乗算する。これにより、送信すべき信号の振幅または電力が調整される。なお、利得係数 G は、基本的に、信号系列ごとに挿入されるガード区間の長さに対応して決定される。

20

【 0 0 2 8 】

上述のようにして得られる各信号系列ごとの合成信号は、図 1 に示した既存の送信装置と同様に、加算器 (A D D) 5 により加算される。そして、加算器 5 の出力は、送信機 (T X) 6 により所定の高周波信号に変換された後、アンテナ 7 を介して送信される。

【 0 0 2 9 】

このように、実施形態の送信装置では、送信すべき信号系列 (S_i, S_j) ごとに、送信装置と受信装置との間の通信状態に応じて決められるガード区間が挿入される。また、送信すべき信号系列 (S_i, S_j) ごとに、挿入されたガード区間の長さに対応して送信信号の振幅または電力が調整される。

30

【 0 0 3 0 】

図 7 は、本発明の実施形態の受信装置の構成図である。ここでは、この受信装置は、図 6 に示す送信装置により送信された無線信号から信号系列 S_i を受信するものとする。なお、この受信装置は、図 5 においては、例えば、移動機に相当する。また、図 7 では、信号を受信するために必要な周波数同期機能、およびタイミング同期機能などは省略されている。

【 0 0 3 1 】

アンテナ 1 1 により受信された信号は、受信機 (R X) 1 2 によりベースバンド信号 S_{rx} に変換された後、副搬送波復調器 (F D E M : Frequency Demodulator) 1 3 により m 個の受信信号列に変換される。ここで、副搬送波復調器 1 3 は、 m 個の入力端子を備えており、それらの入力端子には、同一のベースバンド信号 S_{rx} が並列に入力される。そして、副搬送波復調器 1 3 は、ベースバンド信号 S_{rx} に対してそれぞれ角周波数 $1 \sim m$ を持った周期波を乗算することにより、各副搬送波ごとに信号を復調する。なお、副搬送波復調器 1 3 の処理は、例えば、フーリエ変換演算により実現される。

40

【 0 0 3 2 】

ガード区間削除器 3 1 は、ガード区間制御部 (G C N T i : Guard Interval Control Unit) 3 2 からの指示に従って、各受信信号列からそれぞれガード区間を削除する。なお、ガード区間制御部 3 2 は、送信装置において信号系列 S_i に対して挿入されたガード区間

50

の長さを認識しており、その値をガード区間削除器 31 に通知する。したがって、ガード区間削除器 31 は、送信装置で挿入されたガード区間を適切に除去することができる。

【0033】

拡散復調器 15 は、各受信信号系列を逆拡散するために、送信装置において使用された拡散符号と同じ拡散符号 C_i を各受信信号列にそれぞれ乗算する。そして、加算器 16 を用いて拡散復調器 15 から出力される各信号を加算することにより、信号系列 S_i が再生される。

【0034】

図 8 および図 9 は、実施形態の OFDM 伝送システムにおける伝送信号の例である。ここで、図 8 は、最大伝送遅延差の小さい位置にいる移動機（受信装置）へ送信すべき伝送信号を模式的に示しており、図 9 は、最大伝送遅延差の大きい位置にいる移動機へ送信すべき伝送信号を模式的に示している。なお、図 8 に示す伝送信号のシンボル周期が「 T_1 」であるのに対し、図 9 に示す伝送信号のシンボル周期が「 T_2 」であるが、これらの周期は互いに同じであってもよいし、互いに異なっていてもよい。

10

【0035】

最大伝送遅延差の小さい位置にいる移動機へ信号を送信する場合は、図 8 に示すように、各副搬送波ごとに、シンボル周期 T_1 に対してガード区間 T_{g1} が挿入される。したがって、信号は、区間 T_{s1} を利用して伝送される。一方、最大伝送遅延差の大きい位置にいる移動機へ信号を送信する場合は、図 9 に示すように、各副搬送波ごとに、シンボル周期 T_2 に対してガード区間 T_{g2} が挿入される。したがって、信号は、区間 T_{s2} を利用して伝送される。そして、このとき、ガード区間 T_{g1} は、ガード区間 T_{g2} よりも短く設定される。すなわち、ガード区間の長さは、送信装置から受信装置へ信号が伝送されたときの最大伝送遅延差が大きくなると、それに応じて長くなる。

20

【0036】

また、最大伝送遅延差の小さい位置にいる移動機へ信号を送信する場合は、図 8 に示すように、信号の送信電力は「 P_1 」に制御される。一方、最大伝送遅延差の大きい位置にいる移動機へ信号を送信する場合は、図 9 に示すように、信号の送信電力は「 P_2 」に制御される。ここで、電力 P_2 は、電力 P_1 よりも大きい。すなわち、信号の送信電力は、送信装置から受信装置へ信号が伝送されたときの最大伝送遅延差が大きくなると、それに応じて大きくなる。

30

【0037】

続いて、ガード区間の挿入/除去について説明する前に、ガード区間そのものについて簡単に説明をする。

図 10 は、ガード区間について説明するための図であり、受信装置が受信した信号の波形が模式的に示されている。ここで、実線 a は、受信装置に最初に到着した信号（基準波）の波形を表し、破線 b は、受信装置に到着した遅延信号（遅延波）の波形を表している。なお、図 10 では、1 つの遅延波のみが描かれているが、実際には、通常、2 以上の遅延波が存在する。

【0038】

図 10 において、時刻 T_1 以前は、基準波および遅延波がそれぞれ連続したサイン波なので、受信装置は、それらの合成波から対応するシンボル情報を再生することができる。しかし、シンボル情報が「+1」から「-1」に変化したとき、あるいは「-1」から「+1」に変化したときは、そのシンボル情報を伝送する信号の位相が転移する。図 10 に示す例では、時刻 T_1 において基準波の位相が転移しており、時刻 T_2 において遅延波の位相が転移している。すなわち、この場合、時刻 T_1 と時刻 T_2 との間の期間では、基準波は位相転移後の情報を伝送しており、遅延波は位相転移前の情報を伝送していることになる。したがって、この期間は、一方の信号波が他方の信号波に対する干渉波となり、受信波からシンボル情報を適切に再生することができないことがある。

40

【0039】

上記干渉による影響は、例えば、図 10 に示す例では、受信波から信号を再生する際に

50

、時刻 T1 と時刻 T2 との間の受信波を使用しないことにより回避される。そして、OFDM 通信システムでは、この期間を含む所定の期間をガード区間として定義し、受信装置において信号再生が行われないようにしている。したがって、ガード区間の長さは、最初に到着する信号波と最後に到着する遅延波との遅延差（最大伝送遅延差）よりも大きく設定される必要がある。

【0040】

ところが、上述したように、最大伝送遅延差は、送信装置と受信装置との間の距離などにより変化する。したがって、実施形態の通信システムでは、ガード区間の長さが最大伝送遅延差に対応して決定されるようになっている。

【0041】

次に、送信装置においてガード区間を挿入する方法を説明する。ここでは、図6に示す副搬送波変調器2の処理は、逆フーリエ変換演算により実現されるものとする。

図11は、副搬送波変調器2により実行される逆フーリエ変換を説明する図である。ここでは、シンボル周期を「T」、シンボル周期ごとに挿入されるガード区間を「T_g」、シンボル周期ごとの信号時間を「T_s(= T - T_g)」とする。

【0042】

副搬送波変調器2には、上述したように、拡散変調器1から出力されるm個の情報が入力される。ここで、各情報は、それぞれ対応する周波数の副搬送波に割り当てらる。すなわち、副搬送波変調器2は、周波数軸上に配置されたm個の信号を受ける。そして、この周波数軸上のm個の信号は、図11に示すように、シンボル周期Tごとに実行される逆フーリエ変換により、時間軸上のm個のサンプルから構成される信号系列に変換される。このとき、時間軸上のm個のサンプルは、信号時間T_s内に配置される。

【0043】

図12は、ガード区間を挿入する処理を説明する図である。ガード区間挿入器21は、信号時間T_s内に配置されたm個のサンプルを受け取ると、ガード区間T_gに相当する個数のサンプル成分を信号時間T_sの末尾から抽出し、それらを信号時間T_sの直前に複写する。図12に示す例では、ガード区間T_gが3サンプリング時間に相当し、m個のサンプル「1」～「m」のうちから、「m-2」「m-1」「m」が抽出されて信号時間T_sの直前に複写されている。そして、この複写により、シンボル時間T(= T_g+ T_s)の時間軸上の信号系列が作成される。

【0044】

図13は、ガード区間を挿入する処理を実現する構成の実施例である。上述したように、副搬送波変調器2は、逆フーリエ変換器によって実現され、シンボル周期ごとに、周波数軸上のm個の信号を時間軸上のm個のサンプル(t₁～t_m)に変換する。そして、ガード区間挿入器21は、まず、ガード区間T_gにおいて、「t_{m-2}」「t_{m-1}」「t_m」を順番に読み出して出力し、それに続く信号時間T_sにおいて「t₁」～「t_m」を順番に読み出して出力していく。これにより、ガード区間が挿入された信号系列が作成される。

【0045】

上記構成においてガード区間の長さは、「信号時間T_sの前に出力するサンプルの数」を変えることにより制御される。この場合、ガード区間T_g、信号時間T_s、および逆フーリエ変換の周期(すなわち、シンボル周期T)が所定の関係(T= T_g+ T_s)を満たすように、サンプル値の読出し間隔が決定される。

【0046】

一例を示す。ここでは、シンボル周期= T、ガード区間T_g= 0.2T、信号時間T_s= 0.8T、副搬送波の多重数m= 1000であるものとする。この場合、ガード区間挿入器21には、シンボル周期ごとに、時間軸上の1000個のサンプル(t₁～t₁₀₀₀)が入力される。そして、まず、250(= 1000×0.2÷0.8)個のサンプル(t₁～t₁₀₀₀)を読み出して出力する。続いて、上記1000個のサンプル(t₁～t₁₀₀₀)を読み出して出力する。このとき、サンプル値の読出し間隔は、「T/1250」である。また、ガード区間T_g= 0.1T、信号時間T_s= 0.9T、副搬送波の多重数m= 10

10

20

30

40

50

00であるものとする、ガード区間挿入器21は、まず、 $111 (= 1000 \times 0.1 \div 0.9)$ 個のサンプル($t_{890} \sim t_{1000}$)を読み出して出力し、それ続いて、上記1000個のサンプル($t_1 \sim t_{1000}$)を読み出して出力する。このとき、サンプル値の読出し間隔は、「 $T/1111$ 」である。

【0047】

なお、実施形態では、複数の副搬送波が合成された後にガード区間が挿入されているが、原理的には、副搬送波ごとにガード区間を挿入することも可能である。

図14は、受信装置において受信波からガード期間を削除する処理を実現する構成の実施例である。ここでは、図11～図13に示すようにして作成された信号列($t_{m-2}, t_{m-1}, t_m, t_1, t_2, t_3, \dots, t_m$)が受信されるものとする。なお、図7に示す受信装置では、副搬送波変調を行った後にガード区間が削除されるように描かれているが、図14に示す構成では、これらの処理は一体的に実行される。

10

【0048】

ガード区間削除器31は、スイッチ41およびシフトレジスタ42を備える。そして、信号系列($t_{m-2}, t_{m-1}, t_m, t_1, t_2, t_3, \dots, t_m$)を受信すると、スイッチ41を適切にON/OFF制御することにより、ガード区間に配置されている所定数のサンプル値(ここでは、 t_{m-2}, t_{m-1}, t_m)を廃棄し、後続のm個のサンプル値($t_1 \sim t_m$)をシフトレジスタ42に送る。ここで、ガード区間削除器31は、送信装置において挿入されたガード区間の長さ(あるいは、ガード区間内のサンプル数)を認識しており、それに基づいてスイッチ41のON/OFF状態を制御する。一方、副搬送波復調器13として動作するフーリエ変換器は、シフトレジスタ42にm個のサンプル値が蓄積されると、それらのサンプル値についてフーリエ変換を行うことにより、副搬送波ごとの信号 $f_1 \sim f_m$ を得る。なお、この処理は、シンボル周期Tごとに繰り返し実行される。

20

【0049】

このように、実施形態のセルラ通信システムでは、送信装置(基地局)から受信装置(移動機)へ信号を送信する際、それらの間の最大伝送遅延差に基づいて、ガード区間の長さ、および送信電力が決定される。ここで、送信装置と受信装置との間の距離が短い場合は、最大伝送遅延差が小さくなり、ガード区間が短くなる。そして、ガード区間が短くなると、それに応じて受信装置において信号再生に寄与する信号時間が長くなるので、送信電力を低くすることができる。したがって、システム全体として干渉電力が減少し、伝送容量が増加することになる。

30

【0050】

次に、上述の送信装置および受信装置の実施例を説明する。

第1の実施例：

図15および図16は、第1の実施例の送信装置および受信装置の構成図である。これらの装置の基本構成は、それぞれ、図6に示した送信装置および図7に示した受信装置と同じである。ただし、第1の実施形態の送信装置は、時間多重された複数の信号系列を1つのOFDM-CDMユニット(拡散変調器1、副搬送波変調器2、加算器3、ガード区間挿入器21)により一括して変調することができる。

【0051】

すなわち、信号系列 S_{i1} および信号系列 S_{i2} は、図17に示すように、時間多重化部(TDMi)51により多重化される。ここでは、これらの信号系列は、互いに異なる最大伝送遅延差を有する回線を介して伝送されるものとする。そして、この信号系列は、拡散変調器1および副搬送波変調器2により変調された後、ガード区間挿入器21に与えられる。

40

【0052】

ガード区間挿入器21は、入力される信号系列に対して、対応する最大伝送遅延差よりも広いガード区間を挿入する。ここで、各信号系列に対するガード区間は、ガード区間制御部23により設定される。また、利得調整器22は、挿入されたガード区間に応じて決まる利得係数を送信信号に乗算する。具体的には、図17に示す例では、信号系列 S_{i1} が入力されている期間は、シンボル周期ごとにガード区間 T_{g1} が挿入され、信号の送信電

50

力が「P1」になるように利得係数 $i(t)$ が制御される。一方、信号系列 S_{i2} が入力されている期間は、シンボル周期ごとにガード区間 T_{g2} が挿入され、信号の送信電力が「P2」になるように利得係数 $i(t)$ が制御される。

【0053】

そして、上述のようにして変調された信号は、他の系の信号と合成された後、アンテナ7を介して送信される。

受信装置の基本的な動作は、図7を参照しながら説明した通りである。ただし、この受信装置は、自分宛ての信号のみを再生する。例えば、信号系列 S_{i1} および信号系列 S_{i2} が時間多重された信号から信号系列 S_{i1} を再生する場合には、ガード区間制御部32は、信号系列 S_{i1} を受信している期間に、ガード区間 T_{g1} を削除するようにガード期間削除器31 10
1に対して指示を与える。そして、ガード区間削除器31は、その指示に従って信号系列 S_{i1} のシンボル周期ごとにガード区間を削除する。このとき、信号系列 S_{i2} を受信している期間は、ガード区間は削除される必要はない。

【0054】

ガード区間削除器31の出力は、拡散復調器15により逆拡散復調される。このとき、拡散復調器15は、ガード区間 T_{g1} が削除された信号時間 T_{s1} について逆拡散復調を行う。そして、分離部(DML)52は、復調された信号から、信号系列 S_{i1} に対応する時間スロットにおいてデータを出力する。

【0055】

このように、第1の実施例の通信システムでは、時間多重された複数の信号系列を1つのOFDM-CDMユニット(拡散変調器1、副搬送波変調器2、加算器3、ガード区間挿入器21)により一括して変調できる。 20

【0056】

第2の実施例：

第2の実施例の通信システムは、第1の実施例の通信システムの変形例である。すなわち、第1の実施例のシステムでは、時間多重された信号系列 S_{i1} および信号系列 S_{i2} がOFDM-CDMを利用して伝送される。ここで、信号系列 S_{i1} および信号系列 S_{i2} は、基本的に、それぞれ対応する移動機に送信されることを想定している。これに対して、第2の実施例のシステムでは、時間多重された報知情報 B_i および信号系列 S_{i1} がOFDM-CDMを利用して伝送される。ここで、信号系列 S_{i1} は、所定の1または複数の受信装置 30
31に対して送信されるが、報知情報 B_i は、サービスエリア内のすべての受信装置(移動機)に対して送信される。したがって、この報知情報 B_i は、サービスエリア内の最も遠くに位置する受信装置(すなわち、最大伝送遅延差が最も大きくなる受信装置)に適切に伝送されるようなガード区間が設定され、且つ、送信電力が決定される必要がある。

【0057】

図18および図19は、第2の実施例の送信装置および受信装置の構成図である。これらの装置の基本構成は、それぞれ、図15に示した送信装置および図16に示した受信装置と同じである。

【0058】

第2の実施例では、ガード区間挿入器21は、図20に示すように、ガード区間制御部23からの指示に従って、報知情報 B_i が入力されている期間は、シンボル周期ごとにガード区間 T_{g1} を挿入し、信号系列 S_{i1} が入力されている期間は、シンボル周期ごとにガード区間 T_{g2} を挿入する。ここで、報知情報 B_i に対して挿入されるガード区間 T_{g1} は、サービスエリア内において生じる最も大きな最大伝送遅延差よりも長くなるように設定される。例えば、図5において、基地局から移動機 $M_{S1} \sim M_{S3}$ へ報知情報を送信する際、基地局から移動機 M_{S3} への回線の最大伝送遅延差が最も大きかったとすると、ガード区間 T_{g1} の長さは、その最大伝送遅延差よりも長くなるように設定される。一方、信号系列 S_{i1} に対して挿入されるガード区間 T_{g2} は、対応する受信装置への回線の最大伝送遅延差よりも長くなるように設定される。例えば、図5において、基地局から移動機 M_{S1} 信号系列 S_{i1} を送信する際には、ガード区間 T_{g2} の長さは、基地局から移動機 M_{S1} への回線 40
50

の最大伝送遅延差よりも長くなるように設定される。

【 0 0 5 9 】

また、利得調整器 2 2 は、ガード区間挿入器 2 1 により挿入されたガード区間に応じた利得係数 を送信信号に乗算する。具体的には、図 2 0 に示す例では、利得係数 $i(t)$ は、報知情報 B_i を伝送するための信号の送信電力が「P1」となり、信号系列 S_{i1} を伝送するための信号の送信電力が「P2」になるように制御される。したがって、このように制御される利得係数 を送信信号に乗算することにより、報知情報 B_i はサービスエリア内のすべての受信装置に伝送されるように大きな送信電力で送信され、信号系列 S_{i1} は対応する受信装置に伝送される範囲で必要最小限の送信電力で送信される。

【 0 0 6 0 】

受信装置では、ガード区間制御部 3 2 は、報知情報 B_i を受信している期間はガード区間 T_{g1} を指示し、信号系列 S_{i1} を受信している期間はガード区間 T_{g2} を指示する。そして、ガード区間削除器 3 1 は、ガード区間制御部 3 2 からの指示に従って受信信号からガード区間を削除する。さらに、ガード区間が削除された信号は、拡散復調器 1 5 により逆拡散された後、分離部 5 2 により報知情報 B_i および信号系列 S_{i1} に分離される。

【 0 0 6 1 】

なお、報知情報 B_i に対して挿入されるガード区間 T_{g1} の長さは、例えば、以下のようにして決定される。

(1) 通信エリアの大きさに基づいて決定する。すなわち、送信装置がカバーする通信エリアの大きさに基づいて、報知情報 B_i が最も遅延して到着する受信装置までの遅延時間を推定し、その遅延時間に従ってガード区間 T_{g1} の長さを決定する。

【 0 0 6 2 】

(2) 報知情報 B_i を送信する際の送信装置の送信電力に基づいて決定する。すなわち、報知情報 B_i の送信電力により、その報知情報 B_i を複数の受信装置に送信する際の伝送遅延時間の最大値を推定し、その遅延時間に従ってガード区間 T_{g1} の長さを決定する。

【 0 0 6 3 】

(3) 通信エリア内に存在する複数の受信装置との間の通信環境に基づいて決定する。すなわち、送信装置がカバーする通信エリア内に存在する複数の受信装置との間の通信環境をそれぞれ求め、これに基づいてガード区間 T_{g1} の長さを決定する。具体的には、通信環境が最も厳しい受信装置に合わせてガード区間 T_{g1} の長さを決定する。

【 0 0 6 4 】

(4) 通信エリア内の最大遅延時間に基づいて決定する。すなわち、送信装置から通信エリア内に存在する複数の受信装置へ報知情報 B_i を送信したときの遅延時間を受信装置ごとに測定し、それらのうちの最大遅延時間に基づいてガード区間 T_{g1} の長さを決定する。

【 0 0 6 5 】

第 3 の実施例：

第 3 の実施例の通信システムでは、送信装置から受信装置へ信号が伝送されたときの最大伝送遅延差を検出し、その検出結果に基づいてガード区間および送信電力が決定される。したがって、第 3 の実施例における送信装置および受信装置は、そのための機能を備えている。

【 0 0 6 6 】

図 2 1 は、第 3 の実施例の送信装置の構成図である。この送信装置は、対応する受信装置において検出された最大伝送遅延差を表す最大伝送遅延差情報 () を受け取り、その情報に基づいてガード区間および送信電力を決定する機能を備えている。即ち、ガード区間制御部 (G I N S C N T) 6 1 は、対応する受信装置において検出された最大伝送遅延差に基づいて、挿入すべきガード区間の長さを決定する。具体的には、ガード区間制御部 6 1 i は、信号系列 S_{i1} および / または信号系列 S_{i2} を受信する受信装置から送られてくる最大伝送遅延差情報 (i) に基づいて、信号系列 S_{i1} および / または信号系列 S_{i2} を伝送するための信号に挿入すべきガード区間を決定する。また、電力制御部 (P C N T)

10

20

30

40

50

62は、対応する受信装置において検出された最大伝送遅延差に基づいて、利得係数を決定する。具体的には、電力制御部62iは、信号系列Si1および/または信号系列Si2を受信する受信装置から送られてくる最大伝送遅延差情報(i)に基づいて、信号系列Si1および/または信号系列Si2を伝送するための信号に乘算すべき利得係数を決定する。

【0067】

そして、ガード区間挿入器21は、シンボル周期ごとに、送信信号に対してガード区間制御部61により決定されたガード区間を挿入する。また、利得調整器22は、電力制御部62により決定された利得係数を送信信号に乘算することにより、ガード区間の長さに対応する送信電力を実現する。

10

【0068】

図22は、第3の実施例の受信装置の構成図である。この受信装置は、送信装置から送られてきた信号の最大伝送遅延差を検出する機能を備えている。すなわち、遅延差検出部(DMES)63は、受信したベースバンド信号Srxから最大伝送遅延差を検出し、その検出結果を表す最大伝送遅延情報をガード区間制御部64および対応する送信装置に通知する。ガード区間制御部64は、遅延差検出部63からの通知に従ってガード区間を決定し、それをガード区間削除器31に指示する。そして、ガード区間削除器31が、その指示に従って受信信号からガード区間を削除する。

【0069】

図23は、図22に示す遅延検出部63の一例の構成図である。遅延差検出部63は、ベースバンド信号Srxを時間Tsだけ遅延させる遅延回路71、乗算器72aおよび積分器72bから構成される相関検出回路72、相関検出回路72により検出された相関値と予め決められている所定のしきい値とを比較する比較回路73、および比較回路73による比較結果に基づいて最大伝送遅延差を検出する検出回路74を含む。ここで、乗算器72aは、ベースバンド信号Srxにその遅延信号を乗算し、積分器72bは、乗算器72aの出力を積分する。以下、図24を参照しながら遅延差検出部63の動作を説明する。

20

【0070】

相関検出回路72には、ベースバンド信号Srxおよびそのベースバンド信号Srxを時間Tsだけ遅延させた信号(遅延信号)が入力される。ここで、各シンボル周期内のガード区間Tgには、図11~図13を参照しながら説明したように、信号時間Tsの最後尾部分のサンプル値が複写されている。このため、ベースバンド信号Srxとその遅延信号との間では、ベースバンド信号Srxの最後尾部分と遅延信号のガード区間とが重なったときに相関(自己相関)が高くなる。ただし、送信装置と受信装置との間に伝送遅延の異なる複数のパスが存在する場合には、各パスを介して信号を受信するごとに相関値のピークが発生する。したがって、比較回路73を用いて上記相関値と予め設定されているしきい値とを比較すれば、各パスを介して信号を受信したタイミングをそれぞれ検出できる。よって、最初に信号を受信したタイミングと、最後に信号を受信したタイミングとの時間差を測定することにより、最大伝送遅延差が検出される。例えば、図4に示す通信環境においては、図25に示すようにして最大伝送遅延差が検出される。

30

【0071】

このように、第3の実施例では、送信装置と受信装置との間の回線の最大伝送遅延差が測定され、その結果に基づいてガード区間が挿入/削除されるので、ガード区間の幅を動的に変化させることが可能である。また、上記最大伝送遅延差の測定結果に従って送信信号の利得係数が決定されるので、常に、送信電力を必要最小限に抑えられる。

40

【0072】

第4の実施例：

第4の実施例の通信システムでは、送信装置と受信装置との間の伝送距離を推定し、その推定結果に基づいてガード区間および送信電力が決定される。したがって、第4の実施例における送信装置および受信装置は、そのための機能を備えている。

【0073】

50

図26は、第4の実施例の送信装置の構成図である。この送信装置は、対応する受信装置との間の伝送距離の推定値を表す伝送距離情報(L)を受け取り、その情報に基づいてガード区間および送信電力を決定する機能を備えている。即ち、ガード区間制御部(GINSCNT)81は、送信装置と受信装置との間の伝送距離に基づいて、挿入すべきガード区間の長さを決定する。具体的には、ガード区間制御部81iは、信号系列Si1および/または信号系列Si2を受信する受信装置から送られてくる伝送距離情報(Li)に基づいて、信号系列Si1および/または信号系列Si2を伝送するための信号に挿入すべきガード区間を決定する。また、電力制御部(PCNT)82は、上記伝送距離に基づいて、利得係数を決定する。具体的には、電力調整部82iは、信号系列Si1および/または信号系列Si2を受信する受信装置から送られてくる伝送距離情報(Li)に基づいて、信号系列Si1および/または信号系列Si2を伝送するための信号に乗算すべき利得係数を決定する。

10

【0074】

そして、ガード区間挿入器21は、シンボル周期ごとに、送信信号に対してガード区間制御部81により決定されたガード区間を挿入する。また、利得調整器22は、電力制御部82により決定された利得係数を送信信号に乗算することにより、ガード区間の長さに対応する送信電力を実現する。

【0075】

図27は、第4の実施例の受信装置の構成図である。この受信装置は、送信装置と当該受信装置との間の伝送距離を推定する機能を備えている。すなわち、距離推定部(LMES)83は、受信したベースバンド信号Srxに基づいて送信装置と当該受信装置との間の伝送距離を推定し、その推定結果を表す伝送距離情報Lをガード区間制御部84および対応する送信装置に通知する。ガード区間制御部84は、距離推定部83からの通知に従ってガード区間を決定し、それをガード区間削除器31に指示する。そして、ガード区間削除器31が、その指示に従って受信信号からガード区間を削除する。

20

【0076】

図28は、図27に示す距離推定部83の一例の構成図である。距離推定部83は、第3の実施例において説明した遅延差検出部63および変換テーブル85から構成される。

送信装置と受信装置との間の伝送距離は、その間の回線の最大伝送遅延差と相関があり、伝送距離が長くなるほど最大伝送遅延差も大きくなることが知られている。したがって、これらの間の関係を実験またはシミュレーション等により予め求めておけば、最大伝送遅延差を検出することによって伝送距離を推定することができる。このため、距離推定部83の変換テーブル85には、伝送距離と最大伝送遅延差との関係を表す情報が格納されている。そして、遅延差検出部63により検出された最大伝送遅延差をキーとしてその変換テーブル85を検索することにより、送信装置と受信装置との間の伝送距離が推定される。

30

【0077】

第5の実施例：

第5の実施例の通信システムでは、第4の実施例と同様に、送信装置と受信装置との間の伝送距離を推定し、その推定結果に基づいてガード区間および送信電力が決定される。ただし、第5の実施例における推定方法は、第4の実施例のそれと異なっている。

40

【0078】

図29は、第5の実施例の送信装置の構成図である。この送信装置は、対応する受信装置からタイミング情報(T)を受け取ってそれに基づいて送信装置と受信装置との間の伝送距離を推定する機能、およびその伝送距離の推定値に基づいてガード区間および送信電力を決定する機能を備えている。

【0079】

ガード区間制御部(GINSCNT)91または電力制御部(PCNT)92は、対応する受信装置から送られてくるタイミング信号Tに基づいて、当該送信装置と対応する受信装置との間の距離を推定する。すなわち、第5の実施例では、送信装置から信号が送信

50

され、その信号が対応する受信装置により検出され、さらにその受信装置において上記信号が検出された旨が送信装置に通知される。ここで、上記信号が上記受信装置において検出されたタイミングは、タイミング情報 T を用いて送信装置に通知される。したがって、ガード区間制御部 9 1 または電力制御部 9 2 は、信号を送信したときから、対応する受信装置からタイミング情報 T を受信するまでの時間をモニタすることにより、送信装置と受信装置との間の伝送時間および伝送距離を推定できる。そして、上記伝送距離の推定値は、伝送距離情報 L を利用して対応する受信装置に送られる。

【 0 0 8 0 】

なお、ガード区間制御部 9 1 は、伝送距離の推定値に基づいてガード区間の長さを決定する。また、電力制御部 9 2 は、伝送距離の推定値に基づいて利得係数 を決定する。これらの処理は、基本的に、第 4 の実施例と同じである。

10

【 0 0 8 1 】

図 3 0 は、第 5 の実施例の受信装置の構成図である。この受信装置は、送信装置から送出された信号の受信タイミングを検出する機能を備えている。すなわち、タイミング生成部 (T G E N) 9 3 は、受信したベースバンド信号 S_{rx}を基準として受信タイミングを検出し、タイミング信号 T を生成する。そして、生成したタイミング信号 T は、送信装置へ送られる。また、ガード区間制御部 (G C N T) 9 4 は、送信装置から送られてくる伝送距離情報 L に基づいてガード区間を決定し、それをガード区間削除器 3 1 に指示する。そして、ガード区間削除器 3 1 が、その指示に従って受信信号からガード区間を削除する。

【 0 0 8 2 】

20

図 3 1 は、図 3 0 に示すタイミング生成部 9 3 の一例の構成図である。タイミング生成部 9 3 は、第 3 の実施例において説明した遅延回路 7 1、相関検出回路 7 2、および最大値判定回路 9 5 を含む。

【 0 0 8 3 】

上述したように、受信信号とその遅延信号との自己相関をモニタした場合、ガード区間を受信している期間の相関値が高くなる。したがって、その相関値をモニタすることにより、ガード区間の位置を検出できる。具体的には、最大値判定部 9 5 を用いてシンボル周期ごとに上記相関値の最大値を検出することにより、ガード区間のタイミング (または、ガード区間の直後に相当するタイミング) を検出できる。そして、タイミング生成部 9 3 は、検出したタイミングを表すタイミング情報 T を生成し、それを送信装置へ送る。

30

【 0 0 8 4 】

第 6 の実施例 :

第 6 の実施例の通信システムでは、第 4 または第 5 の実施例と同様に、送信装置と受信装置との間の伝送距離を推定し、その推定結果に基づいてガード区間および送信電力が決定される。ただし、第 6 の実施例における推定方法は、第 4 または第 5 の実施例のそれと異なっている。

【 0 0 8 5 】

第 6 の実施例の通信システムでは、信号系列 S_{i1}および信号系列 S_{i2}を送信する際に、それらの系列にそれぞれ既知情報 S_wが時間多重される。一方、受信装置は、受信信号中に含まれている既知情報 S_wを検出すると、その検出タイミングを送信装置に通知する。そして、送信装置は、既知情報 S_wを送信したタイミングおよび対応する受信装置から送られてくるタイミング情報に基づいて、当該送信装置と受信装置との間の信号の伝送時間を検出し、その伝送時間から伝送距離を推定する。

40

【 0 0 8 6 】

図 3 2 は、第 6 の実施例の送信装置の構成図である。この送信装置は、送信信号系列に既知情報 S_wを多重化する機能、対応する受信装置からタイミング情報 (T) を受け取ってそれに基づいて送信装置と受信装置との間の伝送距離を推定する機能、およびその伝送距離の推定値に基づいてガード区間および送信電力を決定する機能を備えている。

【 0 0 8 7 】

時間多重化部 (TDM) 5 1 は、信号系列 S_{i1}、S_{i2}を送信する際に、それらの系列にそ

50

れぞれ既知情報SWを多重する。ここで、既知情報SWは、特に限定されるものではないが、対応する受信装置がそのデータパターンを認識している必要がある。

【0088】

ガード区間制御部(GINSCNT)101または電力制御部(PCNT)102は、対応する受信装置から送られてくるタイミング信号Tに基づいて、当該送信装置と対応する受信装置との間の距離を推定する。そして、この伝送距離の推定値は、伝送距離情報Lを利用して対応する受信装置に送られる。なお、伝送距離を推定する方法については後述する。

【0089】

なお、ガード区間制御部101は、伝送距離の推定値に基づいてガード区間の長さを決定する。また、電力制御部102は、伝送距離の推定値に基づいて利得係数を決定する。これらの処理は、基本的に、第4または第5の実施例と同じである。

【0090】

図33は、第6の実施例の受信装置の構成図である。この受信装置は、受信波から既知情報SWを分離して出力する機能、および既知情報を受信した旨を送信装置に通知する機能を備えている。すなわち、タイミング生成部(TGEN)103は、分離部(DML)52から出力された既知情報SWを検出すると、その検出タイミングから所定時間経過後にタイミング信号Tを生成して送信装置へ送出する。また、ガード区間制御部(GCNT)104は、送信装置から送られてくる伝送距離情報Lに基づいてガード区間を決定し、それをガード区間削除器31に指示する。そして、ガード区間削除器31が、その指示に従って受信信号からガード区間を削除する。

【0091】

図34は、図33に示すタイミング生成部103の一例の構成図である。タイミング生成部103には、当該受信装置により復調された信号列が入力される。ここで、この信号列は、送信装置において挿入された既知情報SWを含んでいる。そして、この信号列は、既知情報SWのワード長と等しい長さのシフトレジスタ105に順番に入力されていく。論理反転回路106、加算回路107、および比較回路108は、シフトレジスタ105に新たなデータの書き込まれるごとに、保持されているデータが既知情報SWと一致するか否かを調べる。なお、論理反転回路106は、既知情報SWのワードパターンに対応して設けられている。また、加算回路107は、シフトレジスタ105に保持されている各エレメントの値またはシフトレジスタ105に保持されている各エレメントの値の論理反転値を加算する。そして、比較回路108は、加算回路107による加算結果と予め設定されている閾値とを比較し、加算結果の方が大きかったときにタイミング信号Tを出力する。

【0092】

このように、第6の実施例の通信システムでは、送信装置から受信装置へ既知情報SWが送信され、その既知情報SWを検出した旨が受信装置から送信装置へ通知される。したがって、送信装置から受信装置へ信号が伝送される際の伝送時間を「T1」、受信装置が既知情報SWを検出してからタイミング情報を送信するまでの時間を「Td」、受信装置から送信装置へタイミング情報が伝送される際の伝送時間を「T2」、既知情報SWを送信してからタイミング情報を受信するまでの時間を「T0」とすると、下記の式が成立する。なお、「T2」は「T1」に比例するものとし、その比例定数を「 α 」とする。

$$\begin{aligned} T1 &= T0 - Td - T2 \\ &= T0 - Td - \alpha \cdot T1 \end{aligned}$$

$$T1 = (T0 - Td) / (1 + \alpha)$$

ここで、送信装置と受信装置との間の伝送距離は、送信装置から受信装置へ信号が伝送される際の伝送時間(T1)に比例する。また、受信装置が既知情報SWを検出してからタイミング情報を送信するまでの時間(Td)は既知である。したがって、送信装置は、既知情報SWを送信してからタイミング情報を受信するまでの時間(T0)を測定することにより、送信装置と受信装置との間の伝送距離を推定できる。なお、この実施例では、ガ

10

20

30

40

50

ード区間制御部 101 または電力制御部 102 がその伝送距離を推定する。

【0093】

第7の実施例：

第7の実施例の通信システムでは、ガード区間の長さを変えながら伝送エラー率が測定され、所定の伝送品質が確保されるようにガード区間の長さ（および、送信電力）が決定される。したがって、第7の実施例における送信装置および受信装置は、そのための機能を備えている。

【0094】

図35は、第7の実施例の送信装置の構成図である。この送信装置は、既知パターンデータ (PLj) を変調して送信する機能、および対応する受信装置から最大伝送遅延差情報 () を受け取ってそれに基づいてガード区間および送信電力を決定する機能を備えている。

10

【0095】

既知パターンデータ (PLj) は、拡散変調器 1 により拡散された後、副搬送波変調器 2 により変調される。ここで、既知パターンデータ (PLj) は、特に限定されるものではないが、各受信装置により認識されているものとする。また、拡散変調器 1 は、既知パターンデータ (PLj) に対応する拡散符号 C (PLj) により拡散される。

【0096】

ガード区間挿入器 (GINSj) 21 は、シンボル周期ごとに、既知パターンデータ (PLj) を伝送するための信号系列に比較的長いガード区間を挿入する。ここで、このガード区間は、例えば、サービスエリア内の最も遠い位置にいる移動機 (受信装置) へ信号を送信する場合を想定して決定されるようにしてもよい。また、利得調整器 (Gj) 22 は、ガード区間が挿入された信号系列が十分に大きな送信電力で送信されるように適切な利得係数 j を乗算する。ここで、この利得係数 j は、例えば、サービスエリア内の最も遠い位置にいる移動機 (受信装置) へ信号を送信する場合を想定して決定されるようにしてもよい。そして、既知パターンデータ (PLj) は、信号系列 Si1、Si2 と合成されて送信される。

20

【0097】

ガード区間制御部 (GINS CNT) 61 および電力制御部 (PCNT) 62 の動作は、第3の実施例において説明した通りである。すなわち、ガード区間制御部 61 は、対応する受信装置から送られてくる最大伝送遅延差情報に基づいて、挿入すべきガード区間の長さを決定する。また、電力制御部 62 は、対応する受信装置から送られてくる最大伝送遅延差情報に基づいて、利得係数 を決定する。

30

【0098】

図36は、第7の実施例の受信装置の構成図である。この受信装置は、既知パターンデータ (PLj) を抽出してその伝送エラーを測定する機能、および伝送エラー率に基づいて最大伝送遅延差情報を生成する機能を備えている。

【0099】

受信波は、復調回路により復調される。このとき、拡散復調器 (SDEM) 15 において、信号系列 Si1 を復調するときは拡散符号 Ci が使用され、既知パターンデータ (PLj) を復調するときには拡散符号 C (PLj) が使用される。そして、分離部 52 は、再生された信号列を、信号系列 Si1 および既知パターンデータ (PLj) に分離する。

40

【0100】

遅延差検出部 (DMES) 111 は、再生された既知パターンデータ (PLj) の伝送エラー率を測定し、その伝送エラー率に基づいて最大伝送遅延差情報を生成する。この最大伝送遅延差情報は、ガード区間制御部 (GCNT) 112 に与えられると共に、送信装置に送られる。そして、ガード区間制御部 112 は、その最大伝送遅延差情報に基づいてガード区間を決定し、それをガード区間削除器 31 に指示する。そして、ガード区間削除器 31 が、その指示に従って受信信号からガード区間を削除する。

【0101】

50

図37は、図36に示す遅延差検出部111の動作を示すフローチャートである。ここでは、予め複数のガード区間長データ $0 \sim n$ が用意されているものとする。また、ガード区間長データ $0 \sim n$ の中で、「0」が最小であり、「n」が最大であるものとする。なお、このフローチャートの処理は、たとえば、既知パターンデータ (PLj) を受信するごとに実行される。

【0102】

ステップS1では、拡散復調器15に拡散符号C (PLj) を設定する。ここで、この拡散符号C (PLj) は、送信装置において既知パターンデータ (PLj) を拡散する際に使用されてものである。これにより、以降、受信信号が逆拡散されると、既知パターンデータ (PLj) が再生されることになる。ステップS2では、ガード区間長データを指定する変数を初期化する。すなわち、「 $i = 0$ 」が設定される。

10

【0103】

ステップS3では、ガード区間制御部112にガード区間長データ i を設定する。ただし、この時点では、「 $i = 0$ 」であるので、ガード区間制御部123には「ガード区間長データ 0」が設定されることになる。ここで、「ガード区間長データ 0」は、予め用意されている候補データの中で最も短い値を持っている。また、このとき、分離部52は、再生された既知パターンデータ (PLj) が遅延差検出部111に導かれるよう出力する。

【0104】

ステップS4では、再生された既知パターンデータ (PLj) の誤り率 (誤りビット数) を調べる。そして、この誤り率が予め設定されているしきい値よりも高かった場合には、十分な通信品質が得られていないものとみなし、ステップS5へ進む。ステップS5では、変数 i をインクリメントできるか否かが調べられる。そして、可能であれば、ステップS6において変数 i がインクリメントされた後、ステップS3に戻る。

20

【0105】

このように、ステップS3～S6では、ガード区間制御部112に設定すべきガード区間長を少しずつ長くしていきながら、それぞれについて既知パターンデータ (PLj) の誤り率が測定される。そして、既知パターンデータ (PLj) の誤り率がしきい値以下になった時点で、ステップS7へ進む。したがって、上記処理により、所望の通信品質が得られる範囲内で、できるかぎり短いガード区間長が決定される。なお、この時点で、ガード区間制御部112には、最適なガード区間が設定されていることになる。

30

【0106】

ステップS7では、拡散復調器15に拡散符号 C_i を設定する。ここで、拡散符号 C_i は、送信装置において信号系列 S_{i1} 、 S_{i2} を拡散する際に使用されたものである。したがって、以降、拡散復調器15は、受信信号から信号系列 S_{i1} を復調できるようになる。ステップS8では、ステップS3～S6において決定されたガード区間長を送信装置に通知する。

【0107】

このように、第7の実施例では、伝送エラー率を測定しながら所定の通信品質が確保されるようにガード区間の長さ (および、送信電力) が決定される。したがって、必要最小限のガード区間および送信電力で所望の通信品質が確保される。

40

【0108】

第8の実施例：

第8の実施例の通信システムは、第7の実施例の通信システムの変形例である。すなわち、第7の実施例では、受信装置に設定すべきガード区間長が決定され、その値が送信装置に通知される構成であった。これに対して、第8の実施例では、受信装置に設定すべきガード区間長に基づいて送信装置と受信装置との間の伝送距離が推定され、その推定結果が送信装置に通知される。

【0109】

図38は、第8の実施例の送信装置の構成図である。この送信装置は、基本的には、図

50

35に示した第7の実施例の送信装置と同じである。ただし、第8の実施例の送信装置は、図35に示したガード区間制御部(GINSCNT)61および電力制御部(PCNT)62の代わりに、ガード区間制御部(GINSCNT)81および電力制御部(PCNT)82が設けられている。なお、ガード区間制御部81および電力制御部82の動作は、第4の実施例において説明した通りである。すなわち、ガード区間制御部81は、対応する受信装置から送られてくる伝送距離情報Lに基づいて、挿入すべきガード区間の長さを決定する。また、電力制御部82は、対応する受信装置から送られてくる伝送距離情報Lに基づいて、利得係数 を決定する。

【0110】

図39は、第8の実施例の受信装置の構成図である。この受信装置は、図36に示した第7の実施例の受信装置の遅延差検出部111、ガード区間制御部112の代わりに、距離推定部(LMES)121、変換テーブル(TBL)122、ガード区間制御部(GCNT)123を備える。ここで、距離推定部121およびガード区間制御部123は、まず、第7の実施例と同様に、最適なガード区間長を決定する。その後、距離推定部121は、変換テーブル122にアクセスし、決定したガード区間長に対応する伝送距離を取得する。そして、その伝送距離を表す伝送距離情報Lを送信装置に通知する。なお、変換テーブル122は、図28に示した変換テーブル85に相当し、ガード区間長と伝送距離との対応関係が格納されている。

【0111】

図40は、図39に示す距離推定部121の動作を示すフローチャートである。図40において、ステップS1~S7は、図37に示した第7の実施例における処理と同じである。すなわち、ステップS1~S7において、受信装置に設定すべきガード区間長 i が決定される。続いて、ステップS11では、変換テーブル112を参照して、ガード区間長 i を伝送情報 L_i に変換する。そして、ステップS12において、ステップS11で取得した伝送情報を送信装置に通知する。

【0112】

このように、本発明によれば、セルラ通信システムにおける基地局とそのサービスエリア内の移動機との間の伝送路で生じる最大伝送遅延差に応じてガード区間および送信電力が適切に設定されるので、干渉の発生が低減される。あるいは、伝送路の送信帯域内での伝送容量が最適化されるので、通信システムの効率的な運用が可能となり、総伝送容量を増加させることができる。

【0113】

なお、ガード区間および送信電力は、送信装置と受信装置との間の回線の最大伝送遅延差(または、伝送距離)に応じて動的に制御されてもよいし、固定的に設定されてもよい。例えば、通信の開始時にガード区間および送信電力が決定され、以降、その通信が終了するまでそれらが変化しないようにしてもよい。また、通信中に、随時、ガード区間および送信電力が動的に調整されてもよい。さらに、送信装置および受信装置の位置が変化しない場合には、初期設定処理においてガード区間および送信電力が決定されてもよい。

【0114】

また、本発明では、最大伝送遅延差(または、伝送距離)に応じてガード区間および送信電力が決定されるが、ガード区間長と送信電力の関係は、たとえば、実験またはシミュレーション等により予め一意に決められていてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0115】

【図1】OFDM伝送システムにおいて使用される既存の送信装置の構成図である。

【図2】既存のOFDM伝送システムにおける伝送信号の例である。

【図3】OFDM伝送システムにおいて使用される既存の受信装置の構成図である。

【図4】マルチパスを説明する図である。

【図5】複数の移動機を収容する基地局を示す図である。

【図6】本発明の実施形態の送信装置の構成図である。

10

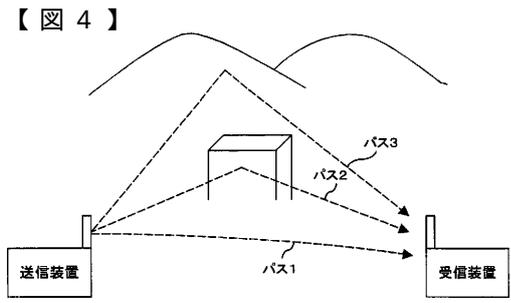
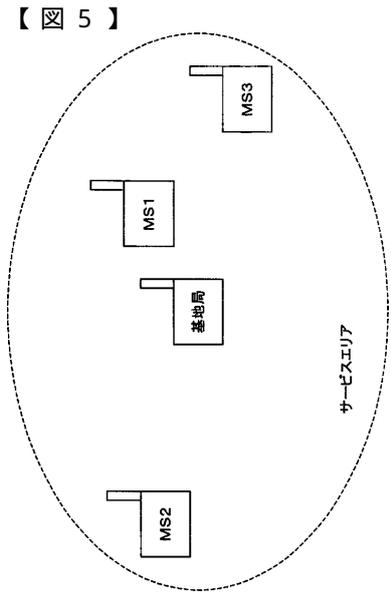
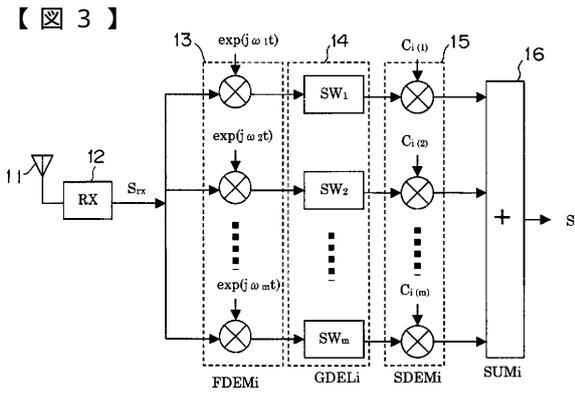
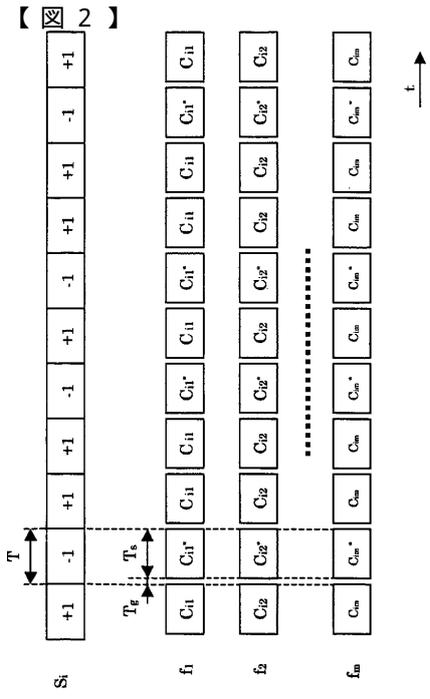
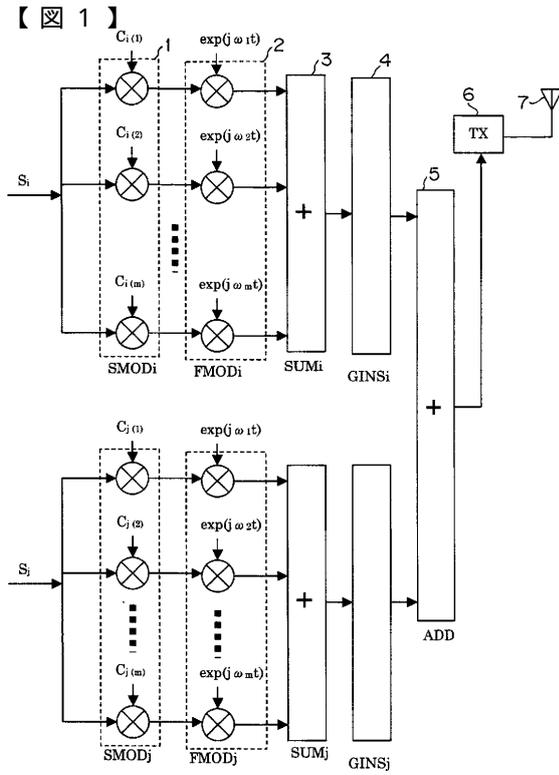
20

30

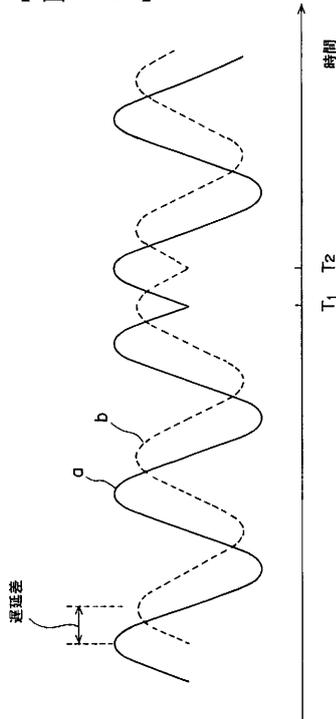
40

50

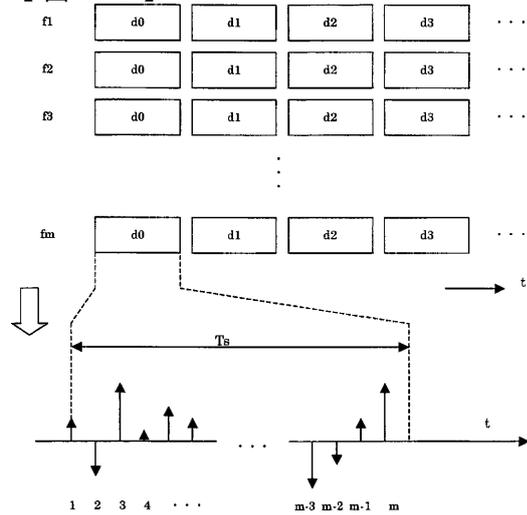
- 【図7】本発明の実施形態の受信装置の構成図である。
- 【図8】実施形態のOFDM伝送システムにおける伝送信号の例(その1)である。
- 【図9】実施形態のOFDM伝送システムにおける伝送信号の例(その2)である。
- 【図10】ガード区間について説明するための図である。
- 【図11】副搬送波変調器により実行される逆フーリエ変換を説明する図である。
- 【図12】ガード区間を挿入する処理を説明する図である。
- 【図13】ガード区間を挿入する処理を実現する構成の実施例である。
- 【図14】受信波からガード区間を削除する処理を実現する構成の実施例である。
- 【図15】第1の実施例の送信装置の構成図である。
- 【図16】第1の実施例の受信装置の構成図である。 10
- 【図17】第1の実施例の通信システムにおける伝送信号を模式的に示す図である。
- 【図18】第2の実施例の送信装置の構成図である。
- 【図19】第2の実施例の受信装置の構成図である。
- 【図20】第2の実施例の通信システムにおける伝送信号を模式的に示す図である。
- 【図21】第3の実施例の送信装置の構成図である。
- 【図22】第3の実施例の受信装置の構成図である。
- 【図23】図22に示す遅延差検出部の一例の構成図である。
- 【図24】遅延差検出部の動作を説明する図である。
- 【図25】最大伝送遅延差を検出する実施例である。
- 【図26】第4の実施例の送信装置の構成図である。 20
- 【図27】第4の実施例の受信装置の構成図である。
- 【図28】図27に示す距離推定部の一例の構成図である。
- 【図29】第5の実施例の送信装置の構成図である。
- 【図30】第5の実施例の受信装置の構成図である。
- 【図31】図30に示すタイミング生成部の一例の構成図である。
- 【図32】第6の実施例の送信装置の構成図である。
- 【図33】第6の実施例の受信装置の構成図である。
- 【図34】図33に示すタイミング生成部の一例の構成図である。
- 【図35】第7の実施例の送信装置の構成図である。
- 【図36】第7の実施例の受信装置の構成図である。 30
- 【図37】図36に示す遅延差検出部の動作を示すフローチャートである。
- 【図38】第8の実施例の送信装置の構成図である。
- 【図39】第8の実施例の受信装置の構成図である。
- 【図40】図39に示す距離推定部の動作を示すフローチャートである。



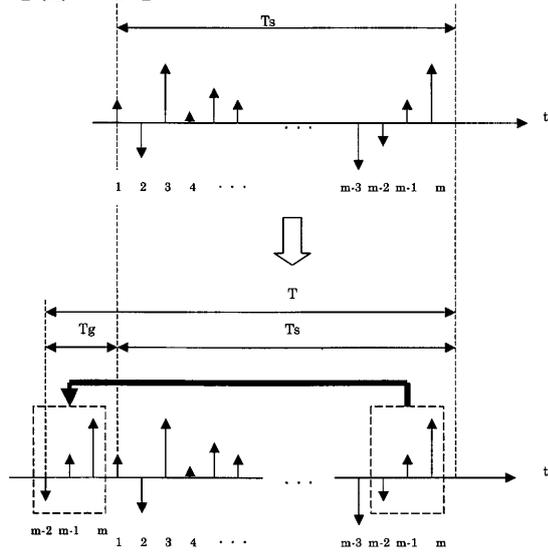
【図10】



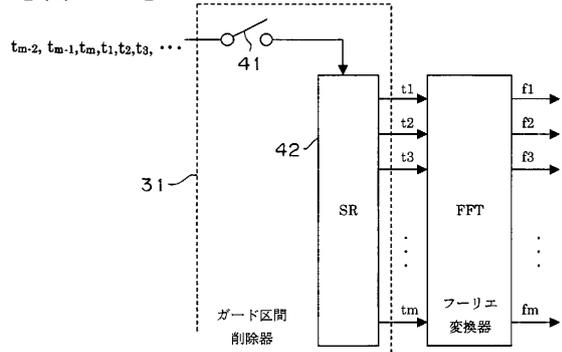
【図11】



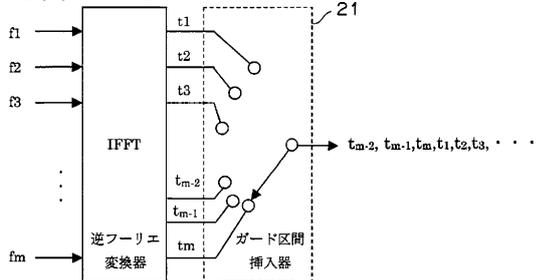
【図12】



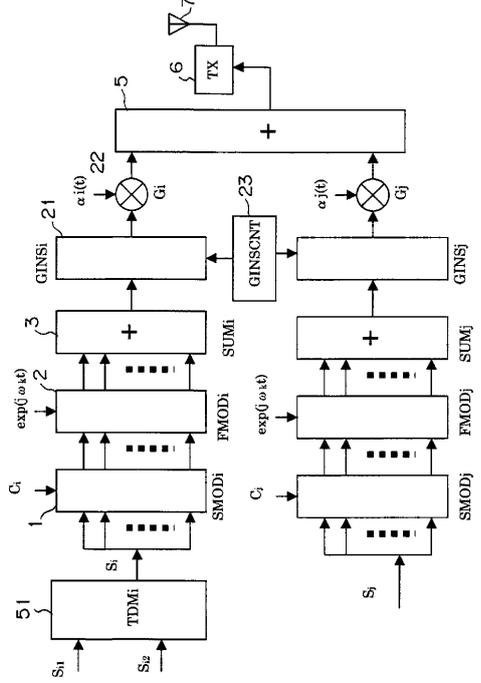
【図14】



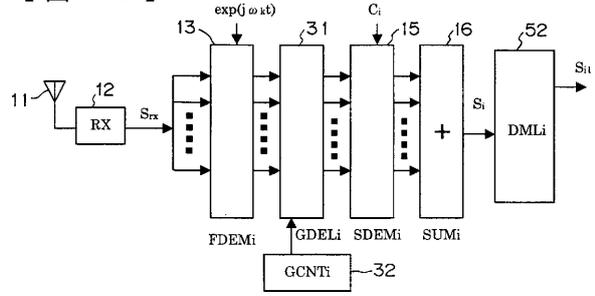
【図13】



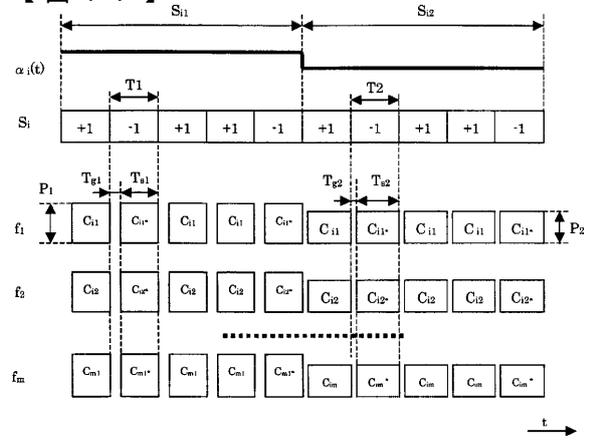
【 図 15 】



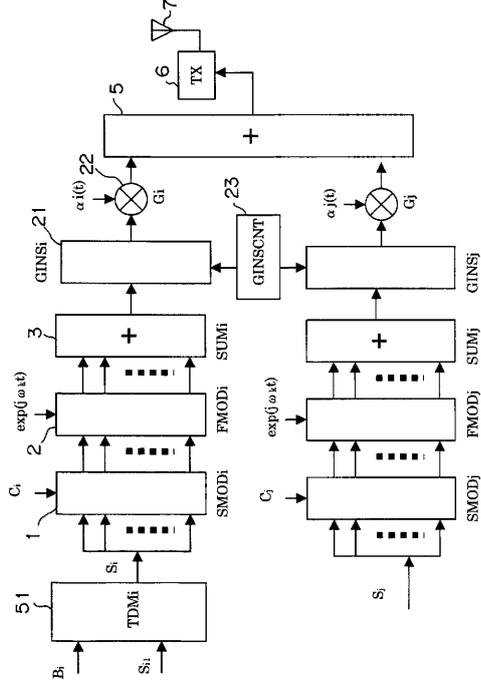
【 図 16 】



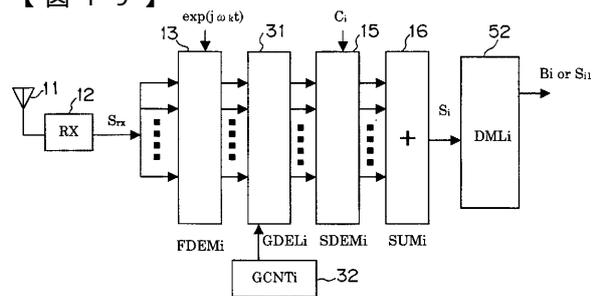
【 図 17 】



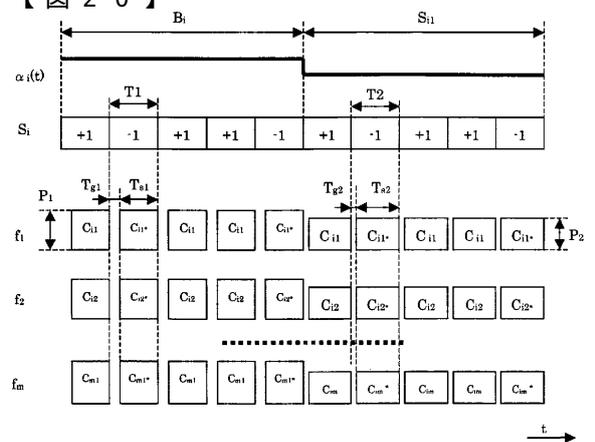
【 図 18 】

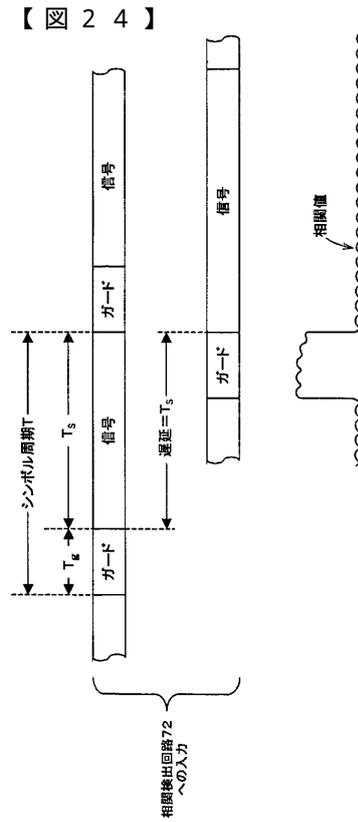
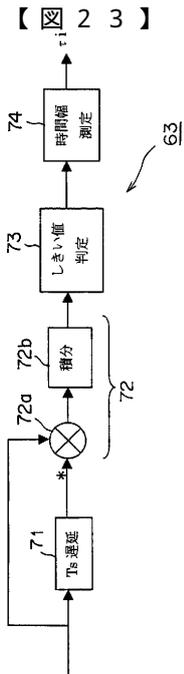
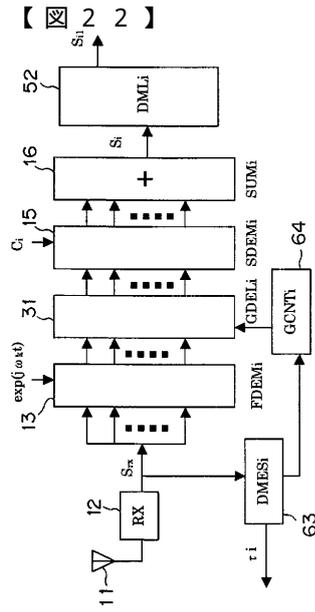
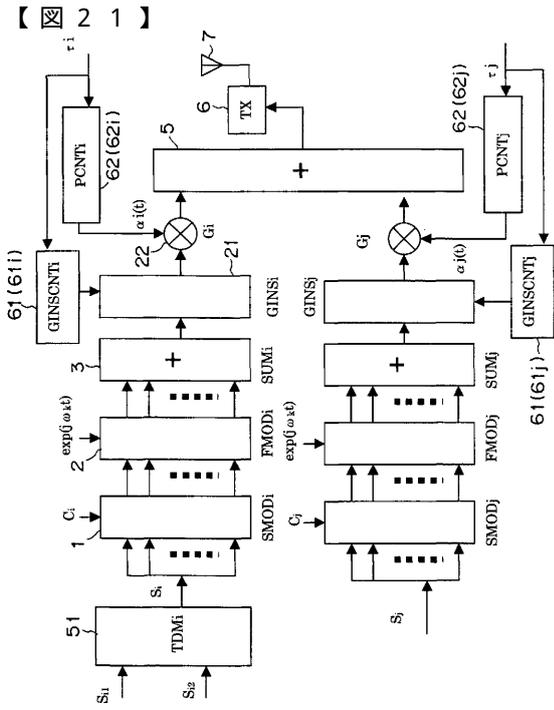


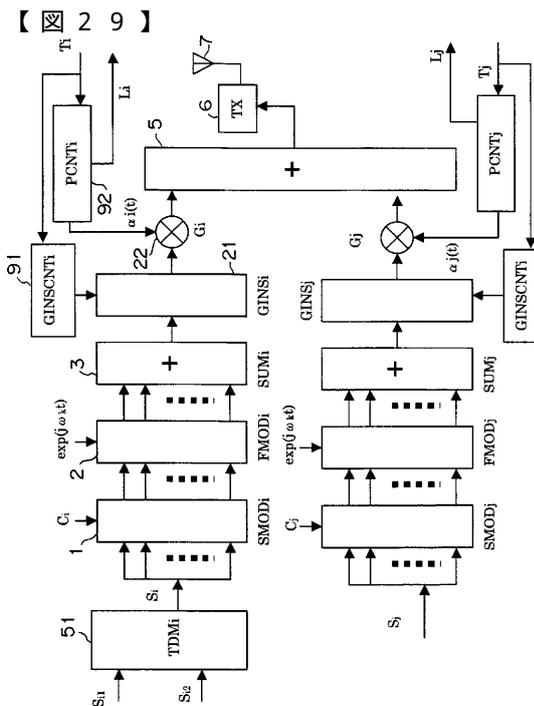
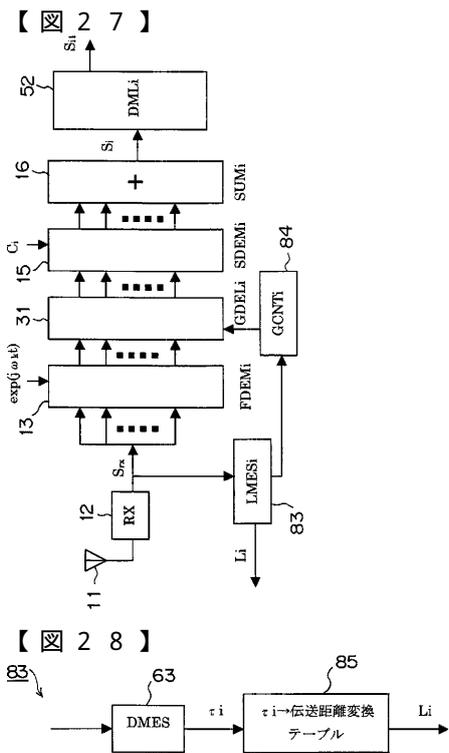
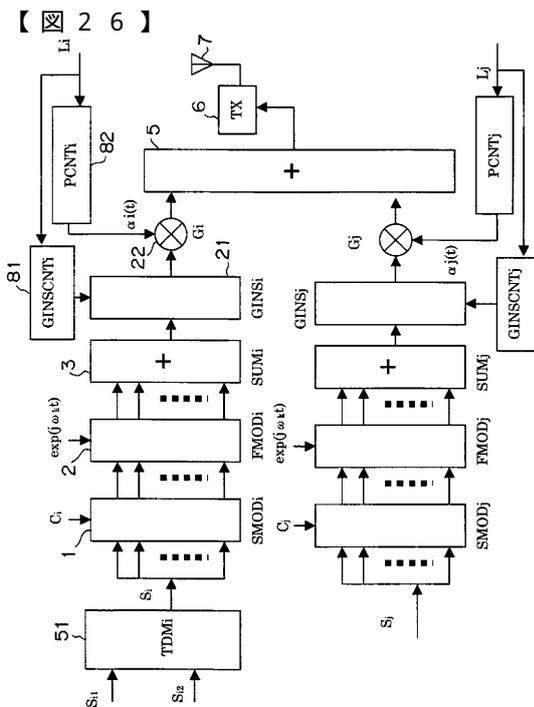
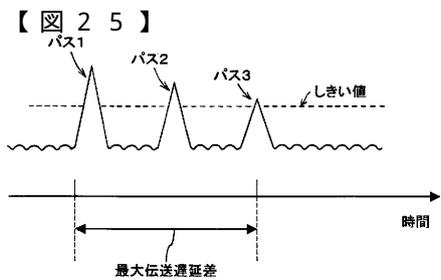
【 図 19 】

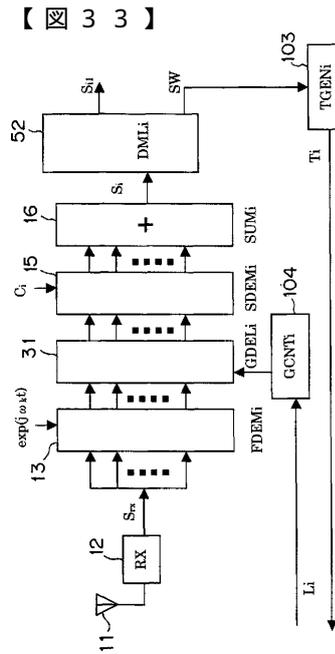
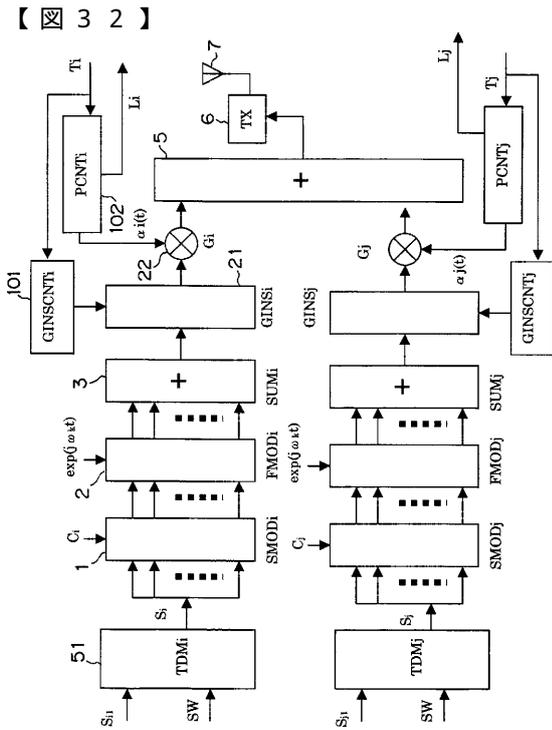
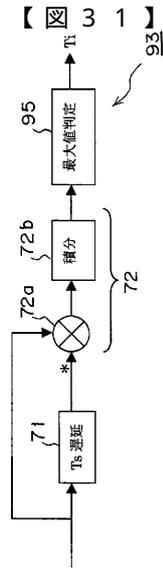
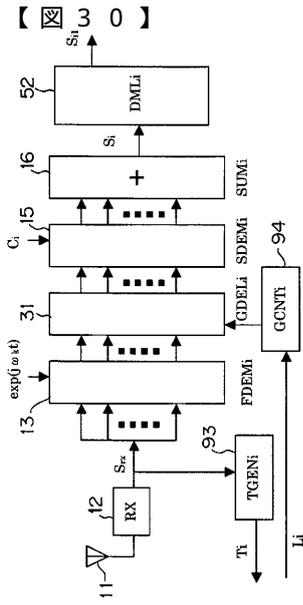


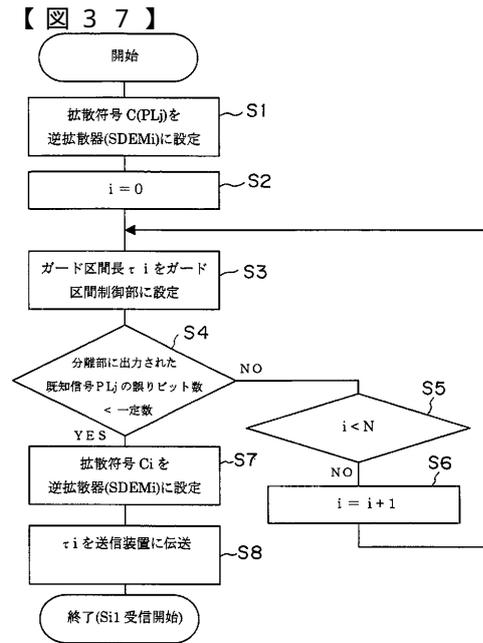
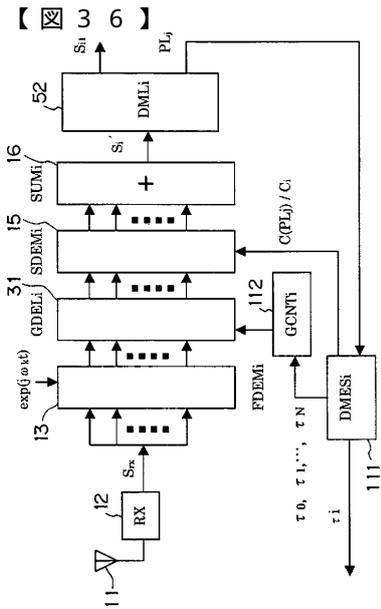
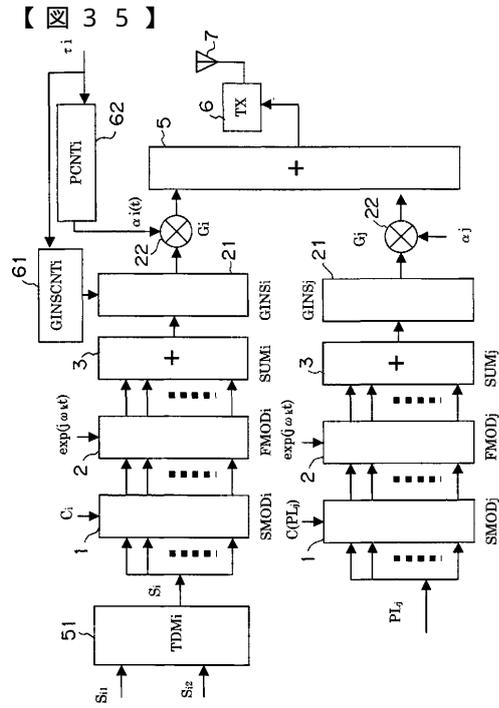
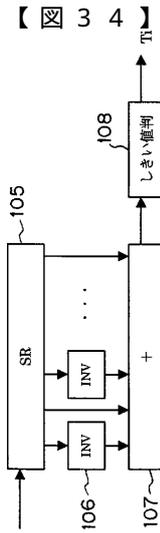
【 図 20 】

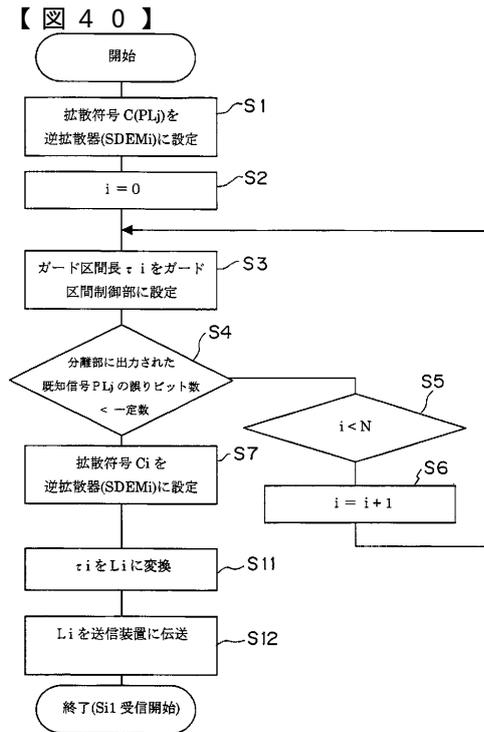
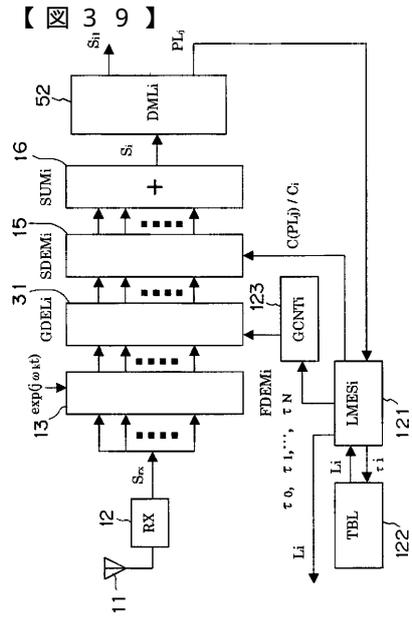
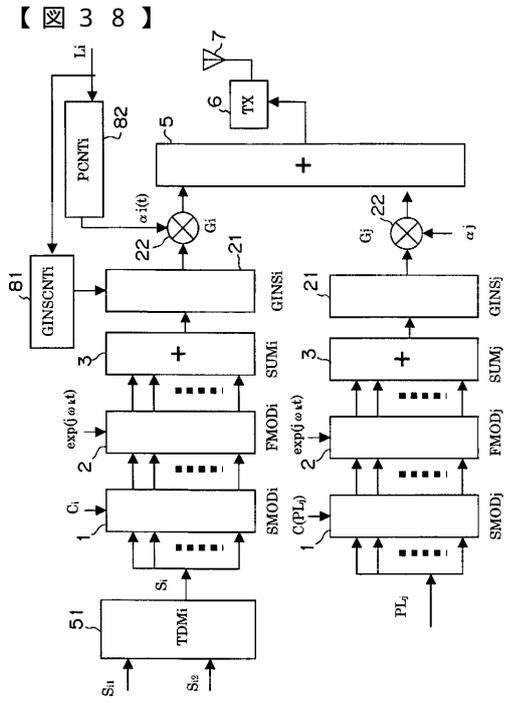












フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-165342(JP,A)
特開2000-244441(JP,A)
特開平7-99522(JP,A)
特開2001-111519(JP,A)
特開平11-196062(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04J 11/00