

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4440971号
(P4440971)

(45) 発行日 平成22年3月24日 (2010. 3. 24)

(24) 登録日 平成22年1月15日 (2010.1.15)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 4 B 7/06	(2006. 01)	HO 4 B 7/06	
HO 4 B 7/02	(2006. 01)	HO 4 B 7/02	Z
HO 4 J 11/00	(2006. 01)	HO 4 J 11/00	Z
HO 4 J 99/00	(2009. 01)	HO 4 J 15/00	

請求項の数 25 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2007-527045 (P2007-527045)	(73) 特許権者	503447036
(86) (22) 出願日	平成17年8月17日 (2005. 8. 17)		サムスン エレクトロニクス カンパニー リミテッド
(65) 公表番号	特表2008-510418 (P2008-510418A)		大韓民国キョンギード, スウォン-シ, ヨ ントン-ク, マエタン-ド ン 4 1 6
(43) 公表日	平成20年4月3日 (2008. 4. 3)	(74) 代理人	100064908
(86) 国際出願番号	PCT/KR2005/002682		弁理士 志賀 正武
(87) 国際公開番号	W02006/019253	(74) 代理人	100089037
(87) 国際公開日	平成18年2月23日 (2006. 2. 23)		弁理士 渡邊 隆
審査請求日	平成19年2月19日 (2007. 2. 19)	(74) 代理人	100108453
(31) 優先権主張番号	10-2004-0064799		弁理士 村山 靖彦
(32) 優先日	平成16年8月17日 (2004. 8. 17)	(74) 代理人	100110364
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		弁理士 実広 信哉
(31) 優先権主張番号	10-2005-0019850		
(32) 優先日	平成17年3月9日 (2005. 3. 9)		
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 性能向上のための時空間周波数ブロック符号化装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3 個の送信アンテナを用いる時空間周波数ブロック符号化方式を使用する通信システムの送信器であって、

入力されるシンボル列のシンボルベクトルに $e^{j\theta}$ (ここで、 θ は位相回転角) を乗算してプリコーディングするプリコーダと、

受信器から受信されるフィードバックチャンネル品質情報(Channel Quality Indicator: C Q I) に基づいて時空間周波数ブロック符号(Space-Time Frequency Block Code: S T F B C) を選択し、前記選択された S T F B C により前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信する S T F B C マップと、
を含み、

前記 S T F B C マップは、下記の式により、前記フィードバックされる C Q I に基づいて S T F B C を選択することを特徴とする送信器。

【数 1】

```

if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Bを使用
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Aを使用
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Cを使用

```

ここで、C Q I _ant 1、C Q I _ant 2、及び C Q I _ant 3 は、各々第1、第2、及び第3の送信アンテナのC Q Iを示し、行列A、B、Cは各々次のようである。

10

【数 2】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

20

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

30

ここで、行(row)は該当アンテナのシンボルを示し、列(column)は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 2】

前記 S T F B C マップは、選択した S T F B C により前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信するマップを含むことを特徴とする請求項 1 記載の送信器。

40

【請求項 3】

前記選択された S T F B C は前記受信器に伝送されることを特徴とする請求項 1 記載の送信器。

【請求項 4】

前記選択された S T F B C は前記受信器に伝送されることを特徴とする請求項 2 記載の送信器。

【請求項 5】

前記フィードバックされる C Q I は、それぞれ複数の副搬送波の平均チャンネル情報であることを特徴とする請求項 1 記載の送信器。

【請求項 6】

50

前記フィードバックされるCQIは、それぞれ複数の副搬送波の平均チャンネル情報であることを特徴とする請求項2記載の送信器。

【請求項7】

3個の送信アンテナを用いる時空間周波数ブロック符号化通信システムの送信器であって、

入力されるシンボル列のシンボルベクトルに $e^{j\theta}$ （ここで、 θ は位相回転角）を乗算してプリコーディングするプリコーダと、

受信器から受信される時空間周波数ブロック符号(Space-Time Frequency Block Code: STFC)インデックスを用いてSTFCを選択し、前記選択されたSTFCにより前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信するSTFCマップと、

を含み、

前記STFCインデックスは前記受信器で下記の式によって得られることを特徴とする送信器。

【数3】

```
if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
    行列Bを使用
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
    行列Aを使用
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
    行列Cを使用
```

10

20

ここで、CQI_ant1、CQI_ant2、及びCQI_ant3は、各々第1、第2、及び第3の送信アンテナのCQIを示し、行列A、B、Cは各々次のようである。

【数4】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

30

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

40

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項8】

50

前記 S T F B C マップは、選択した S T F B C により前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信するマップを含むことを特徴とする請求項 7 記載の送信器。

【請求項 9】

前記選択された S T F B C は前記受信器に伝送されることを特徴とする請求項 7 記載の送信器。

【請求項 10】

前記選択された S T F B C を前記受信器に伝送することを特徴とする請求項 8 記載の送信器。

【請求項 11】

3 個の送信アンテナを使用する時空間周波数ブロック符号化通信システムの受信器であって、

受信アンテナを通じて受信された信号のチャンネル推定を行い、チャンネル品質情報 (C Q I) を出力するチャンネル推定器と、

前記チャンネル推定器からの C Q I を送信器の S T F B C マップに伝送するフィードバック送信器と、

を含み、

前記 S T F B C マップは、下記の式により、前記フィードバックされる C Q I に基づいて S T F B C を選択する

ことを特徴とする受信器。

【数 5】

if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)

行列Bを使用

if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)

行列Aを使用

if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)

行列Cを使用

ここで、C Q I _ant 1、C Q I _ant 2、及び C Q I _ant 3 は、各々第1、第2、及び第3の送信アンテナの C Q I を示し、行列 A、B、C は各々次のようである。

【数 6】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

10

20

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 1 2】

前記 C Q I は複数の副搬送波の平均チャンネル情報であることを特徴とする請求項 1 1 記載の受信器。

【請求項 1 3】

3 個の送信アンテナを使用する時空間周波数ブロック符号化通信システムの受信器であって、

30

受信アンテナを通じて受信された信号のチャンネル推定を行い、チャンネル品質情報 (C Q I) を出力するチャンネル推定器と、

前記チャンネル推定器からの C Q I を用いて獲得された S T F B C インデックスを送信器の S T F B C マップに伝送するフィードバック送信器と、

を含み、

前記 S T F B C インデックスは、下記の式によって得られることを特徴とする受信器。

【数 7】

```
if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列 B を使用
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列 A を使用
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列 C を使用
```

40

ここで、C Q I _ant 1、C Q I _ant 2、及び C Q I _ant 3 は、各々第 1、第 2、及び第 3 の送信アンテナの C Q I を示し、行列 A、B、C は各々次のようである。

【数 8】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

10

20

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 14】

3 個の送信アンテナを用いる時空間周波数ブロック符号化方式を使用する通信システムの送信器であって、

入力されるシンボル列のシンボルベクトルをプリコーディングするプリコーダと、

受信器から受信されるフィードバック CQI に基づいて S T F B C を選択し、前記選択された S T F B C により前記プリコーディングされたシンボルを前記送信アンテナにマッピングして前記送信アンテナを通じて送信する S T F B C マップと、
を含み、

30

前記 S T F B C マップは、下記の式により、前記フィードバックされる CQI に基づいて S T F B C を選択する

ことを特徴とする送信器。

【数 9】

```
if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
```

```
  行列Bを使用
```

```
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
```

```
  行列Aを使用
```

```
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
```

```
  行列Cを使用
```

40

ここで、CQI_ant 1、CQI_ant 2、及びCQI_ant 3は、各々第1、第2、及び第3の送信アンテナのCQIを示し、行列A、B、Cは各々次のようである。

【数 1 0】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

10

20

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 15】

3 個の送信アンテナを用いる時空間周波数ブロック符号化通信システムの送信器であって、

入力されるシンボル列のシンボルベクトルをプリコーディングするプリコーダと、

受信器から受信される S T F B C インデックスに基づいて S T F B C を選択し、前記選択された S T F B C により前記プリコーディングされたシンボルを前記送信アンテナにマッピングして前記送信アンテナを通じて送信する S T F B C マップと、
を含み、

30

前記 S T F B C インデックスは前記受信器で下記の式によって得られることを特徴とする送信器。

【数 1 1】

```
if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Bを使用
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Aを使用
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Cを使用
```

40

ここで、C Q I _ant 1、C Q I _ant 2、及び C Q I _ant 3 は、各々第 1、第 2、及び第 3 の送信アンテナの C Q I を示し、行列 A、B、C は各々次のようである。

【数 1 2】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

10

20

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 1 6】

3 個の送信アンテナを用いる送信器の時空間周波数ブロック符号化方法であって、
入力されるシンボル列のシンボルベクトルに $e^{j\theta}$ (ここで、 θ は位相回転角) を乗算してプリコーディングする段階と、

30

受信器から受信されるフィードバック CQI に基づいて前記プリコーディングされたシンボルをマッピングするために S T F B C を選択する段階と、
を有し、

前記 S T F B C を選択する段階は、下記の式により、前記フィードバック CQI に基づいて S T F B C を選択する段階である

ことを特徴とする方法。

【数 1 3】

```
if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Bを使用
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Aを使用
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Cを使用
```

40

ここで、C Q I _ant 1、C Q I _ant 2、及び C Q I _ant 3 は、各々第 1、第 2、及び第 3 の送信アンテナの C Q I を示し、行列 A、B、C は各々次のようである。

【数 1 4】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

10

20

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 1 7】

前記選択された S T F B C により前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信する段階をさらに有することを特徴とする請求項 1 6 記載の方法。

30

【請求項 1 8】

前記フィードバックされる C Q I は、それぞれ複数の副搬送波の平均チャンネル情報であることを特徴とする請求項 1 6 記載の方法。

【請求項 1 9】

前記フィードバックされる C Q I は、それぞれ複数の副搬送波の平均チャンネル情報であることを特徴とする請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 2 0】

3 個の送信アンテナを用いる送信器における時空間周波数ブロック符号の送信方法であって、

40

入力されるシンボル列のシンボルベクトルに $e^{j\theta}$ (ここで、 θ は位相回転角) を乗算してプリコーディングする段階と、

受信器から受信される前記 S T F B C インデックスに基づいて S T F B C を選択する段階と、

を有し、

前記 S T F B C インデックスは前記受信器で下記の式によって得られることを特徴とする方法。

【数 1 5】

if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
 行列Bを使用
 if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
 行列Aを使用
 if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
 行列Cを使用

ここで、CQI_ant1、CQI_ant2、及びCQI_ant3は、各々第1、第2、及び第3の送信アンテナのCQIを示し、行列A、B、Cは各々次のようである。 10

【数 1 6】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix} \quad 20$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix} \quad 30$$

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 2 1】

前記選択されたSTFBCにより前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信する段階をさらに有することを特徴とする請求項20記載の方法。 40

【請求項 2 2】

3個の送信アンテナを用いる時空間周波数ブロック符号化通信システムにおける時空間周波数ブロック符号化シンボルの受信方法であって、

受信アンテナを通じて受信された信号のチャンネルを推定し、CQIを出力する段階と

、
 前記CQIを送信器のSTFBCマップに伝送する段階と、
 を有し、

前記STFBCマップは、下記の式により、前記CQIに基づいてSTFBCを選択する

ことを特徴とする方法。

【数 1 7】

```
if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Bを使用
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Aを使用
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Cを使用
```

ここで、C Q I _ant 1、C Q I _ant 2、及びC Q I _ant 3は、各々第 1、第 2、及び第 3 の送信アンテナのC Q Iを示し、行列 A , B , C は各々次のようである。

10

【数 1 8】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

20

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

30

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 2 3】

3 個の送信アンテナを用いる時空間周波数ブロック符号化通信システムにおける時空間周波数ブロック符号化シンボルの受信方法であって、

受信アンテナを通じて受信された信号のチャンネルを推定し、C Q I を出力する段階と

40

前記 C Q I を用いて獲得した S T F B C インデックスを送信器の S T F B C マップに伝送する段階と、

を有し、

前記 S T F B C インデックスは下記の式によって得られる

ことを特徴とする方法。

【数 19】

```

if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Bを使用
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Aを使用
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Cを使用

```

ここで、CQI_ant1、CQI_ant2、及びCQI_ant3は、各々第1、第2、及び第3の送信アンテナのCQIを示し、行列A、B、Cは各々次のようである。 10

【数 20】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

20

30

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 24】

3個の送信アンテナを用いる送信器のSTFBC送信方法であって、
 入力されるシンボル列のシンボルベクトルをプリコーディングする段階と、
 受信器から受信されるフィードバックCQIに基づいてSTFBCを選択し、前記選択されたSTFBCにより前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信する段階と、
 を有し、
前記STFBCは、下記の式により、前記フィードバックされるCQIに基づいて選択される

40

ことを特徴とする方法。

【数 2 1】

if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
 行列Bを使用
 if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
 行列Aを使用
 if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
 行列Cを使用

ここで、CQI_ant1、CQI_ant2、及びCQI_ant3は、各々第1、第2、及び第3の送信アンテナのCQIを示し、行列A、B、Cは各々次のようである。 10

【数 2 2】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【請求項 2 5】

3個の送信アンテナを用いる送信器のSTFBC送信方法であって、
 入力されるシンボル列のシンボルベクトルをプリコーディングする段階と、
 受信器から受信されるSTFBCインデックスに基づいてSTFBCを選択し、前記選
 択されたSTFBCにより前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送
 信アンテナを通じて送信する段階と、
 を有し、
前記STFBCインデックスは前記受信器で下記の式によって得られる
 ことを特徴とする方法。 40

【数 2 3】

```

if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Bを使用
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Aを使用
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
  行列Cを使用

```

ここで、C Q I _ a n t 1、C Q I _ a n t 2、及びC Q I _ a n t 3は、各々第1、第2、及び第3の送信アンテナのC Q Iを示し、行列A、B、Cは各々次のようである。 10

【数 2 4】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は3個の送信アンテナを用いる送信器の時空間周波数ブロック符号化装置に関するもので、特に時空間周波数ブロック符号(Space-Time Frequency Block Code:以下、“STFBC”とする)の性能を向上させるために受信器から受信されるフィードバック情報を用いて入力されるシンボル列を3個の送信アンテナを通じて伝送する装置に関するものである。 40

【背景技術】

【0002】

通信では、チャンネルを通じてどのように効率的で信頼性よくデータを伝送することができるかということが根本的な問題である。次世代のマルチメディア移動通信システムでは、音声中心のサービスを越え、映像及び無線データを含む多様な情報を処理し伝送することができる高速通信システムが要求されることによって、システムに適切なチャンネル符号化方式を使用してシステムの効率を向上させることが必須的である。 50

【 0 0 0 3 】

移動通信システムに存在する無線チャンネル環境は、有線チャンネル環境と異なり、多重経路干渉(multipath interference)、シャドウイング(shadowing)、電波減衰、時変雑音、及びフェージング(fading)のような多様な要因によって誤りが発生して情報の損失が発生する。このような情報の損失は、送信信号に歪みを発生させて移動通信システムの全体性能を低下させる要因として作用する。一般に、このような情報の損失を減少させるために、多様な誤り制御技術(error-control technique)がシステムの信頼度を高めるために採択され、その一例として誤り訂正符号(error-correcting code)方法がある。

【 0 0 0 4 】

無線通信システムで、多重経路フェージングを緩和させるためにダイバシティ技術が使用される。このダイバシティ技術は、時間ダイバシティ(time diversity)、周波数ダイバシティ(frequency diversity)、アンテナダイバシティ(antenna diversity)などがある。

10

【 0 0 0 5 】

アンテナダイバシティ方式は、多重アンテナ(multiple antenna)を使用する。この方式は、複数の受信アンテナを使用する受信アンテナダイバシティ方式と複数の送信アンテナを使用する送信アンテナダイバシティ方式及び複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを使用する多重入力多重出力(Multiple Input Multiple Output: 以下、“MIMO”とする)方式に分けられる。

【 0 0 0 6 】

20

MIMO方式は、一種の時空間符号化(Space-Time Coding: STC)方式であり、この時空間符号化方式は、予め定められた符号化方式で符号化された信号を複数の送信アンテナを通じて送信することによって、時間領域(time domain)での符号化方式を空間領域(space domain)に拡張してより低い誤り率を実現する方式である。

【 0 0 0 7 】

V. Tarokhらは、アンテナダイバシティ方式を効率的に適用するための方式の一つとして時空間ブロック符号化(Space Time Block Coding: 以下、“STBC”とする)方式を提案した(Vahid Tarokh, “Space Time Block Coding from Orthogonal Design”, IEEE Trans. On Info., Theory, Vol.45, pp.1456-1467, July1999)。このTarokhのSTBC方式は、S. M. Alamouti(A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications”, IEEE Journal on Selected Area in Communication s, Vol.16, pp.1451-1458, October 1988)の送信アンテナダイバシティ方式を2個以上の送信アンテナに拡張した方式である。

30

【 0 0 0 8 】

図1は、従来TarokhのSTBC方式を使用する移動通信システムで送信器を示すブロック構成図である。この送信器は、変調器100と、直列/並列変換器(Serial to

【 0 0 0 9 】

Parallel Converter: S/P変換器)102と、STBC符号器104と、4個の送信アンテナ106, 108, 110, 112とを含む。

40

【 0 0 1 0 】

図1を参照すると、変調器100は、入力される情報データ(又は符号化データ)を変調方式により変調する。この変調方式としては、BPSK(Binary Phase Shift Keying)、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)、QAM(Quadrature Amplitude Modulation)、PAM(Pulse Amplitude Modulation)、PSK(Phase Shift Keying)のうちの一つの方式が使用されることができる。

【 0 0 1 1 】

S/P変換器102は、変調器100から受信された直列変調シンボル s_1, s_2, s_3, s_4 を並列処理する。STBC符号器104は、S/P変換器102から入力された4個の変調シンボル s_1, s_2, s_3, s_4 を時空間ブロック符号化して8個のシンボル

50

組合を生成し、この 8 個のシンボル組合を順次に 4 個の送信アンテナ 1 0 6 , 1 0 8 , 1 1 0 , 1 1 2 を通じて送信する。8 個のシンボル組合を生成するための符号化行列は、下記の < 数 1 > のようである。

【 0 0 1 2 】

【 数 1 】

$$G_4 = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 \\ -s_2 & s_1 & -s_4 & s_3 \\ -s_3 & s_4 & s_1 & -s_2 \\ -s_4 & -s_3 & s_2 & s_1 \\ s_1^* & s_2^* & s_3^* & s_4^* \\ -s_2^* & s_1^* & -s_4^* & s_3^* \\ -s_3^* & s_4^* & s_1^* & -s_2^* \\ -s_4^* & -s_3^* & s_2^* & s_1^* \end{bmatrix} \dots \langle \text{数 1} \rangle \quad 10$$

ここで、 G_4 は 4 個の送信アンテナ 1 0 6 , 1 0 8 , 1 1 0 , 1 1 2 を通じて送信されるシンボルの符号化行列(matrix)を示し、 s_1, s_2, s_3, s_4 は 4 個の入力シンボルを示す。符号化行列において、列(column)の個数は送信アンテナの個数を示し、行(row)の個数は 4 個のシンボルを伝送するのにかかる時間を示す。したがって、4 個のシンボルが 8 個の時間区間で 4 個のアンテナを通じて送信される。

【 0 0 1 3 】

具体的に、第 1 の時間区間で s_1 は第 1 の送信アンテナ 1 0 6 を通じて送信され、 s_2 は第 2 の送信アンテナ 1 0 8 を通じて送信され、 s_3 は第 3 の送信アンテナ 1 1 0 を通じて送信され、 s_4 は第 4 の送信アンテナ 1 1 2 を通じて送信される。このように、第 8 の時間区間の $-s_4^*, -s_3^*, s_2^*, -s_1^*$ は、第 1 ~ 第 4 の送信アンテナ 1 0 6 ~ 1 1 2 を通じてそれぞれ送信される。すなわち、STBC 符号器 1 0 4 は、 i 番目の送信アンテナに符号化行列の i 番目の列のシンボルを順次に提供する。

【 0 0 1 4 】

上述したように、STBC 符号器 1 0 4 は、4 個の入力シンボルに反転(negative)と共役(conjugate)を適用して 8 個のシンボル列を生成し、この 8 個のシンボル列を 8 個の時間区間で 4 個のアンテナ 1 0 6 , 1 0 8 , 1 1 0 , 1 1 2 を通じて送信する。ここで、それぞれのアンテナに出力されるシンボルシーケンス、すなわち符号化行列の列は相互に直交性を有するため、ダイバシティ次数(diversity order)だけのダイバシティ利得(gain)を獲得することができる。

【 0 0 1 5 】

図 2 は、従来の STBC 方式を使用する移動通信システムで受信器を示すブロック構成図である。図 2 の受信器は、図 1 に示した送信器に対応する構成である。

【 0 0 1 6 】

図 2 に示すように、受信器は、複数の受信アンテナ 2 0 0 ~ 2 0 2 と、チャンネル推定器(Channel Estimator) 2 0 4 と、信号結合器(Signal Combiner) 2 0 6 と、検出器(Detector) 2 0 8 と、並列/直列変換器 2 1 0 と、復調器 2 1 2 とを含む。

【 0 0 1 7 】

図 2 を参照すると、第 1 の受信アンテナ 2 0 0 ~ 第 P の受信アンテナ 2 0 2 は、図 1 に示した送信器の 4 個の送信アンテナから受信された信号をチャンネル推定器 2 0 4 と信号結合器 2 0 6 に提供する。チャンネル推定器 2 0 4 は、第 1 の受信アンテナ 2 0 0 ~ 第 P の受信アンテナ 2 0 2 の各々を通じて受信された信号を用いて送信アンテナ 1 0 6 , 1 0 8 , 1 1 0 , 1 1 2 から受信アンテナ 2 0 0 ~ 2 0 2 にチャンネル利得を示すチャンネル

10

20

30

40

50

係数(channel coefficients)を推定する。信号結合器206は、第1の受信アンテナ200～第Pの受信アンテナ202の各々を通じて受信された信号とチャンネル係数を所定方式によって結合する。検出器208は、この結合されたシンボルにチャンネル係数を乗算して推定(hypothesis)シンボルを生成し、この推定シンボルをもって送信器から送信可能なすべてのシンボルに対する決定統計量(decision statistic)を計算し、しきい値検出(threshold detection)を通じて送信されたシンボルを検出する。並列/直列変換器210は、検出器208から受信された並列シンボルを直列データに変換する。復調器212は、復調方式により直列シンボル列を復調して元の情報ビットに復元する。

【0018】

上記したAlamoutiのSTBC技術は、2個の送信アンテナを通じて複素シンボル(complex symbols)を送信しても、伝送率(data rate)を損失せずに送信アンテナの個数と同一の、すなわち最大のダイバシティ次数が得られるという利点があった。

【0019】

このAlamoutiのSTBC技術を拡張したTarokhのSTBC方式は、図1及び図2に示したように、相互に直交列(orthogonal columns)を有する行列形態の時空間ブロック符号を使用して最大ダイバシティ次数を得る。しかしながら、このTarokhのSTBC方式は、4個の複素シンボルを8個の時間区間で伝送するため、伝送率が1/2に減少する。また、一つのブロック(4個の複素シンボル)を全く伝送するのに8個の時間区間がかかるため、高速フェージングチャンネルの場合にブロック内のチャンネル変化によって受信性能が劣化するという問題点があった。言い換えれば、4個以上のアンテナを使用して複素シンボルを伝送する場合に、N個のシンボルを送信するために2N個の時間区間が必要なので、遅延時間(latency)が長くなり、伝送率が低下するという問題点があった。

【0020】

3個以上の送信アンテナを通じて複素信号を伝送するMIMOシステムで最大伝送率を有するために、Giannakisグループが複素フィールド(Complex Field)での星座回転(constellation rotation)を通じて4個の送信アンテナで最大ダイバシティ、最大伝送率(Full Diversity Full Rate: FDFR)STBCを提案した。

【0021】

図3は、従来のGiannakisのSTBC方式を使用する移動通信システムで送信器を示すブロック構成図である。図3に示すように、送信器は、変調器300と、プリコーダ302と、時空間マップ304と、複数の送信アンテナ306, 308, 310, 312とを含む。

【0022】

図3を参照すると、変調器300は、入力される情報データ(又は符号化データ)をBPSK、QPSK、QAM、PAM、PSK方式のような変調方式により変調する。プリコーダ302は、変調器300から受信された N_t 個の変調シンボル d_1, d_2, d_3, d_4 を信号空間上で信号の回転が発生するようにプリコーディングして N_t 個のシンボルを出力する。説明の便宜のために、送信アンテナが4個であると仮定する。ここで、変調器300から出力される4個の変調シンボルで構成されるシンボル列を d であると仮定する。プリコーダ302は、変調シンボル列 d を下記の<数2>によって複素ベクトル r を生成する。

【0023】

10

20

30

40

【数2】

$$r = \Theta d = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_0^1 & \alpha_0^2 & \alpha_0^3 \\ 1 & \alpha_1^1 & \alpha_1^2 & \alpha_1^3 \\ 1 & \alpha_2^1 & \alpha_2^2 & \alpha_2^3 \\ 1 & \alpha_3^1 & \alpha_3^2 & \alpha_3^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} \quad \dots \langle \text{数2} \rangle$$

ここで、 Θ はプリコーディング行列を示す。Giannakisグループは、プリコーディング行列として単一のVandermonde行列を使用する。このプリコーディング行列で、 α_i は下記の<数3>のように表される。

【0024】

【数3】

$$\alpha_i = \exp(j 2 \pi (i + 1/4)/4), \quad i = 0, 1, 2, 3 \quad \dots \langle \text{数3} \rangle$$

【0025】

GiannakisのSTBC方式は、4個を超える個数の送信アンテナに拡張が容易な方式である。時空間マップ304は、プリコーディングされたシンボルを下記の<数4>のように時空間ブロック符号化して出力する。

【0026】

【数4】

$$S = \begin{bmatrix} r_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & r_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r_4 \end{bmatrix} \quad \dots \langle \text{数4} \rangle$$

ここで、 S は、4個の送信アンテナ306, 308, 310, 312を通じて送信されるシンボルの符号化行列を示す。符号化行列で、列の個数は送信アンテナの個数に対応し、行の個数は4個のシンボルを伝送するのにかかる時間に対応する。すなわち、4個のシンボルが4個の時間区間で4個の送信アンテナを通じて送信される。

【0027】

具体的には、第1の時間区間で r_1 は、第1の送信アンテナ306を通じて送信され、残りの送信アンテナ308, 310, 312を通じてはいかなる信号も送信されない。第2の時間区間で r_2 は、第2の送信アンテナ308を通じて送信され、残りの送信アンテナ306, 310, 312を通じてはいかなる信号も伝送されない。第3の時間区間で r_3 は、第3の送信アンテナ310を通じて伝送され、残りの送信アンテナ306, 308, 312を通じてはいかなる信号も伝送されない。第4の時間区間で r_4 は、第4の送信アンテナ312を通じて伝送され、残りの送信アンテナ306, 308, 310を通じてはいかなる信号も伝送されない。

【0028】

このように、4個のシンボルが4個の時間区間で無線チャンネルを通じて受信されると、受信器(図示せず)は、ML(Maximum Likelihood)復号化方式で変調シンボル列 d を復元する。

【0029】

10

20

30

40

50

Jung Tae-Jin、Cheun Kyung-Whoonは、2003年にGiannakisのSTBC方式に比べて符号化利得(coding gain)が優れたプリコーダ及び接続符号(concatenated code)を提案した。Jung Tae-Jin、Cheun Kyung-Whoonは、Giannakisグループによって提案された対角行列(diagonal matrix)の代わりにAlamoutiが提案した時空間ブロック符号を接続して使用することによって、符号化利得を向上させている。説明の便宜のために、Jung Tae-Jin、Cheun Kyung-Whoonによる時空間ブロック符号は‘Alamouti FDFR STBC’と呼ばれる。

【0030】

図4は、従来のAlamouti FDFR STBCと4個の送信アンテナを使用する移動通信システムで送信器を示すブロック構成図である。図4に示すように、送信器は、プリコーダ400と、マップ402と、遅延器404と、2個のAlamouti符号器406、408と、4個の送信アンテナ410、412、414、416とを含む。

10

図4を参照すると、プリコーダ400は、入力される4個の変調シンボル d_1, d_2, d_3, d_4 を信号空間上で信号の回転が発生するようにプリコーディングする。この4個の変調シンボルで構成されるシンボル列 d を入力するために、プリコーダ400は、下記の<数5>のような演算によって複素ベクトル(complex vector) r を生成する。

【0031】

【数5】

20

$$r = \Theta d = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_0^1 & \alpha_0^2 & \alpha_0^3 \\ 1 & \alpha_1^1 & \alpha_1^2 & \alpha_1^3 \\ 1 & \alpha_2^1 & \alpha_2^2 & \alpha_2^3 \\ 1 & \alpha_3^1 & \alpha_3^2 & \alpha_3^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} \dots \langle \text{数5} \rangle$$

ここで、 $\alpha_i = \exp(j 2 \pi (i + 1/4)/4)$, $i = 0, 1, 2, 3$ である。

【0032】

マップ402は、プリコーディングされた4個のシンボルを2個ずつグルーピングして2個の要素(element)で構成された2個のベクトル $[r_1, r_2]^T$ と $[r_3, r_4]^T$ をそれぞれAlamouti符号器406と遅延器404に出力する。遅延器404は、2番目のベクトル $[r_3, r_4]^T$ を1時間区間で遅延する。したがって、1番目のベクトル $[r_1, r_2]^T$ は第1の時間区間でAlamouti符号器406に提供され、2番目のベクトル $[r_3, r_4]^T$ は第2の時間区間でAlamouti符号器408に提供される。Alamouti符号器は、AlamoutiのSTBC方式を使用する符号器を称する。Alamouti符号器406は、 $[r_1, r_2]^T$ を第1及び第2の時間区間で第1及び第2の送信アンテナ410、412を通じて送信されるように符号化する。Alamouti符号器408は、 $[r_3, r_4]^T$ を第3及び第4の時間区間で第3及び第4の送信アンテナ414、416を通じて送信されるように符号化する。すなわち、マップ402から4個のシンボルを多重アンテナを通じて送信するための符号化行列は、下記の<数6>のように表される。

30

40

【0033】

【数6】

$$S = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & 0 & 0 \\ -r_2^* & r_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_3 & r_4 \\ 0 & 0 & -r_4^* & r_3^* \end{bmatrix} \quad \dots \langle \text{数6} \rangle$$

【0034】

10

この符号化行列は、上記〈数4〉に示した符号化行列と異なり、対角行列形態でなく Alamouti の STBC 方式で実現される。すなわち、Alamouti の STBC 方式を使用することによって符号化利得を増加させる。

【0035】

しかしながら、上述した Alamouti の FDFR STBC は、送信器がプリコーディングするためにプリコーディング行列のすべての要素と入力ベクトルとの間の計算が必要なため、符号化の複雑度が増加するという短所を有する。例えば、送信アンテナが4個である場合に、プリコードの要素に0が含まれていないため、16個の要素に対して演算をすべて遂行しなければならない。やはり、受信器も送信器によって送信された信号 d に対して ML (Maximum Likelihood) 復号を遂行すべきであるため、相当に多くの計算量を必要とする。

20

【0036】

このような高い複雑度を低下させるため、韓国の三星電子株式会社の Chaee Chan n - Byoung らによって新たな時空間ブロック符号方式が提案された。

【0037】

【数7】

$$S = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_0^1 & \dots & \alpha_0^{N_t/2-1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & \dots & \alpha_1^{N_t/2-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ 1 & \alpha_{N_t-2}^1 & \dots & \alpha_{N_t-2}^{N_t/2-1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & \dots & \alpha_{N_t-1}^{N_t/2-1} \end{bmatrix} \quad \dots \langle \text{数7} \rangle$$

30

ここで、 α_i は、任意の偶数個の送信アンテナに対するプリコーディング行列を示す。その次の演算は、Cheun Kyung-Whoon グループと同一である。この方式は、Alamouti の FDFR STBC 方式に比べて、一連の演算過程、すなわち、穿孔及び移動を通じて受信器の ML 復号による複雑度を格段に低下させる。

【0038】

40

しかしながら、このような試みにもかかわらず、既存の線形復号が可能な Alamouti 方式に比べて、非常に高い複雑度が要求され、これをさらに低下させるための努力が引き続いている。この状況で、Sundar Rajan 教授グループは線形復号が可能な、FDFR STBC を提案した。

【0039】

以下に、Sundar Rajan グループの STBC は、〈数6〉に示したそれぞれの値 r_i に e^j を乗算し(複素平面上の回転)、新たな値 $x_i + jy_i$ を得た後に、この新たな値の実数部と虚数部を再構成する。このように得られた符号化行列は、下記の〈数8〉のように表される。

【0040】

50

【数 8】

$$S = \begin{bmatrix} x_1 + jy_3 & x_2 + jy_4 & 0 & 0 \\ -(x_2 + jy_4)^* & (x_1 + jy_3)^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 + jy_1 & x_4 + jy_2 \\ 0 & 0 & -(x_4 + jy_2)^* & (x_3 + jy_1)^* \end{bmatrix} \quad \dots \langle \text{数 8} \rangle$$

【0041】

10

<数 8> を利用すれば、受信器で線形復号が可能のため、複雑度を低下させる。ここで、Sundar Rajan 教授は、位相回転角 を特定の値に固定して使用する ($= (1/2) \text{atan} 2$)。

このような Sundar Rajan グループの STBC 方式を使用する移動通信システムは、図 5 に示した構成を有する送信器を採択する。情報シンボル s_1, s_2, s_3, s_4 は、プリコーダ 500 で $\exp(j \cdot)$ と乗算された後に、マップ 502 で再構成される。

【0042】

より具体的に、マップ 502 は、プリコーディングされたシンボル $c_i = x_i + jy_i$ を $c_1' = x_1 + jy_3, c_2' = x_2 + jy_4, c_3' = x_3 + jy_1, c_4' = x_4 + jy_2$ に再構成し、この再構成されたシンボルを 2 個ずつグルーピングしてベクトル $[c_2' \ c_1']$ と $[c_4' \ c_3']$ を出力する。これらベクトル $[c_2' \ c_1']$ と $[c_4' \ c_3']$ は、各々対応する Alamouti 符号器 506, 508 を通じて伝送される。遅延器 504 は、ベクトル $[c_4' \ c_3']$ を遅延するために使用される。

20

【0043】

Sundar Rajan グループの STBC の性能がさらに向上させることができることを示すために、直交 (orthogonal) 時空間符号と正規直交 (orthonormal) 時空間符号の特徴について簡単に説明する。

【0044】

Tarokh らによって提案された正規直交時空間符号 S を復調するために、 S のエルミート (Hermitian) S^H を乗算する。このような場合は、次の <数 9> のようである。

30

【0045】

【数 9】

$$SS^H = \begin{bmatrix} p & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p \end{bmatrix} \quad \dots \langle \text{数 9} \rangle$$

40

ここで、 p は定数である。時空間符号が <数 9> を満足すれば、伝送可能なフルレート (Full Rate) は、次の <数 10> のようになる。

【0046】

【数 10】

$$R_{\max} = \frac{a+1}{2^a} \quad \dots \langle \text{数 10} \rangle$$

50

ここで、送信アンテナの個数 $N = 2^a$ である。したがって、4個の送信アンテナを使用するシステムで $a = 2$ で、 $R_{\max} = 3/4$ である。

【0047】

Sundar Rajanグループは、直交時空間符号もフルダイバシティ(Full Diversity)を満たすことを証明した。この場合には、次の<数11>のように表される。

【0048】

【数11】

$$SS^H = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_2 \end{bmatrix} \quad \dots \langle \text{数11} \rangle \quad 10$$

ここで、 $p_1 = |h_1|^2 + |h_2|^2$ で、 $p_2 = |h_3|^2 + |h_4|^2$ である(h はチャンネル係数)。注目すべき事実は、この直交時空間符号を使用すると、伝送レートは下記の<数12>のように示す。

【0049】

【数12】

20

$$R_{\max} = \frac{2a}{2^a} \quad \dots \langle \text{数12} \rangle$$

【0050】

この式によると、4個の送信アンテナを使用するシステムで最大伝送速度 $R_{\max} = 1$ を達成することができることを示す(送信アンテナの個数 $N = 2^a$)。すなわち、直交時空間符号を使用すると、FDFRを実現することがわかる。

【0051】

30

3個の送信アンテナを使用するOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)システムの場合に、FDFRを満たすために、Sundar Rajanグループは下記のような<数13>を提案した。

【0052】

【数13】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix} \quad \dots \langle \text{数13} \rangle \quad 40$$

【0053】

上記の符号化行列 A は、3個の送信アンテナを使用する通信システムで変数として周波数と時間を含む。<数13>で、行は送信アンテナをそれぞれ意味する。第1の行において、最初の2列(s_1 と $-s_2^*$) は第1の周波数にマッピングされ、その次の2列(0と0) は第2の周波数にマッピングされる。各2つの列対のうち、前の列 s_1 は第1の時間区間にマッピングされ、後の列 $-s_2^*$ は第2の時間区間にマッピングされる。したがって、第2のアンテナを通じて第2の周波数に第2の時間区間で伝送されるシンボルは s_1^* で、第3のアンテナを通じて第2の周波数に第1の時間区間で伝送されるシンボルは s 50

4 である。

【 0 0 5 4 】

しかしながら、より正確な通信を遂行するためには、上述した時空間周波数符号化方法の性能を改善することが要求される。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 5 5 】

したがって、上記した従来技術の問題点を解決するために、本発明の目的は、3個の送信アンテナを使用する移動通信システムで性能を向上させる時空間周波数ブロック符号化装置及び方法を提供することにある。

10

【 0 0 5 6 】

本発明の他の目的は、3個の送信アンテナを使用する移動通信システムで、特にベクトルシンボルを複素平面上で回転して新たなシンボル $x_i + jy_i$ を得た後に、この新たな値の実数部と虚数部を再構成したベクトルシンボルを送信する移動通信システムで性能を向上させるための時空間周波数ブロック符号化装置及び方法を提供することにある。

【 0 0 5 7 】

さらに、本発明の目的は、多重アンテナを使用する移動通信システムで、特にベクトルシンボルを複素平面上で回転して新たなシンボル $x_i + jy_i$ を得た後に、この新たな値の実数部と虚数部を再構成したベクトルシンボルを送信する通信システムで性能を向上させるために伝送行列を選択する時空間周波数ブロック符号化装置及び方法を提供することにある。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 5 8 】

上記の目的を達成するために、本発明は、3個の送信アンテナを用いる時空間周波数ブロック符号化方式を使用する通信システムの送信器であって、入力されるシンボル列のシンボルベクトルに e^j (ここで、 θ は位相回転角) を乗算してプリコーディングするプリコーダと、受信器から受信されるフィードバックチャンネル品質情報(Channel Quality Indicator: CQI)に基づいて時空間周波数ブロック符号(Space-Time Frequency Block Code: STFBC)を選択し、前記選択されたSTFBCにより前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信するSTFBCマップとを含むことを特徴とする。

30

【 0 0 5 9 】

また、本発明は、3個の送信アンテナを用いる時空間周波数ブロック符号化通信システムの送信器であって、入力されるシンボル列のシンボルベクトルに e^j (ここで、 θ は位相回転角) を乗算してプリコーディングするプリコーダと、受信器から受信される時空間周波数ブロック符号(Space-Time Frequency Block Code: STFBC)インデックスを用いてSTFBCを選択し、前記選択されたSTFBCにより前記プリコーディングされたシンボルをマッピングして前記送信アンテナを通じて送信するSTFBCマップとを含むことを特徴とする。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 6 0 】

本発明は、通信システムの送信器で、時空間周波数ブロック符号化装置に関するもので、入力されるシンボル列を所定規則によって複数の送信アンテナを通じて伝送する方式で、受信器から受信されたフィードバックチャンネル情報、又は送信器で得られたSTFBCにより、一連の規則を有する伝送行列が選択され、それによってSTFBCの性能を向上させる効果がある。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 6 1 】

以下、本発明の望ましい実施形態を添付の図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 6 2 】

50

下記に、本発明に関連した公知の機能或いは構成に関する具体的な説明が本発明の要旨を不明にすると判断された場合に、その詳細な説明を省略する。

【0063】

本発明では、FDFR (Full Diversity Full Rate)直交(orthogonal)時空間周波数符号を使用するシステムで、性能の向上のための時空間周波数ブロック符号化(Space-Time-Frequency block coding: 以下、“STFBC”とする)方式を提供する。

【0064】

図6は、本発明によるSTFBC方式を使用する移動通信システムで送信器を示すブロック構成図である。この送信器は、3個の送信アンテナを使用すると仮定する。

【0065】

図6を参照すると、プリコード600は、入力される情報シンボル s_1, s_2, s_3, s_4 のそれぞれに e^j を乗算し、すなわち複素平面上でだけ回転して $x_i + jy_i$ として示す新たなシンボル c_1, c_2, c_3, c_4 を得る。STFBCマップ602は、これらシンボルを受信器からフィードバックされたチャンネル情報、又は受信器で得られたSTFBCインデックスに基づいたSTFBCの選択によってグルーピングする。マップ604は、送信アンテナ606, 608, 610にこのグルーピングされたシンボルをマッピングして送信する。STFBCマップ602とマップ604は、一つの装置に組み込むことができる。

【0066】

図7は、本発明によるSTFBC方式を使用する移動通信システムで受信器を示すブロック構成図である。より簡単に説明するために、受信器は一つの受信アンテナを有すると仮定する。

【0067】

図7を参照すると、チャンネル推定器702は、受信アンテナ700を通じて受信された信号のチャンネル推定を遂行する。このチャンネル推定後、受信信号は、復号化過程を経て復号される。フィードバック送信器710は、チャンネル推定器702から受信されたチャンネル品質情報(Channel Quality Indicators: 以下、“CQI”とする)を送信器のSTFBCマップ602に伝送する。或いは、受信器でSTFBCインデックスを求め、これをフィードバック送信器710を通じて送信器に伝送することもできる。以下に、フィードバック送信器710の動作を説明する。

【0068】

本発明で、受信器はすべてのチャンネルのCQIを送信器にフィードバックし、或いはSTFBCマップで用いるSTFBCインデックスを送信器に伝送する。

【0069】

1) すべてのチャンネル情報のフィードバック

受信器で推定したチャンネル係数を受信すると、STFBCマップ602は次の<数14>のように演算を遂行する。

【0070】

【数14】

$$\text{select max}(CQI_{\text{ant}1}, CQI_{\text{ant}2}, CQI_{\text{ant}3}) \dots \langle \text{数14} \rangle$$

ここで、 $CQI_{\text{ant}1}, CQI_{\text{ant}2}, CQI_{\text{ant}3}$ は、第1、第2、及び第3の送信アンテナのCQIをそれぞれ示す。

【0071】

2) STFBCインデックスの伝送

実際に、受信器で受信したすべてのチャンネルのCQIを送信器に伝送することは容易でない。したがって、受信器は、上記の<数14>を演算して得られたSTFBCインデックスを送信器のSTFBCマップ602にフィードバックする。

【0072】

10

20

30

40

50

以下に、STFBCマッパ602の動作を図8を参照して説明する。図8は、3個の送信アンテナを使用する場合のSTFBCを示す。3個の送信アンテナを使用するため、STFBCは、次の<数15>のように3つの場合が存在する。

【0073】

【数15】

$$A = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

10

$$B = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4^* \\ s_2 & s_1^* & s_4 & s_3^* \end{bmatrix}$$

…<数15>

20

ここで、行は該当アンテナのシンボルを示し、列は副搬送波にマッピングされたシンボルを示す。

【0074】

この場合に、STFBCマッピングは、行列Aのコンテキストで遂行される。プリコーディングされたシンボル c_1, c_2, c_3, c_4 は、行列Aによりマッピングされる。図8において、行列Aで s は c に対応する。STFBCマッパ602は、行列A, B, Cのうちの一つを用いてシンボルを各送信アンテナにマッピングする。本発明では、受信器のフィードバック送信器710から受信されたフィードバック情報に基づいて最適の性能を有することができるように、行列A, B, Cのうちの一つを選択して使用する。第1のアンテナが最良のチャンネル状態である場合に、行列Bは、第1のアンテナを通じてより多くのシンボルを送信するために選択される。第2のアンテナが最良のチャンネル状態である場合に、行列Aは、第2のアンテナを通じてより多くのシンボルを送信するために選択される。第3のアンテナが最良のチャンネル状態である場合に、行列Cは、第3のアンテナより多くのシンボルを送信するために選択される。この行列の選択は、下記の<数16>のように示す。

30

【0075】

【数16】

```
if CQI_ant1=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
```

40

行列Bを使用

```
if CQI_ant2=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
```

行列Aを使用

```
if CQI_ant3=select max(CQI_ant1, CQI_ant2, CQI_ant3)
```

行列Cを使用

…<数16>

【0076】

図9は、本発明によるSTFBC方式を使用する移動通信システムで送信器の動作を示すフローチャートである。

50

【 0 0 7 7 】

図 9 を参照すると、データ列(stream) s_1, s_2, s_3, s_4 が受信すると(ステップ 9 0 2)、プリコーダはこのデータ列をプリコーディングする(ステップ 9 0 4)。すなわち、プリコーダはデータ列 s_1, s_2, s_3, s_4 に $\exp(j \cdot \dots)$ を乗算して再構成し、プリコーディングされたシンボル c_1, c_2, c_3, c_4 ($c_1 = x_1 + j y_3, c_2 = x_2 + j y_4, c_3 = x_3 + j y_1, c_4 = x_4 + j y_2$) を出力する。送信器は、受信器から受信されたチャンネル情報である C Q I に基づいて < 数 1 6 > により S T F B C を選択し、或いは受信器から受信された S T F B C インデックスにより S T F B C を選択する(ステップ 9 1 0)。S T F B C マップは、選択された S T F B C によりプリコーディングされたシンボルをマッピングし(ステップ 9 0 6)、このマッピングされたシンボルを対応する送信アンテナを通じて送信する(ステップ 9 0 8)。

10

【 0 0 7 8 】

図 1 0 は、本発明による S T F B C 方式を使用する移動通信システムで受信器の動作を示すフローチャートである。

【 0 0 7 9 】

図 1 0 を参照すると、送信器からデータ列を受信すると(ステップ 1 0 0 2)、このデータ列は、チャンネル推定を遂行し(ステップ 1 0 0 4)、C Q I は送信器にチャンネル情報として伝送される(ステップ 1 0 1 4)。この場合に、送信器は、< 数 1 6 > によって使用する S T F B C を求める。或いは、受信器は、チャンネル係数を送信器に伝送せずに < 数 1 6 > によって S T F B C 符号を求め、そのインデックスを送信器に伝送する。

20

【 0 0 8 0 】

送信器は、受信器からチャンネル情報が直接フィードバックされる場合に、通信の正確度を高めるために、送信器によって選択された S T F B C のインデックスを受信器に通報する。この場合に、送信器の選択した S T F B C が受信器の選択と一致しない場合に、送信器で選択した S T F B C を受信器に共通チャンネルを通じて伝送すれば、データの通信がより正確になる。

【 0 0 8 1 】

その後、ステップ 1 0 0 6 での検出、ステップ 1 0 0 8 での並列/直列変換、ステップ 1 0 1 0 での復調が既存システムと同一の方法で遂行される。

【 0 0 8 2 】

本発明をより具体的に説明するために、実際のシステムを例に挙げて説明する。I E E E 8 0 2 . 1 6 標準に基づいた O F D M A (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) システムで、受信器は、フィードバック情報量を減少させるために N 個の副搬送波を含むサブチャンネルの平均チャンネル値を求める。送信器は、このサブチャンネルの平均チャンネル値に基づいて S T F B C を選択する。すると、送信器は、受信器にこの選択された S T F B C を通報する。この両方向通信は、通信の正確性を向上させる。

30

【 0 0 8 3 】

他の実施形態として、送信器は、受信器からフィードバックされる情報を利用することなく、一連の規則により送信アンテナをグルーピングすることも可能である。このアンテナグループは、下記の < 数 1 7 > のように表される。

40

【 0 0 8 4 】

【 数 1 7 】

$$D = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & 0 & 0 & s_5 & -s_6^* & s_7 & -s_8^* & s_9 & -s_{10}^* & 0 & 0 \\ s_2 & s_1^* & s_3 & -s_4^* & s_6 & s_5^* & 0 & 0 & 0 & 0 & s_{11} & -s_{12}^* \\ 0 & 0 & s_4 & s_3^* & 0 & 0 & s_8 & s_7^* & s_{10} & s_9^* & s_{12} & s_{11}^* \end{bmatrix} \dots \langle \text{数 } 17 \rangle$$

【 0 0 8 5 】

上記の行列 D は、< 数 1 5 > に示した行列 [A | B | C] の組合せである。

50

【 0 0 8 6 】

しかしながら、Dはこれら行列の順序によって定義されることができ。したがって、行列Dは次のように示すことが可能である。

【 0 0 8 7 】

$D = [A | B | C]$, $D = [A | C | B]$, $D = [B | A | C]$, $D = [B | C | A]$, $D = [C | A | B]$, $D = [C | B | A]$

【 0 0 8 8 】

行列Dで、行は、<数13>に示した行列Aのように送信アンテナを意味する。列は、順次的な対でグルーピングされる。したがって、第1及び第2の列は第2の副搬送波にマッピングされ、第3及び第4の列は第2の副搬送波にマッピングされ、残りの列はこのよ
10
うな方式で第3～第6の副搬送波にマッピングされる。各列の対で第1及び第2のシンボルは、一つの副搬送波にマッピングされ、それぞれ第1及び第2のシンボルタイムを意味する。

【 0 0 8 9 】

行列A, B, Cは、それぞれ A_1 , A_2 , A_3 であると仮定する。OFDMA通信システムで、副搬送波別に順列順序を決定する方法は<数18>のようである。

【 0 0 9 0 】

【数18】

$$A_k : k = \text{mod}(\text{floor}((N_c - 1)/2), 3) + 1 \quad \dots < \text{数} 18 >$$

20

ここで、 N_c は論理データ副搬送波のインデックスである。 $N_c = \{1, 2, 3, \dots, \text{全体副搬送波の数}\}$ である。論理データ副搬送波インデックスは、OFDMでFFT(Fast Fourier Transform)の副搬送波インデックスを示す。上記の<数18>により、論理データ副搬送波のインデックス1, 2は A_1 のアンテナグルーピングパターンで送信アンテナにマッピングされ、論理データ副搬送波のインデックス3, 4は A_2 のアンテナグルーピングパターンで送信アンテナにマッピングされ、論理データ副搬送波のインデックス5, 6は A_3 のアンテナグルーピングパターンを有する。残りの副搬送波に対するアンテナグルーピングパターンも上記の<数18>によって決定される。
30

【 0 0 9 1 】

以上、本発明の詳細な説明においては具体的な実施形態に関して説明したが、形式や細部についての様々な変更が可能であることは、当該技術分野における通常の知識を持つ者には明らかである。したがって、本発明の範囲は、前述の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載及びこれと均等なものに基づいて定められるべきである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 2 】

【図1】従来のSTBC方式を使用する移動通信システムで送信器を示すブロック構成図である。

【図2】従来のSTBC方式を使用する移動通信システムで受信器を示すブロック構成図である。
40

【図3】従来のGiannakisのSTBC方式を使用する移動通信システムで送信器を示す構成図である。

【図4】Jung Tae-JinとCheun Kyung-Whoonによって提案された4個のアンテナを用いて、従来のAlamoutiのDFRC-STBC方式を使用する移動通信システムで送信器を示すブロック構成図である。

【図5】Sundar RajanグループのSTBC方式を使用する移動通信システムで送信器を示すブロック構成図である。

【図6】本発明によるSTBC方式を使用する移動通信システムで送信器を示すブロック構成図である。
50

【図7】本発明によるSTFBC方式を使用する移動通信システムで受信器を示すブロック構成図である。

【図8】図6に示したSTFBCマップの動作を示す図である。

【図9】本発明によるSTFBC方式を使用する移動通信システムで送信器の動作を示すフローチャートである。

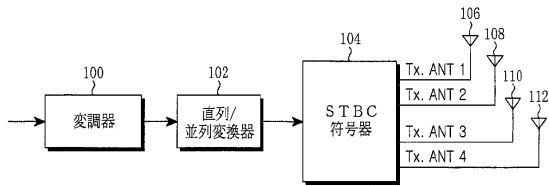
【図10】本発明によるSTFBC方式を使用する移動通信システムで受信器の動作を示すフローチャートである。

【符号の説明】

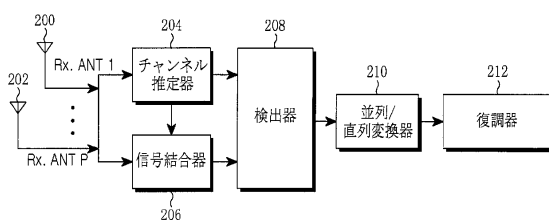
【0093】

- 600 プリコーダ
- 602 STFBCマップ
- 604 マップ
- 606 送信アンテナ
- 608 送信アンテナ
- 610 送信アンテナ
- 710 フィードバック送信機

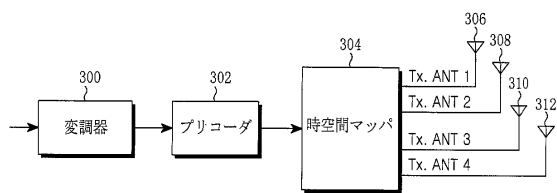
【図1】



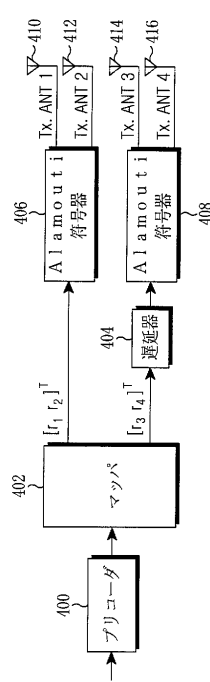
【図2】



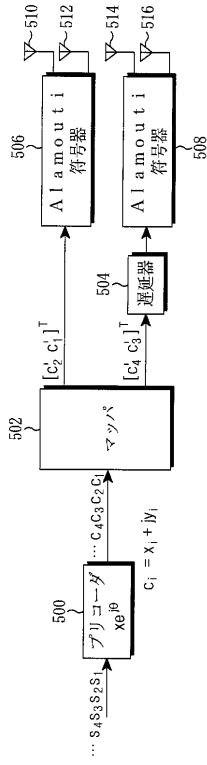
【図3】



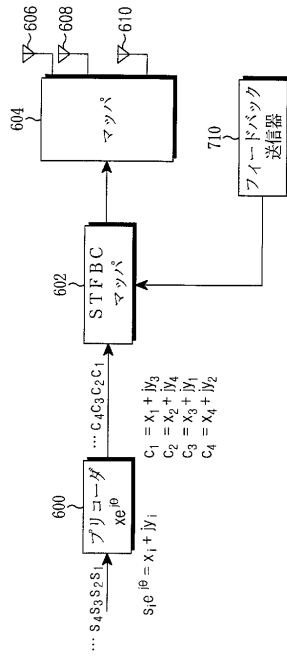
【図4】



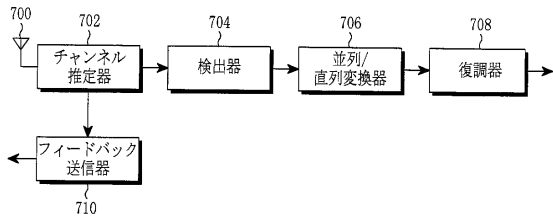
【 図 5 】



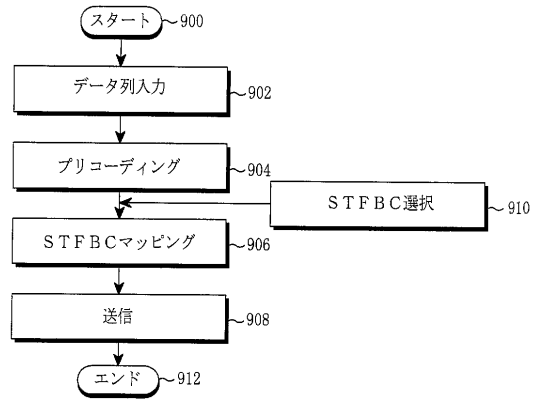
【 図 6 】



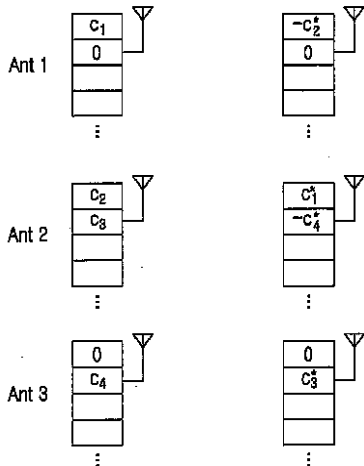
【 図 7 】



【 図 9 】

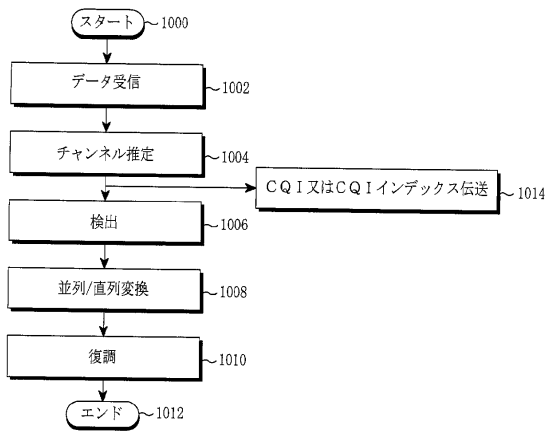


【 図 8 】



[Fig. 8]

【図10】



フロントページの続き

- (72)発明者 チャン・ビョン・チェ
大韓民国・ソウル・スンドン・グ・ヘンダン・2・ドン・(番地なし)・デリム・アパート・イー
-ピョウンハンセサン
- (72)発明者 スン・リュル・ユン
大韓民国・ギョンギ・ド・スウォン・シ・ヨントン・グ・ヨントン・ドン・(番地なし)・ビョク
ジョクゴル・8ダンジ・アパート・# 8 1 1 - 8 0 6
- (72)発明者 ホン・シル・ジョン
大韓民国・ソウル・クワナク・グ・ナンヒョン・ドン・6 0 2 - 1 4 9 ・ # 2 0 5
- (72)発明者 ウォン・イル・ロー
大韓民国・ギョンギ・ド・ヨンイン・シ・シンボン・ドン・(番地なし)・ニューエルジー1チャ
ヴィレッジ・# 1 1 2 - 9 0 4
- (72)発明者 ドン・セク・パク
大韓民国・ギョンギ・ド・ヨンイン・シ・キフン・ウプ・スチュン・リ・(番地なし)・エスケー
・アパート・# 1 0 7 - 1 8 0 2
- (72)発明者 ジェ・ヨル・キム
大韓民国・ギョンギ・ド・スウォン・シ・ヨントン・グ・メタン・4・ドン・(番地なし)・サム
スン・3チャ・アパート・# 3 - 4 0 8
- (72)発明者 ジョン・テ・オウ
大韓民国・ギョンギ・ド・ヨンイン・シ・プンドウクチョン・ドン・(番地なし)・サミク・アパ
ート・# 1 0 4 - 4 0 7
- (72)発明者 キュン・ビョン・コウ
大韓民国・ギョンギ・ド・フワスン・シ・テアン・ウプ・ビョンジョム・リ・(番地なし)・ジュ
ゴンアパート・4ダンジ・# 4 0 1 - 9 0 2

審査官 石田 昌敏

- (56)参考文献 国際公開第03/101029(WO, A1)
特開2004-112471(JP, A)
特開2004-040232(JP, A)
特開2004-222282(JP, A)
特開2004-135342(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B 7/00-7/12
H04J 11/00-13/06