

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4955183号
(P4955183)

(45) 発行日 平成24年6月20日 (2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月23日 (2012.3.23)

(51) Int. Cl. F I
HO 3 M 13/23 (2006.01) HO 3 M 13/23
HO 4 L 1/00 (2006.01) HO 4 L 1/00 B

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2002-500541 (P2002-500541)	(73) 特許権者	595020643
(86) (22) 出願日	平成13年6月4日 (2001.6.4)		クァアルコム・インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2003-535548 (P2003-535548A)		QUALCOMM INCORPORATED
(43) 公表日	平成15年11月25日 (2003.11.25)		ED
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/018252		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92
(87) 国際公開番号	W02001/093431		121-1714、サン・ディエゴ、モア
(87) 国際公開日	平成13年12月6日 (2001.12.6)		ハウス・ドライブ 5775
審査請求日	平成20年6月4日 (2008.6.4)	(74) 代理人	100084618
(31) 優先権主張番号	09/587, 168		弁理士 村松 貞男
(32) 優先日	平成12年6月2日 (2000.6.2)	(74) 代理人	100092196
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 橋本 良郎
(31) 優先権主張番号	09/612, 158	(74) 代理人	100095441
(32) 優先日	平成12年7月7日 (2000.7.7)		弁理士 白根 俊郎
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システムにおいてコードシンボルをパンクチャする方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通信システム中でシンボルをパンクチャする方法において、

(a) Nシンボルの容量を持つフレームに適合されるべきシンボル数 S を受信し、ここで S は N よりも大きく、

(b) 残りのパンクチャされていないシンボルがフレームに適合するように、S 受信シンボルの中からパンクチャされるべきシンボル数 P を決定し、

(c) アキュムレータ値を数 S よりも小さいかまたは等しい数に初期化し、

(d) アキュムレータ値が数 S よりも大きいかまたは等しい場合に、アキュムレータ値から数 S を減算して、シンボルインデックス i に対応するシンボルをパンクチャし、

(e) シンボルインデックス i をインクリメントし、

(f) 数 P だけアキュムレータ値をインクリメントし、

(g) 数 S に等しい回数、ステップ (d) - (f) を反復することを含む方法。

【請求項 2】

通信システム中でシンボルをパンクチャする方法において、

Nシンボルの容量を持つフレームに適合されるべきシンボル数 S を受信し、ここで S は N よりも大きく、

残りのパンクチャされていないシンボルがフレームに適合するように、S 受信シンボルの中からパンクチャされるべきシンボル数 P を決定し、

モジュロ S アキュムレータ値を数 S よりも小さいかまたは等しい数に初期化し、

シンボルインデックス i に対応するシンボルをパンクチャし、
 数 S に等しい回数、シンボルインデックス i をインクリメントし、かつ、数 P だけモジュロ S アキュムレータ値をインクリメントし、
 モジュロ S アキュムレータ値が減少される毎にシンボルインデックス i に対応するシンボルをパンクチャすることを含む方法。

【請求項 3】

最初のシンボルをパンクチャする前にモジュロ S アキュムレータ値を S に初期化することをさらに含む請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

通信システム中で使用する送信データプロセッサにおいて、
 複数のデータビットをエンコードして、複数のコードシンボルを発生させるように動作するエンコーダと、

エンコーダと動作可能に結合され、

N シンボルの容量を持つフレームに適合されるべきシンボル数 S を受信し、ここで S は N よりも大きく、

残りのパンクチャされていないシンボルがフレームに適合するように、 S 受信シンボルの中からパンクチャされるべきシンボル数 P を決定し、

モジュロ S アキュムレータ値を数 S よりも小さいかまたは等しい数に初期化し、

シンボルインデックス i に対応するシンボルをパンクチャし、

数 S に等しい回数、シンボルインデックス i をインクリメントし、かつ、数 P だけモジュロ S アキュムレータ値をインクリメントし、

モジュロ S アキュムレータ値が減少される毎にシンボルインデックス i に対応するシンボルをパンクチャするように動作するシンボルパンクチャエレメントとを具備する送信データプロセッサ。

【請求項 5】

シンボルパンクチャエレメントは、最初のシンボルをパンクチャする前にモジュロ S アキュムレータ値を S に初期化するようにさらに構成されている請求項 4 記載の送信データプロセッサ。

【請求項 6】

通信システム中で使用する送信データプロセッサにおいて、
 プロセッサと、

プロセッサに結合され、

N シンボルの容量を持つフレームに適合されるべきシンボル数 S を受信し、ここで S は N よりも大きく、

残りのパンクチャされていないシンボルがフレームに適合するように、 S 受信シンボルの中からパンクチャされるべきシンボル数 P を決定し、

モジュロ S アキュムレータ値を数 S よりも小さいかまたは等しい数に初期化し、

シンボルインデックス i に対応するシンボルをパンクチャし、

数 S に等しい回数、シンボルインデックス i をインクリメントし、かつ、数 P だけモジュロ S アキュムレータ値をインクリメントし、

モジュロ S アキュムレータ値が減少される毎にシンボルインデックス i に対応するシンボルをパンクチャするためにプロセッサにより実行可能な 1 組の命令を含む記憶媒体とを具備する送信データプロセッサ。

【請求項 7】

1 組の命令は、最初のシンボルをパンクチャする前にモジュロ S アキュムレータ値を S に初期化するためにプロセッサによりさらに実行可能である請求項 6 記載の送信データプロセッサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

20

30

40

50

本発明はデータ通信に関する。特に、本発明はコードシンボルをパンクチャして通信システムにおいて改善された性能を提供する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

典型的なデジタル通信システムでは、データは、送信機ユニットにおいて処理され、変調され、調整されて、変調信号が発生され、この変調信号は1つ以上の受信機ユニットに送信される。データ処理には、例えばデータを特定のフレームフォーマットにフォーマットすること、フォーマットデータを特定のコーディングスキームでエンコーディングして、受信機ユニットにおけるエラー検出および/または訂正を提供すること、コードシンボルのいくつかをパンクチャ(すなわち削除)して特定のフレームサイズに適合させること、
10 エンコードデータをチャンネル化(すなわちカバー)すること、およびチャンネル化データをシステム帯域幅に拡散することが含まれる。典型的にデータ処理は、実現されるシステムまたは標準規格により規定される。

【0003】

受信機ユニットにおいて、送信信号が受信され、調整され、復調され、デジタル的に処理されて、送信データが回復される。受信機ユニットにおける処理は送信機ユニットにおいて実行されるものと相補的であり、例えば受信サンプルを逆拡散すること、逆拡散サンプルをデカバーすること、パンクチャされたシンボルの代わりに“消去”を挿入すること、
20 およびシンボルをデコーディングして送信データを回復することが含まれる。

【0004】

デジタル通信システムは一般的に畳み込みコードまたはターボコードを使用して、受信機ユニットにおいてエラー訂正能力を提供する。送信エラーを訂正する能力はデータ送信の信頼性を向上させる。従来、畳み込みおよびターボコーディングは特定の多項式生成器マトリクスを使用して実行され、このマトリクスは各入力データビットに対して特定数のコードシンボル(例えば2、3またはそれ以上のコードシンボル)を発生させる。例えば、
レート1/2エンコーダは各データビットに対して2つのコードシンボルを発生させる。

【0005】

複数のアクセス通信システムは一般的に予め定められたサイズのフレームまたはパケットでデータを送信し、アクティブユーザ間のシステムリソースを有効に共有できるようにする。例えば、通信システムの中には基本フレームサイズの複数倍であるフレームサイズ(例えば、
30 $768 \cdot K$ ビット、ここで $K = 1, 2, \dots$)をサポートするものもある。効率化のために、通信システムの中には複数のデータレートもサポートするものもある。多数の要因に基づいて、可変数のデータビット(すなわち X)がエンコーダに提供され、エンコーダはコードシンボルの対応した数を発生させる(例えば $2X$)。

【0006】

ある例では、発生されるコードシンボルの数はフレーム容量に正確に等しくない。その後、シンボル反復とパンクチャ処理が使用されて、発生されたコードシンボルを特定サイズのフレームに適合させる。例えば、コードシンボルの数がフレーム容量よりも少ない場合には、いくつかあるいはすべてのコードシンボルが特定の回数、反復(すなわち複製)される。逆に、または付加的に、シンボル反復後、コードシンボルの数がフレーム容量より
40 多い場合には、いくつかのコードシンボルが削除(すなわちパンクチャ)される。

【0007】

コードシンボルをパンクチャする1つの従来方法は、要求された数のシンボルパンクチャが達成されるまで、 D 番目のシンボル毎に1つのシンボルを規則正しくパンクチャする。残りのシンボルは無修正のまま送られる。ある状況では、この方法はフレーム全体にわたってシンボルを不均一にパンクチャすることになる。このことは、さらに多くのシンボルがフレームの1つの部分でパンクチャされ、フレームの他の何らかの部分では、より少ないシンボルがパンクチャされるかまたはまったくシンボルがパンクチャされないことになる。シンボルが不均一にパンクチャされたとき、性能が損なわれるかもしれない。

【0008】

10

20

30

40

50

理解できるように、改善された性能を提供する方法でシンボルをパンクチャするのに使用できる技術が非常に望まれている。

【 0 0 0 9 】

本発明はフレーム全体にわたってシンボルパンクチャのさらに均一な分散を達成する、シンボルをパンクチャするさまざまな技術を提供する。このことは改善されたシステム性能をもたらすことができる。一般的に、多数のパンクチャ距離が計算され、要求されたシンボルパンクチャが計算された距離を使用して実行される。パンクチャ距離はシンボルパンクチャの周期として規定することができる。パンクチャ距離を適切に選択し、適当な時間に選択された距離を使用することにより、所要のパンクチャ結果を達成することができる。

10

【 0 0 1 0 】

本発明の実施形態は通信システム（例えば、CDMA - 2000、W-CDMA、または1XTRIME標準規格に準拠するシステム、これらは以下に識別されている）においてシンボルをパンクチャする方法を提供する。この方法にしたがうと、Nシンボルの容量を持つフレームに対してSシンボルが受信され、SはNよりも大きい。残りのパンクチャされないシンボルがフレームに適合するように、S受信シンボルからPシンボルをパンクチャする必要がある。多数のパンクチャ距離、D1ないしDNはS受信シンボルとPシンボルパンクチャに基づいて計算される。次に、特定数のシンボルパンクチャがそれぞれ計算されたパンクチャ距離に対して決定される。P1ないしPNシンボルパンクチャは、それぞれD1ないしDNのパンクチャ距離でそれぞれ実行される。さらに均一な分散のシンボルパンクチャに対して、距離D1ないしDNのそれぞれは、以下に規定する最小パンクチャ距離Dmin以上に選択することができる。

20

【 数 1 】

$$D_{\min} = \left\lfloor \frac{S}{P} \right\rfloor, \text{ ここで } \lfloor \cdot \rfloor \text{ はフロア演算子を表す。}$$

【 0 0 1 1 】

簡単な構成では、以下のように、2つのパンクチャ距離D1およびD2はSおよびPに基づいて計算することができる。

30

【 数 2 】

$$D1 = \left\lfloor \frac{S}{P} \right\rfloor, \text{ および}$$

$$D2 = \begin{cases} D1 \text{ もし } D1 * P = S \\ D1 + 1 \text{ さもなければ} \end{cases}$$

40

【 0 0 1 2 】

P1およびP2は以下のように計算することができる。

【 数 3 】

$$P2 = S - P * D1, \text{ および}$$

$$P1 = P - P2$$

【 0 0 1 3 】

シンボルパンクチャは、(1) どのシンボルをパンクチャすべきかを決定するのに使用される $D 1$ または $D 2$ のパンクチャ距離のいずれかを選択し、次に (2) 選択されたパンクチャ距離に基づいて次のシンボルをパンクチャし、(3) 選択されたパンクチャ距離に基づいて $P 1$ または $P 2$ をデクリメントすることにより達成することができる。ステップ (1) ないし (3) は、すべての $P 1$ および $P 2$ シンボルパンクチャが達成されるまで反復させることができる。 $D 2$ の距離における $P 2$ シンボルパンクチャの中で、 $D 1$ の距離において $P 1$ シンボルパンクチャが分散されるように、パンクチャ距離を選択することができる。例えば、 $P 2$ 対する $P 1$ の比が R に等しい場合、平均で、 $D 2$ の距離における各シンボルパンクチャに対して、 $D 1$ の距離において R シンボルパンクチャが実行されるように、パンクチャ距離を選択することができる。代わりに、 $D 1$ の距離における $P 1$ シンボルパンクチャを実行することができ、その後 $D 2$ の距離における $P 2$ シンボルパンクチャが続く。この方法を使用して、改善された性能を提供することができるパンクチャ距離 $D 1$ および $D 2$ のリッチセットパターンを提供することができる。

10

20

【 0 0 1 4 】

2つのパンクチャ距離の上記概念は、 N パンクチャ距離が計算されて使用される一般的なケースに適用することができる。それぞれ計算された距離におけるシンボルパンクチャは、他の距離におけるシンボルパンクチャとともに実行または分散させることができる。

【 0 0 1 5 】

シンボルパンクチャ前に、コードシンボルを反復して、 S 受信シンボルを発生させているかもしれない。例えば、 $CDMA - 2000$ システムでは、各コードシンボルは M 回反復され、 M は 1 以上の整数であり、 S が N 以上であるように選択される。また、コードシンボルは一般的に、特定のコーディングスキーム (例えば、畳み込みまたはターボコード) で多数のデータビットをコーディングすることにより発生される。

30

【 0 0 1 6 】

本発明の他の実施形態は、通信システムにおいてシンボルをデコーディングする方法を提供する。この方法にしたがうと、 N シンボルが最初に受信される。 S シンボルにおいて P シンボルパンクチャが実行されて、 N 受信シンボルが発生されているかが決定される。多数のパンクチャ距離、 $D 1$ ないし $D N$ が S および P に基づいて計算され、 $D 1$ ないし $D N$ の距離における $P 1$ ないし $P N$ シンボルパンクチャもそれぞれ決定される。 S シンボルをパンクチャして N 受信シンボルを発生させるために使用されるパンクチャパターンが、それぞれ $D 1$ ないし $D N$ の距離における $P 1$ ないし $P N$ シンボルパンクチャに基づいて導出される。導出されたパンクチャパターンに基づいて N 受信シンボルの中に P 消去を挿入して S 回復シンボルを発生させ、これらは特定のデコーディングスキームでデコードされる。再度説明すると、消去 / シンボルパンクチャのさらに均一な分散のために、距離 $D 1$ ないし $D N$ のそれぞれを先に規定した最小パンクチャ距離 D_{min} 以上に選択することができる。

40

【 0 0 1 7 】

本発明のさらに別の実施形態は通信システムにおいて使用するための送信データプロセッサを提供する。送信データプロセッサには、シンボルパンクチャエレメントに結合されたエンコーダが含まれる。エンコーダはデータビットを受信してコード化し、コードシンボ

50

ルを発生させる。シンボルパンクチャエレメントは、(1) Nシンボル容量を持つフレームに対してSシンボルを受信し、SはNよりも大きく、(2) 残りのパンクチャされていないシンボルがフレームに適合するように、S受信シンボルからパンクチャされるべきPシンボルを決定し、(3) SおよびPに基づいてパンクチャ距離D1ないしDNを計算し、(4) それぞれ距離D1ないしDNにおいて実行されるP1ないしPNシンボルパンクチャを決定し、(5) それぞれパンクチャ距離D1ないしDNでS受信シンボルにP1ないしPNシンボルパンクチャを実行する。シンボルパンクチャエレメントは上述したさまざまな機能(例えば、フレーム全体に対してP1およびP2パンクチャを分散させる)を実現するように設計することができる。再度説明すると、パンクチャ距離D1ないしDNのそれぞれを先に規定した最小パンクチャ距離Dmin以上に選択することができる。

10

【0018】

送信データプロセッサには、エンコーダおよびシンボルパンクチャエレメントに結合するシンボル反復エレメントをさらに含めることができる。シンボル反復エレメントはエンコーダからコードシンボルを受信し、各受信コードシンボルをM回反復して、Sシンボルを発生させ、Mは1以上の整数である。

【0019】

本発明のさらに他の実施形態は通信システムにおいて使用するための受信機ユニットを提供する。受信機ユニットには、カスケードに結合された、受信機、復調器、受信データプロセッサが含まれている。受信機は変調信号を受信して処理し、各受信フレームに対して多数のサンプルを提供する。復調器はサンプルを処理して、各受信フレームに対してNシンボルを提供する。受信データプロセッサは、(1) Nシンボルを受信し、(2) SシンボルにおいてPシンボルパンクチャが実行されてN受信シンボルが発生されているかを決定し、(3) SおよびPに基づいて、多数のパンクチャ距離D1ないしDNを計算し、(4) それぞれ距離D1ないしDNにおいて実行されているP1ないしPNシンボルパンクチャを決定し、(5) SシンボルをパンクチャしてN受信シンボルを発生させるのに使用される(例えば、D1ないしDN、およびP1ないしPNに基づく)パンクチャパターンを導出し、(6) 導出されたパンクチャパターンにしたがってN受信シンボルの中にP消去を挿入してS回復シンボルを発生させ、(7) 特定のデコーディングスキームでS回復シンボルをデコードする。

20

【0020】

本発明の1つの観点では、通信システムにおいてシンボルをパンクチャするための方法が提供される。この方法には、SがNよりも大きいとして、Nシンボルの容量を持つフレームに適合されるべき多数のシンボルSを受信し；残りのパンクチャされていないシンボルをフレームに適合させるようにS受信シンボルの中からパンクチャすべき多数のシンボルPを決定し；シンボルをパンクチャし；数Sに等しい回数、数PだけモジュロSアキュムレータ値をインクリメントし；モジュロSアキュムレータ値が減少される毎に他のシンボルをパンクチャすることが含まれていると有効である。

30

【0021】

本発明の他の観点では、通信システムにおいて使用するための送信データプロセッサが提供される。送信データプロセッサには、複数のデータビットをエンコードして、複数のコードシンボルを発生させるように動作するエンコーダと；エンコーダと動作可能に結合され、Nシンボルの容量を持つフレームに適合されるべき多数のシンボルSを受信し、ここでSはNよりも大きく、残りのパンクチャされていないシンボルがフレームに適合するように、S受信シンボルの中からパンクチャされるべき多数のシンボルPを決定し、シンボルをパンクチャし、数Sに等しい回数、数PだけモジュロSアキュムレータ値をインクリメントし、モジュロSアキュムレータ値が減少される毎に他のシンボルをパンクチャするように動作するシンボルパンクチャエレメントとが含まれていると有効である。

40

【0022】

本発明の他の観点では、通信システムにおいて使用するための送信データプロセッサが提供される。送信データプロセッサには、プロセッサと；プロセッサに結合され、Nシンボ

50

ルの容量を持つフレームに適合されるべき多数のシンボルSを受信し、ここでSはNよりも大きく、残りのパンクチャされていないシンボルがフレームに適合するように、S受信シンボルの中からパンクチャされるべき多数のシンボルPを決定し、シンボルをパンクチャし、数Sに等しい回数、数PだけモジュロSアキュムレータ値をインクリメントし、モジュロSアキュムレータ値が減少される毎に他のシンボルをパンクチャするためにプロセッサにより実行可能な1組の命令を含む記憶媒体とが含まれていると有効である。

【0023】

本発明の他の観点では、通信システムにおいてシンボルをパンクチャするための方法が提供される。この方法には、(a) Nシンボルの容量を持つフレームに適合されるべき多数のシンボルSを受信し、ここでSはNよりも大きく；(b) 残りのパンクチャされていないシンボルがフレームに適合するように、S受信シンボルの中からパンクチャされるべき多数のシンボルPを決定し；(c) アキュムレータ値が数Sよりも大きいかまたは等しい場合に、アキュムレータ値から数Sを減算し；(d) シンボルをパンクチャし；(e) 数Pだけアキュムレータ値をインクリメントし；(h) 数Sに等しい回数、ステップ(c) - (e)を反復することが含まれていると有効である。

10

【0024】

本発明の他の観点および実施形態を以下に説明する。

【0025】

本発明の特徴、目的および効果は、同一の参照文字が全体を通して対応したものを識別している図面を考慮すると、以下に記述されている詳細な説明からさらに明らかになるであろう。

20

【0026】

【発明の実施の形態】

図1は本発明が実現される通信システム100の実施形態の単純化されたブロック図である。送信機ユニット110では、トラフィックデータが、一般的にフレームまたはパケットで、データ源112から送信(TX)データプロセッサ114に送信される。TXデータプロセッサ114は、特定の処理スキームにしたがってデータをフォーマット、エンコードおよびインターリーブ(すなわち再順序付け)する。TXデータプロセッサ114は信号および制御データ(例えば、パイロットおよび電力制御データ)をさらに処理する。変調器(MOD)116は処理されたデータを受け取って、チャンネル化(すなわちカバー)し、そして拡散して、アナログ信号に変換されるシンボルを発生させる。アナログ信号は、送信機(TMTR)118によりフィルタされ、直角位相変調され、増幅され、アップコンバートされて、変調信号が発生される。この変調信号はアンテナ120を通して1つ以上の受信機ユニットに送信される。

30

【0027】

受信機ユニット130において、送信信号がアンテナ132により受信され、受信機(RCVR)134に提供される。受信機134内では、受信信号が増幅され、フィルタされ、ダウンコンバートされ、直角位相復調され、デジタル化されて、データサンプルが提供される。サンプルは、復調器(DEMOD)136により、逆拡散され、デカバーされ、復調されて、復調されたシンボルが発生される。受信(RX)データプロセッサ138は復調されたシンボルを再順序付けし、デコードして、送信データを回復する。復調器136およびRXデータプロセッサ138により実行される処理は、送信機ユニット110において実行される処理と相補的である。回復されたデータはデータシンク140に提供される。

40

【0028】

上述した信号処理は一方向で、音声、ビデオ、パケットデータ、メッセージングの送信、および他のタイプの通信をサポートする。二方向通信システムは双方向データ送信をサポートする。しかしながら、他の方向に対する信号処理は簡単にするために図1には示されていない。

【0029】

50

通信システム100は、コード分割多元接続(CDMA)通信システム、時分割多元接続(TDMA)通信システム(例えば、GSMシステム)、周波数分割多元接続(FDMA)通信システム、あるいは地上リンクを通してユーザ間の音声およびデータ通信をサポートする他の多元接続通信システムであってもよい。

【0030】

多元接続通信システムにおいてCDMA技術を使用することは、“衛星または地上中継器を使用するスペクトル拡散多元接続通信システム”と題する米国特許第4,901,307号、および“CDMAセルラ電話システムにおいて波形を発生させるシステムおよび方法”と題する米国特許第5,103,459号で開示されている。他の特定CDMAシステムは“高レートパケットデータ送信のための方法および装置”と題し、1997年11月3日に開示された米国特許出願第08/963,386号(以下HDRシステムと呼ぶ)に開示されている。これらの特許および特許出願は本発明の譲受人に譲渡され、参照によりここに組み込まれている。

10

【0031】

CDMAシステムは一般的に、“デュアルモードワイドバンドスペクトル拡散セルラシステムに対するTIA/EIA/IS-95-A移動局-基地局互換性標準規格”(以下、IS-95-A標準規格と呼ぶ)、“デュアルモードワイドバンドスペクトル拡散セルラ移動局に対するTIA/EIA/IS-98勧告最小標準規格”(以下、IS-98標準規格と呼ぶ)、“第3世代パートナーシッププロジェクト”(3GPP)と称する協会により提示され、文書番号3G-TS25.211、3G-TS25.212、3G-TS25.213および3G-TS25.214を含む文書セットに具現化されている標準規格(以下、W-CDMA標準規格と呼ぶ)、および“cdma2000スペクトル拡散システムに対するTR-45.5物理レイヤ標準規格”(以下、CDMA-2000標準規格と呼ぶ)のような、1つ以上の標準規格に準拠するように設計されている。新しいCDMA標準規格が継続的に提案されており、使用のために採用されている。これらのCDMA標準規格は参照によりここに組み込まれている。

20

【0032】

図2はTXデータプロセッサ114の実施形態のブロック図である。TXデータプロセッサ114は本発明のいくつかの実施形態を実現するように設計することができる。トラフィックデータがフレームフォーマッタ212により(再度説明すると、一般的にフレームまたはパケットで)受信される。フレームフォーマッタ212は特定の方法で各受信フレームをフォーマットする。例えば、フレームフォーマッタ212は各データフレームに巡回冗長検査(CRC)コーディングを実行し、CRCビットをフレームに付加することができる。フレームフォーマッタ212は一般的に多数のコードテールビットを各フレームの最後にさらに付加する。コードテールビットは一般的にゼロの値を持ち、フレームがコード化された後に、既知の状態(例えば、すべてゼロ)に後続エンコーダをセットするために使用される。他のフレームフォーマット機能もフレームフォーマッタ212により実行されてもよい。

30

【0033】

フォーマットされたフレームはエンコーダ214に提供される。エンコーダ214は各フレームを特定のコーディングスキームでコード化して、コードシンボルの対応するフレームを発生させる。例えば、エンコーダ214はデータフレームの畳み込みまたはターボコーディングを実行してもよい。使用される特定のコーディングスキームは実現される特定のシステムまたは標準規格に依存し、選択可能であってもよい(例えば、異なるコーディングスキームを異なるタイプのサービスに使用してもよい)。CDMA-2000およびW-CDMAシステムに対して使用されるコーディングスキームは、先に言及した標準規格文書で詳細に説明されている。

40

【0034】

コード化フレームはシンボル反復器216に提供される。特定フレームに対して発生されたコードシンボルの数、およびフレーム容量に依存して、ゼロ以上のシンボルが反復され

50

る。例えば、CDMA-2000標準規格にしたがうと、特定フレームにおける各シンボルは整数回（すなわち、 $M = 1, 2, 3$ など）反復され、反復後のシンボル数がフレーム容量を最小に越えるように整数 M は選択される。したがって、 L コードシンボルが特定フレームに対してエンコーダ214により発生され、フレームが N シンボル（ここで $N > L$ ）の容量を持つ場合に、フレーム中の各シンボルは M 回反復される。ここで M は以下のよう計算される。

【数4】

$$M = \lceil N/L \rceil$$

10

【0035】

以下のシンボルはシーリング演算子を表しており、次に大きい整数を提供する。

【数5】

$\lceil \rceil$

【0036】

例えば、 $N/L = 5.2$ の場合には次の通りになる。

【数6】

$$\lceil N/L \rceil = 6$$

20

【0037】

多くの例では、反復後のコードシンボル数はフレームサイズに等しくない（すなわち、コードシンボル数がフレームの容量を超える）。これが生じるとき、コードシンボルのいくつかは削除（パンクチャ）されるので、結果的なコードシンボル数はフレーム容量に一致する。シンボル反復とパンクチャ処理を以下でさらに詳細に説明する。

【0038】

パンクチャされたフレームはインターリーブ220に提供される。各フレームに対するコードシンボルは一般的に特定の書込順序で（例えば、シーケンシャルに）インターリーブ220に書き込まれる。フレーム全体が記憶された後に、コードシンボルは特定の読取順序で検索される。この特定の読取順序はシンボルの再順序付けを達成するために、書込順序とは一般的に異なっている。再度説明すると、インターリーブスキームは実現される特定のシステムまたは標準規格により一般的に規定される。

30

【0039】

図3は従来のシンボルパンクチャ技術のフローチャートであり、CDMA-2000標準規格において説明されている。最初に、ステップ312において、特定フレームに対して、発生されたコードシンボルの数 S と、要求されたパンクチャの数 P が決定される。図2に戻って参照すると、 S コードシンボルは特定フレームに対してシンボル反復器216により発生される。フレームが N シンボルの容量を持ち、 $S > N$ の場合には、 P シンボルがパンクチャされる。ここで $P = S - N$ である。 P がゼロに等しい場合には、パンクチャは要求されない。さもなければ、ステップ314において、決定されたシンボル数 S とパンクチャ数 P とに基づいて、パンクチャ距離 D が計算される。パンクチャ距離は2つの連続したパンクチャシンボル間のシンボル数にプラス1したものである。ここで最初のパンクチャはフレームの D 番目のシンボルにおいて生じる。例えば、 $D = 3$ の場合には、次のパンクチャの前に2つのパンクチャされていないシンボルが存在する。CDMA-2000標準規格にしたがうと、パンクチャ距離 D は次のように計算される。

40

【数7】

$$D = \left\lfloor \frac{S}{P} \right\rfloor \quad \text{式 (1)}$$

【 0 0 4 0 】

ここで、以下のシンボルはフロアー演算子を示す。これは次に小さい整数を提供する。

【 数 8 】

$$\lfloor \rfloor$$

10

【 0 0 4 1 】

例えば、 $S / P = 5 . 2$ の場合には以下の通りになる。

【 数 9 】

$$\lfloor S/P \rfloor = 5$$

【 0 0 4 2 】

フレーム中のシンボルは計算された距離 D を使用してパンクチャされる。シンボルパンクチャを実施するために、ステップ 3 1 6 において、フレーム中のシンボルがカウントされ、最初のシンボルから開始して、 D 番目のシンボルがパンクチャされる。シンボルがパンクチャされた後、ステップ 3 1 8 において、要求されているパンクチャの数 P がデクリメントされる。ステップ 3 2 0 において、 P すべてのシンボルがパンクチャされたか否かが決定される。この決定は単に $P = 0$ であるか否かをチェックすることにより行うことができる。 P すべてのシンボルがパンクチャされていた場合には、プロセスが終了する。さもなければ、プロセスはステップ 3 1 6 に戻り、再度、先に計算された距離 D に基づいて、他のシンボルがパンクチャされる。

20

【 0 0 4 3 】

図 3 で説明されている従来のシンボルパンクチャ技術は、 S と P の特定の値に依存して、さまざまなパンクチャ結果を提供する可能性がある。特に、パンクチャされたシンボルは S および P の何らかの値に対して、フレームを通して均一に分散されるか、あるいは S および P の他の何らかの値に対してフレームの一部に集中される。これらのさまざまなパンクチャ結果を以下の簡単な例により示す。

30

【 0 0 4 4 】

図 4 は図 3 で説明されている従来のシンボルパンクチャ技術を使用した簡単な例を示す図である。この特定の例では、30 シンボルが発生されるが（すなわち $S = 30$ ）、（この例に対して）20 シンボルのみをフレームに適合させることができる（すなわち $N = 20$ ）。したがって、10 シンボルをパンクチャさせる必要がある（すなわち $P = S - N = 30 - 20 = 10$ ）。式 (1) を使用すると、パンクチャ距離 D は 3 として計算することができる。図 4 に示すように、 X の付いたボックスにより表されている、3 番目のシンボル毎にパンクチャされる。この特定の例では、パンクチャされるシンボルはフレーム全体にわたって均一に分散される。

40

【 0 0 4 5 】

図 5 は従来のシンボルパンクチャ技術を使用するが、 S および P の異なる値に対する、他の簡単な例を示している図である。この特定の例では、31 シンボルが発生され（すなわち $S = 31$ ）、20 シンボルがフレームに適合される（すなわち $N = 20$ ）。したがって、11 シンボルをパンクチャさせる必要がある（すなわち $P = 11$ ）。式 (1) を使用して、パンクチャ距離 D を 2 として計算することができる。図 5 に示すように、11 すべてのシンボルがパンクチャされるまで、 X の付いたボックスにより表されている、2 番目のシンボル毎にパンクチャされる。11 番目のシンボルがパンクチャされた後、残りのシン

50

ボルが修正されずに通される。この特定の例に示されているように、パンクチャシンボルはフレームの前部分に向けて集中される一方、フレームの後部分は変化させずに残されたままである。パンクチャシンボルの不均一な分散は高パンクチャレート（すなわち短いパンクチャ距離 D ）でシンボルをパンクチャすることから生じる。

【 0 0 4 6 】

図 4 および図 5 はさまざまなパンクチャ結果を示しており、これらは従来のパンクチャ技術を使用して得ることができる。コードシンボル S の数を 1 だけ単に増加させる結果として、パンクチャパターンは、図 4 における均一な分散から図 5 における不均一な分散へのパンクチャパターンに変化する。従来のパンクチャ技術はしたがって“クリティカル”ポイントを持ち、このポイントでは、以下の離散的なフロアー演算子のために、 S が 1 だけ増加されたときにパンクチャ距離 D は 1 単位全体だけ変化する。

10

【 数 1 0 】

」

【 0 0 4 7 】

図 5 におけるパンクチャシンボルの不均一な分散は受信機ユニットにおける性能を低下させることがある。シンボルの削除はこれらのシンボルに対する送信電力をゼロに減少させることに等しい。畳み込みコード化データに対して、ビタビデコードが受信機ユニットにおいて使用され、シンボルをデコードする。エラーで受信されたコードシンボルがフレーム全体にわたってさらに均一に拡散されている場合に、ビタビデコードは性能を向上（すなわち、さらに良好なエラー訂正能力）させる。フレームの一部分においてさらに多くのシンボルをパンクチャすることにより、ビタビデコードはフレームのその部分におけるシンボルエラーを訂正できないかもしれない、フレーム全体が消去された（すなわちエラーで受信された）と宣言されるかもしれない。

20

【 0 0 4 8 】

図 6 は本発明のシンボルパンクチャ技術を用いた実施形態のフローチャートである。最初に、ステップ 4 1 2 において、特定のフレームに対して、発生されたコードシンボルの数 S と要求されたパンクチャの数 P が決定される。フレームが N シンボルの容量を持ち、 $S > N$ の場合には、 P シンボルがパンクチャされる。ここで $P = S - N$ である。 P がゼロに等しい場合には、パンクチャは要求されない。さもなければ、ステップ 4 1 4 において、決定されたシンボル数 S とパンクチャの数 P とに基づいて、パンクチャ距離 D が計算される。パンクチャ距離 D は式 (1) を使用して計算することができる。

30

【 0 0 4 9 】

フレーム中のシンボルは計算された距離 D を使用してパンクチャされる。シンボルパンクチャを実行するために、ステップ 4 1 6 において、最初にフレーム中のシンボルが第 1 のシンボルで開始してカウントされ、 D 番目のシンボルがパンクチャされる。シンボルがパンクチャされた後に、ステップ 4 1 8 において、残りのシンボル数が決定され（すなわち、 $S_{n+1} = S_n - D$ ）、要求されたパンクチャの数 P がデクリメントされる（すなわち、 $P_{n+1} = P_n - 1$ ）。ステップ 4 2 0 において、すべての P シンボルがパンクチャされたか否かの決定がなされる。再度説明すると、この決定は単に $P = 0$ であるか否かを単にチェックすることにより行うことができる。すべての P シンボルがパンクチャされていた場合には、プロセスは終了する。さもなければ、プロセスはステップ 4 1 4 に戻り、 S および P に対する更新値に基づいてパンクチャ距離 D が再計算される。ステップ 4 1 6 において、シンボルはそこから進んでカウントされ、 D 番目のシンボルがパンクチャされる。プロセスは、すべての P シンボルがパンクチャされるまで継続する。

40

【 0 0 5 0 】

図 6 に示されているシンボルパンクチャ技術は、各パンクチャ後に“リアルタイム”でパ

50

ンクチャレート（すなわちパンクチャ距離 D ）を再計算する。依然として残っているシンボル数と、依然として実行されるべきパンクチャ数とに基づいて、新しい“パンクチャ距離”（すなわち次のパンクチャまでのシンボル数）が計算される。各計算は新しいパンクチャ距離 D を発生させ、これは残りのシンボルパンクチャを均一に分散させるを試みる。

【 0 0 5 1 】

より明確に理解するために、図 6 で説明されているパンクチャ技術は図 4 に示されている例に適用することができ、図 4 では、31 のコードシンボルが発生され（すなわち $L = 31$ ）、フレームが 20 シンボルの容量を持つ（すなわち $N = 20$ ）。再度説明すると、11 シンボルパンクチャが要求される。表 1 は各パンクチャに対する（すなわち図 6 に示されているループを通る各パスに対する）パラメータ S 、 P および D をリストアップしている。

【表 1】

表 1

パラメータ	S	P	D
開始	31	11	$D = \lfloor 31/11 \rfloor = 2$
第1のパンクチャ後	29	10	$D = \lfloor 29/10 \rfloor = 2$
第2のパンクチャ後	27	9	$D = \lfloor 27/9 \rfloor = 3$
第3のパンクチャ後	24	8	$D = \lfloor 24/8 \rfloor = 3$
第4のパンクチャ後	21	7	$D = \lfloor 21/7 \rfloor = 3$
第5のパンクチャ後	18	6	$D = \lfloor 18/6 \rfloor = 3$
第6のパンクチャ後	15	5	$D = \lfloor 15/5 \rfloor = 3$
第7のパンクチャ後	12	4	$D = \lfloor 12/4 \rfloor = 3$
第8のパンクチャ後	9	3	$D = \lfloor 9/3 \rfloor = 3$
第9のパンクチャ後	6	2	$D = \lfloor 6/2 \rfloor = 3$
第10のパンクチャ後	3	1	$D = \lfloor 3/1 \rfloor = 3$

【 0 0 5 2 】

図 7 は表 1 で説明されているパンクチャ例の結果を示している図である。最初の 2 つのパンクチャに対して、距離が 2 として計算される（すなわち $D = 2$ ）。第 2 のシンボルパンクチャ後に、残りのシンボルが距離 3（すなわち $D = 3$ ）でパンクチャされる。図 5 に示されているパンクチャパターンに対して、図 6 に示されているパンクチャパターンを比較するとき、本発明のシンボルパンクチャ技術がパンクチャされたシンボルのさらに均一な分散をもたらすことを観察することができる。

【 0 0 5 3 】

図 8 は本発明の他のシンボルパンクチャ技術を用いた実施形態のフローチャートである。最初に、ステップ 512 において、特定フレームに対して、発生されたコードシンボルの数 S と要求されているパンクチャの数 P が決定される。再度説明すると、フレームが N シンボルの容量を持ち、 $S > N$ の場合には、 P シンボルがパンクチャされる。ここで $P = S - N$ である。 P がゼロに等しい場合には、パンクチャは要求されない。さもなければ、ステップ 514 において、決定されたシンボル数 S およびパンクチャ数 P に基づいて、2 つのパンクチャ距離 D_1 および D_2 が計算される。

【 0 0 5 4 】

各整数 S および P に対して、以下の式が正しいことを示すことができる。

【数 1 1】

$$P \left\lfloor \frac{S}{P} \right\rfloor \leq S \leq P \left\lceil \frac{S}{P} \right\rceil \quad \text{式 (2)}$$

【0055】

式(2)に基づくと、2つのパンクチャ距離 D1 および D2 は次のように計算することができる。

【数 1 2】

$$D1 = \left\lfloor \frac{S}{P} \right\rfloor, \text{ および} \quad \text{式 (3)}$$

$$D2 = \begin{cases} D1 \text{ もし } D1 * P = S \\ D1 + 1 \text{ さもなければ} \end{cases} \quad \text{式 (4)}$$

10

【0056】

式(3)および(4)から、D1は1つの除演算で計算することができ、D2はD1 + 1として計算することができる。しかしながら、D1およびD2に対する他の値も選択することができ、本発明の範囲内のものである。例えば、D1は以下のものと等しく選ぶことができる。

20

【数 1 3】

$$\lfloor S/P \rfloor$$

【0057】

D2は以下のものと等しく選ぶことができる。

【数 1 4】

$$\lceil S/P \rceil$$

30

【0058】

ステップ516において、パンクチャ距離 D1 を使用してパンクチャ数 P1 と、パンクチャ距離 D2 を使用してパンクチャ数 P2 が計算される。パンクチャ数 P1 および P2 は次のように計算することができる。

【数 1 5】

$$P2 = S - P * D1, \text{ および} \quad \text{式 (5)}$$

$$P1 = P - P2 \quad \text{式 (6)}$$

40

【0059】

パンクチャ距離 D1 および D2 ならびにパンクチャ数 P1 および P2 は以下のことにより関連付けられる。

【数 1 6】

50

$$S = P1 \cdot D1 + P2 \cdot D2$$

式(7)

【0060】

いったん、パンクチャ距離 $D1$ および $D2$ ならびにパンクチャ数 $P1$ および $P2$ が計算されると、ステップ 518 において、計算されたパンクチャ距離の 1 つが選択される。以下に説明するように、さまざまな方法を使用して $D1$ または $D2$ のいずれかを選択することができる。フレーム中のシンボルが選択されたパンクチャ距離を使用してパンクチャされる。再度説明すると、シンボルパンクチャを実行するために、フレーム中のシンボルがカウントされ、ステップ 520 において、フレーム中の最初のシンボルまたは最後にパンクチャされたシンボルから開始して、 $D1$ 番目または $D2$ 番目のシンボルがパンクチャされる。シンボルがパンクチャされた後、ステップ 522 において、どのパンクチャ距離が選択されたかに基づいて、要求されるパンクチャ数 $P1$ または $P2$ がデクリメントされる。特に、 $D1$ が選択された場合には $P1$ がデクリメントされ、 $P2$ が選択された場合には $P2$ がデクリメントされる。

10

【0061】

ステップ 524 において、 $P1$ および $P2$ のすべてのシンボルがパンクチャされたか否かの決定がなされる。この決定は $P1 = 0$ または $P2 = 0$ であるか否かを単にチェックすることにより行うことができる。 $P1$ および $P2$ のすべてのシンボルがパンクチャされていた場合には、プロセスは終了する。さもなければ、プロセスはステップ 518 に戻り、パンクチャ距離の 1 つが選択される。 $P1$ および $P2$ のすべてのシンボルがパンクチャされるまでプロセスは継続する。

20

【0062】

より理解するために、図 8 で説明されているパンクチャ技術は 31 シンボルが発生される（すなわち $S = 31$ ）先に説明した特定の例に適用することができ、20 シンボルをフレームにはめ込み（すなわち $N = 20$ ）、11 シンボルをパンクチャさせる必要がある（すなわち $P = 11$ ）。式(3)および(4)を使用して、パンクチャ距離 $D1$ および $D2$ をそれぞれ次のように計算することができる。

【数17】

$$D1 = \lfloor 31/11 \rfloor = 2, \text{ および}$$

$$D2 = \lceil 31/11 \rceil = 3,$$

30

【0063】

式(5)および(6)を使用して、距離 $D1$ および $D2$ におけるパンクチャ数をそれぞれ次のように計算することができる。

【数18】

$$P2 = 31 - 11 \lfloor 31/11 \rfloor = 9, \text{ および}$$

$$P1 = 11 - 9 = 2,$$

40

【0064】

したがって、2つの距離において2つのパンクチャが実行され、3つの距離において9つのパンクチャが実行される。

50

【 0 0 6 5 】

先に着目したように、さまざまな方法を使用して、次のパンクチャに対して使用するために、パンクチャ距離 D 1 または D 2 のいずれかを選択することができる。1つの実施形態では、パンクチャ距離の1つ（例えば D 1）が選択され、対応した回数（例えば P 1）に対して使用され、他のパンクチャ距離（例えば D 2）が選択され、残りのパンクチャ（例えば P 2）に対して使用される。先の例に対して、2つの距離（D 1）において2つのパンクチャ（P 1）を実行することができ、その後3つの距離（D 2）において9つのパンクチャ（P 2）が続く。

【 0 0 6 6 】

他の実施形態では、パンクチャ距離 D 1 および D 2 が交互に選択され、距離の1つにおけるすべてのパンクチャが達成されるまで使用される。残りのパンクチャが他の距離を使用して実行される。先の例に対して、パンクチャは2、3、2、3、3、3などの距離を使用して実行することができる。

10

【 0 0 6 7 】

さらに他の実施形態では、D 1 の距離における P 1 パンクチャが、D 2 の距離における P 2 間にほぼ分散される。例えば、P 2 に対する P 1 の比が R の場合、距離 D 2 を使用する各パンクチャに対して距離 D 1 を使用して R パンクチャが実行される。先の例に対して、2の距離を使用して2つのパンクチャが実行され、3の距離を使用して9つのパンクチャが実行される。したがって、2の距離における各パンクチャに対して3の距離を使用して4つまたは5つのパンクチャを実行することができる。

20

【 0 0 6 8 】

さらに他の実施形態では、重み付けアルゴリズムを使用して D 1 の距離における P 1 パンクチャを、D 2 の距離における P 2 パンクチャ間に分散させることができる。中間値 $F = P 1 * N 2 - P 2 * N 1$ とする。ここで、N 1 および N 2 はインクリメントカウンタであり、反復循環におけるパンクチャ数を示している。N 1 および N 2 に対する最大値は、パンクチャ距離 P 1 および P 2 がフレーム内で分散されるように選択される。各フレームの始めであって各パンクチャ後に、そして $N 1 + N 2 < P$ の間に、距離 D 2 が選択され、 $F < 0$ の場合に N 2 がインクリメントされる。さもなければ、距離 D 1 が選択され、N 1 が1だけインクリメントされる。

【 0 0 6 9 】

さらに別の実施形態では、シンボルパンクチャがフレーム全体に対して（ほぼ）均一に分散される。この実施形態の1つの特定の構成では、“ラップアラウンド”アキュムレータを使用して値を記憶し、次のパンクチャに対してパンクチャ距離を選択するのに使用することができる。アキュムレータはゼロから B までの範囲の値を記憶するように設計されている。ここで B は一般的に2の累乗（例えば、2 5 6、5 1 2、1 0 2 4 あるいは他の何らかの値）である。B はフレームのサイズよりも大きくあるいは等しく選択することもできる（すなわち $B \geq N$ ）。最初に、パンクチャ P 1 および P 2 の小さい方の値が決定される。累算値 A が、大きい方の P 1 または P 2 値に対する小さい方の P 1 または P 2 値の比として計算され、これが B により乗算される。例えば、 $P 1 = 2$ 、 $P 2 = 9$ 、および $B = 1 0 2 4$ の場合には、 $A = (P 1 / P 2) \cdot B = (2 / 9) \cdot 1 0 2 4 = 2 2 7$ である。その後、各パンクチャ前に、累算値 A がアキュムレータ中の値に加算され、アキュムレータに戻されて記憶される。アキュムレータが値 A による累算の後にラップアラウンドした場合、小さい方の P 1 または P 2 値に対するパンクチャ距離が次のシンボルパンクチャに対して選択される。

30

40

【 0 0 7 0 】

先の例に対して、アキュムレータ中の値は、それぞれ1番目、2番目、3番目、4番目、5番目、6番目、7番目、8番目、9番目、10番目および11番目のシンボルパンクチャの前に、2 2 7、4 5 4、6 8 1、9 0 8、1 1 1、3 3 8、5 6 5、7 9 2、1 0 1 9、2 2 2 および 4 4 9 として計算することができる。パンクチャ距離 D 1 は5番目および10番目のシンボルパンクチャに対して選択される。その理由はアキュムレータがラッ

50

プアラウンドし、それぞれ 1 1 1 および 2 2 2 の値を持つからである。ゼロ以外の値でアキュムレータを初期化することにより、2 の距離における最初のパンクチャを異なるものとするができる。例えば、アキュムレータが 5 1 2 の値で初期化された場合には、2 の距離において 3 番目および 7 番目のパンクチャが実行され、3 の距離において残りのパンクチャが実行される。

【 0 0 7 1 】

図 8 に示されている実施形態に対して、計算コストは低く維持される。特に、ステップ 5 1 4 において、1 つの除算のみを実行して、パンクチャ距離 D 1 および D 2 を計算し、これは図 3 に示されている従来のパンクチャ技術に対するのと同じ数の除算である。したがって、図 8 に示されている実施形態は同等な計算コストで向上した性能をもたらす。

10

【 0 0 7 2 】

図 9 は図 8 に示されているシンボルパンクチャ技術を使用する先に説明したパンクチャ例の結果を示している図である。この図では、1 番目および 6 番目のパンクチャは 2 の距離を使用して実行され、他のパンクチャは 3 の距離を使用して実行される。距離 D 1 および D 2 におけるパンクチャは他のさまざまな方法でも分散させることができ、そのうちのいくつかを先に説明した。

【 0 0 7 3 】

図 8 で説明した発明のシンボルパンクチャ技術を一般化して N パンクチャ距離をカバーすることができる。N パンクチャ距離 D 1 ないし D N を S および P (およびおそらくは他のパラメータ) に基づいて計算して、S コードシンボルをパンクチャするのに使用することができる。改善されたパンクチャ結果 (例えばシンボルパンクチャのさらに均一な分散) のために、距離 D 1 ないし D N のそれぞれを以下に規定するような最小パンクチャ距離 D min よりも大きくまたは等しく選択することができる。

20

【 数 1 9 】

$$D_{\min} = \left\lceil \frac{S}{P} \right\rceil \quad \text{式 (8)}$$

【 0 0 7 4 】

しかしながら、先の条件から外すことも可能であり、これも本発明の範囲内のものである。

30

【 0 0 7 5 】

N パンクチャ距離に対して、パンクチャ距離 D 1 ないし D N のそれぞれで実行されるべきシンボルパンクチャ数が決定される。D 1 ないし D N の距離における P 1 ないし P N シンボルパンクチャはそれぞれ、以下の条件を満足させるように選択される。

【 数 2 0 】

$$P = \sum_{x=1}^N P_x, \text{ および} \quad \text{式 (9)}$$

40

$$S = \sum_{x=1}^N P_x \cdot D_x \quad \text{式 (10)}$$

【 0 0 7 6 】

P 1 ないし P N シンボルパンクチャが D 1 ないし D N の距離においてそれぞれ実行される。

【 0 0 7 7 】

先に着目したように、相補的なプロセスが受信機ユニットにおいて実行され、送信機ユニットにおいて実行されるシンボルパンクチャに対応する。特に、消去 (すなわち “ 分から

50

ない”)がパンクチャされたシンボルの場所に挿入される。消去は後続するデコーディングプロセス中の所定の適切な重み付けである。

【0078】

デコーディング前に、特定フレームに対してNコードシンボルが受信される。Sコードシンボル間で実行されてN受信シンボルを発生させたシンボルパンクチャの数Pが決定される。D1ないしDNのパンクチャ距離数がSおよびPに基づいて計算される。D1ないしDNの距離においてそれぞれ実行されたP1ないしPNシンボルパンクチャも決定される。SシンボルをパンクチャしてN受信シンボルを発生させるのに使用されるパンクチャパターンが、D1ないしDNの距離それぞれにおけるP1ないしPNシンボルパンクチャに基づいて導出される。P消去が導出されたパンクチャパターンに基づいてN受信シンボル間に挿入されてSリカバーシンボルが発生され、特定のデコーディングスキームでデコードされる。再度説明すると、消去/シンボルパンクチャのさらに均一な分散のために、距離D1ないしDNのそれぞれを先に規定した最小パンクチャ距離Dminより大きくまたは等しく選択することができる。

10

【0079】

簡単な例として、D1の距離におけるP1シンボルパンクチャが実行され、それに続いてD2の距離におけるP2シンボルパンクチャが実行される実施形態に対して、受信機ユニットはP1消去を、各D1番目の受信シンボルの後に1つ挿入し、そしてP2消去を、各D2番目の受信シンボルの後に1つ挿入する。Sリカバーシンボルが、送信機ユニットにおいて使用されたコーディングスキームと相補的な特定のデコーディングスキームでデ

20

【0080】

図10は、図3において説明した従来のパンクチャ技術で達成される性能のプロット対、本発明のパンクチャ技術で達成される性能のプロットを示している。性能結果はCDMA-2000におけるフォワードリンク(すなわち基地局からユーザ端末)に対するものである。水平軸は各フレームに対するデータビットおよびCRCビットの数を表している。CDMA-2000システムに対して、さまざまなサイズのフレームが使用するために利用可能であり、フレームサイズは基本フレームサイズの整数倍である(例えば、利用可能なフレームサイズは $768 \cdot K$ 、ここで $K = 1, 2, \dots$ である)。垂直軸は1%のフレームエラーレート(FER)について、総雑音+干渉に対するビット当たりの平均要求エネルギー $E_b / (N_o + I_{oc})$ を表している。

30

【0081】

従来のパンクチャ技術に対するシミュレーション結果が図10における破線610により示されている。結果はほぼ周期的な間隔でいくつかのピークを示している。例えば、ピークはほぼ300、600、1200および2400ビットにおいて観測される。これらのピークは従来のパンクチャ技術により発生される不均一なシンボルパンクチャから生じる。ピークは同じ1%のFERを維持するのに、ビット当たりより高い平均エネルギー E_b が必要なことを表している。

【0082】

本発明のパンクチャ技術に対するシミュレーション結果が図10における実線612により示されている。結果はピークのいくつかにおいて性能の改善を示している。特に、ほぼ0.5 dBおよび1.0 dBの改善が300および600ビットのそれぞれで観測される。

40

【0083】

1つの実施形態において、パンクチャはシンボルパンクチャ数P1およびP2、またはパンクチャ距離D1およびD2を使用することなく実行することが有効かもしれない。アキュムレータは、Sよりも大きいかあるいは等しい値にインクリメントされた後にラップアラウンドされるように構成され、各インクリメントはサイズPであり、ここでPはシンボルパンクチャの所要数であり、Sは受信シンボルの総数であり、Nはシンボルにおけるフレーム容量(すなわち、パンクチャ後に残るシンボル数)である。アキュムレータはした

50

がってモジュロSアキュムレータである。シンボルインデックスは1に初期化することが有効である。シンボルインデックスは、シンボルインデックスが値Sに達するまで、アキュムレータがPだけインクリメントされる毎に、1だけインクリメントされる。プロセスはパンクチャで始まることが有効である。アキュムレータがラップアラウンドする毎に、パンクチャが実行される。しかしながら、当業者はプロセスがパンクチャで開始される必要がないことを容易に理解するであろう。さらに、アキュムレータはSに初期化されることが有効であるが、当業者はアキュムレータが例えばゼロのような任意の値に初期化されてもよいことを理解するであろう。さらに、当業者は、プロセスは代わりに逆で進行してもよく、シンボルインデックスは最初に値Sにセットされ、シンボルインデックスが1に達するまで、アキュムレータがPだけインクリメントされる毎に、1だけデクリメントされることを理解するであろう。

10

【0084】

直前に説明した実施形態の例では、10シンボルが受信され、フレーム容量は7シンボルだけであるので、3シンボルをパンクチャしなければならない。したがって、Pは3であり、Nは7であり、Sは10である。アキュムレータに対する値およびシンボルインデックスを以下の表2に示す。

【表2】

表 2

20

アキュムレータ値 (10に初期化)	シンボルインデックス (1に初期化)
0 (10-10)	パンクチャ(X)
3	2
6	3
9	4
2 (12-10)	パンクチャ(X)
5	6
8	7
1 (11-10)	パンクチャ(X)
4	9
7	10
0	停止

30

【0085】

直前に説明した実施形態にしたがったアルゴリズムステップを図示しているフローチャートを図11に示す。ステップ700において、ACC_VALUEと示されたフィールドは値Sに初期化され、SYMBOL_INDEXと示されたフィールドは1に初期化される。他の実施形態では、ACC_VALUEは例えばゼロのようなS以外の値に初期化される。制御フローはステップ702に進む。ステップ702では、ACC_VALUEが数Sで計算される。ACC_VALUEがSよりも大きいか等しい場合には、制御フローはステップ704に進む。他方、ACC_VALUEがSよりも大きくないかあるいは等しくない場合には、制御フローはステップ706に進む。ステップ704では、ACC_VALUEはSだけデクリメントされる(すなわち、ACC_VALUEはACC_VALUEとSとの間の差に等しいようにセットされる)。制御フローはステップ708に進む。ステップ708では、SYMBOL_INDEXの値に対応するシンボルがパンクチャされる

40

50

。制御フローはステップ706に進む。ステップ706において、ACC__VALUEがPだけインクリメントされる(すなわち、ACC__VALUEはACC__VALUEとPとの合計に等しくセットされる)。制御フローはステップ710に進む。ステップ710では、SYMBOL__IDXは1だけインクリメントされる(すなわち、SYMBOL__IDXはSYMBOL__IDXと1との合計に等しくセットされる)。制御フローはステップ712に進む。ステップ712では、SYMBOL__IDXは値Sと比較される。SYMBOL__IDXがSよりも大きい場合には、制御フローはステップ714に進み、ここでプロセスは停止する。一方、SYMBOL__IDXがSよりも大きくない場合には、制御フローはステップ702に戻り、プロセスは継続する。他の実施形態では、SYMBOL__IDXは値Sに初期化され、アルゴリズムはSYMBOL__IDXが1よりも下に落ちたときに終了する。

10

【0086】

代替実施形態では、ACC__VALUEフィールド(SYMBOL__IDXフィールドではない)に対する図11のフローチャートにおいて、値SおよびPは共通分母Mを持ち、値S/Mが値Sに代わってもよく、値P/Mが値Pに代わってもよい。したがって、ACC__VALUEフィールドはS/Mに初期化され、アキュムレータに対してモジュロS/Mレジスタを使用する。アキュムレータはインクリメント毎にP/Mだけインクリメントされる。アキュムレータ値がS/Mを超える毎に、モジュロS/M演算が実行され、シンボルパンクチャが行われる。

【0087】

20

明確にするために、本発明のいくつかの観点を特にCDMA-2000システムにおけるフォワードリンクに対して説明した。しかしながら、同じ、類似する、または異なるパンクチャスキームを用いる他の通信システムで本発明を使用することもできる。例えば、本発明を使用してW-CDMAシステムおよび他のCDMAシステムにおいてパンクチャを実行することができる。さらに、本発明のシンボルパンクチャ技術をリバースリンク(すなわち、ユーザ端末から基地局)で使用することもできる。本発明のパンクチャ技術を変更して本発明が使用される特定システムまたは標準規格に対してさらに適するようにすることができる。

【0088】

30

本発明のシンボルパンクチャ技術をさまざまな方法で実現することができる。例えば、ここで説明した機能またはその組み合わせを実施するように設計された、1つ以上の特定用途向け集積回路(ASIC)、デジタル信号プロセッサ(DSP)、プログラマブルロジックデバイス(PLD)、制御装置、マイクロ制御装置、マイクロプロセッサ、他の電子ユニット内のハードウェアでパンクチャ技術を実現することができる。代わりに、プロセッサまたは制御装置上で実行されるソフトウェアまたはファームウェアで本発明のパンクチャ技術を実現することができる。ハードウェアとソフトウェアの組み合わせで本発明のパンクチャ技術を実現することもできる。

【0089】

40

好ましい実施形態の先の説明は当業者が本発明を作りおよび使用できるように提供されている。これらの実施形態に対するさまざまな修正は当業者に容易に明らかになるであろう。ここに規定されている一般的な原理は発明能力を使用することなく他の実施形態に適用することができる。したがって、本発明はここに示されている実施形態に制限されることを意図しているものではなく、ここに開示されている原理および新規な特徴と矛盾しない最も広い範囲にしたがうことを意図している。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明が実現される通信システムの単純化されたブロック図である。

【図2】 図2は、本発明のいくつかの実施形態を実現するために設計できる送信データプロセッサのブロック図である。

【図3】 図3は、CDMA-2000標準規格において記載されている従来のシンボルパンクチャ技術のフローチャートである。

50

【図4】 図4は、図3で説明されている従来のシンボルパンクチャ技術を使用する簡単なパンクチャ例を示す図である。

【図5】 図5は、図3で説明されている従来のシンボルパンクチャ技術を使用する簡単なパンクチャ例を示す図である。

【図6】 図6は、本発明のシンボルパンクチャ技術を用いた実施形態のフローチャートである。

【図7】 図7は、図6で説明されているシンボルパンクチャ技術を使用するパンクチャ例を示す図である。

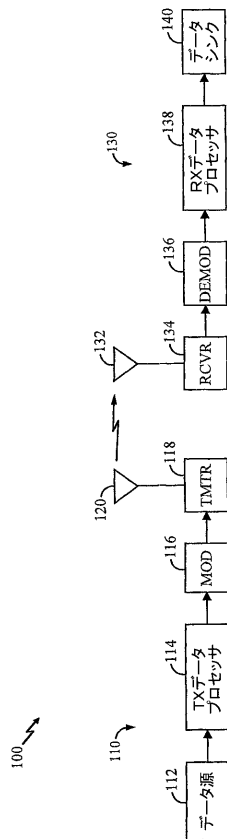
【図8】 図8は、本発明の他のシンボルパンクチャ技術を用いた実施形態のフローチャートである。

【図9】 図9は、図8で説明されているシンボルパンクチャ技術を使用するパンクチャ例を示す図である。

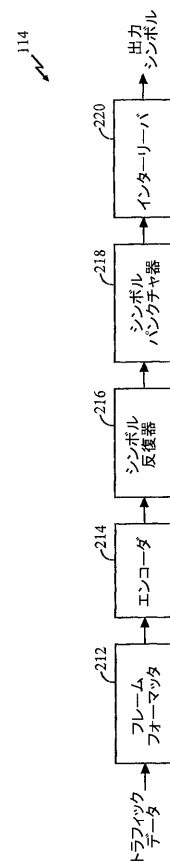
【図10】 図10は、本発明のパンクチャ技術に対する従来のパンクチャ技術で達成される性能のプロットを示す。

【図11】 図11は、パンクチャシンボルの代替方法のフローチャートである。

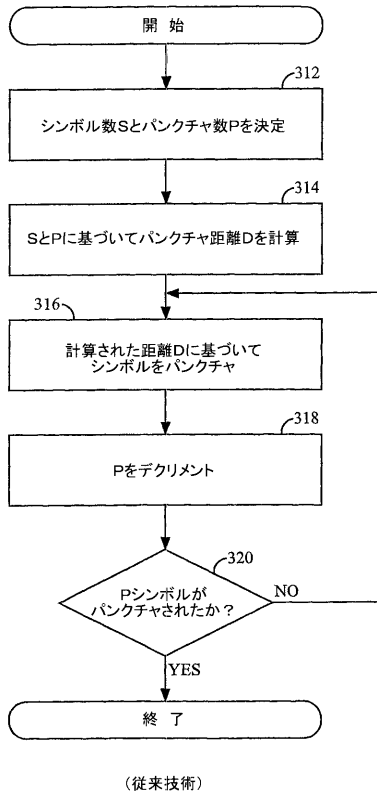
【図1】



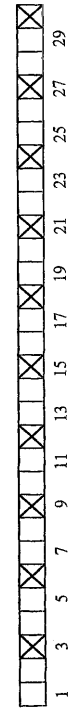
【図2】



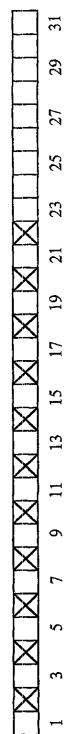
【図3】



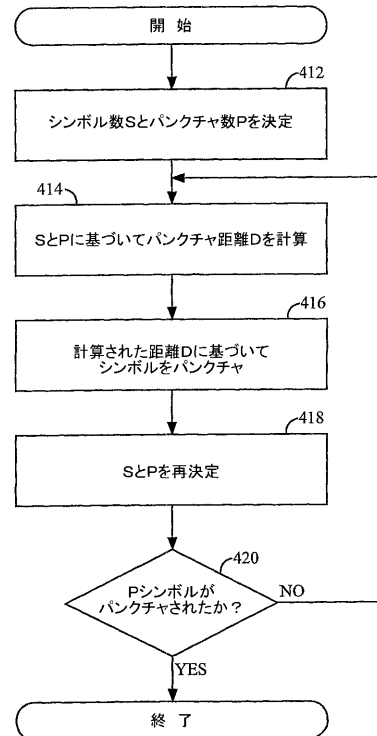
【図4】



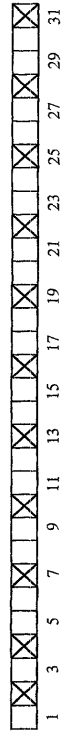
【図5】



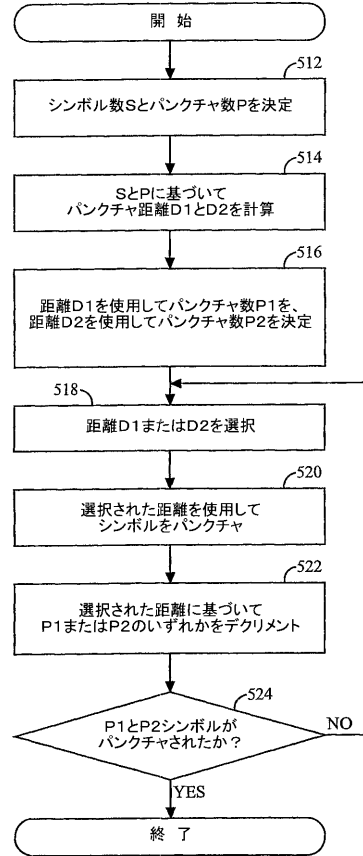
【図6】



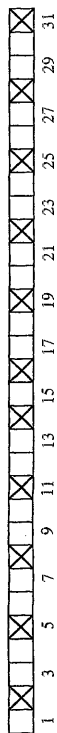
【図7】



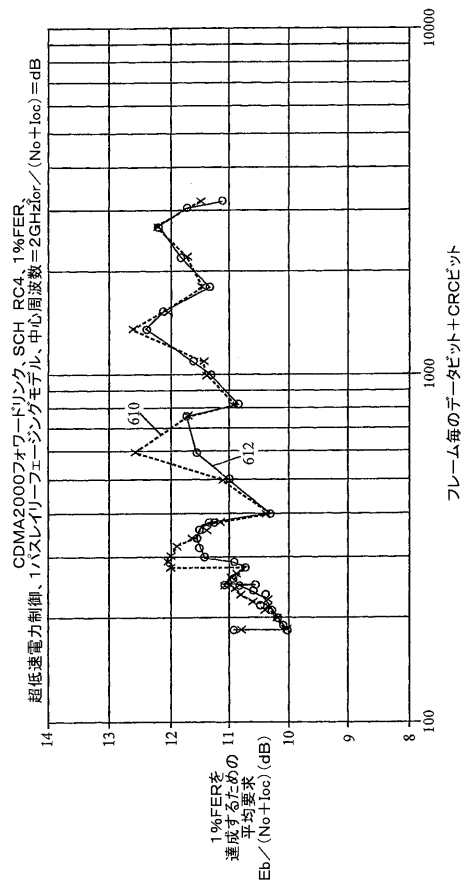
【図8】



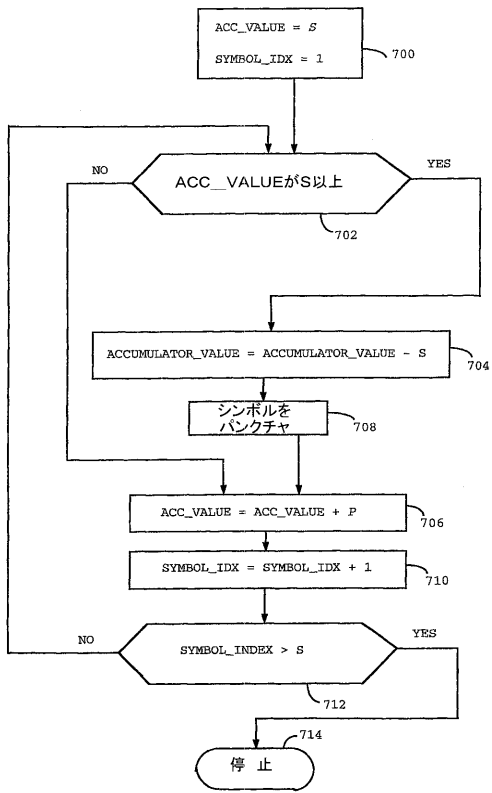
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (72)発明者 ラズーモフ、レオニド
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 0 3 サン・ディエゴ、ナンバー3エヌ、テンス・ア
ベニュー 3 7 0 0
- (72)発明者 リン、フーユン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 3 1 サン・ディエゴ、ウィルズ・クリーク・ロード
1 1 3 8 2

審査官 渡辺 未央子

- (56)参考文献 国際公開第00/021234(WO, A1)
特開平11-239194(JP, A)
特開2000-068862(JP, A)
特表2002-543640(JP, A)
特表2004-501563(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03M 13/23

H04L 1/00