

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5895238号
(P5895238)

(45) 発行日 平成28年3月30日 (2016. 3. 30)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016. 3. 11)

(51) Int. Cl.

H03M 13/29 (2006.01)

F I

H03M 13/29

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2011-263958 (P2011-263958)
 (22) 出願日 平成23年12月1日 (2011. 12. 1)
 (65) 公開番号 特開2013-118445 (P2013-118445A)
 (43) 公開日 平成25年6月13日 (2013. 6. 13)
 審査請求日 平成26年11月7日 (2014. 11. 7)

(73) 特許権者 314012076
 パナソニック I P マネジメント株式会社
 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
 (74) 代理人 110002000
 特許業務法人栄光特許事務所
 (74) 代理人 100119552
 弁理士 橋本 公秀
 (74) 代理人 100138771
 弁理士 吉田 将明
 (72) 発明者 加藤 修
 福岡県福岡市博多区美野島4丁目1番62
 号 パナソニックシステムネットワークス
 株式会社内

審査官 岡 裕之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置、通信方法、及び通信プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

他の通信装置との間で通信を行う通信装置であって、

F E C 符号を構成する情報シンボルを含む情報パケットおよび検査シンボルを含む検査
 パケットを含む受信パケットを受信し、各々のパケットを複数のシンボルに分割する受信
 部と、

前記受信パケットの各パケットが正常受信パケットであるか非正常受信パケットである
 かを検出する第1誤り検出部と、

前記 F E C 符号毎に、前記正常受信パケットに含まれる正常シンボルと前記非正常受信
 パケットに含まれる不確定シンボルとで構成される F E C 復号候補を、前記不確定シンボ
 ルが異なるように複数生成し、第1の誤り訂正を行う第1誤り訂正部と、

前記第1誤り訂正部による複数の前記 F E C 復号候補に対する複数の前記第1の誤り訂
 正の結果のうち、一致した前記第1の誤り訂正の結果に基づいて、前記 F E C 符号を修正
 する第2誤り訂正部と、を備える通信装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の通信装置であって、

前記第1誤り訂正部は、前記第1誤り検出部により誤りが検出されなかった正常受信パ
 ケットの数が前記情報パケットの数未満であり、前記受信パケットの数が前記情報パケ
 ットの数よりも大きい場合、前記 F E C 符号毎に、前記正常受信パケットに含まれるシンボ
 ルである正常シンボルの全てと、前記第1誤り検出部により誤りが検出された非正常受信

10

20

パケットに含まれるシンボルである不確定シンボルの一部と、により構成される前記 F E C 復号候補を、前記不確定シンボルが異なるように複数生成する、通信装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の通信装置であって、

前記 F E C 復号候補のシンボルの数は、前記情報シンボルの数と同数である通信装置。

【請求項 4】

請求項 2 または 3 に記載の通信装置であって、

前記第 2 誤り訂正部は、前記 F E C 符号毎に、前記非正常受信パケットに含まれる前記不確定シンボルの値と、前記一致した前記第 1 の誤り訂正の結果により得られた前記非正常受信パケットに含まれるエラーシンボルの値と、に基づいて、前記他の通信装置により送信された送信パケットに含まれる送信シンボルを算出する通信装置。

10

【請求項 5】

請求項 2 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の通信装置であって、更に、

前記第 2 誤り訂正部により修正されたパケットである修正パケットに対して、第 2 の誤り検出を行う第 2 誤り検出部と、

前記第 2 誤り訂正部は、前記第 2 誤り検出部により誤りが検出されなかった場合、前記修正パケットを前記非正常受信パケットから前記正常受信パケットに変更する通信装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の通信装置であって、

前記第 1 誤り訂正部は、前記第 2 誤り訂正部により前記 F E C 符号が修正された結果、前記正常受信パケットの数が前記情報パケットの数以上となった場合、後続の F E C 符号の前記 F E C 復号候補に対する前記第 1 の誤り訂正を中止し、前記後続の F E C 符号に対する前記第 1 の誤り訂正を行う通信装置。

20

【請求項 7】

F E C 符号を構成する情報シンボルを含む情報パケットおよび検査シンボルを含む検査パケットを含む受信パケットを受信し、各々のパケットを複数のシンボルに分割するステップと、

前記受信パケットの各パケットが正常受信パケットであるか非正常受信パケットであるかを検出するステップと、

前記 F E C 符号毎に、前記正常受信パケットに含まれる正常シンボルと前記非正常受信パケットに含まれる不確定シンボルとで構成される F E C 復号候補を、前記不確定シンボルが異なるように複数生成し、第 1 の誤り訂正を行うステップと、

30

前記第 1 の誤り訂正による複数の前記 F E C 復号候補に対する複数の前記第 1 の誤り訂正の結果のうち、一致した前記第 1 の誤り訂正の結果に基づいて、前記 F E C 符号を修正して第 2 の誤り訂正を行うステップと、

を有する通信方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の通信方法の各ステップをコンピュータに実行させるための通信プログラム。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信装置、通信方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の電子機器では、外部の通信装置との間で行われるデジタル通信処理、デジタル通信により得られたデータや記憶装置に記憶されたデータに施される信号処理において、データの信頼性を確保するために、誤り検出や誤り訂正が一般的に行われる。誤り検出では、データに誤りが発生しているか否かを識別することができる。また、誤り訂正では、データに誤りが発生しているか否かを識別し、さらに誤りのあるデータを訂正することがで

50

きる。

【0003】

誤り検出又は誤り訂正では、 k 単位長 (k ビット等) の符号を、 $n = m + k$ 単位長の符号語に変換するブロック符号と呼ばれる種類のものがある。これを (n 、 k) 符号などと記載する。符号語は、最小ハミング距離が $d > 1$ 、つまり互いに少なくとも d 単位異なっている。この冗長性を利用して、誤り検出や誤り訂正が成される。

【0004】

誤り検出では、符号語あたり $d - 1$ 単位の誤りを検出することができ、誤り訂正では、符号語あたり $\lceil (d - 1) / 2 \rceil$ 単位の誤りを訂正することができる ($\lceil \rceil$ は床関数)。

【0005】

誤り訂正に用いられる符号の1つとして、前方誤り訂正符号 (以下、「FEC (Forward Error Correction) 符号」ともいう) があり、その1つとして、リード・ソロモン符号 (以下、「RS 符号」という) が知られている。RS 符号は、生成と復号が複雑であるので、処理にある程度の時間を要する反面、誤り訂正能力が高く、地上デジタル放送、衛星通信、ADSL、CD、DVD、QRコード等の誤り訂正に応用されている。また、RS 符号では、符号語をシンボルの集まりで表し、各シンボル単位で誤り検出と誤り訂正とを行う。そして、RS 符号は、1つのシンボル内のビットにどれだけ誤りを含んでいても、全体として1シンボルの誤りと認識されるので、連続して起こるビット誤りであるバースト誤りに強いという特性がある。RS 符号の符号語は、例えば $RS(n, k)$ 符号又は単に $RS(n, k)$ と表される。

【0006】

また、RS 符号の誤り訂正において、誤り位置があらかじめ特定されている場合の誤り訂正を消失訂正というが、消失訂正では符号語あたり $n - k$ シンボル以下の誤りまでは正しく誤り訂正できる。

【0007】

FEC 符号を用いた技術の例として、FEC 符号を用いることで、映像データの映像品質を推定することができる映像品質推定装置が知られている (例えば、特許文献 1 参照)。

【0008】

また、情報パケット数 k 、検査パケット数 m 、送信パケット数 $n = k + m$ の場合には、 n 個中任意の $n - k = m$ (個) のパケット損失まで回復可能 (誤り訂正可能) である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】特開 2010 - 187097 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、従来の FEC 符号を用いた誤り訂正では、 n パケット中、正常に受信された正常受信パケットのパケット数が k パケット以上でないと、 k 個の情報パケットを復元できなかった。

【0011】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、誤り訂正能力を向上させることが可能な通信装置、通信方法、及び通信プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の通信装置は、他の通信装置との間で通信を行う通信装置であって、FEC 符号を構成する情報シンボルを含む情報パケットおよび検査シンボルを含む検査パケットを含む受信パケットを受信し、各々のパケットを複数のシンボルに分割する受信部と、前記受信パケットの各パケットが正常受信パケットであるか非正常受信パケットであるかを検出

10

20

30

40

50

する第1誤り検出部と、前記FEC符号毎に、前記正常受信パケットに含まれる正常シンボルと前記非正常受信パケットに含まれる不確定シンボルとで構成されるFEC復号候補を、前記不確定シンボルが異なるように複数生成し、第1の誤り訂正を行う第1誤り訂正部と、前記第1誤り訂正部による複数の前記FEC復号候補に対する複数の前記第1の誤り訂正の結果のうち、一致した前記第1の誤り訂正の結果に基づいて、前記FEC符号を修正する第2誤り訂正部と、を備える。

【0013】

この通信装置によれば、複数のFEC復号候補に対する複数の誤り訂正（第1の誤り訂正）の結果の一致度に基づいて、誤り訂正（第2の誤り訂正）が困難であったFEC符号についても復元をすることができる。このとき、比較的下層（DL層など）で通常破棄されるパケットを利用して、誤り訂正を行うことができる。したがって、誤り訂正能力を向上させることが可能である。

【0014】

本発明の通信装置は、前記第1誤り訂正部が、前記第1誤り検出部により誤りが検出されなかった正常受信パケットの数が前記情報パケットの数未満であり、前記受信パケットの数が前記情報パケットの数以上である場合、前記FEC符号毎に、前記正常受信パケットに含まれるシンボルである正常シンボルの全てと、前記第1誤り検出部により誤りが検出された非正常受信パケットに含まれるシンボルである不確定シンボルの一部と、により構成される前記FEC復号候補を、前記不確定シンボルが異なるように複数生成する。

【0015】

この通信装置によれば、複数のFEC復号候補に対する複数の誤り訂正（第1の誤り訂正）の結果の一致度に基づいて、誤り訂正（第2の誤り訂正）が困難であったFEC符号についても復元をすることができる。したがって、誤り訂正能力を向上させることが可能である。

【0016】

また、本発明の通信装置は、前記FEC復号候補のシンボルの数が、前記情報シンボルの数と同数である。

【0017】

この通信装置によれば、誤り訂正を行うための必要最低限の数のFEC復号候補のシンボルを用いて、誤り訂正を行うことができる。

【0018】

本発明の通信装置は、前記第2誤り訂正部が、前記FEC符号毎に、前記非正常受信パケットに含まれる前記不確定シンボルの値と、前記一致した前記第1の誤り訂正の結果により得られた前記非正常受信パケットに含まれるエラーシンボルの値と、に基づいて、前記他の通信装置により送信された送信パケットに含まれる送信シンボルを算出する。

【0019】

この通信装置によれば、一般的な誤り訂正の演算式を用いながら、誤り訂正が困難であったFEC符号についても復元することができる。

【0020】

また、本発明の通信装置は、前記第2の誤り訂正部により修正されたパケットである修正パケットに対して、第2の誤り検出を行う第2誤り検出部を備え、前記第2誤り訂正部が、前記第2誤り検出部により誤りが検出されなかった場合、前記修正パケットを前記非正常受信パケットから前記正常受信パケットに変更する。

【0021】

この通信装置によれば、第2の誤り訂正により確実にFEC符号が修正されたことを検証することができる。また、同一パケット内の後続のFEC符号についてはエラーシンボルが含まれていないことを確認することができる。

【0022】

また、本発明の通信装置は、前記第1誤り訂正部が、前記FEC符号修正部により前記FEC符号が修正された結果、前記正常受信パケットの数が前記情報パケットの数以上と

10

20

30

40

50

なった場合、後続の F E C 符号の前記 F E C 復号候補に対する前記第 1 の誤り訂正を中止し、前記後続の F E C 符号に対する前記第 1 の誤り訂正を行う。

【 0 0 2 3 】

この通信装置によれば、第 1 の誤り訂正の結果、正常受信パケット数が増加して情報パケット数以上となった場合、一般的な誤り訂正（第 2 の誤り訂正）を行うことができるようになるので、誤り訂正の処理を容易化して演算量を少なくすることができる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明の通信方法は、複数のパケットを受信し、各々のパケットを複数のシンボルに分割するステップと、前記分割されたシンボルに含まれる正常シンボルと不確定シンボルとで構成される F E C 復号候補を用いて、第 1 の誤り訂正を行うステップと、複数の前記第 1 の誤り訂正の結果のうち、一致した結果を用いて、第 2 の誤り訂正を行うステップと、を有する。

【 0 0 2 5 】

この通信方法によれば、複数の F E C 復号候補に対する複数の誤り訂正の結果の一致度に基づいて、誤り訂正が困難であった F E C 符号についても復元をすることができる。このとき、比較的下層（D L C 層など）で通常破棄されるパケットを利用して、誤り訂正を行うことができる。したがって、誤り訂正能力を向上させることが可能である。

【 0 0 2 6 】

また、本発明の通信プログラムは、上記通信方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラムである。

【 0 0 2 7 】

この通信プログラムによれば、複数の F E C 候補に対する複数の誤り訂正の結果の一致度に基づいて、誤り訂正が困難であった F E C 符号についても復元をすることができる。したがって、誤り訂正能力を向上させることが可能である。

【発明の効果】

【 0 0 2 8 】

本発明によれば、誤り訂正能力を向上させることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 9 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態における通信システムの構成例を示す図

【図 2】本発明の第 1 の実施形態における R S 符号の構成例を示す図

【図 3】本発明の第 1 の実施形態における F E C 符号化を説明するための図

【図 4】本発明の第 1 の実施形態における F E C 復号化を説明するための図

【図 5】本発明の第 1 の実施形態における受信処理部および F E C 復号化部の動作例を示すフローチャート

【図 6】本発明の第 1 の実施形態における受信処理部および F E C 復号化部の動作例を示すフローチャート（図 5 の続き）

【図 7】本発明の第 2 の実施形態における通信システムの構成例を示す図

【図 8】本発明の第 2 の実施形態における F E C 符号化を説明するための図

【図 9】本発明の第 2 の実施形態における F E C 復号化を説明するための図

【図 10】本発明の第 2 の実施形態における受信処理部および F E C 復号化部の動作例を示すフローチャート

【図 11】本発明の第 2 の実施形態における受信処理部および F E C 復号化部の動作例を示すフローチャート（図 10 の続き）

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 0 】

以下、本発明の実施形態について、図面を用いて説明する。

【 0 0 3 1 】

本実施形態の通信装置としては、有線 L A N、同軸ケーブル、電力線等の有線を介して通信を行う通信装置、セルラー通信、無線 L A N や B l u e t o o t h（登録商標）等の

10

20

30

40

50

無線を介して通信を行う通信装置、などが考えられる。

【 0 0 3 2 】

また、本実施形態の通信装置は、パケット伝送を行う通信装置であり、テレビ会議システム、監視カメラ映像伝送システム、映像データのダウンロード/アップロードを行うシステム、遠隔授業システム、等における通信装置がある。また、無線通信路のような、パケットエラー率が比較的高い通信路を用いて通信を行う通信装置に、非常に適している。

【 0 0 3 3 】

(誤り訂正、消失訂正の具体的な演算)

本実施形態の通信装置は、誤り訂正、特に消失訂正を行う。各実施形態について説明する前に、まずは誤り訂正、消失訂正の具体的な演算の方法について説明する。

10

【 0 0 3 4 】

ここでは、通信装置の1つである送信装置から通信装置の1つである受信装置へデータを送信することを想定し、RS (1 5 , 7) つまり $k = 7$ 、 $m = 8$ 、 $n = 1 5$ の場合を例示する。また、1シンボルを8ビットとする。RS (1 5 , 7) のデータには、実際に送るべき情報データ $D_0 \sim D_6$ と、検査を行うためのパリティデータ $P_0 \sim P_7$ と、が含まれる。

【 0 0 3 5 】

まず、送信装置及び受信装置は、以下の8次の生成多項式 $G(x)$ を用意し、保持しておく。

【 数 1 】

20

$$G(x) = (x + \alpha^7)(x + \alpha^6)(x + \alpha^5)(x + \alpha^4)(x + \alpha^3)(x + \alpha^2)(x + \alpha^1)(x + \alpha^0) \quad \cdots \text{ (数式 1)}$$

【 0 0 3 6 】

送信装置は、情報データ $D_0 \sim D_6$ に基づいて、以下の式が成り立つようにパリティデータ $P_0 \sim P_7$ を決定する。

【 数 2 】

$$x^8 \cdot \sum_{i=0}^6 x^i \cdot D_i \mod G(x) = \sum_{i=0}^7 x^i \cdot P_i \quad \cdots \text{ (数式 2)}$$

30

【 0 0 3 7 】

次に、 $D_6 = W_{14}$ 、 $D_5 = W_{13}$ 、 \cdots 、 $D_0 = W_8$ 、 $P_7 = W_7$ 、 $P_6 = W_6$ 、 \cdots 、 $P_0 = W_0$ 、とする。 $W_0 \sim W_{14}$ は送信シンボルである。(数式 2) の式から、 $W(x)$ を以下のように定義すると、 $W(x)$ は、 $G(x)$ で割り切れる。

【 数 3 】

$$W(x) = \sum_{i=0}^{14} x^i \cdot W_i = W_{14}x^{14} + W_{13}x^{13} + \cdots + W_1x + W_0 \quad \cdots \text{ (数式 3)}$$

40

【 0 0 3 8 】

したがって、 $W(x) = G(x) \cdot A(x) + B(x)$ と表すと、 $B(x) = 0$ となる。(数式 3) の式の両辺に、 $x = 0$ 、 $x = 1$ 、 $x = \alpha^2$ 、 \cdots 、 $x = \alpha^7$ を代入すると、以下の式を導くことができる。

【数 4】

$$\begin{cases} W(\alpha^0) = G(\alpha^0)A(\alpha^0) = 0 \times A(\alpha^0) = 0 \\ W(\alpha^1) = G(\alpha^1)A(\alpha^1) = 0 \times A(\alpha^1) = 0 \\ \dots \\ W(\alpha^7) = G(\alpha^7)A(\alpha^7) = 0 \times A(\alpha^7) = 0 \end{cases} \quad \dots \quad (\text{数式 4})$$

このように、送信装置が送信する送信シンボル（ $W_0 \sim W_{14}$ ）には、満足すべき方程式が存在する（送信装置の制約条件）。

【0039】

10

一方、受信装置は、受信シンボル（ $R_0 \sim R_{14}$ ）を送信装置から受信する。送信シンボルと受信シンボルとの間には、以下のような関係がある。

【数 5】

$$\begin{cases} W_{14} + E_{14} = R_{14} \\ W_{13} + E_{13} = R_{13} \\ \dots \\ W_0 + E_0 = R_0 \end{cases} \quad \dots \quad (\text{数式 5})$$

20

つまり、

【数 6】

$$R(x) = \sum_{i=0}^{14} x^i (W_i + E_i) = \sum_{i=0}^{14} x^i R_i \quad \dots \quad (\text{数式 6})$$

E_i は、通信路上の各送信シンボルに重畳されたエラーシンボルを示している。

【0040】

ここで、

【数 7】

30

$$\begin{cases} E(x) = \sum_{i=0}^{14} x^i \cdot E_i = E_{14}x^{14} + E_{13}x^{13} + \dots + E_1x + E_0 \\ R(x) = \sum_{i=0}^{14} x^i \cdot R_i = R_{14}x^{14} + R_{13}x^{13} + \dots + R_1x + R_0 \end{cases} \quad \dots \quad (\text{数式 7})$$

と定義すると、（数式 6）は、以下のように表せる。

$$W(x) + E(x) = R(x)$$

【0041】

40

（数式 7）の式の両辺、 $x = 0$ 、 $x = 1$ 、 $x = 2$ 、 \dots 、 $x = 7$ を代入すると、シンドローム S_i を用いて、以下の式を導くことができる。

【数 8】

$$\begin{cases} W(\alpha^0) + E(\alpha^0) = E(\alpha^0) = R(\alpha^0) = S_0 \\ W(\alpha^1) + E(\alpha^1) = E(\alpha^1) = R(\alpha^1) = S_1 \\ \dots \\ W(\alpha^7) + E(\alpha^7) = E(\alpha^7) = R(\alpha^7) = S_7 \end{cases} \quad \dots \quad (\text{数式 8})$$

すなわち、受信装置は、通信路上で送信シンボルに重畳されたエラーシンボル（ $E(x)$ ）

50

))に基づいて、8個のシンδροームを一意に決定することができる。

【0042】

また、(数式7)及び(数式8)より、 $E(x)$ に、 $x = \alpha^0$ 、 $x = \alpha^1$ 、 $x = \alpha^2$ 、 \dots 、 $x = \alpha^7$ を代入すると、以下の結果となる。

【数9】

$$\begin{cases} E(\alpha^0) = E_{14}\alpha^0 + E_{13}\alpha^0 + \dots + E_1\alpha^0 + E_0\alpha^0 = S_0 \\ E(\alpha^1) = E_{14}\alpha^{14} + E_{13}\alpha^{13} + \dots + E_1\alpha^1 + E_0\alpha^0 = S_1 \\ E(\alpha^2) = E_{14}\alpha^{28} + E_{13}\alpha^{26} + \dots + E_1\alpha^2 + E_0\alpha^0 = S_2 \quad \dots \quad \text{(数式9)} \\ \dots \\ E(\alpha^7) = E_{14}\alpha^{98} + E_{13}\alpha^{91} + \dots + E_1\alpha^7 + E_0\alpha^0 = S_7 \end{cases}$$

10

【0043】

各エラーシンボル E_i のうち、 $E_i \neq 0$ （非零）である E_i の個数を P とし、 $i = L(0)$ 、 $L(1)$ 、 \dots 、 $L(P-1)$ とすると、(数式9)より、以下の式が成り立つ。なお、アスタリスク「*」は乗算を示す。

【数10】

$$\begin{bmatrix} \alpha^0 & \alpha^0 & \dots & \alpha^0 & \alpha^0 \\ \alpha^{L(0)} & \alpha^{L(1)} & \dots & \alpha^{L(P-2)} & \alpha^{L(P-1)} \\ \alpha^{2L(0)} & \alpha^{2L(1)} & \dots & \alpha^{2L(P-2)} & \alpha^{2L(P-1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha^{(P-2)*L(0)} & \alpha^{(P-2)*L(1)} & \dots & \alpha^{(P-2)*L(P-2)} & \alpha^{(P-2)*L(P-1)} \\ \alpha^{(P-1)*L(0)} & \alpha^{(P-1)*L(1)} & \dots & \alpha^{(P-1)*L(P-2)} & \alpha^{(P-1)*L(P-1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{L(0)} \\ E_{L(1)} \\ E_{L(2)} \\ \dots \\ E_{L(P-2)} \\ E_{L(P-1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_{P-2} \\ S_{P-1} \end{bmatrix} \quad \dots \quad \text{(数式10)}$$

20

RS(15, 7)の場合には、 $P = 0 \sim 8$ の場合、つまり最大エラーシンボル数が8個の場合まで消失訂正を行うことが可能である。一方、 $P = 9$ の場合、つまりエラーシンボル数が9個以上の場合には、消失訂正を行うことはできない。

【0044】

30

例えば、エラー（誤り）が $i = 5$ 、8、13の位置で発生しているとすると、以下の式が成り立つ。

【数11】

$$\begin{cases} E_{13}\alpha^0 + E_8\alpha^0 + E_5\alpha^0 = S_0 \\ E_{13}\alpha^{13} + E_8\alpha^8 + E_5\alpha^5 = S_1 \quad \dots \quad \text{(数式11)} \\ E_{13}\alpha^{26} + E_8\alpha^{16} + E_5\alpha^{10} = S_2 \end{cases}$$

【0045】

受信装置は、受信シンボルによりシンδροーム S_0 、 S_1 、 S_2 の値を認識することができ、 S_0 の値についても生成多項式 $G(x)$ の定義式から認識することができる。したがって、エラーが発生している位置である消失シンボル位置(i の値)を認識することができれば、各エラーシンボル E_5 、 E_8 、 E_{13} の値を算出することができ、消失訂正を行うことができる。

40

【0046】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態における通信システムの構成例を示す図である。図1に示す通信システムでは、通信装置100と通信装置200とが通信路300を介して接続されている。

【0047】

50

通信路 300 は、電力線や有線 LAN などの有線回線、セルラー通信、無線 LAN などの無線回線などの通信回線を広く含む。また、基地局、コアネットワーク、インターネットなどを含むものも考えられる。また、通信路 300 は、通信装置 100 から通信装置 200 に向かう方向（第 1 方向）にデータが伝送される第 1 通信路 310 と、通信装置 200 から通信装置 100 に向かう方向（第 2 方向）にデータが伝送される第 2 通信路 320 と、を含む。

【0048】

通信装置 100 は、映像符号化部 101、パケット生成部 102、FEC 符号化部 103、送信処理部 104、受信処理部 105、FEC 復号化部 106、映像復号化部 107、を有して構成される。

10

【0049】

映像符号化部 101 は、外部装置から受信した映像信号や図示しないメモリから出力した映像信号を符号化し、映像符号を生成する。映像符号は情報シンボルの一例である。ここでは、映像信号の符号化方式として既知の方式を用いる。なお、映像信号の符号化を可変レートで行う場合には、一定時間に生成される情報パケットの数は可変となる。

【0050】

パケット生成部 102 は、映像符号としての情報シンボルを含むパケット（情報パケット）を生成する（後述の図 3 参照）。

【0051】

FEC 符号化部 103 は、パケット生成部 102 からの情報パケットを構成する情報シンボルを FEC により符号化（FEC 符号化）し、固定長の FEC 符号を生成する。FEC 符号化を行う際には、先に説明した（数式 1）～（数式 4）を考慮する。FEC 符号は、情報シンボルと検査シンボルとからなり、RS 符号などがある。FEC 符号化の詳細については後述する。以降、FEC 符号化部 103 により符号化されたパケットを生成パケットとも呼ぶ（後述の図 3 参照）。生成パケットの先頭には、生成パケットを識別するための識別情報、その他生成パケットに関する情報が記述されたヘッダが含まれている。

20

【0052】

なお、FEC 符号化部 103 で生成される生成パケットは、OSI 参照モデルの第 7 層（アプリケーション層、以下、単に「アプリ層」ともいう）におけるパケットである（後述の図 3 参照）。

30

【0053】

送信処理部 104 は、FEC 符号化部 103 からの生成パケットに含まれる各シンボル（情報シンボル、検査シンボル等）に基づいて、CRC（Cyclic Redundancy Check：巡回冗長検査）を付与する。CRC は、誤り検出符号の 1 つである。以降、生成パケットと CRC とを含むパケットを送信パケットとも呼ぶ（後述の図 3 参照）。送信パケットの先頭には、送信パケットを識別するための識別情報、その他送信パケットに関する情報が記述されたヘッダが含まれている。送信処理部 104 は、生成された送信パケットを第 1 通信路 310 へ送信する。

【0054】

なお、送信処理部 104 により生成される送信パケットは、OSI 参照モデルの第 2 層（データリンク制御層、以下、「DLC（Data Link Control）層」、「レイヤ 2」ともいう）におけるパケットである（後述の図 3 参照）。なお、無線プロトコルの場合には、DLC を RLC（Radio Link Control）ともいう。したがって、送信処理部 104 により付与された CRC は、DLC 層における誤り検出を行うための CRC（DLC 層の CRC）である。DLC 層の CRC は、通信によりパケット内のシンボルにエラーが発生したか否かを判断するためのデータである。

40

【0055】

受信処理部 105 は、第 2 通信路 320 からのパケットを受信する。以降、受信処理部 105 により受信されたパケットを受信パケットとも呼ぶ（後述の図 3 参照）。受信パケットには、情報パケットおよび検査パケットにより構成される FEC 符号が含まれる。受

50

信パケットは、通信装置 200 からのパケットを受信する場合には、通信路 300 において回線エラーが重畳しないような理想的な場合には通信装置 200 の送信パケットと同じである。受信パケットは、DLC 層におけるパケットである（後述の図 3 参照）。このように、受信処理部 105 は、受信パケットを受信する受信部としての機能を有する。この受信パケットは、受信処理部 105 により複数のシンボルに分割される。

【0056】

また、受信処理部 105 は、受信パケットに対して、DLC 層の CRC を用いた誤り検出（第 1 の誤り検出）を行う。誤り検出の結果、受信処理部 105 は、受信パケットが正常（OK）であった場合には、その受信パケットを正常受信パケット（ P_G ）として、正常受信パケットの数（ a ）をカウントする。一方、受信パケットが非正常（NG）であった場合には、その受信パケットを非正常受信パケット（ P_N ）として、非正常受信パケットの数（ b ）をカウントする。このように、受信処理部 105 は、受信パケットに対して第 1 の誤り検出を行う第 1 誤り検出部としての機能を有する。

10

【0057】

また、受信処理部 105 は、通信装置 100 から送信されたが通信装置 200 により受信されなかった損失パケット（ P_L ）を認識し、損失パケットの数（ c ）をカウントする。損失パケットについては、例えば受信パケットのヘッダに含まれる送信パケットの識別情報（例えば送信パケット番号）から認識できる。

【0058】

受信処理部 105 は、受信パケット（正常受信パケット（ P_G ）および非正常受信パケット（ P_N ））、正常受信パケット数（ a ）、非正常受信パケット数（ b ）、損失パケット数（ c ）の情報を、FEC 復号化部 106 へ出力する。

20

【0059】

なお、正常受信パケット（ P_G ）に含まれる各シンボルは、正常シンボルである。非正常受信パケット（ P_N ）に含まれる各シンボルは、不確定シンボルである。損失パケット（ P_L ）に含まれる各シンボルは、損失シンボルである。さらに、エラーシンボルには、損失シンボルと、不確定シンボルの一部である送信時のデータと異なるシンボルと、が含まれる。

【0060】

FEC 復号化部 106 は、受信処理部 105 からの受信パケットを FEC により復号化（FEC 復号化）する。FEC 復号化を行う際には、先に説明した（数式 5）～（数式 11）を考慮する。以降、FEC 復号化部 106 により FEC 復号化されたパケットを復号化パケットとも呼ぶ（後述の図 3 参照）。復号化パケットは、アプリ層のパケットである（後述の図 3 参照）。

30

【0061】

FEC 復号化の詳細については後述するが、FEC 復号化部 106 は、FEC 符号毎に、正常シンボルの全てと不確定シンボルの一部とで構成される FEC 復号候補を、不確定シンボルが異なるように複数生成する FEC 復号候補生成部としての機能を有する。

【0062】

なお、ここで、FEC 符号候補とは、FEC 復号処理を行う場合に消失していないシンボルと見なすシンボルの組合せのことであり、具体的には上述したように正常シンボルと不確定シンボルとの組み合わせのことである。

40

【0063】

また、FEC 復号化部 106 は、FEC 復号候補に対して誤り訂正（第 1 の誤り訂正）を行う第 1 誤り訂正部としての機能を有する。

【0064】

また、FEC 復号化部 106 は、複数の FEC 復号候補に対する複数の誤り訂正（第 1 の誤り訂正）の結果のうち、一致した誤り訂正（第 1 の誤り訂正）の結果に基づいて FEC 符号を修正（第 2 の誤り訂正）する第 2 誤り訂正部としての機能を有する。

【0065】

50

映像復号化部 107 は、FEC 復号化部 106 からの情報パケットに含まれる情報シンボルとしての映像符号を復号化し、映像信号を得る。ここでは、映像信号の復号化方式として既知の方式を用いる。なお、ユーザデータとして映像データを想定しているが、音声データなどの他のデータであってもよい。

【0066】

通信装置 200 は、映像符号化部 201、パケット生成部 202、FEC 符号化部 203、送信処理部 204、受信処理部 205、FEC 復号化部 206、映像復号化部 207、を有して構成される。

【0067】

通信装置 200 は、通信装置 100 における同名の構成部と同様の機能を有するので、ここでは説明を省略する。ただし、送信および受信における通信路 300（第 1 通信路 310 および第 2 通信路 320）の向きは逆となる。

【0068】

以下の説明では、通信装置 100 の動作と通信装置 200 の動作とは同じであるので、送信に関する動作については通信装置 100 の動作を例として、受信に関する動作については通信装置 200 の動作を例として、説明する。また、FEC 符号として RS 符号を用いることを主に想定する。

【0069】

また、本実施形態では、情報シンボル数が 4 個、検査シンボル数が 3 個の RS (7, 4) 符号の 1 種類のみを用いることを想定する。つまり、 $k = 4$ 、 $m = 3$ 、 $n = 7$ であり、図 2 に示すような RS 符号を用いることを想定する。なお、通信装置 100 および 200 は、通信相手である通信装置 200 および 100 の送信パケットに含まれる情報シンボルの数 (k)、送信パケットのシンボルの数 (n) の情報を各々あらかじめ保持している。なお、検査シンボルの数は、 $n - k$ となる。

【0070】

次に、FEC 符号化について詳細に説明する。

図 3 は、FEC 符号化を説明するための図である。

【0071】

映像符号化部 101 は、映像信号を符号化し、パケット生成部 102 は、符号化された映像信号を情報パケットに変換する。ここでは、図 3 の 1 p k t は 1 パケット分の情報パケットを示しており、例えば情報シンボル 1000 シンボル (8000 ビット) 分に相当する。ここでは 4 パケット分の情報パケットで区切られている。また、8 ビットが 1 シンボル分に相当するものとする。なお、本実施形態では、1 パケットのデータサイズが大きいため、1000 シンボルに分割しているが、本実施形態における誤り訂正は、1 パケットが 2 シンボル以上に分割されていれば適用することができる。

【0072】

続いて、FEC 符号化部 103 は、RS (7, 4) となるように、情報パケット 4 パケットにつき、検査パケットを 3 パケット分付加することで、FEC 符号化する。ここでは、7 パケット分のパケット (情報パケット 4 パケット分と検査パケット 3 パケット分) で区切られており、7 パケットは 1000 個の RS (7, 4) 符号に相当する。

【0073】

また、FEC 符号化部 103 は、図 3 に示すように、生成パケットにおいて、各情報パケットおよび各検査パケットの先頭に、ヘッダを付与する。

【0074】

続いて、送信処理部 104 は、生成パケットから決定される CRC を付与し、送信パケットを生成する。また、図 3 に示すように、送信パケットにおいて、各情報パケットおよび各検査パケットの先頭に、ヘッダを付与する。送信処理部 104 は、この送信パケットを第 1 通信路 310 を介して通信装置 200 へ送信する。

【0075】

次に、FEC 復号化について詳細に説明する。

本実施形態では、誤り訂正として主に消失訂正を行う。以下、主に消失訂正について説明する。

【 0 0 7 6 】

図 4 は、F E C 復号化を説明するための図である。

なお、送信されたパケットは、第 1 通信路 3 1 0 の伝送途中で、当該データが変更されたり欠損したりして、エラー（ビットエラー）が発生することがある。この場合、エラーが発生した非正常受信パケットには何れかのシンボルに誤りがあるが、通常判別することができないため、図 4 では、便宜上「×」のシンボルを間違っているシンボルとしている。

【 0 0 7 7 】

受信処理部 2 0 5 は、受信パケットを受信する。受信パケットには、F E C 符号を構成する情報シンボルを含む情報パケットや検査シンボルを含む検査パケットが含まれるが、第 1 通信路 3 1 0 の通信環境によっては、一部のシンボルにエラーが発生したり、パケットが欠損したりする。

【 0 0 7 8 】

図 4 の例では、通信装置 1 0 0 により送信された情報シンボル D_3 を含む第 1 情報パケットの一部および情報シンボル D_1 を含む第 3 情報パケットの一部にエラーが発生し、情報シンボル D_2 を含む第 2 情報パケットが全て欠損（パケット損失）している。同様に、通信装置 1 0 0 により送信された検査シンボル P_2 を含む第 1 検査パケットの一部にエラーが発生している。図 4 では、左側から順に、第 1 情報パケットから第 4 情報パケット、第 1 検査パケットから第 3 検査パケットが配列された状態を想定している。

【 0 0 7 9 】

また、受信処理部 2 0 5 は、受信された第 1 情報パケット、第 3 情報パケット、第 4 情報パケット、および第 1 検査パケット～第 3 検査パケットに対して、D L C 層の C R C を用いて誤り検出を行う。誤り検出では、エラーのない第 4 情報パケット、第 2 検査パケット、および第 3 検査パケットは正常に受信された（O K）と判定され、エラーが存在する第 1 情報パケット、第 3 情報パケット、および第 1 検査パケットは非正常に受信された（N G）と判定される。一方、受信されなかった第 2 情報パケットについては、この誤り検出を行うことができない。

【 0 0 8 0 】

受信処理部 2 0 5 は、受信パケットのヘッダを参照して、受信パケットに含まれる生成パケットに対応するパケット（情報シンボルまたは検査シンボル、および生成パケットのヘッダで構成されるパケット）を、F E C 復号化部 2 0 6 へ出力する。

【 0 0 8 1 】

続いて、F E C 復号化部 2 0 6 は、受信処理部 2 0 5 からパケットを受け取り、消失訂正を行う。なお、F E C 復号化部 2 0 6 は、受信処理部 2 0 5 からの受信パケットの情報に基づいて、どのパケット位置のパケットが、正常受信パケット、非正常受信パケット、または損失パケットであるかを判別することができるので、消失訂正を行うことが可能である。

【 0 0 8 2 】

また、図 4 では、正常受信パケット数 $a = 3$ 、非正常受信パケット数 $b = 3$ 、損失パケット数 $c = 1$ であるので、受け取ったパケットに対して単純に消失訂正を行っただけでは、R S 符号を復元することはできない。詳細については後述するが、F E C 復号化部 2 0 6 は、正常受信パケットと非正常受信パケットの一部とを組み合わせる F E C 復号候補を生成し、この F E C 復号候補に対する消失訂正の結果に基づいて、F E C 符号を復元する。所定の条件を満たす場合には、上記消失訂正によって、図 4 に示す復号化パケットのように、元のデータを正確に復元することができる。

【 0 0 8 3 】

なお、図 4 の例とは異なり、例えば F E C 符号に含まれる情報パケット数 $k = 4$ であり、正常受信パケット数 $a = 4$ である場合には、上記のような F E C 復号候補に対する消失

10

20

30

40

50

訂正を考慮する必要はなく、一般的な消失訂正により、元データを復元することができる。

【 0 0 8 4 】

次に、受信処理部 2 0 5 および F E C 復号化部 2 0 6 の動作について説明する。

図 5 および図 6 は、受信処理部 2 0 5 および F E C 復号化部 2 0 6 の動作例を示すフローチャートである。この動作を行う通信プログラムは、通信装置 2 0 0 内の R O M に格納され、通信装置 2 0 0 内の C P U によって実行される。

【 0 0 8 5 】

まず、受信処理部 2 0 5 が、第 1 通信路 3 1 0 を介して伝送されたパケット（受信パケット）を受信する（図 5 のステップ S 1 0 1 ）。

10

【 0 0 8 6 】

受信処理部 2 0 5 は、D L C 層の C R C を用いて受信パケットの誤り検出を行う。そして、誤り検出の結果に応じて、正常受信パケット（ P_G ）、非正常受信パケット（ P_N ）、損失パケット（ P_L ）、を認識し、正常受信パケット数（ a ）、非正常受信パケット数（ b ）、損失パケット数（ c ）をカウントする（ステップ S 1 0 2 ）。受信処理部 2 0 5 は、 P_G 、 P_N 、 P_L 、 a 、 b 、 c 、の情報を F E C 復号化部 2 0 6 へ出力する。つまり、本実施形態では、正常受信パケット（ P_G ）だけでなく、非正常受信パケット（ P_N ）についても廃棄せずに、F E C 復号化部 2 0 6（上位層であるアプリ層）へ送られる。なお、 $a + b + c = n$ である。

【 0 0 8 7 】

20

F E C 復号化部 2 0 6 は、受信処理部 2 0 5 から取得した情報に基づいて、 $a \leq k$ を満たすか否かを判定する（ステップ S 1 0 3 ）。なお、値 k は、通信装置 1 0 0 により送信された F E C 符号の情報シンボル数を示す。

【 0 0 8 8 】

$a \leq k$ の場合、F E C 復号化部 2 0 6 は、受信パケットに含まれる各 F E C 符号に対して消失訂正を行い、各 F E C 符号の元のデータを復元する。そして、生成パケットのヘッダを参照して、復元された F E C 符号を含むパケットを映像復号化部 2 0 7 へ出力する（ステップ S 1 0 4 ）。

【 0 0 8 9 】

一方、 $a < k$ の場合、F E C 復号化部 2 0 6 は、 $a + b \leq k + 1$ を満たすか否かを判定する（ステップ S 1 0 5 ）。

30

【 0 0 9 0 】

$a + b < k + 1$ の場合、F E C 復号化部 2 0 6 は、受信パケットに含まれる各 F E C 符号に対して消失訂正を実行せずに、生成パケットのヘッダを参照して、受信パケットを映像復号化部 2 0 7 へ出力する（ステップ S 1 0 6 ）。

【 0 0 9 1 】

一方、 $a + b \leq k + 1$ の場合、以下の処理を、受信パケットに含まれる F E C 符号毎に行う。なお、ここでの F E C 符号は、シンボルエラーの発生やパケット損失により、一部消失していることがある。

【 0 0 9 2 】

40

F E C 復号化部 2 0 6 は、同一 F E C 符号の a 個の正常シンボルと、上記同一 F E C 符号の b 個中の任意の $(k - a)$ 個の不確定シンボルと、の組み合わせである F E C 復号候補を全て生成する（図 6 のステップ S 1 0 7 ）。ここで、正常シンボルは、正常受信パケット（ P_G ）のに含まれるシンボルであり、エラーを含まないシンボルである。不確定シンボルは、非正常受信パケット（ P_N ）に含まれるシンボルであり、エラーを含むか否か不明であるシンボルである。したがって、F E C 復号候補のシンボル数は、情報シンボル数 k と同数である。また、 b 個中の任意の $(k - a)$ 個の組み合わせは、全部で ${}_b C_{k-a}$ 通りである。したがって、F E C 復号候補は、 ${}_b C_{k-a}$ 個生成される。なお、図 4 に示した受信パケットの場合、 $a = 3$ 、 $b = 3$ 、 $k = 4$ 、であるので、ステップ S 1 0 7 の処理が実行されることになる。

50

【0093】

続いて、FEC復号化部206は、生成された複数のFEC復号候補の各々に対して、消失訂正を行う（ステップS108）。

【0094】

続いて、FEC復号化部206は、複数の消失訂正の結果のうち、消失訂正の結果が一致する（同一である）ものが少なくとも1つ存在するか否かを判定する（ステップS109）。

【0095】

消失訂正の結果が一致するものがある場合、FEC復号化部206は、この一致した消失訂正の結果で、受信パケットに含まれるFEC符号を修正する（ステップS110）。 10

【0096】

2つのFEC復号候補において、その中に含まれるシンボルの1ビットでも異なる場合、2つのFEC復号候補を用いて消失訂正を行った結果は異なってくる。このような消失訂正（誤り訂正も同様）の特性を考慮すると、FEC復号候補に対する消失訂正の結果が一致するということは、FEC復号候補に含まれる不確定パケットに誤りがないと推定され、正常なFEC符号が復元できた可能性が非常に高いことになる。そこで、一致する消失訂正の結果を、正常シンボルのみを用いて行う通常の消失訂正の結果と同等に扱い、送信パケットに含まれていたと推定されるFEC符号を一致する消失訂正の結果を用いて再現する。

【0097】 20

具体的には、FEC復号化部206は、先に説明した（数式11）により、誤り訂正の結果として、エラーや損失を含むパケット位置のFEC復号の値を算出する。FEC復号の値が $b C_k \dots a$ 通りの組合せの内、2通り以上の組合せで一致した場合、FEC復号の値は元々送信側で生成された正しいシンボルであると推定できる。

【0098】

一方、全てのFEC候補に対する消失訂正の結果が一致しない場合、FEC復号化部206は、消失訂正の結果によるFEC符号の修正を断念する（ステップS109のNo）。

【0099】

FEC符号の修正後またはFEC符号の修正の断念後、通信装置200は、全てのFEC符号に対して、消失訂正の結果を用いたFEC符号の修正の可否について判断したか否かを判定する（ステップS111）。全てのFEC符号の数は、図4の例では1000個である。 30

【0100】

FEC符号の修正の可否について判断していないFEC符号が存在する場合、ステップS107に進み、後続のFEC符号について同様の処理を行う。

【0101】

一方、全てのFEC符号について修正可否の判断を行った場合には、FEC復号化部206は、生成パケットのヘッダを参照して、FEC符号の修正を反映したパケットを映像復号化部207へ出力する（ステップS106）。FEC符号の修正の可否は、受信パケットに含まれるFEC符号毎に異なる。したがって、出力されたパケットに含まれるFEC符号については、修正できたFECが存在すること、修正できなかったFECが存在すること、も想定される。 40

【0102】

このような受信処理部205およびFEC復号化部206の処理によれば、一般的に消失訂正を適用可能な $a \dots k$ の条件を満たさない場合であっても、受信パケットから仮のFEC符号（FEC復号候補）を用いて、正しく復号されるFEC符号を復元できることがある。このように正しいFEC符号が増加することで、例えば映像や音声の品質が向上する。

【0103】 50

なお、ステップ S 1 0 8 において、全ての F E C 復号候補に対して消失訂正を行ってから、全ての消失訂正の結果のうちの少なくとも 1 つの結果が一致するか否かを判定してもよいが、消失訂正の結果が一致するものがあった時点で当該判定を終了してもよい。これより、演算処理量および演算処理時間を低減させることができる。

【 0 1 0 4 】

また、ステップ S 1 0 7 において、F E C 符号毎に、最初に F E C 復号候補を生成するのではなく、まずは 2 つの F E C 復号候補を生成し、この 2 つの F E C 復号候補に対する消失訂正の結果が一致するかどうかを判定してもよい。そして、一致しない場合には、新たに F E C 復号候補を生成し、その F E C 復号候補に対する消失訂正の結果が一致するかどうかを判定する、という処理を繰り返すようにしてもよい。これにより、演算処理量および演算処理時間を低減させることができる。

10

【 0 1 0 5 】

このような本実施形態の通信装置によれば、従来は廃棄していた非正常受信パケットも考慮して、非正常受信パケットの組み合わせを生成し、複数の F E C 復号候補を生成する。そして、複数の F E C 復号候補に対する複数の誤り訂正（消失訂正）の結果の一致度に基づいて、誤り訂正が困難であった F E C 符号についても復元をすることができる。

【 0 1 0 6 】

つまり、通常、O S I 参照モデルにおける下の層で廃棄するパケットから得られる正常なシンボルであるか否かの判断不可能な不確定シンボルを活用して、複数の F E C 復号候補を作り、複数の F E C 復号候補による消失訂正の結果が一致したときの消失訂正の結果を、消失訂正の結果として利用することで、誤り訂正を行うことが可能であり、誤り訂正能力を向上させることが可能である。

20

【 0 1 0 7 】

（第 2 の実施形態）

本実施形態では、パケット生成部が生成する生成パケットについても、送信処理部が生成する送信パケットと同様に、C R C を有するようにする。ただし、送信パケットの C R C は D L C 層の C R C であり、生成パケットの C R C はアプリ層の C R C である。

【 0 1 0 8 】

図 7 は、本発明の第 2 の実施形態における通信システムの構成例を示す図である。図 7 に示す通信システムでは、通信装置 1 0 0 B と通信装置 2 0 0 B とが通信路 3 0 0 を介して接続されている。図 7 に示す通信システムにおいて、図 1 に示した通信システムと同様の構成部については、同一の符号を付し、説明を省略または簡略化する。

30

【 0 1 0 9 】

通信装置 1 0 0 B は、F E C 符号化部 1 0 3 の代わりに F E C 符号化部 1 0 3 B を備え、F E C 復号化部 1 0 6 の代わりに F E C 復号化部 1 0 6 B を備える。同様に、通信装置 2 0 0 B は、F E C 符号化部 2 0 3 の代わりに F E C 符号化部 2 0 3 B を備え、F E C 復号化部 1 0 6 の代わりに F E C 復号化部 1 0 6 B を備える。

【 0 1 1 0 】

F E C 符号化部 1 0 3 B は、F E C 符号化部 1 0 3 と同様の機能に加え、生成された生成パケットに含まれる情報シンボルまたは検査シンボルに基づいて、C R C を付与する（後述する図 8 参照）。この C R C は、生成パケットに含まれており、アプリ層における誤り検出を行うための C R C（アプリ層の C R C）である。アプリ層の C R C は、修正された F E C 符号が正しく修正されているか否かを検証するためのデータである。

40

【 0 1 1 1 】

F E C 復号化部 1 0 6 B は、F E C 復号化部 1 0 6 と同様の機能に加え、生成パケットに含まれるアプリ層の C R C を用いた誤り検出の結果を考慮して、F E C 復号化を行う。F E C 復号化の詳細については後述する。

【 0 1 1 2 】

F E C 符号化部 2 0 3 B は、F E C 符号化部 1 0 3 B と同様の機能を有するので、説明を省略する。同様に、F E C 復号化部 2 0 6 B は、F E C 復号化部 1 0 6 B と同様の機能

50

を有するので、説明を省略する。

【 0 1 1 3 】

本実施形態では、第 1 の実施形態と同様に、送信に関する動作については通信装置 1 0 0 B の動作を例として、受信に関する動作については通信装置 2 0 0 B の動作を例として、説明する。また、F E C 符号として R S 符号を用いることを想定する。また、情報シンボル数が 4 個、検査シンボル数が 3 個の R S (7 , 4) 符号の 1 種類のみを用いることを想定する。

【 0 1 1 4 】

次に、F E C 符号化について詳細に説明する。

図 8 は、F E C 符号化を説明するための図である。ここでは、図 3 と異なる点を主に説明する。

10

【 0 1 1 5 】

F E C 符号化部 1 0 3 B は、生成パケットのパケット単位で C R C 符号化を施す。つまり、生成パケットに含まれる 1 0 0 0 個のシンボルの値に基づいてアプリ層の C R C を付与する。図 8 の例では、生成パケットには、ヘッダ、1 0 0 0 個のシンボル、アプリ層の C R C が含まれている。

【 0 1 1 6 】

次に、F E C 復号化について詳細に説明する。

本実施形態では、誤り訂正として主に消失訂正を行う。以下、主に消失訂正について説明する。

20

【 0 1 1 7 】

図 9 は、F E C 復号化を説明するための図である。ここでは、図 4 と異なる点を主に説明する。図 9 では、図 4 と同様のパケット位置にエラーやパケット損失が生じている場合を想定している。

【 0 1 1 8 】

F E C 復号化部 2 0 6 B は、受信処理部 2 0 5 からのパケットを受け取り、消失訂正を行う。このとき、第 1 の実施形態と同様に、F E C 復号候補を生成し、この F E C 復号候補に対する誤り訂正の結果に基づいて、F E C 符号を復元する。所定の条件を満たす場合には、上記誤り訂正によって、図 9 に示す復号化パケットのように、元のデータを正確に復元することができる。

30

【 0 1 1 9 】

さらに、F E C 復号化部 2 0 6 B は、エラーシンボルが修正されたパケットについては、そのパケットに付与されたアプリ層の C R C を用いて誤り検出（第 2 の誤り検出）を行う。つまり、F E C 復号化部 2 0 6 B は、修正パケットに対して第 2 の誤り検出を行う第 2 誤り検出部としての機能を有する。詳細については後述するが、この誤り検出を行うことで、消失訂正が正確に行われたかどうかを検証することができ、F E C 符号化処理をさらに改善することができる。

【 0 1 2 0 】

次に、受信処理部 2 0 5 B および F E C 復号化部 2 0 6 B の動作について説明する。

図 1 0 および図 1 1 は、受信処理部 2 0 5 B および F E C 復号化部 2 0 6 B の動作例を示すフローチャートである。この動作を行う通信プログラムは、通信装置 2 0 0 B 内の R O M に格納され、通信装置 2 0 0 B 内の C P U によって実行される。なお、図 1 0 および図 1 1 において、図 5 および図 6 と同様のステップについては、説明を省略または簡略化する。

40

【 0 1 2 1 】

図 1 1 のステップ S 1 1 0 の処理後、F E C 復号化部 2 0 6 B は、ステップ S 1 1 0 において修正されたシンボルを含むパケットに対して、当該パケットに含まれるアプリ層の C R C を用いて誤り検出を行う（ステップ S 2 0 1 ）。

【 0 1 2 2 】

F E C 復号化部 2 0 6 B は、アプリ層の C R C による誤り検出の結果、誤り検出対象の

50

パケットにエラーシンボルが含まれない ($CRC = OK$) か否かを判定する (ステップ S 202)。誤り検出対象のパケットにエラーシンボルが含まれている場合 ($CRC = NG$)、ステップ S 111 に進む。

【0123】

誤り検出対象のパケットにエラーシンボルが含まれていないと判定された場合、つまり、通信時に発生したエラーシンボルが正確に修正されている場合、FEC復号化部206Bは、当該パケットを、非正常受信パケット P_N から正常受信パケット P_G に変更 (昇格) させる。また、FEC復号化部206Bは、正常受信パケット数 (a) に1加算し ($a + 1$)、非正常受信パケット数 (b) から1減算する ($b - 1$) (ステップ S 203)。

10

【0124】

続いて、FEC復号化部206Bは、上記のパケットの昇格を考慮して、 $a \geq k$ を満たすか否かを判定する (ステップ S 204)。 $a \geq k$ を満たさない場合、つまり $a < k$ の場合、ステップ S 111 に進む。

【0125】

$a \geq k$ を満たす場合、図10のステップ S 104 に進む。つまり、非正常受信パケットが正常受信パケットに昇格した結果、そのパケットのエラーシンボルが全て修正された場合には、他の (後続の) FEC符号における当該パケットのシンボルはエラーシンボルではないものと推定される。また、昇格の結果、正常受信パケット数 (a) が情報パケット数 (k) 以上である場合には、FEC復号候補に対する消失訂正を行うまでもなく、一般的なFEC符号に対する消失訂正によりFEC符号を復元できる。したがって、以降のFEC符号に対するステップ S 107 ~ S 111、S 201 ~ S 204 の処理を省略することができ、演算量を小さくすることができるので、通信装置200Bの処理負荷を軽減させることができる。

20

【0126】

このように、FEC復号化部206Bは、FEC符号修正された結果、正常受信パケット数 (a) が情報パケット数 (k) 以上である場合には、後続のFEC符号のFEC復号候補に対する誤り訂正を中止し、受信パケットに含まれる後続のFEC符号に対する誤り訂正を行うようにしてもよい。

【0127】

なお、ステップ S 202 におけるアプリ層のCRCによる誤り検出は、1つのFEC符号に対する処理毎に行われてもよいし、いくつかのFEC符号に対する処理毎につまり処理頻度を低下させて行われてもよい。

30

【0128】

本実施形態の通信装置200Bによれば、アプリ層のCRCを用いた誤り検出を行うことで、エラーシンボルが確実に修正されたかどうかを検証することができる。例えば、あるFEC符号においては、FEC復号候補に対する誤り訂正の結果で一致するものがなく、FEC符号を修正されなかったものが含まれる可能性もある。このような場合であっても、アプリ層のCRCを用いた誤り検出を行うことで、信頼性を向上できる。

【0129】

また、エラーシンボルが修正されて、一般的な消失訂正が行うことができるようになった場合には、以降の消失訂正を容易に行うことができ、通信装置200Bの処理負荷を軽減させることができる。

40

【0130】

本発明は、上記実施形態の構成に限られるものではなく、特許請求の範囲で示した機能、または本実施形態の構成が持つ機能が達成できる構成であればどのようなものであっても適用可能である。

【0131】

上記実施形態では、通信装置が、図5、図6、図10、図11等にしたような受信処理部やFEC復号化部による処理を行うことを説明したが、例えば通信された映像データ

50

を含む受信パケットをケーブルやメディア等を介して外部装置へ出力し、当該外部装置において受信処理部やFEC復号化部による処理を行うようにしてもよい。

【0132】

上記実施形態では、エラーやパケット損失が発生したパケット位置を把握している消失訂正を例に説明したが、誤り訂正を行うための受信パケット数は消失訂正を行うための受信パケット数よりも多く必要であるという条件さえ満たしていれば、上記パケット位置を把握していない誤り訂正についても、当然適用可能である。

【0133】

上記実施形態では、アプリ層のCRCとともに、DL層のCRCを用いていることを説明したが、これに限らず、アプリ層よりも下位層における他のCRC（例えば、トランスポート層のCRC）を用いるようにしてもよい。

10

【0134】

上記実施形態では、消失訂正において全ての正常シンボルを利用することが最良であるが、全ての正常シンボルの一部を利用せず、その代わりに不確定シンボルを利用して消失訂正を行うようにしてもよい。

【0135】

上記実施形態では、FEC復号候補のシンボル数が情報シンボル数と同数であることを説明したが、これに限られず、FEC復号候補のシンボル数が情報シンボル数以上であってもよい。FEC復号候補のシンボル数が情報シンボル数と同数である場合には、不確定シンボルを消失訂正の演算に利用する数が少なくなるので、消失訂正の演算結果の一致度を得る確率を大きくすることができる。一方、FEC復号候補のシンボル数が情報シンボル数以上である場合には、消失訂正の演算量を低減させることができる。

20

【0136】

また、本発明は、上記実施形態の機能を実現する通信プログラムを、ネットワークあるいは各種記憶媒体を介して通信装置に供給し、この通信装置内のコンピュータ（CPU）が読み出して実行するプログラムも適用範囲である。

【産業上の利用可能性】

【0137】

本発明は、誤り訂正能力を向上させることが可能な通信装置、通信プログラム等に有用である。

30

【符号の説明】

【0138】

100、200、100B、200B 通信装置

101、201 映像符号化部

102、202 パケット生成部

103、203、103B、203B FEC符号化部

104、204 送信処理部

105、205 受信処理部

106、206、106B、206B FEC復号化部

107、207 映像復号化部

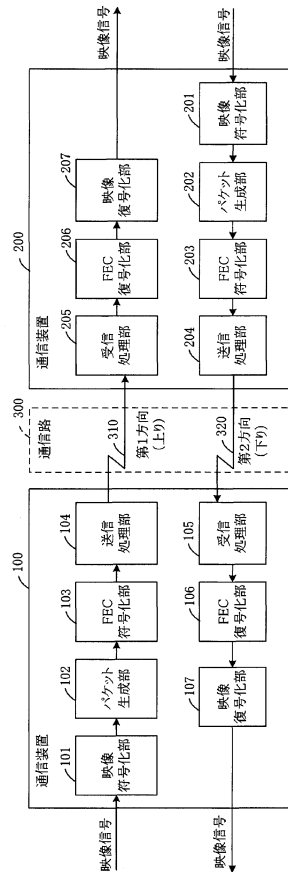
40

300 通信路

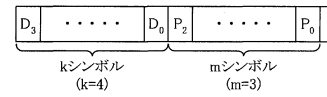
310 第1通信路

320 第2通信路

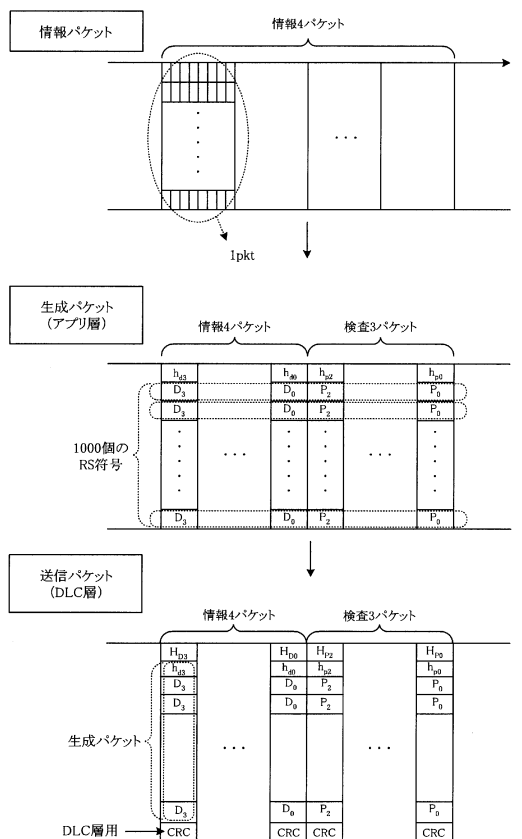
【図 1】



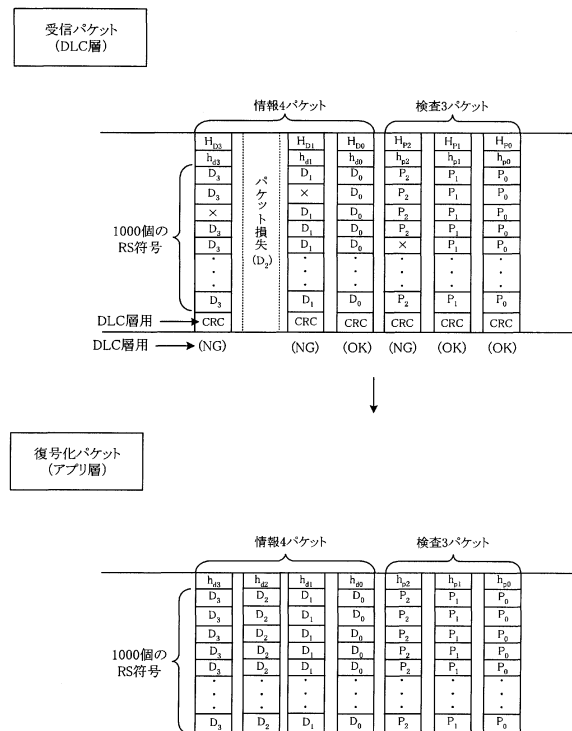
【図 2】



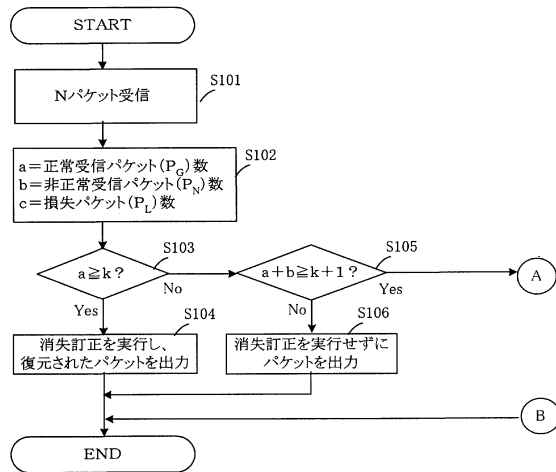
【図 3】



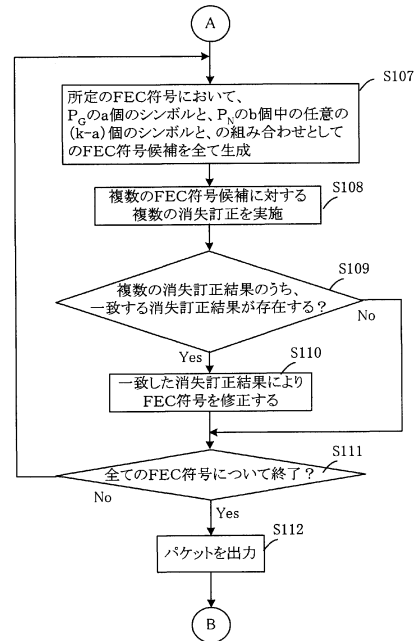
【図 4】



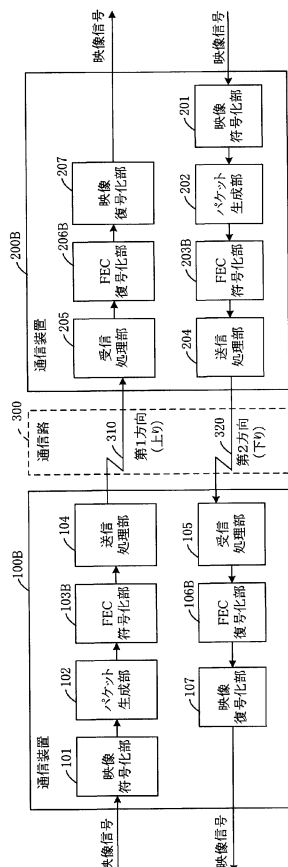
【図5】



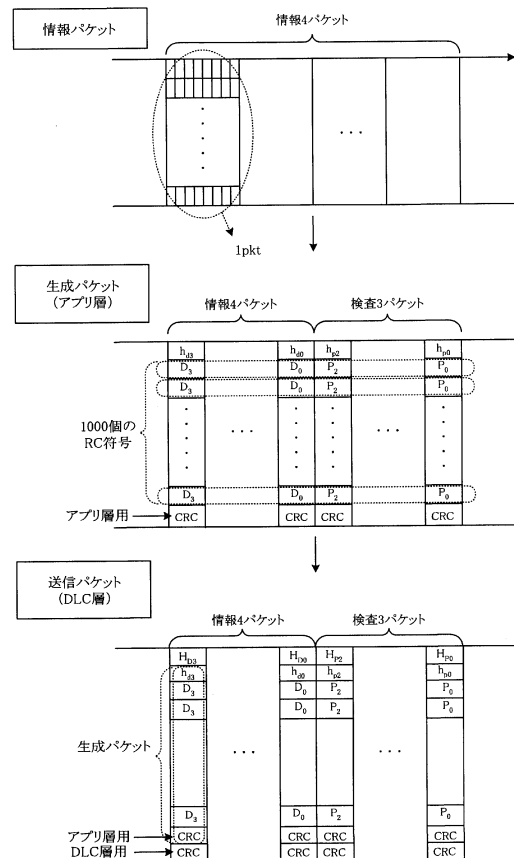
【図6】



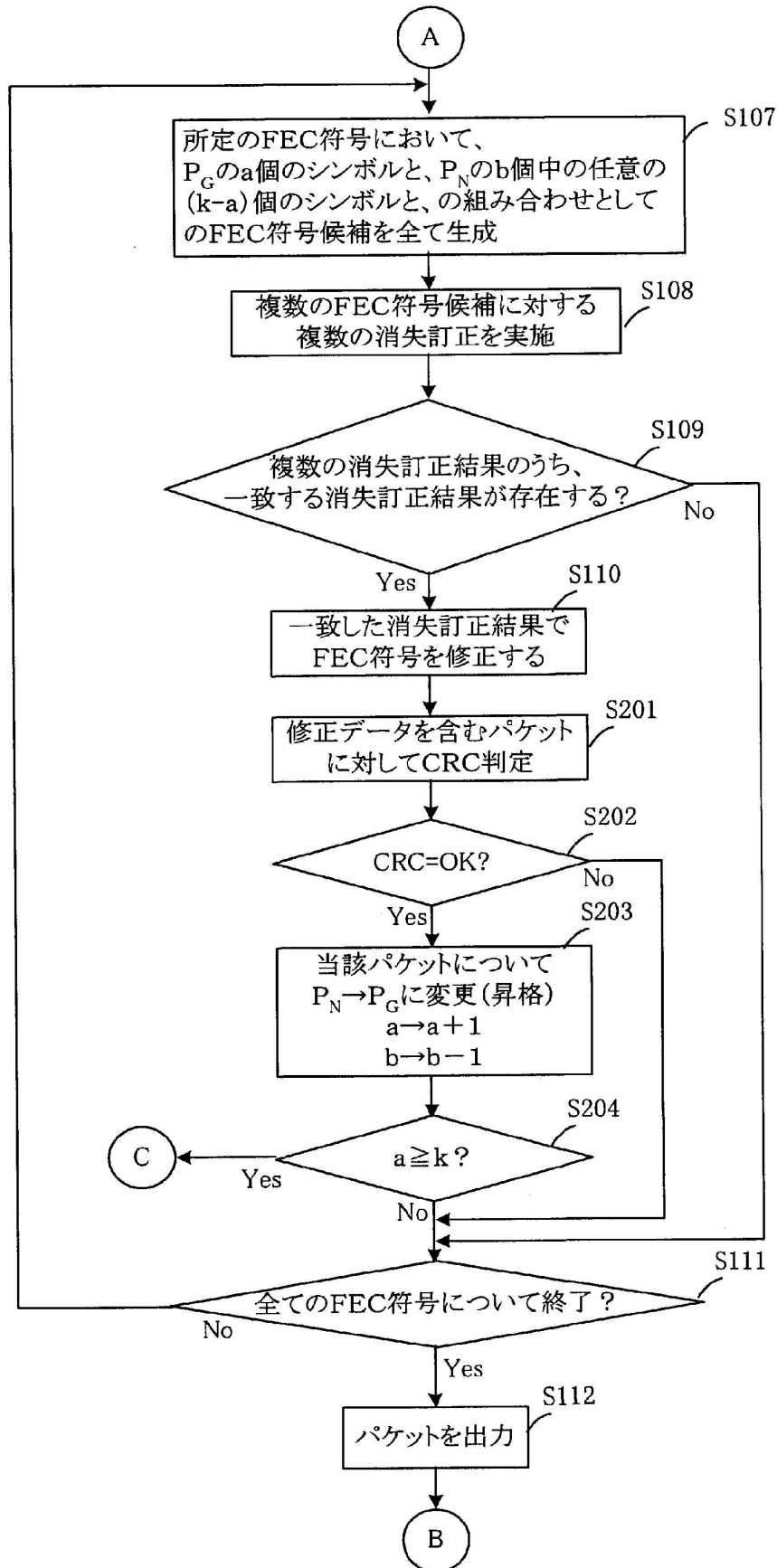
【図7】



【図8】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 08 - 097730 (JP, A)

特開 2001 - 060880 (JP, A)

内田 繁 他, 消失訂正符号を用いた高信頼伝送制御方式の検討, 2006年電子情報通信学会
通信ソサイエティ大会講演論文集1, 2006年 9月 7日, p.525, B-17-15

Masayuki Arai et al., Analysis of using convolutional codes to recover packet losses o
ver burst erasure channels, Dependable Computing, 2001. Proceedings. 2001 Pacific Rim
International Symposium on, 2001年, pp.258-265

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03M 13/29

IEEE Explore

CiNii