

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7599208号  
(P7599208)

(45)発行日 令和6年12月13日(2024.12.13)

(24)登録日 令和6年12月5日(2024.12.5)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 4 W 74/04 (2009.01) H 0 4 W 74/04

請求項の数 21 (全55頁)

(21)出願番号	特願2021-12882(P2021-12882)	(73)特許権者	393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(22)出願日	令和3年1月29日(2021.1.29)	(74)代理人	100112715 弁理士 松山 隆夫
(65)公開番号	特開2022-116618(P2022-116618 A)	(72)発明者	近藤 良久 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
(43)公開日	令和4年8月10日(2022.8.10)	(72)発明者	四方 博之 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
審査請求日	令和5年12月15日(2023.12.15) (出願人による申告)令和2年度支出負担行為担当官、総務省大臣官房会計課企画官、研究テーマ「高ノイズ環境における周波数共用のための適応メディアアクセス制御に関する研究開発」に関する委託研究、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願	(72)発明者	横山 浩之 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
		審査官	石田 信行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 送信装置、受信装置、これらを備えた無線通信システム、プログラムおよびプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

リアルタイムトラフィックを構成するパケットをアプリケーションから受信し、その受信したパケットを送信する送信装置であって、

送信用パケットを格納するための送信バッファと、

前記パケットに対して送信用の処理を実行する処理手段と、

前記処理手段から受けたパケットを送信する送信手段とを備え、

前記処理手段は、前記パケットが第1の時間間隔で当該送信装置に到着する第1の単体パケットであるとき、前記第1の単体パケットが当該送信装置に到着すると、前記第1の単体パケットを前記送信バッファにコピーするとともに前記第1の単体パケットを前記送信手段へ出力する第1の処理を実行し、前記パケットが前記第1の時間間隔よりも短い第2の時間間隔で連続して当該送信装置に到着する複数の単体パケットであるとき、前記複数の単体パケットのうちの最初に当該送信装置に到着した単体パケット以外の単体パケットから選択された第2の単体パケットが当該送信装置に到着すると、前記第2の単体パケットを前記送信バッファにコピーし、前記第2の単体パケットよりも早く当該送信装置に到着した単体パケットを含む第1の符号化パケットを前記第2の単体パケットに付与した結合パケットを生成するとともに前記結合パケットを前記送信手段へ出力する第2の処理を実行し、前記複数の単体パケットに含まれ、かつ、前記第2の単体パケット以外の単体パケットである第3の単体パケットが当該送信装置に到着すると、前記第3の単体パケットに対して前記第1の処理を実行し、前記複数の単体パケットのうちの最後の単体パケッ

10

20

トが当該送信装置に到着したと判定すると、前記最後の単体パケットを前記送信バッファにコピーし、前記最後の単体パケットが前記第2の単体パケットに該当するとき前記最後の単体パケットに対して前記第2の処理を実行し、前記最後の単体パケットが前記第3の単体パケットに該当するとき前記最後の単体パケットに対して前記第1の処理を実行し、前記最後の単体パケットが当該送信装置に到着したと判定したタイミングから所定の時間が経過すると、前記送信バッファに格納された全ての単体パケットを含む第2の符号化パケットを生成して前記送信手段へ出力する第3の処理を実行し、

前記送信手段は、前記第1の単体パケットを前記処理手段から受けると、その受けた第1の単体パケットを単独で送信する第1の送信処理を実行し、前記結合パケットを前記処理手段から受けると、その受けた結合パケットを送信する第2の送信処理を実行し、前記第3の単体パケットまたは前記最後の単体パケットを前記処理手段から受けると、その受けた第3の単体パケットまたは最後の単体パケットに対して第1の送信処理を実行し、前記第2の符号化パケットを前記処理手段から受けると、その受けた第2の符号化パケットを単独で送信する第3の送信処理を実行する、送信装置。

10

#### 【請求項2】

前記処理手段は、前記第2の処理において、

前記第2の単体パケットまたは前記最後の単体パケットよりも早く当該送信装置に到着した単体パケットのうちで最後に当該送信装置に到着した単体パケットである第4の単体パケットが当該送信装置に到着すると、前記第4の単体パケットが前記送信手段によって送信された後に、前記第2の単体パケットまたは前記最後の単体パケットよりも早く当該送信装置に到着した単体パケットを含む前記第1の符号化パケットを生成する第1のサブ処理を実行し、前記第1のサブ処理を実行した後に、前記第2の単体パケットまたは前記最後の単体パケットが当該送信装置に到着すると、前記第1の符号化パケットを前記第2の単体パケットまたは前記最後の単体パケットに付与して前記結合パケットを生成して前記送信手段へ出力する第2のサブ処理を実行する、請求項1に記載の送信装置。

20

#### 【請求項3】

前記処理手段は、前記第2の処理において、前記第2の単体パケットが $a$  ( $a$ は、1以上の整数である。)個の単体パケットからなるとき、前記 $a$ 個の単体パケットの各々について、前記第1および第2のサブ処理を実行する、請求項2に記載の送信装置。

#### 【請求項4】

前記処理手段は、前記符号化パケットの初期値を所定長の零からなる $Y_0$ とし、前記送信バッファから取り出したパケットを $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ 、 $I$ は、前記第1の符号化パケットまたは前記第2の符号化パケットを生成するとき前記送信バッファに格納されているパケットの総数)とし、所定長の乱数を $C_i$ とし、符号化パケットを $Y_i$ としたとき、前記所定長の乱数 $C_i$ を前記パケット $X_i$ に乗算した乗算結果 $C_i \cdot X_i$ と $Y_{i-1}$ との排他的論理和の演算を全ての $i$ について実行することによって得られた符号化パケット $Y_i$ を前記第1の符号化パケットまたは前記第2の符号化パケットとして生成する、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の送信装置。

30

#### 【請求項5】

前記送信手段と有線ケーブルによって接続された複数の基地局を更に備え、

前記複数の基地局は、前記第1の単体パケット、前記結合パケット、前記第3の単体パケット、前記最後の単体パケットおよび前記第2の符号化パケットを前記送信手段から前記有線ケーブルを介して受信し、その受信した第1の単体パケット、結合パケット、第3の単体パケット、最後の単体パケットおよび第2の符号化パケットを相互に異なる通信経路によって送信する、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の送信装置。

40

#### 【請求項6】

請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の送信装置からパケットを受信する受信装置であって、

単体パケットを格納するための第1の受信バッファと、

符号化パケットを格納するための第2の受信バッファと、

50

前記第 1 および第 3 の単体パケット、前記結合パケット、および前記第 2 の符号化パケットを受信する受信手段と、

前記結合パケットを前記第 1 の符号化パケットと前記第 2 の単体パケットとに分離する分離手段と、

前記第 1 の単体パケットまたは前記第 3 の単体パケットのうち、前記第 1 の受信バッファに格納されていない単体パケットまたは受信済でない単体パケットを前記第 1 の受信バッファに格納するとともに前記第 1 の受信バッファに格納された単体パケットを前記送信装置からパケットによって送信された情報を利用するアプリケーションへ伝送する受信処理を実行する第 1 の処理手段と、

前記受信手段によって受信された符号化パケットに基づいて、前記第 1 の受信バッファに格納されていない複数の単体パケットのみを含む第 3 の符号化パケットを生成し、その生成した第 3 の符号化パケットを前記第 2 の受信バッファに格納する処理を前記第 1 および第 2 の符号化パケットの全てについて実行する第 2 の処理手段と、

前記第 2 の受信バッファから複数の前記第 3 の符号化パケットを読み出し、その読み出した複数の第 3 の符号化パケットについての連立方程式を解いて前記複数の第 3 の符号化パケットを復号する復号処理を実行する復号手段とを備え、

前記第 1 の処理手段は、前記復号手段によって復号された単体パケットに対して前記受信処理を更に行う、受信装置。

#### 【請求項 7】

前記第 2 の処理手段は、前記受信手段によって受信された符号化パケットから前記第 1 の受信バッファに格納された単体パケットの情報を除去することによって前記第 3 の符号化パケットを生成する、請求項 6 に記載の受信装置。

#### 【請求項 8】

前記第 2 の処理手段は、前記第 1 の受信バッファに格納された単体パケットが前記受信手段によって受信された符号化パケットに含まれると判定したとき、前記受信手段によって受信された符号化パケットから前記第 3 の符号化パケットを生成する、請求項 7 に記載の受信装置。

#### 【請求項 9】

前記第 2 の処理手段は、前記受信手段によって受信された符号化パケットから前記第 1 の受信バッファに格納された単体パケットの情報を除去した後の符号化パケットが 1 個の単体パケットを含むとき、更に、前記 1 個の単体パケットを含む符号化パケットを前記第 2 の受信バッファから消去し、

前記第 1 の処理手段は、前記 1 個の単体パケットを含む符号化パケットを単体パケットに変換し、その変換した単体パケットに対して前記受信処理を実行する、請求項 7 または請求項 8 に記載の受信装置。

#### 【請求項 10】

前記受信手段と有線ケーブルによって接続され、前記送信装置から送信されたパケットを相互に異なる複数の通信経路を介して受信する複数の基地局を更に備え、

前記複数の基地局の各々は、前記受信したパケットを前記有線ケーブルを介して前記受信手段へ出力する、請求項 6 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の受信装置。

#### 【請求項 11】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の送信装置と、

請求項 6 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の受信装置とを備える無線通信システム。

#### 【請求項 12】

リアルタイムトラフィックを構成するパケットをアプリケーションから受信する送信装置において前記パケットの送信をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、処理手段が、前記パケットに対して送信用の処理を実行する第 1 のステップと、

送信手段が、前記処理手段から受けたパケットを送信する第 2 のステップとをコンピュータに実行させ、

前記処理手段は、前記第 1 のステップにおいて、前記パケットが第 1 の時間間隔で前記

10

20

30

40

50

送信装置に到着する第 1 の単体パケットであるとき、前記第 1 の単体パケットが前記送信装置に到着すると、送信用のパケットを格納するための送信バッファに前記第 1 の単体パケットをコピーするとともに前記第 1 の単体パケットを前記送信手段へ出力する第 1 の処理を実行し、前記パケットが前記第 1 の時間間隔よりも短い第 2 の時間間隔で連続して前記送信装置に到着する複数の単体パケットであるとき、前記複数の単体パケットのうちの最初に前記送信装置に到着した単体パケット以外の単体パケットから選択された第 2 の単体パケットが前記送信装置に到着すると、前記第 2 の単体パケットを前記送信バッファにコピーし、前記第 2 の単体パケットよりも早く前記送信装置に到着した単体パケットを含む第 1 の符号化パケットを前記第 2 の単体パケットに付与した結合パケットを生成するとともに前記結合パケットを前記送信手段へ出力する第 2 の処理を実行し、前記複数の単体パケットに含まれ、かつ、前記第 2 の単体パケット以外の単体パケットである第 3 の単体パケットが前記送信装置に到着すると、前記第 3 の単体パケットに対して前記第 1 の処理を実行し、前記複数の単体パケットのうちの最後の単体パケットが前記送信装置に到着したと判定すると、前記最後の単体パケットを前記送信バッファにコピーし、前記最後の単体パケットが前記第 2 の単体パケットに該当するとき前記最後の単体パケットに対して前記第 2 の処理を実行し、前記最後の単体パケットが前記第 3 の単体パケットに該当するとき前記最後の単体パケットに対して前記第 1 の処理を実行し、前記最後の単体パケットが前記送信装置に到着したと判定したタイミングから所定の時間が経過すると、前記送信バッファに格納された全ての単体パケットを含む第 2 の符号化パケットを生成して前記送信手段へ出力する第 3 の処理を実行し、

10

20

前記送信手段は、前記第 2 のステップにおいて、前記第 1 の単体パケットを前記処理手段から受けると、その受けた第 1 の単体パケットを単独で送信する第 1 の送信処理を実行し、前記結合パケットを前記処理手段から受けると、その受けた結合パケットを送信する第 2 の送信処理を実行し、前記第 3 の単体パケットまたは前記最後の単体パケットを前記処理手段から受けると、その受けた第 3 の単体パケットまたは最後の単体パケットに対して第 1 の送信処理を実行し、前記第 2 の符号化パケットを前記処理手段から受けると、その受けた第 2 の符号化パケットを単独で送信する第 3 の送信処理を実行する、コンピュータに実行させるためのプログラム。

#### 【請求項 1 3】

前記処理手段は、前記第 1 のステップの前記第 2 の処理において、

30

前記第 2 の単体パケットまたは前記最後の単体パケットよりも早く前記送信装置に到着した単体パケットのうちで最後に前記送信装置に到着した単体パケットである第 4 の単体パケットが前記送信装置に到着すると、前記第 4 の単体パケットが前記送信手段によって送信された後に、前記第 2 の単体パケットまたは前記最後の単体パケットよりも早く前記送信装置に到着した単体パケットを含む前記第 1 の符号化パケットを生成する第 1 のサブ処理を実行し、前記第 1 のサブ処理を実行した後に、前記第 2 の単体パケットまたは前記最後の単体パケットが前記送信装置に到着すると、前記第 1 の符号化パケットを前記第 2 の単体パケットまたは前記最後の単体パケットに付与して前記結合パケットを生成して前記送信手段へ出力する第 2 のサブ処理を実行する、請求項 1 2 に記載のコンピュータに実行させるためのプログラム。

40

#### 【請求項 1 4】

前記処理手段は、前記第 1 のステップの前記第 2 の処理において、前記第 2 の単体パケットが  $a$  ( $a$  は、1 以上の整数である。) 個の単体パケットからなるとき、前記  $a$  個の単体パケットの各々について、前記第 1 および第 2 のサブ処理を実行する、請求項 1 3 に記載のコンピュータに実行させるためのプログラム。

#### 【請求項 1 5】

前記処理手段は、前記符号化パケットの初期値を所定長の零からなる  $Y_0$  とし、前記送信用バッファから取り出したパケットを  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ 、 $I$  は、前記第 1 の符号化パケットまたは前記第 2 の符号化パケットを生成するとき前記送信用バッファに格納されているパケットの総数) とし、所定長の乱数を  $C_i$  とし、符号化パケットを  $Y_i$

50

としたとき、前記所定長の乱数  $C_i$  を前記パケット  $X_i$  に乗算した乗算結果  $C_i \cdot X_i$  と  $Y_{i-1}$  との排他的論理和の演算を全ての  $i$  について実行することによって得られた符号化パケット  $Y_i$  を前記第 1 の符号化パケットまたは前記第 2 の符号化パケットとして生成する、請求項 1 2 から請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載のコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 1 6】

前記送信手段は、前記第 2 のステップにおいて、有線ケーブルを介して、前記第 1 の単体パケット、前記結合パケット、前記第 3 の単体パケット、前記最後の単体パケットおよび前記第 2 の符号化パケットを複数の基地局へ送信し、

前記複数の基地局は、前記第 1 の単体パケット、前記結合パケット、前記第 3 の単体パケット、前記最後の単体パケットおよび前記第 2 の符号化パケットを前記送信手段から前記有線ケーブルを介して受信し、その受信した第 1 の単体パケット、結合パケット、第 3 の単体パケット、最後の単体パケットおよび第 2 の符号化パケットを相互に異なる通信経路によって送信する、請求項 1 2 から請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載のコンピュータに実行させるためのプログラム。

10

【請求項 1 7】

請求項 1 2 から請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載のプログラムをコンピュータに実行させることによって送信されたパケットの受信をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

受信手段が、前記第 1 および第 3 の単体パケット、前記結合パケット、および前記第 2 の符号化パケットを受信する第 1 のステップと、

20

分離手段が、前記結合パケットを前記第 1 の符号化パケットと前記第 2 の単体パケットとに分離する第 2 のステップと、

第 1 の処理手段が、前記第 1 の単体パケットまたは前記第 3 の単体パケットのうち、第 1 の受信バッファに格納されていない単体パケットまたは受信済でない単体パケットを前記第 1 の受信バッファに格納するとともに前記第 1 の受信バッファに格納された単体パケットを前記パケットによって送信された情報を利用するアプリケーションへ伝送する受信処理を実行する第 3 のステップと、

第 2 の処理手段が、前記第 1 のステップにおいて受信された符号化パケットに基づいて、前記第 1 の受信バッファに格納されていない複数の単体パケットのみを含む第 3 の符号化パケットを生成し、その生成した第 3 の符号化パケットを第 2 の受信バッファに格納する処理を前記第 1 および第 2 の符号化パケットの全てについて実行する第 4 のステップと、

30

復号手段が、前記第 2 の受信バッファから複数の前記第 3 の符号化パケットを読み出し、その読み出した複数の第 3 の符号化パケットについての連立方程式を解いて前記複数の第 3 の符号化パケットを復号する復号処理を実行する第 5 のステップとをコンピュータに実行させ、

前記第 1 の処理手段は、前記第 3 のステップにおいて、前記復号手段によって復号された単体パケットに対して前記受信処理を更に行う、コンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 1 8】

40

前記第 2 の処理手段は、前記第 4 のステップにおいて、前記第 1 のステップにおいて受信された符号化パケットから前記第 1 の受信バッファに格納された単体パケットの情報を除去することによって前記第 3 の符号化パケットを生成する、請求項 1 7 に記載のコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 1 9】

前記第 2 の処理手段は、前記第 4 のステップにおいて、前記第 1 の受信バッファに格納された単体パケットが前記第 1 のステップにおいて受信された符号化パケットに含まれると判定したとき、前記第 1 のステップにおいて受信された符号化パケットから前記第 3 の符号化パケットを生成する、請求項 1 8 に記載のコンピュータに実行させるためのプログラム。

50

## 【請求項 20】

前記第2の処理手段は、前記第4のステップにおいて、前記第1のステップにおいて受信された符号化パケットから前記第1の受信バッファに格納された単体パケットの情報を除去した後の符号化パケットが1個の単体パケットを含むとき、更に、前記1個の単体パケットを含む符号化パケットを前記第1の受信バッファから消去し、

前記第1の処理手段は、前記第3のステップにおいて、前記1個の単体パケットを含む符号化パケットを単体パケットに変換し、その変換した単体パケットに対して前記受信処理を実行する、請求項18または請求項19に記載のコンピュータに実行させるためのプログラム。

## 【請求項 21】

請求項12から請求項20のいずれか1項に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、送信装置、受信装置、これらを備えた無線通信システム、プログラムおよびプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

非特許文献1は、送信対象である複数のパケットが揃った時点で複数のパケットを複数の経路で伝送することを開示する。

## 【0003】

また、非特許文献2は、送信対象である複数のパケットが揃った時点でウィンドウを複数のパケットに対してスライディングさせながら複数のパケットを送信することによって低遅延化を試行することを開示する。

## 【0004】

更に、特許文献1は、多対多の通信において、複数のパケットをネットワークコーディングし、そのネットワークコーディングしたコーディングパケットをブロードキャストすることによってパケットの到達率を向上することを開示する。

## 【0005】

より具体的には、無線装置TM<sub>1</sub>～TM<sub>6</sub>は、1番目の周期において、それぞれ、シーケンス番号Seq=1の単一のパケットPKT<sub>1(1)</sub>～PKT<sub>6(1)</sub>を生成してブロードキャストする。その後、無線装置TM<sub>1</sub>～TM<sub>6</sub>は、2番目の周期において、シーケンス番号Seq=1のパケットPKT<sub>1(1)</sub>～PKT<sub>6(1)</sub>をネットワークコーディングしたコーディングパケットと、シーケンス番号Seq=2の単一のパケットとの結合パケットを生成してブロードキャストする。更に、無線装置TM<sub>1</sub>～TM<sub>6</sub>は、3番目の周期において、シーケンス番号Seq=2のパケットPKT<sub>1(2)</sub>～PKT<sub>6(2)</sub>をネットワークコーディングしたコーディングパケットと、シーケンス番号Seq=3の単一のパケットとの結合パケットを生成してブロードキャストする。そして、無線装置TM<sub>1</sub>～TM<sub>6</sub>は、これを繰り返し行う。

## 【0006】

このように、特許文献1は、無線装置TM<sub>1</sub>～TM<sub>6</sub>の各々が自己で生成したパケットと他の無線装置から受信したパケットとをネットワークコーディングしてコーディングパケットを生成することを開示する。つまり、特許文献1は、ネットワークコーディングの対象となるパケットが既知である場合において、複数のパケットをネットワークコーディングしてコーディングパケットを生成することを開示する。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0007】

【文献】特開2010-093738号公報

10

20

30

40

50

## 【非特許文献】

【0008】

【文献】[https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5753567&cas\\_token=NlznD3EhwnsAAAAA:GxTWT9heKzlvG0G6nUoIhPijCKnV26EoCsg0jRrjm7ZFijLqI TaT7s\\_IXCxZ4H7bK8IfHn-nQA](https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5753567&cas_token=NlznD3EhwnsAAAAA:GxTWT9heKzlvG0G6nUoIhPijCKnV26EoCsg0jRrjm7ZFijLqI TaT7s_IXCxZ4H7bK8IfHn-nQA)

【文献】[https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8826710&cas\\_token=zouNIPn0UqgAAAAA:aoV6VQxo79INnWaVlITKDCxSkeH\\_nrWGenZxVxbZYgxRIUaY899uw4fe9yeW-P-MmdxEFHu5QQ](https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8826710&cas_token=zouNIPn0UqgAAAAA:aoV6VQxo79INnWaVlITKDCxSkeH_nrWGenZxVxbZYgxRIUaY899uw4fe9yeW-P-MmdxEFHu5QQ)

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、非特許文献1、2に記載の通信方法は、複数のパケットの到着を待ってから処理する方法であるため、バーストを構成する複数のパケットを非特許文献1、2に記載の通信方法によって送信した場合、遅延が生じてしまう。

【0010】

また、バーストの開始および/または終了を知ることはできないため、特許文献1に記載の方法では、パケットのネットワークコーディング（符号化）を効率的に行うことが困難である。

【0011】

そこで、この発明の実施の形態によれば、バーストを構成する複数のパケットを低遅延で送信可能な送信装置を提供する。

【0012】

また、この発明の実施の形態によれば、バーストを構成する複数のパケットを低遅延で送信可能な送信装置からパケットを受信する受信装置を提供する。

【0013】

更に、この発明の実施の形態によれば、バーストを構成する複数のパケットを低遅延で送信可能な送信装置と、バーストを構成する複数のパケットを低遅延で送信可能な送信装置からパケットを受信する受信装置とを備える無線通信システムを提供する。

【0014】

更に、この発明の実施の形態によれば、バーストを構成する複数のパケットの低遅延な送信をコンピュータに実行させるためのプログラムを提供する。

【0015】

更に、この発明の実施の形態によれば、バーストを構成する複数のパケットの低遅延な送信によって送信されたパケットの受信をコンピュータに実行させるためのプログラムを提供する。

【0016】

更に、この発明の実施の形態によれば、バーストを構成する複数のパケットの低遅延な送信をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供する。

【0017】

更に、この発明の実施の形態によれば、バーストを構成する複数のパケットの低遅延な送信によって送信されたパケットの受信をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0018】

(構成1)

この発明の実施の形態によれば、送信装置は、リアルタイムトラフィックを構成するパケットをアプリケーションから受信し、その受信したパケットを送信する送信装置であって、送信用バッファと、処理手段と、送信手段とを備える。送信用バッファは、送信用パケットを格納するためのバッファである。処理手段は、パケットに対して送信用の処理を

10

20

30

40

50

実行する。送信手段は、処理手段から受けたパケットを送信する。そして、処理手段は、パケットが第 1 の時間間隔で当該送信装置に到着する第 1 の単体パケットであるとき、第 1 の単体パケットが当該送信装置に到着すると、第 1 の単体パケットを送信バッファにコピーするとともに第 1 の単体パケットを送信手段へ出力する第 1 の処理を実行し、パケットが第 1 の時間間隔よりも短い第 2 の時間間隔で連続して当該送信装置に到着する複数の単体パケットであるとき、複数の単体パケットのうちの最初に当該送信装置に到着した単体パケット以外の単体パケットから選択された第 2 の単体パケットが当該送信装置に到着すると、第 2 の単体パケットを送信バッファにコピーし、第 2 の単体パケットよりも早く当該送信装置に到着した単体パケットを含む第 1 の符号化パケットを第 2 の単体パケットに付与した結合パケットを生成するとともに結合パケットを送信手段へ出力する第 2 の処理を実行し、複数の単体パケットに含まれ、かつ、第 2 の単体パケット以外の単体パケットである第 3 の単体パケットが当該送信装置に到着すると、第 3 の単体パケットに対して第 1 の処理を実行し、複数の単体パケットのうちの最後の単体パケットが当該送信装置に到着したと判定すると、最後の単体パケットを送信バッファにコピーし、最後の単体パケットが第 2 の単体パケットに該当するとき最後の単体パケットに対して第 2 の処理を実行し、最後の単体パケットが第 3 の単体パケットに該当するとき最後の単体パケットに対して第 1 の処理を実行し、最後の単体パケットが当該送信装置に到着したと判定したタイミングから所定の時間が経過すると、送信バッファに格納された全ての単体パケットを含む第 2 の符号化パケットを生成して送信手段へ出力する第 3 の処理を実行する。また、送信手段は、第 1 の単体パケットを処理手段から受けると、その受けた第 1 の単体パケットを単独で送信する第 1 の送信処理を実行し、結合パケットを処理手段から受けると、その受けた結合パケットを送信する第 2 の送信処理を実行し、第 3 の単体パケットまたは最後の単体パケットを処理手段から受けると、その受けた第 3 の単体パケットまたは最後の単体パケットに対して第 1 の送信処理を実行し、第 2 の符号化パケットを処理手段から受けると、その受けた第 2 の符号化パケットを単独で送信する第 3 の送信処理を実行する。

【 0 0 1 9 】

( 構成 2 )

構成 1 において、処理手段は、第 2 の処理において、第 2 の単体パケットまたは最後の単体パケットよりも早く当該送信装置に到着した単体パケットのうちで最後に当該送信装置に到着した単体パケットである第 4 の単体パケットが当該送信装置に到着すると、第 4 の単体パケットが送信手段によって送信された後に、第 2 の単体パケットまたは最後の単体パケットよりも早く当該送信装置に到着した単体パケットを含む第 1 の符号化パケットを生成する第 1 のサブ処理を実行し、第 1 のサブ処理を実行した後に、第 2 の単体パケットまたは最後の単体パケットが当該送信装置に到着すると、第 1 の符号化パケットを第 2 の単体パケットまたは最後の単体パケットに付与して結合パケットを生成して送信手段へ出力する第 2 のサブ処理を実行する。

【 0 0 2 0 】

( 構成 3 )

構成 2 において、処理手段は、第 2 の処理において、第 2 の単体パケットが  $a$  ( $a$  は、1 以上の整数である。) 個の単体パケットからなるとき、 $a$  個の単体パケットの各々について、第 1 および第 2 のサブ処理を実行する。

【 0 0 2 1 】

( 構成 4 )

構成 1 から構成 3 のいずれかにおいて、処理手段は、符号化パケットの初期値を所定長の零からなる  $Y_0$  とし、送信用バッファから取り出したパケットを  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ 、 $I$  は、第 1 の符号化パケットまたは第 2 の符号化パケットを生成するとき送信用バッファに格納されているパケットの総数) とし、所定長の乱数を  $C_i$  とし、符号化パケットを  $Y_i$  としたとき、所定長の乱数  $C_i$  をパケット  $X_i$  に乗算した乗算結果  $C_i \cdot X_i$  と  $Y_{i-1}$  との排他的論理和の演算を全ての  $i$  について実行することによって得られた符号化パケット  $Y_i$  を第 1 の符号化パケットまたは第 2 の符号化パケットとして生成する。

## 【 0 0 2 2 】

## ( 構成 5 )

構成 1 から構成 4 のいずれかにおいて、送信装置は、複数の基地局を更に備える。複数の基地局は、送信手段と有線ケーブルによって接続される。そして、複数の基地局は、第 1 の単体パケット、結合パケット、第 3 の単体パケット、最後の単体パケットおよび第 2 の符号化パケットを送信手段から有線ケーブルを介して受信し、その受信した第 1 の単体パケット、結合パケット、第 3 の単体パケット、最後の単体パケットおよび第 2 の符号化パケットを相互に異なる通信経路によって送信する。

## 【 0 0 2 3 】

## ( 構成 6 )

また、この発明の実施の形態によれば、受信装置は、構成 1 から構成 5 のいずれかに記載の送信装置からパケットを受信する受信装置であって、第 1 の受信バッファと、第 2 の受信バッファと、受信手段と、分離手段と、第 1 の処理手段と、第 2 の処理手段と、復号手段とを備える。第 1 の受信バッファは、単体パケットを格納するためのバッファである。第 2 の受信バッファは、符号化パケットを格納するためのバッファである。受信手段は、第 1 および第 3 の単体パケット、結合パケット、および第 2 の符号化パケットを受信する。分離手段は、結合パケットを第 1 の符号化パケットと第 2 の単体パケットとに分離する。第 1 の処理手段は、第 1 の単体パケットまたは第 3 の単体パケットのうち、第 1 の受信バッファに格納されていない単体パケットまたは受信済でない単体パケットを第 1 の受信バッファに格納するとともに第 1 の受信バッファに格納された単体パケットを送信装置からパケットによって送信された情報を利用するアプリケーションへ伝送する受信処理を実行する。第 2 の処理手段は、受信手段によって受信された符号化パケットに基づいて、第 1 の受信バッファに格納されていない複数の単体パケットのみを含む第 3 の符号化パケットを生成し、その生成した第 3 の符号化パケットを第 2 の受信バッファに格納する処理を第 1 および第 2 の符号化パケットの全てについて実行する。復号手段は、第 2 の受信バッファから複数の第 3 の符号化パケットを読み出し、その読み出した複数の第 3 の符号化パケットについての連立方程式を解いて複数の第 3 の符号化パケットを復号する復号処理を実行する。そして、第 1 の処理手段は、復号手段によって復号された単体パケットに対して受信処理を更に実行する。

## 【 0 0 2 4 】

## ( 構成 7 )

構成 6 において、第 2 の処理手段は、受信手段によって受信された符号化パケットから第 1 の受信バッファに格納された単体パケットの情報を除去することによって第 3 の符号化パケットを生成する。

## 【 0 0 2 5 】

## ( 構成 8 )

構成 7 において、第 2 の処理手段は、第 1 の受信バッファに格納された単体パケットが受信手段によって受信された符号化パケットに含まれると判定したとき、受信手段によって受信された符号化パケットから第 3 の符号化パケットを生成する。

## 【 0 0 2 6 】

## ( 構成 9 )

構成 7 または構成 8 において、第 2 の処理手段は、受信手段によって受信された符号化パケットから第 1 の受信バッファに格納された単体パケットの情報を除去した後の符号化パケットが 1 個の単体パケットを含むとき、更に、1 個の単体パケットを含む符号化パケットを第 2 の受信バッファから消去する。第 1 の処理手段は、1 個の単体パケットを含む符号化パケットを単体パケットに変換し、その変換した単体パケットに対して受信処理を実行する。

## 【 0 0 2 7 】

## ( 構成 10 )

構成 6 から構成 9 のいずれかにおいて、受信装置は、複数の基地局を更に備える。複数

10

20

30

40

50

の基地局は、受信手段と有線ケーブルによって接続され、送信装置から送信されたパケットを相互に異なる複数の通信経路を介して受信する。そして、複数の基地局の各々は、受信したパケットを有線ケーブルを介して受信手段へ出力する。

【0028】

(構成11)

更に、この発明の実施の形態によれば、無線通信システムは、構成1から構成5のいずれかに記載の送信装置と、構成6から構成10のいずれかに記載の受信装置とを備える。

【0029】

(構成12)

更に、この発明の実施の形態によれば、プログラムは、リアルタイムトラフィックを構成するパケットをアプリケーションから受信する送信装置においてパケットの送信をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

処理手段が、パケットに対して送信用の処理を実行する第1のステップと、

送信手段が、処理手段から受けたパケットを送信する第2のステップとをコンピュータに実行させ、

処理手段は、第1のステップにおいて、パケットが第1の時間間隔で送信装置に到着する第1の単体パケットであるとき、第1の単体パケットが送信装置に到着すると、送信用のパケットを格納するための送信バッファに第1の単体パケットをコピーするとともに第1の単体パケットを送信手段へ出力する第1の処理を実行し、パケットが第1の時間間隔よりも短い第2の時間間隔で連続して送信装置に到着する複数の単体パケットであるとき、複数の単体パケットのうちの最初に送信装置に到着した単体パケット以外の単体パケットから選択された第2の単体パケットが送信装置に到着すると、第2の単体パケットを送信バッファにコピーし、第2の単体パケットよりも早く送信装置に到着した単体パケットを含む第1の符号化パケットを第2の単体パケットに付与した結合パケットを生成するとともに結合パケットを送信手段へ出力する第2の処理を実行し、複数の単体パケットに含まれ、かつ、第2の単体パケット以外の単体パケットである第3の単体パケットが送信装置に到着すると、第3の単体パケットに対して第1の処理を実行し、複数の単体パケットのうちの最後の単体パケットが送信装置に到着したと判定すると、最後の単体パケットを送信バッファにコピーし、最後の単体パケットが第2の単体パケットに該当するとき最後の単体パケットに対して第2の処理を実行し、最後の単体パケットが第3の単体パケットに該当するとき最後の単体パケットに対して第1の処理を実行し、最後の単体パケットが送信装置に到着したと判定したタイミングから所定の時間が経過すると、送信バッファに格納された全ての単体パケットを含む第2の符号化パケットを生成して送信手段へ出力する第3の処理を実行し、

送信手段は、第2のステップにおいて、第1の単体パケットを処理手段から受けると、その受けた第1の単体パケットを単独で送信する第1の送信処理を実行し、結合パケットを処理手段から受けると、その受けた結合パケットを送信する第2の送信処理を実行し、第3の単体パケットまたは最後の単体パケットを処理手段から受けると、その受けた第3の単体パケットまたは最後の単体パケットに対して第1の送信処理を実行し、第2の符号化パケットを処理手段から受けると、その受けた第2の符号化パケットを単独で送信する第3の送信処理を実行する。

【0030】

(構成13)

構成12において、処理手段は、第1のステップの第2の処理において、

第2の単体パケットまたは最後の単体パケットよりも早く送信装置に到着した単体パケットのうちで最後に送信装置に到着した単体パケットである第4の単体パケットが送信装置に到着すると、第4の単体パケットが送信手段によって送信された後に、第2の単体パケットまたは最後の単体パケットよりも早く送信装置に到着した単体パケットを含む第1の符号化パケットを生成する第1のサブ処理を実行し、第1のサブ処理を実行した後に、第2の単体パケットまたは最後の単体パケットが送信装置に到着すると、第1の符号化パ

10

20

30

40

50

ケットを第2の単体ケットまたは最後の単体ケットに付与して結合ケットを生成して送信手段へ出力する第2のサブ処理を実行する。

【0031】

(構成14)

構成13において、処理手段は、第1のステップの第2の処理において、第2の単体ケットが $a$  ( $a$ は、1以上の整数である。)個の単体ケットからなるとき、 $a$ 個の単体ケットの各々について、第1および第2のサブ処理を実行する。

【0032】

(構成15)

構成12から構成14のいずれかにおいて、処理手段は、符号化ケットの初期値を所定長の零からなる $Y_0$ とし、送信用バッファから取り出したケットを $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ ,  $I$ は、第1の符号化ケットまたは第2の符号化ケットを生成するとき送信用バッファに格納されているケットの総数)とし、所定長の乱数を $C_i$ とし、符号化ケットを $Y_i$ としたとき、所定長の乱数 $C_i$ をケット $X_i$ に乗算した乗算結果 $C_i \cdot X_i$ と $Y_{i-1}$ との排他的論理和の演算を全ての $i$ について実行することによって得られた符号化ケット $Y_i$ を第1の符号化ケットまたは第2の符号化ケットとして生成する。

10

【0033】

(構成16)

構成12から構成14のいずれかにおいて、送信手段は、第2のステップにおいて、有線ケーブルを介して、第1の単体ケット、結合ケット、第3の単体ケット、最後の単体ケットおよび第2の符号化ケットを複数の基地局へ送信し、

20

複数の基地局は、第1の単体ケット、結合ケット、第3の単体ケット、最後の単体ケットおよび第2の符号化ケットを送信手段から有線ケーブルを介して受信し、その受信した第1の単体ケット、結合ケット、第3の単体ケット、最後の単体ケットおよび第2の符号化ケットを相互に異なる通信経路によって送信する。

【0034】

(構成17)

更に、この発明の実施の形態によれば、プログラムは、構成12から構成16のいずれかに記載のプログラムをコンピュータに実行させることによって送信されたケットの受信をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

30

受信手段が、第1および第3の単体ケット、結合ケット、および第2の符号化ケットを受信する第1のステップと、

分離手段が、結合ケットを第1の符号化ケットと第2の単体ケットとに分離する第2のステップと、

第1の処理手段が、第1の単体ケットまたは第3の単体ケットのうち、第1の受信バッファに格納されていない単体ケットまたは受信済でない単体ケットを第1の受信バッファに格納するとともに第1の受信バッファに格納された単体ケットをケットによって送信された情報を利用するアプリケーションへ伝送する受信処理を実行する第3のステップと、

40

第2の処理手段が、第1のステップにおいて受信された符号化ケットに基づいて、第1の受信バッファに格納されていない複数の単体ケットのみを含む第3の符号化ケットを生成し、その生成した第3の符号化ケットを第2の受信バッファに格納する処理を第1および第2の符号化ケットの全てについて実行する第4のステップと、

復号手段が、第2の受信バッファから複数の第3の符号化ケットを読み出し、その読み出した複数の第3の符号化ケットについての連立方程式を解いて複数の第3の符号化ケットを復号する復号処理を実行する第5のステップとをコンピュータに実行させ、

第1の処理手段は、第3のステップにおいて、復号手段によって復号された単体ケットに対して受信処理を更に実行する。

【0035】

50

(構成 18)

構成 17において、第 2 の処理手段は、第 4 のステップにおいて、第 1 のステップにおいて受信された符号化パケットから第 1 の受信バッファに格納された単体パケットの情報を除去することによって第 3 の符号化パケットを生成する。

【0036】

(構成 19)

構成 18において、第 2 の処理手段は、第 4 のステップにおいて、第 1 の受信バッファに格納された単体パケットが第 1 のステップにおいて受信された符号化パケットに含まれると判定したとき、第 1 のステップにおいて受信された符号化パケットから第 3 の符号化パケットを生成する。

【0037】

(構成 20)

構成 18または構成 19において、第 2 の処理手段は、第 4 のステップにおいて、第 1 のステップにおいて受信された符号化パケットから第 1 の受信バッファに格納された単体パケットの情報を除去した後の符号化パケットが 1 個の単体パケットを含むとき、更に、1 個の単体パケットを含む符号化パケットを第 1 の受信バッファから消去し、

第 1 の処理手段は、第 3 のステップにおいて、1 個の単体パケットを含む符号化パケットを単体パケットに変換し、その変換した単体パケットに対して受信処理を実行する。

【0038】

(構成 21)

更に、この発明の実施の形態によれば、記録媒体は、構成 12 から構成 20 のいずれかに記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

【発明の効果】

【0039】

バーストを構成する複数のパケットを低遅延で送信できる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】この発明の実施の形態による無線通信システムの概略図である。

【図 2】図 1 に示す送信機の概略図である。

【図 3】図 1 に示す受信機の概略図である。

【図 4】画像の送信を示す概念図である。

【図 5】パケットのフォーマットを示す概略図である。

【図 6】図 2 に示すバッファの概略図である。

【図 7】パケットを符号化する方法を説明するための図である。

【図 8】 $M_{burst}$  個のパケット  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{burst})$  を送信するときの符号化パケットの生成方法を説明する図である。

【図 9】バーストを構成するパケットの送信方法を説明するための図である。

【図 10】バーストを構成するパケットの別の送信方法を説明するための図である。

【図 11】バーストを構成するパケットの更に別の送信方法を説明するための図である。

【図 12】図 1 および図 2 に示す送信機の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 13】図 12 に示すステップ S8 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【図 14】図 1 および図 3 に示す受信機の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 15】図 14 に示すステップ S26 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【図 16】図 14 に示すステップ S28 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【図 17】図 14 に示すステップ S29 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【図 18】バーストを構成するパケットの受信時における N バッファおよび C バッファの

10

20

30

40

50

変遷を示す図である。

【図 19】この発明の実施の形態による別の無線通信システムの概略図である。

【図 20】この発明の実施の形態による更に別の無線通信システムの概略図である。

【図 21】この発明の実施の形態による更に別の無線通信システムの概略図である。

【図 22】図 1 に示す無線通信システムの別の適用例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0042】

図 1 は、この発明の実施の形態による無線通信システムの概略図である。図 1 を参照して、この発明の実施の形態による無線通信システム 10 は、送信機 1 と受信機 2 とを備える。送信機 1 および受信機 2 は、無線通信空間に配置される。

【0043】

アプリケーション 20 は、例えば、カメラによって画像を撮影し、その撮影した画像の画像データをペイロードに含むパケット P K T を送信機 1 へ伝送する。

【0044】

送信機 1 は、パケット P K T をアプリケーション 20 から受信する。そして、送信機 1 は、後述する方法によって、パケット P K T をリアルタイムトラフィックを構成するパケットとして無線通信によって受信機 2 へ送信する。

【0045】

受信機 2 は、送信機 1 からのパケット P K T を無線通信によって受信し、その受信したパケット P K T に対して後述する受信処理を実行する。そして、受信機 2 は、受信処理を行ったパケット P K T をアプリケーション 30 へ伝送する。アプリケーション 30 は、受信機 2 からパケット P K T を受信し、その受信したパケット P K T に含まれる画像データを再生して表示部に表示する。

【0046】

無線通信システム 10 は、次の特徴を有する。無線通信システム 10 は、到達確認を用いた効率的な再送ができないシステムであり、例えば、無線通信によるブロードキャストまたはマルチキャストを行う。また、無線通信システム 10 は、複数経路を用いるシステムである。更に、無線通信システム 10 は、高い信頼性を必要とするリアルタイム通信（例えば、映像伝送等）を行うものである。

【0047】

図 2 は、図 1 に示す送信機 1 の概略図である。図 2 を参照して、送信機 1 は、バッファ 11 と、処理手段 12 と、送信手段 13 と、アンテナ 14 とを備える。

【0048】

バッファ 11 は、アプリケーション 20 から到着した複数のパケット P K T<sub>N(1)</sub> ~ P K T<sub>N(V)</sub> を格納する。複数のパケット P K T<sub>N(1)</sub> ~ P K T<sub>N(V)</sub> の各々は、アプリケーション 20 によって生成された生 ( N a t i v e ) のパケットからなる。また、V は、整数からなる。

【0049】

処理手段 12 は、タイマーを内蔵している。そして、処理手段 12 は、パケットが到着したか否かを判定する。そして、処理手段 12 は、パケットが到着したと判定したとき、到着したパケット P K T<sub>N(v)</sub> ( v は、1 ~ V の整数 ) のコピーをバッファ 11 に格納し、元のパケット P K T<sub>N(v)</sub> を送信手段 13 へ出力する。また、処理手段 12 は、パケットが到着したと判定したとき、複数のパケットがバッファ 11 に格納されていれば、複数のパケットをバッファ 11 から取り出し、その取り出した複数のパケットに基づいて後述する方法によって符号化パケット P K T<sub>C</sub> を含む送信用パケット P K T<sub>TR</sub> を生成し、その生成した送信用パケット P K T<sub>TR</sub> を送信手段 13 へ出力する。なお、処理手段 12 は、タイマーを参照して、パケット P K T<sub>N(v)</sub> または送信用パケット

10

20

30

40

50

P K T \_ T R を送信手段 1 3 へ出力する。

【 0 0 5 0 】

送信手段 1 3 は、1 個のパケット P K T \_ N ( v ) または送信用パケット P K T \_ T R を処理手段 1 2 から受けると、その受けた 1 個のパケット P K T \_ N ( v ) または送信用パケット P K T \_ T R を無線通信によってアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。

【 0 0 5 1 】

図 3 は、図 1 に示す受信機 2 の概略図である。図 3 を参照して、受信機 2 は、アンテナ 2 1 と、受信手段 2 2 と、処理手段 2 3 と、N バッファ 2 4 と、C バッファ 2 5 とを備える。

【 0 0 5 2 】

受信手段 2 2 は、アンテナ 2 1 を介してパケット P K T ( パケット P K T \_ N ( v ) または送信用パケット P K T \_ T R ) を受信し、その受信したパケット P K T ( パケット P K T \_ N ( v ) または送信用パケット P K T \_ T R ) を処理手段 2 3 へ出力する。

【 0 0 5 3 】

処理手段 2 3 は、パケット P K T \_ N ( v ) を受信手段 2 2 から受けると、後述する方法によって、パケット P K T \_ N ( v ) に対して N パケット受信処理を実行する。この場合、処理手段 2 3 は、N パケット受信処理において、パケット P K T \_ N ( v ) が受信済でないとき、パケット P K T \_ N ( v ) を N バッファ 2 4 に格納する。そして、処理手段 2 3 は、N バッファ 2 4 に格納された全てのパケット P K T \_ N ( v ) をアプリケーション 3 0 へ伝送する。

【 0 0 5 4 】

一方、処理手段 2 3 は、送信用パケット P K T \_ T R を受信手段 2 2 から受けると、送信用パケット P K T \_ T R が符号化パケット P K T \_ C と単体パケット P K T \_ N とを含むとき、符号化パケット P K T \_ C と単体パケット P K T \_ N とを分離する分離処理を実行する。そして、処理手段 2 3 は、その分離した単体パケット P K T \_ N に対して N パケット受信処理を実行する。また、処理手段 2 3 は、N バッファ 2 4 に格納済の単体パケット P K T \_ N ( 即ち、受信済の単体パケット P K T \_ N ) の情報を符号化パケット P K T \_ C から除去する除去処理を実行し、その除去処理後の符号化パケット P K T \_ C ' が複数の単体パケット P K T \_ N を含むとき、符号化パケット P K T \_ C ' を C バッファ 2 5 に格納する。その後、処理手段 2 3 は、C バッファ 2 5 に格納された符号化パケット P K T \_ C ' に対して後述する復号処理を実行する。この場合、処理手段 2 3 は、復号処理において復号された単体パケット P K T \_ N に対して N パケット受信処理を実行する。

【 0 0 5 5 】

処理手段 2 3 は、送信用パケット P K T \_ T R が符号化パケット P K T \_ C のみを含むとき、上述した分離処理を実行せずに、上述した除去処理および復号処理を順次実行する。

【 0 0 5 6 】

図 4 は、画像の送信を示す概念図である。図 4 を参照して、リアルタイム動画伝送の場合の特徴を説明する。I ピクチャは、前後のピクチャの差分を用いない圧縮画像からなり、サイズが大きい。P ピクチャは、前のピクチャとの差分を伝送するため、サイズが小さい。

【 0 0 5 7 】

I ピクチャおよび P ピクチャは、周期的に送信される。そして、周期的な送信の際の送信パケット数は、異なり、バースト的に一度にパケットを送信する場合もある。また、I ピクチャは、I P P P I P P P I P のように周期的に生成されて送信される。

【 0 0 5 8 】

I ピクチャを伝送する際にバーストが発生し、バーストのサイズは、一定でない。また、バーストを構成するパケットは、一度に到着せずに逐次到着する。

【 0 0 5 9 】

更に、図 4 に示す P ピクチャ、P ピクチャ、P ピクチャ、I ピクチャ、P ピクチャ、P ピクチャ、P ピクチャ、I ピクチャおよび P ピクチャにおいて、P ピクチャをペイロード

10

20

30

40

50

に含むパケットおよびIピクチャをペイロードに含むパケットがアプリケーション20から送信機1に到着する時間間隔は、 $T_{interval\_1}$ であり、Iピクチャをペイロードに含む複数のパケットがアプリケーション20から連続して送信機1に到着する時間間隔は、 $T_{interval\_1}$ よりも短い $T_{interval\_2}$ である。

【0060】

図5は、パケットのフォーマットを示す概略図である。図5を参照して、パケットPKTは、ヘッダと、ペイロードとを含む。ヘッダは、送信先のIPアドレスを含む。

【0061】

ペイロードは、Packet Infoと、領域REG1と、Coded Infoと、領域REG2とを含む。領域REG1は、1個のパケットPKT<sub>N</sub>のペイロードを含む。領域REG2は、N個のパケットPKT<sub>N</sub>(1)~PKT<sub>N</sub>(N)を符号化した符号化パケットPKT<sub>C</sub>を含む。領域REG1の長さは、 $L_p$ であり、領域REG2の長さは、 $L_1 \sim L_n$ の最大値である。 $L_p$ は、1個のパケットPKT<sub>N</sub>のデータ長であり、 $L_1 \sim L_n$ は、それぞれ、パケットPKT<sub>N</sub>(1)~PKT<sub>N</sub>(N)のデータ長である。

10

【0062】

Packet Infoは、識別子N/Cと、シーケンス番号SNと、データ長 $L_p$ とを含む。識別子N/Cは、領域REG1に含まれるパケットが単体のパケットPKT<sub>N</sub>であるか符号化パケットPKT<sub>C</sub>であるかを識別する識別子であり、“N”または“C”からなる。“N”は、単体のパケットPKT<sub>N</sub>であることを表し、“C”は、符号化パケットPKT<sub>C</sub>であることを表す。シーケンス番号SNは、領域REG1に含まれるパケットの送信機1への到着順序を表す。データ長 $L_p$ は、領域REG1の長さを表す。

20

【0063】

Coded Infoは、識別子N/Cと、Num coded(N)と、Packet Info<sub>1</sub>~Packet Info<sub>N</sub>とを含む。識別子N/Cは、領域REG2に含まれるパケットが単体のパケットPKT<sub>N</sub>であるか符号化パケットPKT<sub>C</sub>であるかを識別する識別子であり、“N”または“C”からなる。Num coded(N)は、領域REG2に含まれる符号化パケットPKT<sub>C</sub>を構成するパケットPKT<sub>N</sub>の個数を表す。

【0064】

Packet Info<sub>1</sub>は、シーケンス番号SNと、データ長 $L_1$ と、符号 $C_1$ とを含む。以下、同様にして、Packet Info<sub>N</sub>は、シーケンス番号SNと、データ長 $L_N$ と、符号 $C_N$ とを含む。

30

【0065】

Packet Info<sub>1</sub>において、シーケンス番号SNは、符号化パケットPKT<sub>C</sub>を構成するパケットPKT<sub>N</sub>(1)の送信機1への到着順序を表し、データ長 $L_1$ は、符号化パケットPKT<sub>C</sub>を構成するパケットPKT<sub>N</sub>(1)のデータ長であり、符号 $C_1$ は、N個のパケットPKT<sub>N</sub>(1)~PKT<sub>N</sub>(N)を符号化したときのパケットPKT<sub>N</sub>(1)の係数である。

【0066】

以下、同様にして、Packet Info<sub>N</sub>において、シーケンス番号SNは、符号化パケットPKT<sub>C</sub>を構成するパケットPKT<sub>N</sub>(N)の送信機1への到着順序を表し、データ長 $L_N$ は、符号化パケットPKT<sub>C</sub>を構成するパケットPKT<sub>N</sub>(N)のデータ長であり、符号 $C_N$ は、N個のパケットPKT<sub>N</sub>(1)~PKT<sub>N</sub>(N)を符号化したときのパケットPKT<sub>N</sub>(N)の係数である。

40

【0067】

1個のパケットPKT<sub>N</sub>は、ペイロードがPacket Infoと領域REG1とを含む構成からなる。

【0068】

バースト的に一度に送信するためのパケットが $M_{Burst}$ ( $M_{Burst}$ は、 $2 \leq M_{Burst} < V$ を満たす整数である。)個のパケットPKT<sub>N</sub>(1)~PKT<sub>N</sub>( $M_{Burst}$ )

50

st) からなるとすると、 $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  のうちの最初に送信機 1 に到着した packet  $PKT\_N(1)$  以外の ( $M_{Burst} - 1$ ) 個の packets  $PKT\_N(2) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  から選択された  $a$  ( $a$  は、1 以上の整数である。) 個の所定の packet  $PKT\_N(m)$  の各々が送信機 1 に到着すると、所定の packet  $PKT\_N(m)$  よりも早く送信機 1 に到着した packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(m-1)$  を符号化して符号化 packet  $PKT\_C1$  を生成し、その生成した符号化 packet  $PKT\_C1$  を所定の packet  $PKT\_N(m)$  に付与した結合 packet  $PKT\_N/PKT\_C1$  を送信用 packet  $PKT\_TR$  として生成することになる。

【0069】

従って、結合 packet  $PKT\_N/PKT\_C1$  は、ペイロードが [Packet Info /  $PKT\_N$  のデータ / Coded Info /  $PKT\_N(1)$  のデータ ~  $PKT\_N(m-1)$  のデータ] を含む構成からなる。

【0070】

また、 $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  が連続して送信機 1 に到着したとき、 $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  を符号化した符号化 packet  $PKT\_C2$  を送信用 packet  $PKT\_TR$  として生成することになる。

【0071】

従って、符号化 packet  $PKT\_C2$  は、ペイロードが [Coded Info /  $PKT\_N(1)$  のデータ ~  $PKT\_N(M_{Burst})$  のデータ] を含む構成からなる。

【0072】

図 6 は、図 2 に示すバッファ 11 の概略図である。なお、図 6 は、バースト的に一度に送信するための packets の個数  $M_{Burst}$  よりもバッファ 11 のサイズが大きい場合についてバッファ 11 の概略図を示す。

【0073】

図 6 を参照して、バッファ 11 は、例えば、リングバッファからなる。そして、バッファ 11 は、シーケンス番号  $SN$  が小さい順 (即ち、古い順) に  $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  を格納する。packet  $PKT\_N(M_{Burst})$  は、現在時刻においてバッファ 11 に格納された packet であり、packet  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst} - 1)$  は、過去にバッファ 11 に格納された packet である。

【0074】

また、バッファ 11 は、packet 数が最大数を超えると、古い packet から順に上書きする構成からなる。その結果、バッファ 11 は、常に、最大数の packet を格納できる。

【0075】

packet  $PKT\_N(1)$ ,  $PKT\_N(2)$ ,  $\dots$ ,  $PKT\_N(M_{Burst})$  が格納された  $M_{Burst}$  個の領域には、それぞれ、packet  $PKT\_N(1)$  のシーケンス番号  $SN_1$  およびデータ長  $L_1$ 、packet  $PKT\_N(2)$  のシーケンス番号  $SN_2$  およびデータ長  $L_2$ 、 $\dots$ 、packet  $PKT\_N(M_{Burst})$  のシーケンス番号  $SN_{M_{Burst}}$  およびデータ長  $L_{M_{Burst}}$  も格納される。

【0076】

即ち、アプリケーション 20 から送信機 1 に到着した packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  のいずれかがペイロードを構成し、バッファ 11 の各領域には、[ $SN/L_p$  / ペイロード / パディング (全て "0")] が格納される。なお、パディング (全て "0") は、[ $SN/L_p$  / ペイロード] の長さが最大長にならない場合に追加される。

【0077】

図 7 は、packet を符号化する方法を説明するための図である。図 7 においては、packet  $X_i$  ( $i$  は、1, 2, 3,  $\dots$ ) と符号化 packet  $Y_{i-1}$  とを符号化する方法を説

10

20

30

40

50

明する。

【0078】

図7を参照して、パケット $X_i$ は、 $L_i$ バイトのデータ長を有するので、パケット $X_i$ は、 $L_i \times 8 / n$ 個の成分 $X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3}, X_{i,4}, \dots, X_{i,L_i \times 8 / n}$ と、“0”からなるパディングとを含む。成分 $X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3}, X_{i,4}, \dots, X_{i,L_i \times 8 / n}$ の各々は、 $n$  ( $n$ は、正の整数である。)ビットの長さを有する。符号 $C_i$ は、ガロア体 $GF(2^n)$ 上の $n$ ビット長の乱数からなる。ここで、 $n$ は、例えば、8からなる。

【0079】

符号化パケット $Y_{i-1}$ は、成分 $Y_{i-1,1}, Y_{i-1,2}, Y_{i-1,3}, Y_{i-1,4}, \dots, Y_{i-1,L_i \times 8 / n}, Y_{i-1,Max \times 8 / n}$ からなる。成分 $Y_{i-1,1}, Y_{i-1,2}, Y_{i-1,3}, Y_{i-1,4}, \dots, Y_{i-1,L_i \times 8 / n}, Y_{i-1,Max \times 8 / n}$ の各々は、 $n$ ビットの長さを有する。

10

【0080】

符号 $C_i$ を成分 $X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3}, X_{i,4}, \dots, X_{i,L_i \times 8 / n}$ の各々に乗算して乗算結果 $C_i \cdot X_{i,1}, C_i \cdot X_{i,2}, C_i \cdot X_{i,3}, C_i \cdot X_{i,4}, \dots, C_i \cdot X_{i,L_i \times 8 / n}$ を生成する。この場合、符号 $C_i$ と、成分 $X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3}, X_{i,4}, \dots, X_{i,L_i \times 8 / n}$ の各々との乗算は、ガロア体 $GF(2^n)$ 上の乗算として実行される。

【0081】

その後、乗算結果 $C_i \cdot X_{i,1}$ と成分 $Y_{i-1,1}$ との排他的論理和を演算して成分 $Y_{i,1}$ を生成し、乗算結果 $C_i \cdot X_{i,2}$ と成分 $Y_{i-1,2}$ との排他的論理和を演算して成分 $Y_{i,2}$ を生成し、乗算結果 $C_i \cdot X_{i,3}$ と成分 $Y_{i-1,3}$ との排他的論理和を演算して成分 $Y_{i,3}$ を生成し、乗算結果 $C_i \cdot X_{i,4}$ と成分 $Y_{i-1,4}$ との排他的論理和を演算して成分 $Y_{i,4}$ を生成し、以下、同様にして、乗算結果 $C_i \cdot X_{i,L_i \times 8 / n}$ と成分 $Y_{i-1,L_i \times 8 / n}$ との排他的論理和を演算して成分 $Y_{i,L_i \times 8 / n}$ を生成し、更に、“0”からなるパディングと成分 $Y_{i-1,Max \times 8 / n}$ との排他的論理和を演算して成分 $Y_{i,Max \times 8 / n}$ を生成する。これによって、符号化パケット $Y_i = [Y_{i,1}, Y_{i,2}, Y_{i,3}, Y_{i,4}, \dots, Y_{i,L_i \times 8 / n}, \dots, Y_{i,Max \times 8 / n}]$ が生成される。

20

30

【0082】

図8は、 $M_{Burst}$ 個のパケット $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$ を送信するときの符号化パケットの生成方法を説明する図である。

【0083】

図8においては、パケット $P_3, P_5, P_7, P_9$ が送信機1に到着したタイミングで符号化パケットを受信機2へ送信すると判定するものとする。

【0084】

図8の(a)を参照して、バーストを構成する $M_{Burst}$ 個のパケット $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$ は、パケット $P_1 \sim P_6$ からなる。そして、バッファ11に格納できるパケットの最大数は、6個である。即ち、バーストを構成するパケットの個数 $M_{Burst}$ は、バッファ11のサイズ $M_{Buffer}$ 以下である。

40

【0085】

送信機1の処理手段12は、パケット $P_1$ が送信機1に到着すると、パケット $P_1$ をバッファ11にコピーする(図8の(a)(i)参照)。そして、処理手段12は、バッファ11からパケット $P_1$ を取り出し、その取り出したパケット $P_1$ を図7において説明した方法によって符号化して符号化パケット $C_1$ を生成する。

【0086】

より具体的には、処理手段12は、 $n$ ビット長の“0”からなる符号化パケット $\gamma = \{000 \dots 0\}$ を生成し、ガロア体 $GF(2^n)$ 上の $n$ ビット長の乱数からなる符号 $C_1$ を生成する。そして、処理手段12は、パケット $X_1 (= P_1)$ と符号化パケット $Y_0 = \{$

50

000・・・0}と符号 $C_1$ とに基づいて、図7において説明した方法によって、符号化パケット $Y_1 (= C_1)$ を生成する。

【0087】

その後、処理手段12は、パケット $P_2$ が送信機1に到着すると、パケット $P_2$ をバッファ11にコピーする(図8の(a)(ii)参照)。そして、処理手段12は、バッファ11からパケット $P_2$ を取り出す。そして、処理手段12は、ガロア体 $GF(2^n)$ 上の $n$ ビット長の乱数からなる符号 $C_2$ を生成する。そうすると、処理手段12は、パケット $X_2 (= P_2)$ と符号化パケット $Y_1$ と符号 $C_2$ とに基づいて、図7において説明した方法によって、符号化パケット $Y_2 (= C_2)$ を生成する。

【0088】

以下、同様にして、パケット $P_3 \sim P_6$ が送信機1に到着したタイミングで、それぞれ、符号化パケット $Y_3 \sim Y_6 (= C_3 \sim C_6)$ を順次生成する(図8の(a)(iii)～(vi)参照)。この場合、パケット $P_6$ が送信機1に到着し、パケット $P_6$ をバッファ11にコピーした段階で、バッファ11は、最大数 $M_{Buffer}$ のパケットを格納する。

【0089】

処理手段12は、パケット $P_3$ が送信機1に到着すると、パケット $P_3$ をバッファ11にコピーし(図8の(a)(iii)参照)、符号化パケットを送信すると判定する。そして、処理手段12は、パケット $P_2$ が送信機1に到着したタイミングで生成した符号化パケット $Y_2 (= C_2)$ をパケット $P_3$ に付与して結合パケット $P_3 / C_2$ を生成し、その生成した結合パケット $P_3 / C_2$ を送信手段13へ出力して結合パケット $P_3 / C_2$ を受信機2へ送信する。なお、結合パケット $P_3 / C_2$ によって情報を送信することは、Piggybackによる情報の送信である。

【0090】

また、処理手段12は、パケット $P_5$ が送信機1に到着すると、パケット $P_5$ をバッファ11にコピーし(図8の(a)(v)参照)、符号化パケットを送信すると判定する。そして、処理手段12は、パケット $P_4$ が送信機1に到着したタイミングで生成した符号化パケット $Y_4 (= C_4)$ をパケット $P_5$ に付与して結合パケット $P_5 / C_4$ を生成し、その生成した結合パケット $P_5 / C_4$ を送信手段13へ出力して結合パケット $P_5 / C_4$ を受信機2へ送信する。

【0091】

そして、処理手段12は、パケット $P_6$ が送信機1に到着し、符号化パケット $Y_6 (= C_6)$ を生成した後、後述する方法によって、パケット $P_6$ がバーストを構成するパケット $P_1 \sim P_6$ のうちの最後のパケット $P_6$ であると判定した後、未送信の符号化パケット $Y_6 (= C_6)$ を送信手段13へ出力して符号化パケット $Y_6 (= C_6)$ を単独で受信機2へ送信する。

【0092】

また、処理手段12は、バッファ11からパケット $P_1 \sim P_6$ を取り出し、その取り出したパケット $P_1 \sim P_6$ を符号化して符号化パケット $Y_7 (= C_7)$ を生成する。そして、処理手段12は、符号化パケット $Y_7 (= C_7)$ を送信手段13へ出力して符号化パケット $Y_7 (= C_7)$ を単独で受信機2へ送信する。

【0093】

このように、処理手段12は、バーストを構成するパケットの個数 $M_{Burst}$ がバッファ11のサイズ $M_{Buffer}$ 以下であるとき、バーストを構成する全てのパケット $P_1 \sim P_6$ を含む符号化パケット $Y_7 (= C_7)$ を生成して受信機2へ送信する。

【0094】

図8の(b)を参照して、バーストを構成する $M_{Burst}$ 個のパケット $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$ は、パケット $P_1 \sim P_{10}$ からなる。そして、バッファ11に格納できるパケットの最大数は、6個である。即ち、バーストを構成するパケットの個数 $M_{Burst}$ は、バッファ11のサイズ $M_{Buffer}$ よりも大きい。

【0095】

10

20

30

40

50

処理手段 12 は、パケット  $P_1 \sim P_6$  が送信機 1 に到着したとき、図 8 の ( a ) において説明した処理を実行する ( 図 8 の ( b ) ( i ) , ( i i ) 参照 )。

【 0 0 9 6 】

そして、処理手段 12 は、パケット  $P_7$  が送信機 1 に到着すると、パケット  $P_7$  をバッファ 11 にコピーする ( 図 8 の ( b ) ( i i i ) 参照 )。その結果、パケット  $P_6$  が送信機 1 に到着した段階でバッファ 11 に格納されていたパケット  $P_1 \sim P_6$  は、それぞれ、パケット  $P_2 \sim P_7$  によって上書きされる。

【 0 0 9 7 】

処理手段 12 は、パケット  $P_7$  をバッファ 11 にコピーした後、バッファ 11 からパケット  $P_7$  を取り出す。そして、処理手段 12 は、ガロア体  $GF(2^n)$  上の  $n$  ビット長の乱数からなる符号  $C_7$  を生成する。そうすると、処理手段 12 は、パケット  $X_7 (= P_7)$  と符号化パケット  $Y_6$  と符号  $C_7$  とに基づいて、図 7 において説明した方法によって、符号化パケット  $Y_7 (= C_7)$  を生成する。

【 0 0 9 8 】

その後、処理手段 12 は、パケット  $P_8 \sim P_{10}$  が送信機 1 に到着したタイミングで、同様に、それぞれ、符号化パケット  $Y_8 (= C_8) \sim Y_{10} (= C_{10})$  を生成する ( 図 8 の ( b ) ( i v ) ~ ( v i ) 参照 )。

【 0 0 9 9 】

そして、パケット  $P_{10}$  をバッファ 11 にコピーした段階で、バッファ 11 は、パケット  $P_5 \sim P_{10}$  を格納する。

【 0 1 0 0 】

処理手段 12 は、パケット  $P_{10}$  が送信機 1 に到着し、符号化パケット  $Y_{10} (= C_{10})$  を生成した後、後述する方法によって、パケット  $P_{10}$  がバーストを構成するパケット  $P_1 \sim P_{10}$  のうちの最後のパケット  $P_{10}$  であると判定した後、未送信の符号化パケット  $Y_{10} (= C_{10})$  を送信手段 13 へ出力して符号化パケット  $Y_{10} (= C_{10})$  を単独で受信機 2 へ送信する。

【 0 1 0 1 】

また、処理手段 12 は、バッファ 11 からパケット  $P_5 \sim P_{10}$  を取り出し、その取り出したパケット  $P_5 \sim P_{10}$  を符号化して符号化パケット  $Y_{11} (= C_{11})$  を生成する。そして、処理手段 12 は、符号化パケット  $Y_{11} (= C_{11})$  を送信手段 13 へ出力して符号化パケット  $Y_{11} (= C_{11})$  を単独で受信機 2 へ送信する。

【 0 1 0 2 】

このように、処理手段 12 は、バーストを構成するパケットの個数  $M_{Burst}$  がバッファ 11 のサイズ  $M_{Buffer}$  よりも大きいとき、バーストを構成するパケット  $P_1 \sim P_{10}$  のうちのパケット  $P_5 \sim P_{10}$  を含む符号化パケット  $Y_{11} (= C_{11})$  を生成して受信機 2 へ送信する。

【 0 1 0 3 】

図 8 において説明したように、単独で送信される符号化パケットは、バーストを構成するパケットの個数  $M_{Burst}$  とバッファ 11 のサイズ  $M_{Buffer}$  との大小関係によって異なるパケットを含む。

【 0 1 0 4 】

なお、処理手段 12 は、バーストを構成する  $M_{Burst}$  個のパケット  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  のうちの最後のパケット  $PKT\_N(M_{Burst})$  がバッファ 11 に到着したか否かを次の方法によって判定する。

【 0 1 0 5 】

$M_{Burst}$  個のパケット  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  は、連続してバッファ 11 に到着するので、シーケンス番号  $SN$  が連続する 2 個のパケット  $PKT\_N(m)$  ,  $PKT\_N(m+1)$  について、1 個のパケット  $PKT\_N(m)$  がバッファ 11 に到着してから 1 個のパケット  $PKT\_N(m+1)$  がバッファ 11 に到着するまでの標準経過時間である経過時間  $T_{STANDARD}$  を予め固定値に決定し、その決定した固定

10

20

30

40

50

値からなる経過時間  $T_{STANDARD}$  を処理手段 12 に設定しておく。

【0106】

処理手段 12 は、 $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  のうちの 1 個の packet  $PKT\_N(m')$  が到着してからの経過時間  $t_{LP}$  が経過時間  $t_{STANDARD}$  よりも長くなっても packet  $PKT\_N$  がバッファ 11 に到着しないとき、packet  $PKT\_N(m')$  が  $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  のうちの最後の packet  $PKT\_N(M_{Burst})$  であると判定し、 $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  のうちの最後の packet  $PKT\_N(M_{Burst})$  がバッファ 11 に到着したと判定する。

【0107】

また、アプリケーション 20 が  $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  のうちの最後の packet  $PKT\_N(M_{Burst})$  に、最後の packet であることを示すフラグ  $FG$  を設定しておき、処理手段 12 がアプリケーション 20 から packet  $PKT\_N$  を受信する毎に packet  $PKT\_N$  にフラグ  $FG$  が設定されているか否かを判定し、packet  $PKT\_N$  にフラグ  $FG$  が設定されていると判定したとき、フラグ  $FG$  が設定されている packet  $PKT\_N$  を最後の packet  $PKT\_N(M_{Burst})$  であると判定するようにしてもよい。

【0108】

図 9 は、バーストを構成する packets の送信方法を説明するための図である。図 9 においては、バーストを構成する  $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  が packets  $P_1 \sim P_6$  である場合において、バーストを構成する  $M_{Burst}$  個の packets  $PKT\_N(1) \sim PKT\_N(M_{Burst})$  の送信方法を説明する。この場合、処理手段 12 は、例えば、packet  $P_3, P_5$  のいずれかが送信機 1 に到着したタイミングで符号化 packet を送信すると判定し、packet  $P_1, P_2, P_4, P_6$  のいずれかが送信機 1 に到着したタイミングでは符号化 packet を送信しないと判定するものとする。また、packet  $P_1, P_3$  が送信先へ送信できなかったものとする。

【0109】

図 9 を参照して、packet  $P_1 \sim P_6$  は、バースト的に一度に送信する packets を構成する。

【0110】

処理手段 12 は、packet  $P_1$  が送信機 1 に到着すると、タイマーによって経過時間  $t_{ELP\_1}$  の計測を開始するとともに、packet  $P_1$  をバッファ 11 にコピーし、packet  $P_1$  が packet  $P_3, P_5$  以外の packet であるので（即ち、packet  $P_1$  が  $m=1$  である packet  $PKT\_N(1)$  であるので）、符号化 packet を送信しないと判定する。そして、処理手段 12 は、元の packet  $P_1$  を送信手段 13 へ出力して packet  $P_1$  を受信機 2 へ送信する。その後、処理手段 12 は、バッファ 11 から packet  $P_1$  を取り出し、その取り出した packet  $P_1$  を上述した方法によって符号化して符号化 packet  $C_1$  を生成する。符号化 packet  $C_1$  は、次式によって表される。

【0111】

【数 1】

$$C_1 = a_{11}P_1 \cdots (1)$$

【0112】

引き続き、処理手段 12 は、packet  $P_2$  が送信機 1 に到着すると、経過時間  $t_{ELP\_1}$  の計測を終了し、packet  $P_2$  が到着してからの経過時間  $t_{ELP\_2}$  の計測を開始する。そして、処理手段 12 は、packet  $P_2$  をバッファ 11 にコピーし、packet  $P_2$  が packet  $P_3, P_5$  以外の packet であるので（即ち、packet  $P_2$  が  $m=2$  である packet  $PKT\_N(2)$  であるので）、符号化 packet を送信しないと判定する。そして、処理手段 12 は、元の packet  $P_2$  を送信手段 13 へ出力して packet  $P_2$  を受信機 2 へ送

10

20

30

40

50

信する。その後、処理手段 1 2 は、パケット  $P_1$  ,  $P_2$  をバッファ 1 1 から取り出し、その取り出したパケット  $P_1$  ,  $P_2$  を上述した方法によって符号化して符号化パケット  $C_2$  を生成する。符号化パケット  $C_2$  は、次式によって表される。

【 0 1 1 3 】

【数 2】

$$C_2 = a_{21}P_1 + a_{22}P_2 \cdots (2)$$

【 0 1 1 4 】

引き続いて、処理手段 1 2 は、パケット  $P_3$  が送信機 1 に到着すると、経過時間  $t_{ELP\_2}$  の計測を終了し、パケット  $P_3$  が到着してからの経過時間  $t_{ELP\_3}$  の計測を開始する。そして、処理手段 1 2 は、パケット  $P_3$  をバッファ 1 1 にコピーし、パケット  $P_3$  がパケット  $P_3$  ,  $P_5$  のいずれかに該当するパケットであるので（即ち、パケット  $P_3$  が  $m = 3$  であるパケット  $PKT\_N(3)$  であるので）、符号化パケットを送信すると判定する。そうすると、処理手段 1 2 は、パケット  $P_2$  が送信機 1 に到着したタイミングで生成した符号化パケット  $C_2$  を元のパケット  $P_3$  に付与して結合パケット  $P_3 / C_2$  を生成し、その生成した結合パケット  $P_3 / C_2$  を送信手段 1 3 へ出力して結合パケット  $P_3 / C_2$  を受信機 2 へ送信する。その後、処理手段 1 2 は、パケット  $P_1 \sim P_3$  をバッファ 1 1 から取り出し、その取り出したパケット  $P_1 \sim P_3$  を上述した方法によって符号化して符号化パケット  $C_3$  を生成する。符号化パケット  $C_3$  は、次式によって表される。

【 0 1 1 5 】

【数 3】

$$C_3 = a_{31}P_1 + a_{32}P_2 + a_{33}P_3 \cdots (3)$$

【 0 1 1 6 】

引き続いて、処理手段 1 2 は、パケット  $P_4$  が送信機 1 に到着すると、経過時間  $t_{ELP\_3}$  の計測を終了し、パケット  $P_4$  が到着してからの経過時間  $t_{ELP\_4}$  の計測を開始する。そして、処理手段 1 2 は、パケット  $P_4$  をバッファ 1 1 にコピーし、パケット  $P_4$  がパケット  $P_3$  ,  $P_5$  以外のパケットであるので（即ち、パケット  $P_4$  が  $m = 4$  であるパケット  $PKT\_N(4)$  であるので）、符号化パケットを送信しないと判定する。そうすると、処理手段 1 2 は、元のパケット  $P_4$  を送信手段 1 3 へ出力してパケット  $P_4$  を受信機 2 へ送信する。そして、処理手段 1 2 は、パケット  $P_1 \sim P_4$  をバッファ 1 1 から取り出し、その取り出したパケット  $P_1 \sim P_4$  を上述した方法によって符号化して符号化パケット  $C_4$  を生成する。符号化パケット  $C_4$  は、次式によって表される。

【 0 1 1 7 】

【数 4】

$$C_4 = a_{41}P_1 + a_{42}P_2 + a_{43}P_3 + a_{44}P_4 \cdots (4)$$

【 0 1 1 8 】

その後、パケット  $P_5$  が送信機 1 に到着すると、処理手段 1 2 は、経過時間  $t_{ELP\_4}$  の計測を終了し、パケット  $P_5$  が到着してからの経過時間  $t_{ELP\_5}$  の計測を開始する。そして、処理手段 1 2 は、パケット  $P_5$  をバッファ 1 1 にコピーし、パケット  $P_5$  がパケット  $P_3$  ,  $P_5$  のいずれかに該当するパケットであるので（即ち、パケット  $P_5$  が  $m = 5$  であるパケット  $PKT\_N(5)$  であるので）、符号化パケットを送信すると判定する。そうすると、処理手段 1 2 は、パケット  $P_4$  が送信機 1 に到着したタイミングで生成した符号化パケット  $C_4$  を元のパケット  $P_5$  に付与して結合パケット  $P_5 / C_4$  を生成し、その生成した結合パケット  $P_5 / C_4$  を送信手段 1 3 へ出力して結合パケット  $P_5 / C_4$  を受信機 2 へ送信する。その後、処理手段 1 2 は、パケット  $P_1 \sim P_5$  をバッファ 1 1 から取り出

10

20

30

40

50

し、その取り出したパケット  $P_1 \sim P_5$  を上述した方法によって符号化して符号化パケット  $C_5$  を生成する。符号化パケット  $C_5$  は、次式によって表される。

【 0 1 1 9 】

【 数 5 】

$$C_5 = a_{51}P_1 + a_{52}P_2 + a_{53}P_3 + a_{54}P_4 + a_{55}P_5 \cdots (5)$$

【 0 1 2 0 】

引き続き、処理手段 1 2 は、パケット  $P_6$  が送信機 1 に到着すると、経過時間  $t_{ELP\_5}$  の計測を終了し、パケット  $P_6$  が到着してからの経過時間  $t_{ELP\_6}$  の計測を開始する。そして、処理手段 1 2 は、パケット  $P_6$  をバッファ 1 1 にコピーし、パケット  $P_6$  がパケット  $P_3, P_5$  以外のパケットであるので（即ち、パケット  $P_6$  が  $m = 6$  であるパケット  $PKT\_N(6)$  であるので）、符号化パケットを送信しないと判定する。そうすると、処理手段 1 2 は、元のパケット  $P_6$  を送信手段 1 3 へ出力してパケット  $P_6$  を受信機 2 へ送信する。その後、処理手段 1 2 は、パケット  $P_1 \sim P_6$  をバッファ 1 1 から取り出し、その取り出したパケット  $P_1 \sim P_6$  を上述した方法によって符号化して符号化パケット  $C_6$  を生成する。符号化パケット  $C_6$  は、次式によって表される。

【 0 1 2 1 】

【 数 6 】

$$C_6 = a_{61}P_1 + a_{62}P_2 + a_{63}P_3 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6 \cdots (6)$$

【 0 1 2 2 】

なお、符号化パケット  $C_6$  をパケット  $P_6$  に付与して受信機 2 へ送信しないのは、符号化パケットを単体パケットに付与して受信機 2 へ送信するタイミングがパケット  $P_3, P_5$  のいずれかがバッファ 1 1 に到着したタイミングであると決定されているので、パケット  $P_6$  がバッファ 1 1 に到着したタイミングが符号化パケットを単体パケットに付与して受信機 2 へ送信するタイミングでないからである。

【 0 1 2 3 】

そして、処理手段 1 2 は、経過時間  $t_{ELP\_6}$  が経過時間  $T_{STANDARD}$  よりも長くなってもパケットが送信機 1 に到着しないことを確認し、パケット  $P_6$  がパケット  $P_1 \sim P_6$  のうちの最後のパケット  $P_6$  であると判定する。

【 0 1 2 4 】

その後、処理手段 1 2 は、最後のパケット  $P_6$  がバッファ 1 1 に到着した後、 $T$  ミリ秒が経過したか否かを判定する。ここで、 $T$  は、 $T < T\_interval\_1$  を満たす時間であり、例えば、5 ミリ秒である。

【 0 1 2 5 】

処理手段 1 2 は、最後のパケット  $P_6$  がバッファ 1 1 に到着した後、 $T$  ミリ秒が経過したと判定したとき、符号化パケット  $C_6$  を送信手段 1 3 へ出力して符号化パケット  $C_6$  を受信機 2 へ送信する。

【 0 1 2 6 】

そして、処理手段 1 2 は、符号化パケットの送信数が  $K$  個であるか否かを判定する。 $K$  は、例えば、3 である。また、 $K$  は、バッファ 1 1 に格納されるパケット数に応じて変更されてもよい。この場合、 $K$  は、 $K = A + B / M$  によって決定される。 $M$  は、バッファ 1 1 に格納されるパケット数であり、 $A, B$  は、定数である。そして、 $A, B, M$  の各々は、整数である。 $K = A + B / M$  によれば、バッファ 1 1 に格納されるパケット数  $M$  が多くなれば、 $K$  は、小さくなり、バッファ 1 1 に格納されるパケット数  $M$  が少なくなれば、 $K$  は、大きくなる。従って、符号化パケットの送信数  $K$  を  $K = A + B / M$  によって決定することによって、バッファ 1 1 に格納されるパケット数  $M$  が第 1 の個数であるとき、符号化

10

20

30

40

50

パケットの送信数  $K$  を第 1 の送信数に設定し、バッファ 1 1 に格納されるパケット数  $M$  が第 1 の個数よりも多い第 2 の個数であるとき、符号化パケットの送信数  $K$  を第 1 の送信数よりも少ない第 2 の送信数に設定する。つまり、バッファ 1 1 に格納されるパケット数  $M$  が少なくなれば、より多くの符号化パケットを送信することになる。

【 0 1 2 7 】

処理手段 1 2 は、符号化パケットの送信数が  $K$  個でないと判定したとき、バッファ 1 1 に格納されたパケット  $P_1 \sim P_6$  を取り出し、その取り出したパケット  $P_1 \sim P_6$  を上述した方法によって符号化して符号化パケット  $C_7$  を生成する。符号化パケット  $C_7$  は、次式によって表される。

【 0 1 2 8 】

【 数 7 】

$$C_7 = a_{71}P_1 + a_{72}P_2 + a_{73}P_3 + a_{74}P_4 + a_{75}P_5 + a_{76}P_6 \cdots (7)$$

【 0 1 2 9 】

そして、処理手段 1 2 は、符号化パケット  $C_7$  を送信手段 1 3 へ出力して符号化パケット  $C_7$  を受信機 2 へ送信する。

【 0 1 3 0 】

その後、処理手段 1 2 は、符号化パケットの送信数が  $K$  個 (= 3 個) でないと判定する。そして、処理手段 1 2 は、バッファ 1 1 に格納されたパケット  $P_1 \sim P_6$  を取り出し、その取り出したパケット  $P_1 \sim P_6$  を上述した方法によって符号化して符号化パケット  $C_8$  を生成する。符号化パケット  $C_8$  は、次式によって表される。

【 0 1 3 1 】

【 数 8 】

$$C_8 = a_{81}P_1 + a_{82}P_2 + a_{83}P_3 + a_{84}P_4 + a_{85}P_5 + a_{86}P_6 \cdots (8)$$

【 0 1 3 2 】

このように、処理手段 1 2 は、符号化パケットを単体で送信するとき、バッファ 1 1 に格納されている全てのパケット  $P_1 \sim P_6$  を用いて符号化パケット  $C_6 \sim C_8$  を生成する。

【 0 1 3 3 】

引き続き、処理手段 1 2 は、符号化パケットの送信数が  $K$  個 (= 3 個) であると判定し、バッファ 1 1 をクリアする。

【 0 1 3 4 】

式 (6) ~ (8) に示すように、符号化パケット  $C_6, C_7, C_8$  は、同じパケット  $P_1 \sim P_6$  を含み、係数  $C_i$  のみが異なる符号化パケットである。係数  $C_i$  は、ガロア体  $GF(2^n)$  上の  $n$  ビット長の乱数からなるので、例えば、式 (6) における係数  $a_{62}, a_{64}$  が零であることもある。この場合、符号化パケット  $C_6$  は、実質的に、パケット  $P_1, P_3, P_5, P_6$  を含むことになる。符号化パケット  $C_7, C_8$  についても同様である。

【 0 1 3 5 】

受信機 2 は、送信機 1 から送信されたパケット  $P_1$  の受信に失敗し、送信機 1 から送信されたパケット  $P_2$  を受信する。また、受信機 2 は、送信機 1 から送信された結合パケット  $P_3 / C_2$  の受信に失敗し、送信機 1 から送信されたパケット  $P_4$ 、結合パケット  $P_5 / C_4$ 、パケット  $P_6$  および符号化パケット  $C_6, C_7, C_8$  を順次受信する。

【 0 1 3 6 】

受信機 2 は、パケット  $P_1, P_3$  および符号化パケット  $C_1$  を受信できなかったため、受信できなかったパケット  $P_1, P_3$  を符号化パケット  $C_4, C_6$  から復号するために、符号化パケット  $C_4, C_6$  から受信済のパケット  $P_2, P_4$  の情報を除去する。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 7 】

より具体的には、受信機 2 は、次式によって、符号化パケット  $C_4$  から受信済のパケット  $P_2, P_4$  の情報を除去する。

【 0 1 3 8 】

【数 9】

$$C'_4 = C_4 - (a_{42}P_2 + a_{44}P_4) = a_{41}P_1 + a_{43}P_3 \cdots (9)$$

【 0 1 3 9 】

また、受信機 2 は、次式によって、符号化パケット  $C_6$  から受信済のパケット  $P_2, P_4, P_5, P_6$  の情報を除去する。

【 0 1 4 0 】

【数 10】

$$C'_6 = C_6 - (a_{62}P_2 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6) = a_{61}P_1 + a_{63}P_3 \cdots (10)$$

【 0 1 4 1 】

その結果、符号化パケット  $C_4$  から受信済のパケット  $P_2, P_4$  の情報を除去した後の符号化パケット  $C_4'$  および符号化パケット  $C_6$  から受信済のパケット  $P_2, P_4, P_5, P_6$  の情報を除去した後の符号化パケット  $C_6'$  は、共に、パケット  $P_1, P_3$  を含む。

【 0 1 4 2 】

そして、式 (9) の左辺は、符号化パケット  $C_4$  とパケット  $P_2$  との排他的論理和を演算し、その排他的論理和の演算結果とパケット  $P_4$  との排他的論理和を演算することによって得られる。また、式 (10) の左辺は、符号化パケット  $C_6$  とパケット  $P_2$  との排他的論理和を演算し、その排他的論理和の演算結果とパケット  $P_4$  との排他的論理和を演算し、その排他的論理和の演算結果とパケット  $P_5$  との排他的論理和を演算し、その排他的論理和の演算結果とパケット  $P_6$  との排他的論理和を演算することによって得られる。従って、受信機 2 は、式 (9) および式 (10) の左辺の値を取得できる。

【 0 1 4 3 】

また、式 (9) の符号  $a_{41}, a_{43}$  は、符号化パケット  $C_4$  の “Coded Info” に含まれており、式 (10) の符号  $a_{61}, a_{63}$  は、符号化パケット  $C_6$  の “Coded Info” に含まれているので (図 5 参照)、既知である。

【 0 1 4 4 】

従って、受信機 2 は、式 (9) および式 (10) の連立方程式を解くことによって、受信できなかったパケット  $P_1, P_3$  を復号できる。

【 0 1 4 5 】

また、受信機 2 は、同様にして、符号化パケット  $C_6 \sim C_8$  から任意に選択した 2 つの符号化パケットに基づいて、受信できなかったパケット  $P_1, P_3$  を復号できる。

【 0 1 4 6 】

このように、受信機 2 が受信できなかったパケットが 2 個のパケット  $P_1, P_3$  である場合、送信機 1 は、受信機 2 が受信できなかったパケットの個数 (= 2 個) 以上の符号化パケットを送信することによって、受信できなかった 2 個のパケット  $P_1, P_3$  を復号できる。

【 0 1 4 7 】

受信機 2 が結合パケット  $P_3 / C_2$  に代えて結合パケット  $P_5 / C_2$  を受信できなかった場合について、上記の方法によって、受信できなかった 2 個のパケットを復号できることを説明する。この場合、受信機 2 は、2 個のパケット  $P_1, P_5$  を受信できなかったことになる。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 8 】

そこで、受信機 2 は、符号化パケット  $C_2$  から受信済のパケット  $P_2$  の情報を除去した後の符号化パケット  $C_2'$  と、符号化パケット  $C_6$  から受信済のパケット  $P_2, P_3, P_4, P_6$  の情報を除去した後の符号化パケット  $C_6''$  とを次式によって算出する。

【 0 1 4 9 】

【 数 1 1 】

$$\left. \begin{aligned} C_2' &= C_2 - (a_{22}P_2) = a_{21}P_1 \cdots (11A) \\ C_6'' &= C_6 - (a_{62}P_2 + a_{63}P_3 + a_{64}P_4 + a_{66}P_6) = a_{61}P_1 + a_{65}P_5 \cdots (11B) \end{aligned} \right\} \cdots (11)$$

10

【 0 1 5 0 】

従って、受信機 2 は、式 ( 1 1 A ) , ( 1 1 B ) の連立方程式を解くことによって、受信できなかった 2 個のパケット  $P_1, P_5$  を復号できる。

【 0 1 5 1 】

符号化パケット  $C_2, C_4$  がそれぞれ付与されるパケット  $P_3, P_5$  以外のパケット  $P_1, P_2, P_4$  を受信機 2 へ送信できなくても、受信機 2 は、3 個の符号化パケット  $C_6, C_7, C_8$  を受信できる。

【 0 1 5 2 】

そこで、受信機 2 は、符号化パケット  $C_6$  から受信済のパケット  $P_3, P_5$  の情報を除去した後の符号化パケット  $C_6^{(3)}$  と、符号化パケット  $C_7$  から受信済のパケット  $P_3, P_5$  の情報を除去した後の符号化パケット  $C_7^{(3)}$  と、符号化パケット  $C_8$  から受信済のパケット  $P_3, P_5$  の情報を除去した後の符号化パケット  $C_8^{(3)}$  とを算出する。その結果、次式が得られる。

20

【 0 1 5 3 】

【 数 1 2 】

$$\left. \begin{aligned} C_6^{(3)} &= C_6 - (a_{63}P_3 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6) = a_{61}P_1 + a_{62}P_2 + a_{64}P_4 \cdots (12A) \\ C_7^{(3)} &= C_7 - (a_{73}P_3 + a_{75}P_5 + a_{76}P_6) = a_{71}P_1 + a_{72}P_2 + a_{74}P_4 \cdots (12B) \\ C_8^{(3)} &= C_8 - (a_{83}P_3 + a_{85}P_5 + a_{86}P_6) = a_{81}P_1 + a_{82}P_2 + a_{84}P_4 \cdots (12C) \end{aligned} \right\} \cdots (12)$$

30

【 0 1 5 4 】

受信機 2 は、式 ( 1 2 A ) , ( 1 2 B ) , ( 1 2 C ) の連立方程式を解くことによってパケット  $P_1, P_2, P_4$  を復号できる。

【 0 1 5 5 】

なお、受信機 2 は、符号化パケットから受信済のパケットの情報を除去した後の符号化パケット  $C$  が 1 個のパケットのみを含むとき、次式によって符号化パケット  $C$  を 1 個のパケット  $P_{KT\_N}$  に変換する。

40

【 0 1 5 6 】

【 数 1 3 】

$$X = Y/C \cdots (13)$$

【 0 1 5 7 】

50

この場合、受信機 2 は、受信済のパケットの情報を除去した符号化パケット C を式 ( 1 3 ) の “ Y ” に代入し、受信済のパケットの情報を除去した符号化パケット C のいずれかに含まれる 1 個の符号 C を式 ( 1 3 ) の “ C ” に代入する。なお、式 ( 1 3 ) の演算は、ガロア体  $GF(2^n)$  上の演算である。

【 0 1 5 8 】

図 1 0 は、バーストを構成するパケットの別の送信方法を説明するための図である。図 1 0 を参照して、処理手段 1 2 は、図 9 において説明したように、パケット  $P_1 \sim P_6$  をそれぞれバッファ 1 1 にコピーする毎に、それぞれ、符号化パケット  $C_1 \sim C_6$  を生成する。

【 0 1 5 9 】

処理手段 1 2 は、パケット  $P_2$  が送信機 1 に到着すると、パケット  $P_2$  をバッファ 1 1 にコピーし、符号化パケット  $C_1$  をパケット  $P_2$  に付与して結合パケット  $P_2 / C_1$  を生成し、その生成した結合パケット  $P_2 / C_1$  を送信手段 1 3 へ出力して結合パケット  $P_2 / C_1$  を受信機 2 へ送信する。

【 0 1 6 0 】

その後、処理手段 1 2 は、符号化パケット  $C_2$  を生成し、パケット  $P_3$  が送信機 1 に到着すると、パケット  $P_3$  をバッファ 1 1 にコピーし、符号化パケット  $C_2$  をパケット  $P_3$  に付与して結合パケット  $P_3 / C_2$  を生成し、その生成した結合パケット  $P_3 / C_2$  を送信手段 1 3 へ出力して結合パケット  $P_3 / C_2$  を受信機 2 へ送信する。

【 0 1 6 1 】

更に、処理手段 1 2 は、符号化パケット  $C_3$  を生成し、パケット  $P_4$  が送信機 1 に到着すると、パケット  $P_4$  をバッファ 1 1 にコピーし、符号化パケット  $C_3$  をパケット  $P_4$  に付与して結合パケット  $P_4 / C_3$  を生成し、その生成した結合パケット  $P_4 / C_3$  を送信手段 1 3 へ出力して結合パケット  $P_4 / C_3$  を受信機 2 へ送信する。

【 0 1 6 2 】

更に、処理手段 1 2 は、符号化パケット  $C_4$  を生成し、パケット  $P_5$  が送信機 1 に到着すると、パケット  $P_5$  をバッファ 1 1 にコピーし、符号化パケット  $C_4$  をパケット  $P_5$  に付与して結合パケット  $P_5 / C_4$  を生成し、その生成した結合パケット  $P_5 / C_4$  を送信手段 1 3 へ出力して結合パケット  $P_5 / C_4$  を受信機 2 へ送信する。

【 0 1 6 3 】

更に、処理手段 1 2 は、符号化パケット  $C_5$  を生成し、パケット  $P_6$  が送信機 1 に到着すると、パケット  $P_6$  をバッファ 1 1 にコピーし、符号化パケット  $C_5$  をパケット  $P_6$  に付与して結合パケット  $P_6 / C_5$  を生成し、その生成した結合パケット  $P_6 / C_5$  を送信手段 1 3 へ出力して結合パケット  $P_6 / C_5$  を受信機 2 へ送信する。なお、符号化パケット  $C_5$  は、パケット  $P_1 \sim P_5$  を含むが ( 式 ( 5 ) 参照)、バーストを構成するパケット  $P_1 \sim P_6$  のうちの最後に送信機 1 に到着したパケット  $P_6$  に符号化パケット C を付与して結合パケットを生成する場合、符号化パケット C は、バッファ 1 1 に格納された全てのパケット  $P_1 \sim P_6$  を含む。従って、結合パケット  $P_6 / C_5$  における符号化パケット  $C_5$  は、上記の式 ( 5 ) ではなく、図 1 0 に示すようにパケット  $P_1 \sim P_6$  の全てを含む。

【 0 1 6 4 】

このように、P i g g y b a c k による符号化パケットの送信は、バーストを構成するパケット  $P_1 \sim P_6$  のうちのパケット  $P_2 \sim P_6$  の各々において実行されてもよい。

【 0 1 6 5 】

結合パケット  $P_6 / C_5$  を受信機 2 へ送信した後、処理手段 1 2 は、図 9 において説明したように、符号化パケット  $C_6 \sim C_8$  をそれぞれ単独で受信機 2 へ送信する。

【 0 1 6 6 】

図 1 1 は、バーストを構成するパケットの更に別の送信方法を説明するための図である。

【 0 1 6 7 】

図 1 1 を参照して、処理手段 1 2 は、図 9 において説明したように、パケット  $P_1 \sim P_6$  をそれぞれバッファ 1 1 にコピーする毎に、それぞれ、符号化パケット  $C_1 \sim C_6$  を生成

10

20

30

40

50

する。

【0168】

処理手段12は、パケット $P_2 \sim P_5$ がそれぞれ送信機1に到着したタイミングでは、それぞれ符号化パケット $C_1 \sim C_4$ をパケット $P_2 \sim P_5$ に付与せずに、パケット $P_2 \sim P_5$ をそれぞれ単独で受信機2へ送信する。

【0169】

そして、処理手段12は、パケット $P_6$ が送信機1に到着すると、符号化パケット $C_5$ をパケット $P_6$ に付与して結合パケット $P_6 / C_5$ を生成し、その生成した結合パケット $P_6 / C_5$ を送信手段13へ出力して結合パケット $P_6 / C_5$ を受信機2へ送信する。この場合も、符号化パケット $P_5$ は、上記の式(5)ではなく、図11に示すようにパケット $P_1 \sim P_6$ の全てを含む。

10

【0170】

このように、Piggybackによる符号化パケットの送信は、バーストを構成するパケット $P_1 \sim P_6$ のうちの最後のパケット $P_6$ のみにおいて実行されてもよい。

【0171】

結合パケット $P_6 / C_5$ を受信機2へ送信した後、処理手段12は、図9において説明したように、符号化パケット $C_6 \sim C_8$ をそれぞれ単独で受信機2へ送信する。

【0172】

図9から図11において説明したように、この発明の実施の形態においては、結合パケットによる符号化パケットの送信(即ち、Piggybackによる符号化パケットの送信)は、バーストを構成するパケット $P_1 \sim P_6$ のうち、パケット $P_2 \sim P_6$ から選択された1個以上のパケットがそれぞれ送信機1に到着したタイミングで実行されればよい。

20

【0173】

図12は、図1および図2に示す送信機1の動作を説明するためのフローチャートである。

【0174】

図12を参照して、送信機1の動作が開始されると、処理手段12は、シーケンス番号SNを $SN = 0$ に設定する(ステップS1)。そして、処理手段12は、パケットがバッファ11に到着したか否かを判定する(ステップS2)。

【0175】

ステップS2において、パケットPKT\_Nがバッファ11に到着したと判定されたとき、処理手段12は、 $SN = SN + 1$ を設定し(ステップS3)、シーケンス番号SNとパケット長LとをパケットPKT\_Nに追加し、シーケンス番号SN、パケット長LおよびパケットPKT\_Nをバッファ11にコピーする(ステップS4)。なお、ステップS3が実行されることによって、バッファ11(即ち、送信機1)に到着した順番を示すシーケンス番号SNがパケットPKT\_Nおよびパケット長Lと共にバッファ11に格納される。

30

【0176】

その後、処理手段12は、符号化パケットCを送信するか否かを判定する(ステップS5)。図9から図12において説明したように、結合パケットによる符号化パケットの送信(即ち、Piggybackによる符号化パケットの送信)は、バーストを構成するパケット $P_1 \sim P_6$ のうち、パケット $P_2 \sim P_6$ から選択された1個以上のパケットがそれぞれ送信機1に到着したタイミングで実行されるので、結合パケットによる符号化パケットの送信(即ち、Piggybackによる符号化パケットの送信)を実行するパケットP\_piggybackを予め決定しておき、その決定したパケットP\_piggybackがバッファ11(即ち、送信機1)に到着すると、処理手段12は、符号化パケットCを送信すると判定し、パケットP\_piggyback以外のパケットがバッファ11(即ち、送信機1)に到着すると、符号化パケットCを送信しないと判定する。

40

【0177】

ステップS5において、符号化パケットCを送信すると判定されたとき、符号化パケッ

50

トをNパケットPKT\_Nに付与し(ステップS6)、結合パケットを生成する。

【0178】

そして、ステップS5において、符号化パケットCを送信しないと判定されたとき、またはステップS6の後、処理手段12は、パケットを送信手段13へ出力し、送信手段13は、処理手段12からのパケットをアンテナ14を介して受信機2へ送信する(ステップS7)。

【0179】

その後、処理手段12は、上述した方法によって、バッファ11に格納されたパケットから符号化パケットCを生成する(ステップS8)。

【0180】

そして、一連の動作は、ステップS2へ移行する。

【0181】

一方、ステップS2において、パケットがバッファ11に到着しなかったと判定されたとき、処理手段12は、最後のパケットがバッファ11に到着してからTミリ秒が経過したか否かを判定する(ステップS9)。

【0182】

ステップS9において、最後のパケットがバッファ11に到着してからTミリ秒が経過したと判定されたとき、処理手段12は、符号化パケットCを送信手段13へ出力し、送信手段13は、処理手段12から受けた符号化パケットCをアンテナ14を介して受信機2へ送信する(ステップS10)。

【0183】

その後、処理手段12は、符号化パケットCの送信数がKであるか否かを判定する(ステップS11)。

【0184】

ステップS11において、符号化パケットCの送信数がKでないと判定されたとき、処理手段12は、バッファ11に格納されたパケットから符号化パケットCを生成する(ステップS12)。その後、一連の動作は、ステップS10へ移行し、ステップS11において、符号化パケットCの送信数がKであると判定されるまで、ステップS10~ステップS12が繰り返し実行される。

【0185】

そして、ステップS11において、符号化パケットCの送信数がKであると判定されると、処理手段12は、バッファ11をクリアする(ステップS13)。その後、一連の動作は、ステップS2へ移行する。また、ステップS9において、最後のパケットがバッファ11に到着してからTミリ秒が経過していないと判定されたとき、一連の動作は、ステップS2へ移行する。

【0186】

図13は、図12に示すステップS8の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【0187】

図13を参照して、図12のステップS7の後、処理手段12は、 $i = 1$ を設定する(ステップS81)。ここで、 $i$ は、図12のステップS8が実行される時点においてバッファ11に格納された各パケットのシーケンス番号SNを示す引数である。そして、 $i = 1$ は、バッファ11に格納されたパケットのうち、最も古いパケットを表す。

【0188】

ステップS81の後、処理手段12は、 $n$ ビットの長さを有する“000...0”からなる符号化パケット $Y_0 = \{000 \dots 0\}$ を生成する(ステップS82)。

【0189】

そして、処理手段12は、バッファ11からパケット $X_i$ を取得する(ステップS83)。

【0190】

10

20

30

40

50

その後、処理手段12は、ガロア体 $(GF(2^n))$ によって $n$ ビット長の乱数を生成し、その生成した $n$ ビット長の乱数を $C_i$ に格納する(ステップS84)。

【0191】

そうすると、処理手段12は、パケット $X_i$ の各要素 $X_{i,1} \sim X_{i,L_i \times 8/n}$ に $C_i$ を掛け、 $C_i \cdot X_i$ と $Y_{i-1}$ との排他的論理和を演算する。即ち、処理手段12は、次式によって $Y_i$ を算出する(ステップS85)。

【0192】

【数14】

$$Y_i = C_i \cdot X_i \oplus Y_{i-1} \cdots (14)$$

10

【0193】

引き続き、処理手段12は、パケット $X_i$ のシーケンス番号 $SN_i$ 、パケット長 $L_i$ および符号 $C_i$ を $Coded\ info$ に追加する(ステップS86)。

【0194】

そして、処理手段12は、 $i = I$ であるか否かを判定する(ステップS87)。ここで、 $I$ は、図12のステップS8が実行される時点においてバッファ11に格納されたパケットのシーケンス番号 $SN$ の最大値を示す。

【0195】

ステップS87において、 $i = I$ でないと判定されたとき、処理手段12は、 $i = i + 1$ を設定する(ステップS88)。その後、一連の動作は、ステップS83へ移行し、ステップS87において、 $i = I$ であると判定されるまで、ステップS83～ステップS88が繰り返し実行される。

20

【0196】

そして、ステップS87において、 $i = I$ であると判定されると、処理手段12は、 $Y_i$ と $Coded\ info$ とからなる符号化パケットを生成する(ステップS89)。

【0197】

その後、一連の動作は、図12のステップS2へ移行する。

【0198】

なお、図12のステップS12の詳細な動作も、図13に示すフローチャートによって実行される。この場合、図12のステップS11において、符号化パケットの送信数が $K$ でないと判定されたとき、ステップS81～ステップS89が順次実行され、ステップS89の後、一連の動作は、図12のステップS10へ移行する。

30

【0199】

送信機1は、駆動されている限り、図12に示すステップS1～ステップS13(図13に示すフローチャートを含む)を繰り返し実行する。

【0200】

図12に示すフローチャート(図13に示すフローチャートを含む)においては、ステップS1が実行された後に、処理手段12は、ステップS2において、バーストを構成しないパケット $PKT\_N(1)$ (図4に示すPピクチャを示すパケット)がバッファ11に到着したと判定すると、上述したステップS3, S4を順次実行した後、ステップS5において符号化パケット $C$ を送信しないと判定し、ステップS7において、パケット $PKT\_N(1)$ を送信手段13およびアンテナ14を介して受信機2へ送信する。

40

【0201】

その後、処理手段12は、ステップS8において、符号化パケット $C$ を生成し、ステップS8の後、一連の動作は、ステップS2へ移行する。

【0202】

そして、処理手段12は、ステップS2において、バーストを構成しないパケット $PKT\_N$ (図4に示すPピクチャを示すパケット)がバッファ11に到着したと判定する毎

50

に、ステップ S 3 , S 4、ステップ S 5 の “ NO ” およびステップ S 7 を順次実行して単体のパケット P K T \_ N を受信機 2 へ送信し、ステップ S 8 において、符号化パケット C を生成する。その後、一連の動作は、ステップ S 2 へ移行する。

【 0 2 0 3 】

なお、ステップ S 8 において、バーストを構成しないパケット P K T \_ N ( 1 ) を符号化して符号化パケットを生成し、ステップ S 2 において、パケットが到着しなかったと判定され、ステップ S 9 において、最後のパケットがバッファ 1 1 に到着してから T ミリ秒が経過したと判定された場合、符号化パケット ( ほぼ、 N パケットからなる。 ) が K 回送信されることになる ( ステップ S 1 0 ~ ステップ S 1 2 参照 ) 。

【 0 2 0 4 】

次に、バーストを構成するパケット ( 例えば、図 9 に示すパケット P 1 ~ P 6 のいずれか ) がバッファ 1 1 に到着したときの送信機 1 の動作を説明する。

【 0 2 0 5 】

処理手段 1 2 は、ステップ S 2 において、パケット P 1 がバッファ 1 1 に到着したと判定し、上述したステップ S 3 , S 4 を順次実行した後、ステップ S 5 において符号化パケット C を送信しないと判定し、ステップ S 7 において、パケット P 1 を送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。

【 0 2 0 6 】

そして、処理手段 1 2 は、ステップ S 8 において、パケット P 1 を含む符号化パケット C 1 を生成し、その後、一連の動作は、ステップ S 2 へ移行する。

【 0 2 0 7 】

その後、処理手段 1 2 は、ステップ S 2 において、パケット P 2 がバッファ 1 1 に到着したと判定し、上述したステップ S 3 , S 4 を順次実行した後、ステップ S 5 において符号化パケット C を送信しないと判定し、ステップ S 7 において、パケット P 2 を送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。そして、処理手段 1 2 は、ステップ S 8 において、パケット P 1 , P 2 を含む符号化パケット C 2 を生成する。その後、一連の動作は、ステップ S 2 へ移行する。

【 0 2 0 8 】

引き続き、処理手段 1 2 は、ステップ S 2 において、パケット P 3 がバッファ 1 1 に到着したと判定し、上述したステップ S 3 , S 4 を順次実行した後、ステップ S 5 において符号化パケット C ( = 符号化パケット C 1 ) を送信すると判定し、ステップ S 6 において、符号化パケット C 2 をパケット P 3 に付与して結合パケット P 3 / C 2 を生成する。そして、処理手段 1 2 は、ステップ S 7 において、送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して結合パケット P 3 / C 2 を受信機 2 へ送信する。その後、処理手段 1 2 は、ステップ S 8 において、パケット P 1 ~ P 3 を含む符号化パケット C 3 を生成する。そして、一連の動作は、ステップ S 2 へ移行する。

【 0 2 0 9 】

処理手段 1 2 は、符号化パケット C 3 を生成した後、ステップ S 2 において、パケット P 4 がバッファ 1 1 に到着したと判定し、上述したステップ S 3 , S 4 を順次実行した後、ステップ S 5 において符号化パケット C を送信しないと判定し、ステップ S 7 において、パケット P 4 を送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。そして、処理手段 1 2 は、ステップ S 8 において、パケット P 1 ~ P 4 を含む符号化パケット C 4 を生成する。その後、一連の動作は、ステップ S 2 へ移行する。

【 0 2 1 0 】

処理手段 1 2 は、符号化パケット C 4 を生成した後、ステップ S 2 において、パケット P 5 がバッファ 1 1 に到着したと判定し、上述したステップ S 3 , S 4 を順次実行した後、ステップ S 5 において符号化パケット C を送信すると判定し、ステップ S 6 において、符号化パケット C 4 をパケット P 5 に付与して結合パケット P 5 / C 4 を生成する。そして、処理手段 1 2 は、ステップ S 7 において、結合パケット P 5 / C 4 を送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。

10

20

30

40

50

## 【 0 2 1 1 】

その後、処理手段 1 2 は、ステップ S 8 において、パケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>5</sub> を含む符号化パケット C<sub>5</sub> を生成する。そして、一連の動作は、ステップ S 2 へ移行する。

## 【 0 2 1 2 】

処理手段 1 2 は、符号化パケット C<sub>5</sub> を生成した後、ステップ S 2 において、パケット P<sub>6</sub> がバッファ 1 1 に到着したと判定し、上述したステップ S 3, S 4 を順次実行した後、ステップ S 5 において符号化パケット C を送信しないと判定し、ステップ S 7 において、パケット P<sub>6</sub> を送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。そして、処理手段 1 2 は、ステップ S 8 において、パケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> を含む符号化パケット C<sub>6</sub> を生成する。その後、一連の動作は、ステップ S 2 へ移行する。

10

## 【 0 2 1 3 】

引き続き、処理手段 1 2 は、ステップ S 2 において、パケットがバッファ 1 1 に到着しなかったと判定し、ステップ S 9 において、最後のパケット (= パケット P<sub>6</sub>) がバッファ 1 1 に到着した後、T ミリ秒が経過したと判定し、ステップ S 1 0 において、符号化パケット C<sub>6</sub> を送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。そして、処理手段 1 2 は、ステップ S 1 1 において、符号化パケット C の送信数が K (= 3) でないと判定し、ステップ S 1 2 において、バッファ 1 1 に格納されたパケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> からパケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> を含む符号化パケット C<sub>7</sub> を生成する。

## 【 0 2 1 4 】

その後、処理手段 1 2 は、ステップ S 1 0 において、符号化パケット C<sub>7</sub> を送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。

20

## 【 0 2 1 5 】

引き続き、処理手段 1 2 は、ステップ S 1 1 において、符号化パケット C の送信数が K (= 3) でないと判定し、ステップ S 1 2 において、バッファ 1 1 に格納されたパケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> からパケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> を含む符号化パケット C<sub>8</sub> を生成する。

## 【 0 2 1 6 】

その後、処理手段 1 2 は、ステップ S 1 0 において、符号化パケット C<sub>8</sub> を送信手段 1 3 およびアンテナ 1 4 を介して受信機 2 へ送信する。

## 【 0 2 1 7 】

そして、処理手段 1 2 は、ステップ S 1 1 において、符号化パケット C の送信数が K (= 3) であると判定し、ステップ S 1 3 において、バッファ 1 1 をクリアする。

30

## 【 0 2 1 8 】

図 1 2 に示すフローチャートにおいては、ステップ S 1 1 における符号化パケットの送信数は、ステップ S 1 0 において送信された符号化パケットの個数であり、ステップ S 7 において、結合パケットによって送信された符号化パケットの個数を含まない。

## 【 0 2 1 9 】

また、図 8 の ( a ) において説明したように、バーストを構成するパケットの個数  $M_{Burst}$  がバッファ 1 1 のサイズ  $M_{Buffer}$  以下である場合、図 1 2 のステップ S 2 においてパケットが到着しなかったと判定されたとき、パケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> がバッファ 1 1 に格納されているので、処理手段 1 2 は、ステップ S 1 2 において、パケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> の全てを含む符号化パケット C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> を生成することができる。その結果、ステップ S 7 において、符号化パケット (符号化パケット C<sub>1</sub> ~ C<sub>5</sub> の少なくとも 1 つ) を含む結合パケットまたは単体のパケット (図 9 のパケット P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>6</sub> 等) が受信機 2 によって受信できなくても、ステップ S 1 0 において、受信機 2 が受信できなかったパケット (パケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> のうちの一部のパケット) の個数以上の個数の符号化パケット (符号化パケット C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> 等) を受信機 2 へ送信するように “ K ” を決定することによって、受信機 2 が受信できなかったパケット (パケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> のうちの一部のパケット) を復号できる。

40

## 【 0 2 2 0 】

更に、図 8 の ( b ) において説明したように、バーストを構成するパケットの個数  $M_B$

50

ur s t がバッファ 11 のサイズ M B u f f e r よりも大きい場合、図 10 に示すように、パケット P<sub>2</sub> ~ P<sub>10</sub> がそれぞれ送信機 1 に到着したタイミングで、パケット P<sub>2</sub> ~ P<sub>10</sub> に、それぞれ、符号化パケット C<sub>1</sub> ~ C<sub>9</sub> を付与した結合パケット P<sub>2</sub> / C<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> / C<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> / C<sub>3</sub>, P<sub>5</sub> / C<sub>4</sub>, P<sub>6</sub> / C<sub>5</sub>, P<sub>7</sub> / C<sub>6</sub>, P<sub>8</sub> / C<sub>7</sub>, P<sub>9</sub> / C<sub>8</sub>, P<sub>10</sub> / C<sub>9</sub> を受信機 2 へ送信するようにすると、符号化パケット C<sub>1</sub> ~ C<sub>9</sub> は、次式によって表される。

【 0 2 2 1 】

【 数 1 5 】

$$\begin{aligned}
 C_1 &= a_{11}P_1 \cdots (15A) \\
 C_2 &= a_{21}P_1 + a_{22}P_2 \cdots (15B) \\
 C_3 &= a_{31}P_1 + a_{32}P_2 + a_{33}P_3 \cdots (15C) \\
 C_4 &= a_{41}P_1 + a_{42}P_2 + a_{43}P_3 + a_{44}P_4 \cdots (15D) \\
 C_5 &= a_{51}P_1 + a_{52}P_2 + a_{53}P_3 + a_{54}P_4 + a_{55}P_5 \cdots (15E) \\
 C_6 &= a_{61}P_1 + a_{62}P_2 + a_{63}P_3 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6 \cdots (15F) \\
 C_7 &= a_{71}P_2 + a_{72}P_3 + a_{73}P_4 + a_{74}P_5 + a_{75}P_6 + a_{76}P_7 \cdots (15G) \\
 C_8 &= a_{81}P_3 + a_{82}P_4 + a_{83}P_5 + a_{84}P_6 + a_{85}P_7 + a_{86}P_8 \cdots (15H) \\
 C_9 &= a_{91}P_4 + a_{92}P_5 + a_{93}P_6 + a_{94}P_7 + a_{95}P_8 + a_{96}P_9 \cdots (15I)
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \\ C_8 \\ C_9 \end{aligned}} \right\} \cdots (15)$$

【 0 2 2 2 】

式 ( 1 5 ) において、符号化パケット C<sub>6</sub> ~ C<sub>9</sub> に含まれるパケットの個数が 6 個であるのは、バッファ 11 に格納できるパケットの最大数 M B u f f e r が “ 6 ” であるので、パケット P<sub>7</sub> がバッファ 11 にコピーされると、パケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>6</sub> がパケット P<sub>2</sub> ~ P<sub>7</sub> によって上書きされ、パケット P<sub>8</sub> がバッファ 11 にコピーされると、パケット P<sub>2</sub> ~ P<sub>7</sub> がパケット P<sub>3</sub> ~ P<sub>8</sub> によって上書きされ、パケット P<sub>9</sub> がバッファ 11 にコピーされると、パケット P<sub>3</sub> ~ P<sub>8</sub> がパケット P<sub>4</sub> ~ P<sub>9</sub> によって上書きされるからである。

【 0 2 2 3 】

そして、単体のパケット P<sub>1</sub> および結合パケット P<sub>2</sub> / C<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> / C<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> / C<sub>3</sub>, P<sub>5</sub> / C<sub>4</sub>, P<sub>6</sub> / C<sub>5</sub>, P<sub>7</sub> / C<sub>6</sub>, P<sub>8</sub> / C<sub>7</sub>, P<sub>9</sub> / C<sub>8</sub>, P<sub>10</sub> / C<sub>9</sub> は、図 12 のステップ S<sub>7</sub> において送信される。

【 0 2 2 4 】

単体のパケット P<sub>1</sub> および結合パケット P<sub>2</sub> / C<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> / C<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> / C<sub>3</sub>, P<sub>5</sub> / C<sub>4</sub>, P<sub>6</sub> / C<sub>5</sub>, P<sub>7</sub> / C<sub>6</sub>, P<sub>8</sub> / C<sub>7</sub>, P<sub>9</sub> / C<sub>8</sub>, P<sub>10</sub> / C<sub>9</sub> の個数 ( = 10 個 ) のうちの半分が受信機 2 によって受信できなかった場合、9 個の結合パケット P<sub>2</sub> / C<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> / C<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> / C<sub>3</sub>, P<sub>5</sub> / C<sub>4</sub>, P<sub>6</sub> / C<sub>5</sub>, P<sub>7</sub> / C<sub>6</sub>, P<sub>8</sub> / C<sub>7</sub>, P<sub>9</sub> / C<sub>8</sub>, P<sub>10</sub> / C<sub>9</sub> のうち、少なくとも 4 個の結合パケットが受信機 2 によって受信できる。

【 0 2 2 5 】

この場合、受信機 2 がパケット P<sub>1</sub> と、4 個の結合パケット P<sub>2</sub> / C<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> / C<sub>2</sub>, P<sub>4</sub> / C<sub>3</sub>, P<sub>5</sub> / C<sub>4</sub> とを受信でき、5 個の結合パケット P<sub>6</sub> / C<sub>5</sub>, P<sub>7</sub> / C<sub>6</sub>, P<sub>8</sub> / C<sub>7</sub>, P<sub>9</sub> / C<sub>8</sub>, P<sub>10</sub> / C<sub>9</sub> を受信できなかったとすると、受信機 2 は、パケット P<sub>6</sub> ~ P<sub>10</sub> を受信できず、パケット P<sub>1</sub> ~ P<sub>5</sub> を受信できたことになる。

【 0 2 2 6 】

しかし、送信機 1 は、図 12 のステップ S<sub>10</sub> ~ S<sub>12</sub> を 5 回繰り返し実行することによって、パケット P<sub>5</sub> ~ P<sub>10</sub> を含む 5 個の符号化パケット C<sub>10</sub> ~ C<sub>14</sub> を受信機 2 へ送信できる。5 個の符号化パケット C<sub>10</sub> ~ C<sub>14</sub> は、次式によって表される。

【 0 2 2 7 】

【 数 1 6 】

10

20

30

40

50

$$\left. \begin{aligned} C_{10} &= a_{101}P_5 + a_{102}P_6 + a_{103}P_7 + a_{104}P_8 + a_{105}P_9 + a_{106}P_{10} \cdots (16A) \\ C_{11} &= a_{111}P_5 + a_{112}P_6 + a_{113}P_7 + a_{114}P_8 + a_{115}P_9 + a_{116}P_{10} \cdots (16B) \\ C_{12} &= a_{121}P_5 + a_{122}P_6 + a_{123}P_7 + a_{124}P_8 + a_{125}P_9 + a_{126}P_{10} \cdots (16C) \\ C_{13} &= a_{131}P_5 + a_{132}P_6 + a_{133}P_7 + a_{134}P_8 + a_{135}P_9 + a_{136}P_{10} \cdots (16D) \\ C_{14} &= a_{141}P_5 + a_{142}P_6 + a_{143}P_7 + a_{144}P_8 + a_{145}P_9 + a_{146}P_{10} \cdots (16E) \end{aligned} \right\} \cdots (16)$$

【 0 2 2 8 】

そして、受信機 2 は、例えば、式 ( 1 6 ) から 4 個の符号化バケット  $C_{10} \sim C_{13}$  を選択し、4 個の符号化バケット  $C_{10} \sim C_{13}$  から受信済のバケット  $P_5$  の情報を除去して符号化バケット  $C_{10}'$  ,  $C_{11}'$  ,  $C_{12}'$  ,  $C_{13}'$  を生成する。符号化バケット  $C_{10}'$  ,  $C_{11}'$  ,  $C_{12}'$  ,  $C_{13}'$  の各々は、4 個のバケット  $P_6 \sim P_{10}$  を含むので、次式の連立方程式を解くことによってバケット  $P_6 \sim P_{10}$  を復号できる。

10

【 0 2 2 9 】

【 数 1 7 】

$$\left. \begin{aligned} C'_{10} &= a_{102}P_6 + a_{103}P_7 + a_{104}P_8 + a_{105}P_9 + a_{106}P_{10} \cdots (17A) \\ C'_{11} &= a_{112}P_6 + a_{113}P_7 + a_{114}P_8 + a_{115}P_9 + a_{116}P_{10} \cdots (17B) \\ C'_{12} &= a_{122}P_6 + a_{123}P_7 + a_{124}P_8 + a_{125}P_9 + a_{126}P_{10} \cdots (17C) \\ C'_{13} &= a_{132}P_6 + a_{133}P_7 + a_{134}P_8 + a_{135}P_9 + a_{136}P_{10} \cdots (17D) \end{aligned} \right\} \cdots (17)$$

20

【 0 2 3 0 】

また、受信機 2 がバケット  $P_1$  と、5 個の結合バケット  $P_6 / C_5$  ,  $P_7 / C_6$  ,  $P_8 / C_7$  ,  $P_9 / C_8$  ,  $P_{10} / C_9$  とを受信でき、4 個の結合バケット  $P_2 / C_1$  ,  $P_3 / C_2$  ,  $P_4 / C_3$  ,  $P_5 / C_4$  を受信できなかったとすると、バケット  $P_2 \sim P_5$  を受信できなかったことになる。

【 0 2 3 1 】

そうすると、受信できなかったバケットの個数が“ 4 個 ”であるので、式 ( 1 5 ) の符号化バケット  $C_5 \sim C_9$  から 4 個の符号化バケット  $C_6 \sim C_9$  を選択し、符号化バケット  $C_6 \sim C_9$  から受信済のバケット  $P_1$  ,  $P_6 \sim P_9$  の情報を除去し、受信済のバケット  $P_1$  ,  $P_6 \sim P_9$  の情報を除去した符号化バケット  $C_6' \sim C_9'$  を示す連立方程式を解くことによってバケット  $P_2 \sim P_5$  を復号できる。

30

【 0 2 3 2 】

このように、バーストを構成するバケットの個数  $M_{Burst}$  がバッファ 11 のサイズ  $M_{Buffer}$  よりも大きい場合においても、受信機 2 が受信できなかったバケットを復号できる。

【 0 2 3 3 】

更に、図 1 2 に示すフローチャート ( 図 1 3 に示すフローチャートを含む ) においては、送信機 1 は、バーストを構成するバケット  $P_1 \sim P_6$  の各バケットが送信機 1 に到着する毎に、単体のバケットまたは結合バケット ( 符号化バケットを含む。 ) を受信機 2 へ送信するので、バーストを構成する複数のバケット  $P_1 \sim P_6$  を低遅延で受信機 2 へ送信できる。

40

【 0 2 3 4 】

送信機 1 は、バーストを構成するバケット ( 図 9 に示すバケット  $P_1 \sim P_6$  の全て ) を受信機 2 へ送信した後、バーストを構成しないバケット  $P_{KT\_N}$  ( 図 4 に示す P ピクチャを示すバケット ) がバッファ 11 に到着したと判定すると、上述した方法によって、バーストを構成しないバケット  $P_{KT\_N}$  ( 図 4 に示す P ピクチャを示すバケット ) を受信機 2 へ送信する。

50

## 【0235】

このように、送信機1は、図12に示すフローチャート(図13に示すフローチャートを含む)に従って、バーストを構成しないパケットおよびバーストを構成するパケットを受信機2へ送信する。

## 【0236】

図14は、図1および図3に示す受信機2の動作を説明するためのフローチャートである。

## 【0237】

図14を参照して、受信機2の動作が開始されると、受信手段22は、アンテナ21を介してパケットを受信すると(ステップS21の“YES”)、その受信したパケットを処理手段23へ出力する。

10

## 【0238】

処理手段23は、パケットPKTを受信手段22から受け、その受けたパケットPKTがNパケットPKT\_\_Nであるか否かを判定することによってNパケットPKT\_\_Nを受信したか否かを判定する(ステップS22)。この場合、処理手段23は、パケットPKTのPacket infoの識別子N/Cが“N”からなり、かつ、パケットPKTがCoded infoおよび領域REG2を含んでいないとき、NパケットPKT\_\_Nを受信したと判定し、パケットPKTのPacket infoの識別子N/Cが“C”からなるとき、またはパケットPKTのPacket infoの識別子N/Cが“N”からなり、かつ、Coded infoの識別子N/Cが“C”からなるとき、NパケットPKT\_\_Nを受信しなかったと判定する。

20

## 【0239】

ステップS22において、NパケットPKT\_\_Nを受信しなかったと判定されたとき、処理手段23は、結合パケット(Piggybackによって送信されたパケット)を受信したか否かを判定する(ステップS23)。この場合、処理手段23は、パケットPKTのPacket infoの識別子N/Cが“N”からなり、かつ、パケットPKTのCoded infoの識別子N/Cが“C”からなるとき、結合パケットを受信したと判定し、パケットPKTのPacket infoの識別子N/Cが“C”からなるとき、結合パケットを受信しなかったと判定する。

## 【0240】

ステップS23において、結合パケットを受信したと判定されたとき、処理手段23は、NパケットとCパケット(=符号化パケット)とを分離する(ステップS24)。

30

## 【0241】

その後、処理手段23は、NパケットPKT\_\_Nが有るか否かを判定する(ステップS25)。

## 【0242】

ステップS25において、NパケットPKTが有ると判定されたとき、またはステップS22において、NパケットPKT\_\_Nを受信したと判定されたとき、処理手段23は、Nパケット受信処理を実行する(ステップS26)。

## 【0243】

その後、処理手段23は、Cパケット(=符号化パケット)が有るか否かを判定する(ステップS27)。

40

## 【0244】

そして、ステップS23において、結合パケットを受信しなかったと判定されたとき、またはステップS25において、NパケットPKT\_\_Nが無いと判定されたとき、またはステップS27において、Cパケット(=符号化パケット)が有ると判定されたとき、処理手段23は、Cパケット(=符号化パケット)から受信済のNパケットPKT\_\_Nの情報を除去する(ステップS28)。

## 【0245】

引き続き、処理手段23は、復号処理を実行する(ステップS29)。そして、処理

50

手段 2 3 は、復号できたか否かを判定する（ステップ S 3 0）。

【 0 2 4 6 】

ステップ S 3 0 において、復号できたと判定されたとき、ステップ S 3 0 において、復号できなかったと判定されるまで、ステップ S 2 9 , S 3 0 が繰り返し実行される。

【 0 2 4 7 】

そして、ステップ S 2 7 において、C パケット（= 符号化パケット）が無いと判定されたとき、またはステップ S 3 0 において、復号できなかったと判定されたとき、一連の動作は、ステップ S 2 1 へ移行する。以後、受信機 2 は、駆動されている限り、ステップ 2 1 ~ ステップ S 3 0 を繰り返し実行する。

【 0 2 4 8 】

なお、ステップ S 2 3 において、結合パケットを受信しなかったと判定されたときに、一連の動作がステップ S 2 8 へ移行するのは、受信機 2 によって受信されるパケットは、N パケット P K T \_ N、符号化パケット P K T \_ C および結合パケットの 3 種類であり、ステップ S 2 2 において、N パケット P K T \_ N を受信しなかったと判定され、更に、ステップ S 2 3 において、結合パケットを受信しなかったと判定されているので、受信機 2 が受信したパケットは、符号化パケット P K T \_ C であるからである。

【 0 2 4 9 】

図 1 5 は、図 1 4 に示すステップ S 2 6 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【 0 2 5 0 】

図 1 5 を参照して、図 1 4 のステップ S 2 2 において、N パケット P K T \_ N を受信したと判定されたとき、または図 1 4 のステップ S 2 5 において、N パケット P K T \_ N が有ると判定されたとき、処理手段 2 3 は、受信した N パケット P K T \_ N のシーケンス番号  $S N_{rx}$  が受信済、かつ、アプリケーション 3 0 へ送信済の N パケット P K T \_ N のシーケンス番号  $S N_{sent}$ （即ち、N バッファ 2 4 に格納された N パケットのシーケンス番号）以下であるか否か、または受信した N パケット P K T \_ N が N バッファ 2 4 に格納済であるか否かを判定する（ステップ S 2 6 1）。

【 0 2 5 1 】

ステップ S 2 6 1 において、受信した N パケット P K T \_ N のシーケンス番号  $S N_{rx}$  が受信済、かつ、アプリケーション 3 0 へ送信済の N パケット P K T \_ N のシーケンス番号  $S N_{sent}$  以下であると判定されたとき、または受信した N パケット P K T \_ N が N バッファ 2 4 に格納済であると判定されたとき、処理手段 2 3 は、受信した N パケット P K T \_ N を破棄する（ステップ S 2 6 2）。

【 0 2 5 2 】

一方、ステップ S 2 6 1 において、受信した N パケット P K T \_ N のシーケンス番号  $S N_{rx}$  が受信済、かつ、アプリケーション 3 0 へ送信済の N パケット P K T \_ N のシーケンス番号  $S N_{sent}$  以下でなく、かつ、受信した N パケット P K T \_ N が N バッファ 2 4 に格納済でないと判定されたとき、処理手段 2 3 は、受信した N パケット P K T \_ N（ $S N_{rx}$ ）を N バッファ 2 4 に格納する（ステップ S 2 6 3）。

【 0 2 5 3 】

そして、処理手段 2 3 は、 $i = 1$  を設定し（ステップ S 2 6 4）、シーケンス番号  $S N_{sent} + i$  を有するパケット P K T \_ N が N バッファ 2 4 に存在するか否かを判定する（ステップ S 2 6 5）。なお、 $i$  は、1, 2, 3, ... の整数である。

【 0 2 5 4 】

ステップ S 2 6 5 において、シーケンス番号  $S N_{sent} + i$  を有するパケット P K T \_ N が N バッファ 2 4 に存在すると判定されたとき、処理手段 2 3 は、シーケンス番号  $S N_{sent} + i$  を有するパケット P K T \_ N をアプリケーション 3 0 へ伝送する（ステップ S 2 6 6）。そして、処理手段 2 3 は、 $i = i + 1$  を設定する（ステップ S 2 6 7）。その後、一連の動作は、ステップ S 2 6 5 へ移行し、ステップ S 2 6 5 において、シーケンス番号  $S N_{sent} + i$  を有するパケット P K T \_ N が N バッファ 2 4 に存在しないと判定さ

10

20

30

40

50

れるまで、ステップS 2 6 5 ~ステップS 2 6 7が繰り返し実行される。

【0 2 5 5】

そして、ステップS 2 6 5において、シーケンス番号 $SN_{sent+i}$ を有するパケット $PKT\_N$ がNバッファ2 4に存在しないと判定されると、処理手段2 3は、 $SN_{sent} = SN_{sent+i} - 1$ を設定する(ステップS 2 6 8)。

【0 2 5 6】

そして、ステップS 2 6 2またはステップS 2 6 8の後、一連の動作は、図1 4のステップS 2 7へ移行する。

【0 2 5 7】

図1 5に示すステップS 2 6 3 ~ステップS 2 6 7は、新たに受信したNパケット $PKT\_N$ をNバッファ2 4に格納するとともにアプリケーション3 0に伝送するステップである。そして、 $i = 2$ であるときに、ステップS 2 6 5においてシーケンス番号 $SN_{sent+i}$ を有するパケット $PKT\_N$ がNバッファ2 4に存在しないと判定されると、ステップS 2 6 8において、Nバッファ2 4における受信済のNパケット $PKT\_N$ の最新のシーケンス番号 $SN_{sent}$ が更新される。

10

【0 2 5 8】

図1 6は、図1 4に示すステップS 2 8の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【0 2 5 9】

図1 6を参照して、図1 4のステップS 2 3において、結合パケットを受信しなかったと判定されたとき、または図1 4のステップS 2 5において、Nパケットが無いと判定されたとき、または図1 4のステップS 2 7において、Cパケット(符号化パケット)が有ると判定されたとき、処理手段2 3は、 $i = 1$ を設定し(ステップS 2 8 1)、Nバッファ2 4からパケット $X_i$ を取得する(ステップS 2 8 2)。ここで、 $i$ は、Nバッファ2 4に格納された各パケット $X_i$ を表し、 $1 \sim I$ である。そして、 $I$ は、Nバッファ2 4に格納されたパケット $X_i$ の総数である。

20

【0 2 6 0】

ステップS 2 8 2の後、処理手段2 3は、パケット $X_i$ のシーケンス番号 $SN$ が符号化パケット $Y$ の $Coded\ info$ に含まれるか否かを判定する(ステップS 2 8 3)。

【0 2 6 1】

ステップS 2 8 3において、パケット $X_i$ のシーケンス番号 $SN$ が符号化パケット $Y$ の $Coded\ info$ に含まれると判定されたとき、処理手段2 3は、符号化パケット $Y$ とパケット $X_i$ との排他的論理和を演算することによって符号化パケット $Y$ から受信済のパケット $X_i$ の情報を除去する(ステップS 2 8 4)。

30

【0 2 6 2】

そして、ステップS 2 8 3において、パケット $X_i$ のシーケンス番号 $SN$ が符号化パケット $Y$ の $Coded\ info$ に含まれていないと判定されたとき、またはステップS 2 8 4の後、処理手段2 3は、 $i = I$ であるか否かを判定する(ステップS 2 8 5)。

【0 2 6 3】

ステップS 2 8 5において、 $i = I$ でないと判定されたとき、処理手段2 3は、 $i = i + 1$ を設定する(ステップS 2 8 6)。その後、一連の動作は、ステップS 2 8 2へ移行し、ステップS 2 8 5において、 $i = I$ であると判定されるまで、ステップS 2 8 2 ~ステップS 2 8 6が繰り返し実行される。

40

【0 2 6 4】

そして、ステップS 2 8 5において、 $i = I$ であると判定されると、処理手段2 3は、符号化パケット $Y$ に含まれていた情報の全てを受信済であるか否かを判定する(ステップS 2 8 7)。この場合、処理手段2 3は、符号化パケット $Y$ が $Y = \{0 0 0 \dots 0\}$ であるとき、符号化パケット $Y$ に含まれていた情報の全てを受信済であると判定し、符号化パケット $Y$ が $Y = \{0 0 0 \dots 0\}$ でないとき、符号化パケット $Y$ に含まれていた情報の全てを受信済であることは無い(即ち、符号化パケット $Y$ に含まれていた情報の一部を受信

50

済でない)と判定する。

【0265】

ステップS287において、符号化パケットYに含まれていた情報の全てを受信済であることは無いと判定されたとき、処理手段23は、符号化パケットYに含まれるNパケット数が“1”であるか否かを判定する(ステップS288)。

【0266】

ステップS288において、符号化パケットYに含まれるNパケット数が“1”でないと判定されたとき、処理手段23は、符号化パケットYをCバッファ25に保存する(ステップS289)。

【0267】

一方、ステップS288において、符号化パケットYに含まれるNパケット数が“1”であると判定されたとき、処理手段23は、式(13)によって符号化パケットYをパケットXに変換し、その変換したパケットXに対して、上述した「Nパケット受信処理」(図15に示すフローチャート)を実行する(ステップS290)。

【0268】

そして、ステップS287において、符号化パケットYに含まれていた情報の全てを受信済であると判定されたとき、またはステップS289の後、またはステップS290の後、一連の動作は、図14のステップS29へ移行する。

【0269】

図16に示すフローチャートにおいては、ステップS285において、 $i = I$ であると判定されるまで、ステップS282～ステップS286が繰り返し実行されることによって、符号化パケットYから受信済の全てのパケット $X_1 \sim X_I$ の情報が除去される。即ち、ステップS285において、 $i = I$ であると判定されるまで、ステップS282～ステップS286が繰り返し実行されることによって、Nバッファ24に格納されていない複数のパケット(=受信済でない複数のパケット)のみを含む符号化パケットCが生成される。

【0270】

図17は、図14に示すステップS29の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【0271】

図17を参照して、図14のステップS28の後、またはステップS30において復号できたと判定されたとき、処理手段23は、2個以上の符号化パケットYがCバッファ25に存在するか否かを判定する(ステップS291)。

【0272】

ステップS291において、2個以上の符号化パケットYがCバッファ25に存在しないと判定されたとき、一連の動作は、図14のステップS21へ移行する。

【0273】

一方、ステップS291において、2個以上の符号化パケットYがCバッファ25に存在すると判定されたとき、処理手段23は、 $i = 1$ を設定する(ステップS292)。ここで、 $i$ は、Cバッファ25に格納された各符号化パケット $Y_i$ を表し、 $1 \sim I$ である。そして、 $I$ は、Cバッファ25に格納された符号化パケット $Y_i$ の総数である。

【0274】

ステップS292の後、処理手段23は、Cバッファ25から符号化パケット $Y_i$ を取得する(ステップS293)。

【0275】

そして、処理手段23は、符号化パケット $Y_i$ に対して「符号化パケットから受信済のパケット $X_i$ の情報を除去」(図16のフローチャート)を実行する(ステップS294)。

【0276】

その後、処理手段23は、符号化パケット $Y_i$ に含まれるNパケット数が“1”以下であ

10

20

30

40

50

るか否かを判定する（ステップS 2 9 5）。

【0 2 7 7】

ステップS 2 9 5において、符号化パケット $Y_i$ に含まれるNパケット数が“1”以下であると判定されると、処理手段2 3は、符号化パケット $Y_i$ をCバッファ2 5から消去する（ステップS 2 9 6）。

【0 2 7 8】

そして、ステップS 2 9 5において、符号化パケット $Y_i$ に含まれるNパケット数が“1”以下でないと判定されたとき、またはステップS 2 9 6の後、処理手段2 3は、 $i = I$ であるか否かを判定する（ステップS 2 9 7）。

【0 2 7 9】

ステップS 2 9 7において、 $i = I$ でないと判定されたとき、処理手段2 3は、 $i = i + 1$ を設定する（ステップS 2 9 8）。その後、一連の動作は、ステップS 2 9 3へ移行し、ステップS 2 9 7において、 $i = I$ であると判定されるまで、ステップS 2 9 3～ステップS 2 9 8が繰り返し実行される。

【0 2 8 0】

そして、ステップS 2 9 7において、 $i = I$ であると判定されると、処理手段2 3は、複数のNパケットを含む符号化パケットCがCバッファ2 5に複数存在するか否かを判定する（ステップS 2 9 9）。

【0 2 8 1】

ステップS 2 9 9において、複数のNパケットを含む符号化パケットCがCバッファ2 5に複数存在すると判定されたとき、処理手段2 3は、Cバッファ2 5から複数の符号化パケットYを取得し、その取得した複数の符号化パケットYを表す連立方程式を解いてCパケット（符号化パケット）を復号する（ステップS 3 0 0）。

【0 2 8 2】

そして、ステップS 2 9 9において、複数のNパケットを含む符号化パケットCがCバッファ2 5に複数存在しないと判定されたとき、またはステップS 3 0 0の後、処理手段2 3は、 $i = 1$ を設定し（ステップS 3 0 1）、復号できたNパケット数が“ $i$ ”以上であるか否かを判定する（ステップS 3 0 2）。

【0 2 8 3】

ステップS 3 0 2において、復号できたNパケット数が“ $i$ ”以上であると判定されたとき、処理手段2 3は、復号されたNパケットに対して「Nパケット受信処理」（図1 5のフローチャート）を実行する（ステップS 3 0 3）。そして、処理手段2 3は、 $i = i + 1$ を設定する（ステップS 3 0 4）。その後、一連の動作は、ステップS 3 0 2へ移行し、ステップS 3 0 2において、復号できたNパケット数が“ $i$ ”以上でないと判定されるまで、ステップS 3 0 2～ステップS 3 0 4が繰り返し実行される。

【0 2 8 4】

そして、ステップS 3 0 2において、復号できたNパケット数が“ $i$ ”以上でないと判定されると、一連の動作は、図1 4のステップS 3 0へ移行する。

【0 2 8 5】

図1 7に示すフローチャートにおいては、図1 6のステップS 2 8 7において、符号化パケットYに含まれていた情報の全てを受信済であると判定された後に、またはステップS 2 9 0の後にステップS 2 9 1へ移行した場合、ステップS 2 9 1において、2個以上の符号化パケットYがCバッファ2 5に存在しないと判定され、一連の動作は、図1 4のステップS 2 1へ移行する。

【0 2 8 6】

一方、図1 6のステップS 2 8 9の後にステップS 2 9 1へ移行した場合において、ステップS 2 9 1において、2個以上の符号化パケットYがCバッファ2 5に存在すると判定されたとき、上述したステップS 2 9 2～ステップS 3 0 4が順次実行され、ステップS 2 9 1において、2個以上の符号化パケットYがCバッファ2 5に存在しないと判定されたとき、一連の動作は、図1 4のステップS 2 1へ移行する。

10

20

30

40

50

## 【0287】

また、図17に示すフローチャートにおいては、ステップS302において、復号できたNパケット数が*i*以上でないと判定されるまで、ステップS302～ステップS304が繰り返し実行されるのは、符号化パケットCを復号することによって取得された全てのNパケットに対して「Nパケット受信処理」（図15のフローチャート）を実行するためである。

## 【0288】

図18は、バーストを構成するパケットの受信時におけるNバッファ24およびCバッファ25の変遷を示す図である。

## 【0289】

なお、図18は、バーストを構成するパケットが図9に示すパケットP<sub>1</sub>～P<sub>6</sub>からなる場合において、バーストを構成するパケットの受信時におけるNバッファ24およびCバッファ25の変遷を示す。

## 【0290】

図18を参照して、送信機1がパケットP<sub>1</sub>を送信すると、受信機2は、パケットP<sub>1</sub>の受信に失敗するので、図14のステップS21においては、受信機2の受信手段22は、パケットP<sub>1</sub>を受信しない。その結果、Nバッファ24およびCバッファ25には、パケットが格納されない（図18の（a）参照）。

## 【0291】

その後、送信機1がパケットP<sub>2</sub>を送信すると、受信機2の受信手段22は、アンテナ21を介してパケットP<sub>2</sub>を受信し（図14のステップS21の“YES”参照）、その受信したパケットP<sub>2</sub>を処理手段23へ出力する。

## 【0292】

処理手段23は、パケットP<sub>2</sub>を受信手段22から受けると、パケットP<sub>2</sub>のPacket infoの識別子N/Cが“N”からなることを確認してNパケットを受信したと判定する（図14のステップS22の“YES”参照）。そして、処理手段23は、パケットP<sub>2</sub>に対してNパケット受信処理を実行し（図14のステップS26参照）、パケットP<sub>2</sub>のシーケンス番号SN<sub>rx</sub>が受信済、かつ、アプリケーション30へ送信済のNパケットPKT\_Nのシーケンス番号SN<sub>sent</sub>（即ち、Nバッファ24に格納されたNパケットのシーケンス番号）よりも大きく、かつ、受信パケットがNバッファ24に格納済でないと判定し（図15のステップS261の“NO”参照）、パケットP<sub>2</sub>をNバッファ24に格納するとともにパケットP<sub>2</sub>をアプリケーション30へ伝送する（図15のステップS263～S266参照）。そして、処理手段23は、 $i = 2$ であるときに、 $SN_{sent} + i (= SN_{sent} + 2)$ のパケットがNバッファ24に存在しないと判定し（図15のステップS265の“NO”参照）、 $SN_{ent} = SN_{sent} + i - 1 = SN_{sent} + 2 - 1 = SN_{sent} + 1$ によってNバッファ24に格納されたNパケットPKT\_Nのシーケンス番号SN<sub>sent</sub>を更新する（図15のステップS268参照）。その後、処理手段23は、Cパケットが無いと判定し（図14のステップS27の“NO”参照）、受信機2の動作は、図14のステップS21へ移行する。この段階で、パケットP<sub>2</sub>がNバッファ24に格納される（図18の（b）参照）。

## 【0293】

引き続き、送信機1が結合パケットP<sub>3</sub>/C<sub>2</sub>を送信すると、受信機2は、結合パケットP<sub>3</sub>/C<sub>2</sub>の受信に失敗するので、図14のステップS21においては、受信機2の受信手段22は、結合パケットP<sub>3</sub>/C<sub>2</sub>を受信しない。その結果、Nバッファ24およびCバッファ25の状態は、変化しない（図18の（c）参照）。

## 【0294】

その後、送信機1がパケットP<sub>4</sub>を送信すると、受信機2は、上述したパケットP<sub>2</sub>の受信時における動作と同じ動作を実行する。その結果、パケットP<sub>4</sub>がNバッファ24に格納される（図18の（d）参照）。

## 【0295】

10

20

30

40

50

そして、送信機 1 が結合パケット  $P_5 / C_4$  を送信すると、受信機 2 の受信手段 2 2 は、アンテナ 2 1 を介して結合パケット  $P_5 / C_4$  を受信し（図 1 4 のステップ S 2 1 の“YES”参照）、その受信した結合パケット  $P_5 / C_4$  を処理手段 2 3 へ出力する。

【0296】

処理手段 2 3 は、結合パケット  $P_5 / C_4$  を受信手段 2 2 から受けると、結合パケット  $P_5 / C_4$  の Packet info の識別子  $N / C$  が“N”からなり、かつ、Coded info の識別子  $N / C$  が“C”からなることを確認し、N パケット  $PKT\_N$  を受信しなかったと判定するとともに（図 1 4 のステップ S 2 2 の“NO”参照）、結合パケットを受信したと判定する（図 1 4 のステップ S 2 3 の“YES”参照）。

【0297】

その後、処理手段 2 3 は、結合パケット  $P_5 / C_4$  の N パケット  $P_5$  と符号化パケット  $C_4$  とを分離し（図 1 4 のステップ S 2 4 参照）、N パケットが有ると判定し（図 1 4 のステップ S 2 5 の“YES”参照）、パケット  $P$  に対して N パケット受信処理を実行する（図 1 4 のステップ S 2 6 参照）。そして、処理手段 2 3 は、N パケット受信処理において、パケット  $P_5$  のシーケンス番号  $SN_{rx}$  が受信済、かつ、アプリケーション 3 0 へ送信済の N パケット  $PKT\_N$  のシーケンス番号  $SN_{sent}$ （即ち、N バッファ 2 4 に格納された N パケットのシーケンス番号）よりも大きく、かつ、受信パケットが N バッファ 2 4 に格納されていないと判定し（図 1 5 のステップ S 2 6 1 の“NO”参照）、パケット  $P$  を N バッファ 2 4 に格納するとともにパケット  $P_5$  をアプリケーション 3 0 へ伝送する（図 1 5 のステップ S 2 6 3 ~ S 2 6 6 参照）。そして、処理手段 2 3 は、 $i = 2$  であるときに、N バッファ 2 4 に  $SN_{sent} + i (= SN_{sent} + 2)$  のパケットが存在しないと判定し（図 1 5 のステップ S 2 6 5 の“NO”参照）、 $SN_{ent} = SN_{sent} + i - 1 = SN_{sent} + 2 - 1 = SN_{sent} + 1$  によって N バッファ 2 4 に格納された N パケット  $PKT\_N$  のシーケンス番号  $SN_{sent}$  を更新する（図 1 5 のステップ S 2 6 8 参照）。その後、処理手段 2 3 は、C パケットが有ると判定し（図 1 4 のステップ S 2 7 の“YES”参照）、C パケットから受信済の N パケットの情報を除去する（図 1 4 のステップ S 2 8 参照）。この時点で、N バッファ 2 4 には、パケット  $P_2, P_4, P_5$  が格納されており（図 1 8 の (e) 参照）、符号化パケット  $C_4$  は、パケット  $P_1 \sim P_4$  を含むので、処理手段 2 3 は、符号化パケット  $C_4$  とパケット  $P_2, P_4$  との排他的論理和を順次演算して符号化パケット  $C_4$  から受信済のパケット  $P_2, P_4$  の情報を除去する（図 1 6 のステップ S 2 8 2 ~ ステップ S 2 8 6 参照）。

【0298】

符号化パケット  $C_4$  から受信済のパケット  $P_2, P_4$  の情報を除去した後の符号化パケット  $C_4'$  は、式 (9) によって表わされる。その結果、処理手段 2 3 は、符号化パケット  $C_4$  に含まれていた情報の全てを受信済であることは無いと判定し（図 1 6 のステップ S 2 8 7 の“NO”参照）、符号化パケット  $C_4'$  に含まれる N パケット数が“1”でないと判定し（図 1 6 のステップ S 2 8 8 の“NO”参照）、符号化パケット  $C_4'$  を C バッファ 2 5 に格納する（図 1 6 のステップ S 2 8 9 参照）。これによって、N バッファ 2 4 には、3 個のパケット  $P_2, P_4, P_5$  が格納され、C バッファ 2 5 には、1 個の符号化パケット  $C_4'$  が格納される（図 1 8 の (e) 参照）。

【0299】

図 1 6 のステップ S 2 8 9 の後、受信機 2 の動作は、図 1 4 のステップ S 2 9 へ移行し、図 1 4 のステップ S 2 9 の詳細な動作を示す図 1 7 のステップ S 2 9 1 において、処理手段 2 3 は、2 個以上の符号化パケット  $Y$  が C バッファ 2 5 に存在しないと判定し、受信機 2 の動作は、図 1 4 のステップ S 2 1 へ移行する。

【0300】

その後、送信機 1 がパケット  $P_6$  を送信すると、受信機 2 は、上述したパケット  $P_2$  の受信時における動作と同じ動作を実行する。その結果、パケット  $P_6$  が N バッファ 2 4 に格納される（図 1 8 の (f) 参照）。そして、パケット  $P_6$  が N バッファ 2 4 に格納された後、処理手段 2 3 は、C パケットが無いと判定するので（図 1 4 のステップ S 2 7 の“N

10

20

30

40

50

〇”参照)、受信機2の動作は、図14のステップS21へ移行する。

【0301】

引き続き、送信機1が符号化パケット $C_6$ を送信すると、受信機2の受信手段22は、アンテナ21を介して符号化パケット $C_6$ を受信し(図14のステップS21の“YES”参照)、その受信した符号化パケット $C_6$ を処理手段23へ出力する。

【0302】

処理手段23は、符号化パケット $C_6$ を受信手段22から受けると、符号化パケット $C_6$ のPacket infoの識別子 $N/C$ が“C”からなるので、Nパケットを受信しなかったと判定し(図14のステップS22の“NO”参照)、結合パケットを受信しなかったと判定する(図14のステップS23の“NO”参照)。

10

【0303】

従って、処理手段23は、符号化パケット $C_6$ から受信済のパケットの情報を除去する(図14のステップS28参照)。この段階では、Nバッファ24には、パケット $P_2, P_4, P_5, P_6$ が格納されており、符号化パケット $C_6$ は、パケット $P_1 \sim P_6$ を含むので(式(6)参照)、処理手段23は、符号化パケット $C_6$ とパケット $P_2, P_4, P_5, P_6$ との排他的論理和を順次演算して符号化パケット $C_6$ から受信済のパケット $P_2, P_4, P_5, P_6$ の情報を除去する(図16のステップS282~ステップS286参照)。

【0304】

符号化パケット $C_6$ から受信済のパケット $P_2, P_4, P_5, P_6$ の情報を除去した後の符号化パケット $C_6'$ は、式(10)によって表わされる。その結果、処理手段23は、符号化パケット $C_6$ に含まれていた情報の全てを受信済であることは無いと判定し(図16のステップS287の“NO”参照)、符号化パケット $C_6'$ に含まれるNパケット数が“1”でないと判定し(図16のステップS288の“NO”参照)、符号化パケット $C_6'$ をCバッファ25に格納する(図16のステップS289参照)。これによって、Nバッファ24には、4個のパケット $P_2, P_4, P_5, P_6$ が格納され、Cバッファ25には、2個の符号化パケット $C_4', C_6'$ が格納される(図18の(g)参照)。

20

【0305】

そうすると、処理手段23は、複数のNパケットを含む符号化パケットが複数存在すると判定し(図17のステップS299の“YES”参照)、符号化パケット $C_6'$ を表す式(9)と符号化パケット $C_6'$ を表す式(10)との連立方程式を解いてCパケットを復号する(図17のステップS300参照)。これによって、2つのNパケット $P_1, P_3$ が得られる。

30

【0306】

その後、処理手段23は、 $i = 1$ を設定し(図17のステップS301参照)、復号できたNパケット数が $i (= 1)$ 以上であると判定し(図17のステップS302の“YES”参照)、Nパケット $P_1$ に対して「Nパケット受信処理」(図15に示すフローチャート)を実行する(図17のステップS303参照)。そして、処理手段23は、Nパケット受信処理において、パケット $P_1$ のシーケンス番号 $SN_{rx}$ が受信済、かつ、アプリケーション30へ送信済のNパケットPKT\_Nのシーケンス番号 $SN_{sent}$ (即ち、Nバッファ24に格納されたNパケットのシーケンス番号)よりも大きく、かつ、受信パケット(=パケット $P_1$ )がNバッファ24に格納済でないと判定し(図15のステップS261の“NO”参照)、パケットPをNバッファ24に格納するとともにパケット $P_1$ をアプリケーション30へ伝送する(図15のステップS263~S266参照)。そして、処理手段23は、 $i = 2$ であるときに、Nバッファ24に $SN_{sent} + i (= SN_{sent} + 2)$ のパケットが存在しないと判定し(図15のステップS265の“NO”参照)、 $SN_{sent} = SN_{sent} + i - 1 = SN_{sent} + 2 - 1 = SN_{sent} + 1$ によってNバッファ24に格納されたNパケットPKT\_Nのシーケンス番号 $SN_{sent}$ を更新する(図15のステップS268参照)。

40

【0307】

図17のステップS303において、「Nパケット受信処理」(図15に示すフローチ

50

ャート)が実行される場合、図15のステップS268の後、受信機2の動作は、図15のステップS304へ移行するので、処理手段23は、 $i = i + 1 = 2$ を設定し(図17のステップS304参照)、復号できたNパケット数が $i (= 2)$ 以上であると判定し(図17のステップS302の“YES”参照)、Nパケット $P$ に対して「Nパケット受信処理」(図15に示すフローチャート)を実行する(図17のステップS303参照)。そして、処理手段23は、Nパケット受信処理において、パケット $P_2$ のシーケンス番号 $SN_{rx}$ が受信済、かつ、アプリケーション30へ送信済のNパケット $PKT\_N$ のシーケンス番号 $SN_{sent}$ (即ち、Nバッファ24に格納されたNパケットのシーケンス番号)よりも大きく、かつ、受信パケット(=パケット $P_2$ )がNバッファ24に格納済でない(図15のステップS261の“NO”参照)、パケット $P$ をNバッファ24に格納するとともにパケット $P_2$ をアプリケーション30へ伝送する(図15のステップS263~S266参照)。そして、処理手段23は、 $i = 2$ であるときに、 $SN_{sent} + i (= SN_{sent} + 2)$ のパケットがNバッファ24に存在しないと判定し(図15のステップS265の“NO”参照)、 $SN_{ent} = SN_{sent} + i - 1 = SN_{sent} + 2 - 1 = SN_{sent} + 1$ によってNバッファ24に格納されたNパケット $PKT\_N$ のシーケンス番号 $SN_{sent}$ を更新する(図15のステップS268参照)。その後、処理手段23は、 $i = i + 1 = 3$ を設定し(図17のステップS304参照)、復号できたNパケット数が $i (= 3)$ 以上でないと判定する(図17のステップS302の“NO”参照)。そうすると、受信機2の動作は、図14のステップS30へ移行し、処理手段23は、復号できたと判定し(図14のステップS30の“YES”)、図14のステップS29の詳細な動作を示す図17のフローチャートのステップS291において、2個以上の符号化パケットがCバッファ25に存在しないと判定し(図17のステップS291の“NO”参照)、受信機2の動作は、図14のステップS21へ移行する。

#### 【0308】

この段階で、Nバッファ24およびCバッファ25には、パケットが格納されていない(図18の(h)参照)。これによって、バーストを構成するパケット(パケット $P_1 \sim P_6$ )の受信処理が終了する。

#### 【0309】

パケットの受信処理を示す図14に示すフローチャート(図15から図17に示すフローチャートを含む)においては、図14のステップS28において、「Cパケットから受信済のNパケットの情報を除去」することを実行した後に、ステップS29における復号処理の詳細な動作を示す図17のフローチャートのステップS294において「符号化パケットから受信済のパケット $X_i$ の情報を除去」することを実行するのは、次の理由による。

#### 【0310】

送信機1の動作を示す図12のフローチャートにおいては、ステップS9において、最後のパケットがバッファ11に到着した後、Tミリ秒が経過したと判定されると、送信機1は、ステップS11において、符号化パケットの送信数がKであると判定されるまで符号化パケットCを受信機2へ送信する(ステップS10~ステップS12参照)。この場合、上述したように、送信機1は、符号化パケット $C_6 (= a_{61}P_1 + a_{62}P_2 + a_{63}P_3 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6)$ 、符号化パケット $C_7 (= a_{71}P_1 + a_{72}P_2 + a_{73}P_3 + a_{74}P_4 + a_{75}P_5 + a_{76}P_6)$ および符号化パケット $C_8 (= a_{81}P_1 + a_{82}P_2 + a_{83}P_3 + a_{84}P_4 + a_{85}P_5 + a_{86}P_6)$ を受信機2へ送信する。そして、ここでは、符号化パケット $C_6$ における符号 $a_{63}$ は、零であるとする。即ち、符号化パケット $C_6$ は、実質的に、 $C_6 = a_{61}P_1 + a_{62}P_2 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6$ からなるものとする。

#### 【0311】

その結果、受信機2は、図12のステップS7において送信された符号化パケットC(例えば、符号化パケット $C_2$ )を受信できなくても、ステップS10において送信された符号化パケット $C_6 \sim C_8$ を受信できる。

10

20

30

40

50

## 【0312】

そうすると、受信機2の処理手段23は、Nパケットを受信しなかったと判定し(図14のステップS22の“NO”参照)、かつ、結合パケットを受信しなかったと判定し(図14のステップS23の“NO”参照)、符号化パケット $\epsilon$ から受信済のNパケット $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ の情報を除去する(図14のステップS28(図16のフローチャートのステップS261~ステップS286)参照)。その結果、処理手段23は、符号化パケット $C_6' = \alpha_1 P_1$ を取得する。

## 【0313】

そして、処理手段23は、符号化パケットYに含まれていた情報の全てを受信済でないと判定し(図16のステップS287の“NO”参照)、符号化パケット $\epsilon'$ に含まれるNパケット数が“1”であると判定し(図16のステップS288の“YES”参照)、符号化パケット $C_6' = \alpha_1 P_1$ を式(13)によって $P_1$ に変換して「Nパケット受信処理」(図15に示すフローチャート)を実行する(図16のステップS290参照)。

## 【0314】

この場合、「Nパケット受信処理」は、パケット $P_1$ に対して初めて実行されるので、処理手段23は、パケット $P_1$ のシーケンス番号 $SN_{rx}$ が受信済、かつ、アプリケーション30へ送信済のNパケット $PKT\_N$ のシーケンス番号 $SN_{sent}$ (即ち、Nバッファ24に格納されたNパケットのシーケンス番号)よりも大きく、かつ、受信パケット(パケット $P_1$ )がNバッファ24に格納済でないと判定し(図15のステップS261の“NO”参照)、パケット $P_1$ をNバッファ24に格納する(図15のステップS263参照)。この段階で、パケット $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ がNバッファ24に格納されている。

## 【0315】

そして、処理手段23は、図16のステップS290の後に、復号処理(図14のステップS29参照)の詳細な動作を示す図17のフローチャートにおいてステップS293~ステップS298を複数回繰り返し実行することによって、ステップS294において、符号化パケット $C_4' (= \alpha_1 P_1 + \alpha_{43} P_3)$ からパケット $P_1$ の情報を除去し、符号化パケット $C_7 (= \alpha_{71} P_1 + \alpha_{72} P_2 + \alpha_{73} P_3 + \alpha_{74} P_4 + \alpha_{75} P_5 + \alpha_{76} P_6)$ からパケット $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ の情報を除去し、符号化パケット $C_8 (= \alpha_{81} P_1 + \alpha_{82} P_2 + \alpha_{83} P_3 + \alpha_{84} P_4 + \alpha_{85} P_5 + \alpha_{86} P_6)$ からパケット $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ の情報を除去する。

## 【0316】

このように、新たに取得されたパケット $P_1$ (Nパケット)の情報を符号化パケット $C_4'$ ,  $G$ ,  $C_8$ から除去するために、図14のステップS28において、「Cパケットから受信済のNパケットの情報を除去」することを実行した後に、ステップS29における復号処理の詳細な動作を示す図17のフローチャートのステップS294において「符号化パケットから受信済のパケット $X_i$ の情報を除去」することを実行することにしたのである。

## 【0317】

この発明の実施の形態においては、送信機1の動作は、ソフトウェアによって実現されてもよい。この場合、送信機1は、CPU(Central Processing Unit)、ROM(Read Only Memory)およびRAM(Random Access Memory)を備える。そして、ROMは、図12に示すフローチャート(図13に示すフローチャートを含む)の各ステップからなるプログラムProg\_Aを記憶する。

## 【0318】

CPUは、ROMからプログラムProg\_Aを読み出し、その読み出したプログラムProg\_Aを実行して、パケットを受信機2へ送信する動作を実行する。RAMは、上述したバッファ11の機能を果たす。

## 【0319】

10

20

30

40

50

また、プログラム P r o g \_ A は、C D , D V D 等の記録媒体に記録されて流通してもよい。プログラム P r o g \_ A を記録した記録媒体がコンピュータに装着されると、コンピュータは、記録媒体からプログラム P r o g \_ A を読み出して実行し、パケットを受信機 2 へ送信する動作を実行する。

【 0 3 2 0 】

従って、プログラム P r o g \_ A を記録した記録媒体は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

【 0 3 2 1 】

また、この発明の実施の形態においては、受信機 2 の動作は、ソフトウェアによって実現されてもよい。この場合、受信機 2 は、C P U 、 R O M および R A M を備える。そして、R O M は、図 1 4 に示すフローチャート ( 図 1 5 から図 1 7 に示すフローチャートを含む ) の各ステップからなるプログラム P r o g \_ B を記憶する。

10

【 0 3 2 2 】

C P U は、R O M からプログラム P r o g \_ B を読み出し、その読み出したプログラム P r o g \_ B を実行して、パケットの受信処理を実行する。R A M は、上述した N バッファ 2 4 および C バッファ 2 5 の機能を果たす。

【 0 3 2 3 】

また、プログラム P r o g \_ B は、C D , D V D 等の記録媒体に記録されて流通してもよい。プログラム P r o g \_ B を記録した記録媒体がコンピュータに装着されると、コンピュータは、記録媒体からプログラム P r o g \_ B を読み出して実行し、パケットの受信処理を実行する。

20

【 0 3 2 4 】

従って、プログラム P r o g \_ B を記録した記録媒体は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

【 0 3 2 5 】

図 1 9 は、この発明の実施の形態による別の無線通信システムの概略図である。この発明の実施の形態による無線通信システムは、図 1 9 に示す無線通信システム 1 0 A であってもよい。

【 0 3 2 6 】

図 1 9 を参照して、無線通信システム 1 0 A は、図 1 に示す無線通信システム 1 0 の送信機 1 を送信装置 1 0 0 に変えたものであり、その他は、図 1 に示す無線通信システム 1 0 と同じである。

30

【 0 3 2 7 】

送信装置 1 0 0 は、送信機 1 A と、基地局 A P \_ T \_ 1 ~ A P \_ T \_ S ( S は、2 以上の整数である。 ) とを含む。

【 0 3 2 8 】

送信機 1 A は、図 2 に示す送信機 1 と同じ構成からなる。基地局 A P \_ T \_ 1 ~ A P \_ T \_ S は、それぞれ、有線ケーブル 3 \_ 1 ~ 3 \_ S を介して送信機 1 A と接続される。そして、基地局 A P \_ T \_ 1 ~ A P \_ T \_ S は、受信機 2 との間の通信空間において、相互に異なる通信空間をカバーする通信範囲を有するように配置される。この場合、基地局 A P \_ T \_ 1 ~ A P \_ T \_ S は、受信機 2 との間で建物等による電波の遮蔽が発生し難い位置に配置される。

40

【 0 3 2 9 】

送信機 1 A は、図 1 2 に示すフローチャート ( 図 1 3 に示すフローチャートを含む。 ) に従って、アプリケーション 2 0 からパケット P K T を受信する毎に、上述した方法によって、単体のパケットまたは結合パケットを有線ケーブル 3 \_ 1 ~ 3 \_ S を介してそれぞれ基地局 A P \_ T \_ 1 ~ A P \_ T \_ S へ送信するとともに、アプリケーション 2 0 からパケット P K T を受信しない期間において、符号化パケットを有線ケーブル 3 \_ 1 ~ 3 \_ S を介してそれぞれ基地局 A P \_ T \_ 1 ~ A P \_ T \_ S へ送信する。

【 0 3 3 0 】

50

基地局 A P \_\_ T \_\_ 1 ~ A P \_\_ T \_\_ S は、それぞれ、有線ケーブル 3 \_\_ 1 ~ 3 \_\_ S を介して単体のパケットまたは結合パケットを送信機 1 A から受信し、その受信した単体のパケットまたは結合パケットをそれぞれネットワーク N W \_\_ 1 ~ N W \_\_ S を介して受信機 2 へ送信する。

【 0 3 3 1 】

また、基地局 A P \_\_ T \_\_ 1 ~ A P \_\_ T \_\_ S は、それぞれ、有線ケーブル 3 \_\_ 1 ~ 3 \_\_ S を介して符号化パケットを送信機 1 A から受信し、その受信した符号化パケットをそれぞれネットワーク N W \_\_ 1 ~ N W \_\_ S を介して受信機 2 へ送信する。

【 0 3 3 2 】

なお、無線通信システム 1 0 A においては、受信機 2 は、それぞれ、ネットワーク N W \_\_ 1 ~ N W \_\_ S を介して基地局 A P \_\_ T \_\_ 1 ~ A P \_\_ T \_\_ S から単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケットを受信し、図 1 4 に示すフローチャート（図 1 5 から図 1 7 に示すフローチャートを含む。）に従って、その受信した単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケットに対して、上述した受信処理を実行し、受信処理後のパケットをアプリケーション 3 0 へ伝送する。

10

【 0 3 3 3 】

無線通信システム 1 0 A においては、送信装置 1 0 0 は、相互に異なる通信範囲を有する基地局 A P \_\_ T \_\_ 1 ~ A P \_\_ T \_\_ S によってパケット P K T（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を受信機 2 へ送信するので、受信機 2 との間で建物等による電波の遮蔽を抑制して、リアルタイムトラフィックを構成するパケット P K T（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を高い信頼性で迅速に受信機 2 へ送信できる。

20

【 0 3 3 4 】

図 2 0 は、この発明の実施の形態による更に別の無線通信システムの概略図である。この発明の実施の形態による無線通信システムは、図 2 0 に示す無線通信システム 1 0 B であつてもよい。

【 0 3 3 5 】

図 2 0 を参照して、無線通信システム 1 0 B は、図 1 に示す無線通信システム 1 0 の受信機 2 を受信装置 2 0 0 に変えたものであり、その他は、図 1 に示す無線通信システム 1 0 と同じである。

30

【 0 3 3 6 】

受信装置 2 0 0 は、基地局 A P \_\_ R \_\_ 1 ~ A P \_\_ R \_\_ S と、受信機 2 A とを含む。

【 0 3 3 7 】

受信機 2 A は、図 3 に示す受信機 2 と同じ構成からなる。基地局 A P \_\_ R \_\_ 1 ~ A P \_\_ R \_\_ S は、それぞれ、有線ケーブル 4 \_\_ 1 ~ 4 \_\_ S を介して受信機 2 A と接続される。そして、基地局 A P \_\_ R \_\_ 1 ~ A P \_\_ R \_\_ S は、送信機 1 との間の通信空間において、相互に異なる通信空間をカバーする通信範囲を有するように配置される。この場合、基地局 A P \_\_ R \_\_ 1 ~ A P \_\_ R \_\_ S は、送信機 1 との間で建物等による電波の遮蔽が発生し難い位置に配置される。

【 0 3 3 8 】

基地局 A P \_\_ R \_\_ 1 ~ A P \_\_ R \_\_ S は、それぞれ、ネットワーク N W \_\_ 1 ~ N W \_\_ S を介してパケット P K T（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を受信し、その受信したパケット P K T（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）をそれぞれ有線ケーブル 4 \_\_ 1 ~ 4 \_\_ S を介して受信機 2 A へ送信する。

40

【 0 3 3 9 】

受信機 2 A は、それぞれ、有線ケーブル 4 \_\_ 1 ~ 4 \_\_ S を介してパケット P K T（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を受信し、図 1 4 に示すフローチャート（図 1 5 から図 1 7 に示すフローチャートを含む。）に従って、その受信したパケット P K T（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）に対して、上述した受信処理を実行し、受信処理後のパケットをアプリケーション 3 0 へ伝送する。

50

## 【0340】

無線通信システム10Bにおいては、受信装置200は、相互に異なる通信範囲を有する基地局AP\_\_R\_\_1～AP\_\_R\_\_SによってパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を送信機1から受信するので、建物等による電波の遮蔽を抑制して、リアルタイムトラフィックを構成するパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を高い信頼性で迅速に送信機1から受信できる。

## 【0341】

図21は、この発明の実施の形態による更に別の無線通信システムの概略図である。この発明の実施の形態による無線通信システムは、図21に示す無線通信システム10Cであつてもよい。

## 【0342】

図21を参照して、無線通信システム10Cは、送信装置100と、受信装置200とを備える。送信装置100の構成については、図19において説明した通りである。また、受信装置200の構成については、図20において説明した通りである。

## 【0343】

無線通信システム10Cにおいては、基地局AP\_\_T\_\_1～AP\_\_T\_\_Sは、それぞれ、基地局AP\_\_R\_\_1～AP\_\_R\_\_Sに対応して設けられる。その結果、基地局AP\_\_T\_\_1および基地局AP\_\_R\_\_1は、通信性能が良い通信空間を介してパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を送受信できる位置に配置される。つまり、基地局AP\_\_T\_\_1および基地局AP\_\_R\_\_1は、1対1の通信を行うので、基地局AP\_\_T\_\_1は、基地局AP\_\_R\_\_2～AP\_\_R\_\_Sの配置位置を考慮せずに基地局AP\_\_R\_\_1との間で良い通信性能が得られる位置に配置され、基地局AP\_\_R\_\_1は、基地局AP\_\_T\_\_2～AP\_\_T\_\_Sの配置位置を考慮せずに基地局AP\_\_T\_\_1との間で良い通信性能が得られる位置に配置される。基地局AP\_\_T\_\_2および基地局AP\_\_R\_\_2、・・・、基地局AP\_\_T\_\_Sおよび基地局AP\_\_R\_\_Sについても同様である。

## 【0344】

送信機1Aは、図12に示すフローチャート（図13に示すフローチャートを含む。）に従って、アプリケーション20からパケットPKTを受信する毎に、その受信したパケットPKTに対して、上述した処理を実行してそれぞれ有線ケーブル3\_\_1～3\_\_Sを介してパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を基地局AP\_\_T\_\_1～AP\_\_T\_\_Sへ送信する。

## 【0345】

基地局AP\_\_T\_\_1は、送信機1Aから有線ケーブル3\_\_1を介してパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を受信し、その受信したパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）をネットワークNW\_\_1を介して基地局AP\_\_R\_\_1へ送信する。

## 【0346】

また、基地局AP\_\_T\_\_2は、送信機1Aから有線ケーブル3\_\_2を介してパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を受信し、その受信したパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）をネットワークNW\_\_2を介して基地局AP\_\_R\_\_2へ送信する。

## 【0347】

以下、同様にして、基地局AP\_\_T\_\_Sは、送信機1Aから有線ケーブル3\_\_Sを介してパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を受信し、その受信したパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）をネットワークNW\_\_Sを介して基地局AP\_\_R\_\_Sへ送信する。

## 【0348】

基地局AP\_\_R\_\_1は、ネットワークNW\_\_1を介してパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を基地局AP\_\_T\_\_1から受信し、その受信したパケットPKT（単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット）を有線ケーブ

10

20

30

40

50

ル 4 \_\_ 1 を介して受信機 2 A へ送信する。

【 0 3 4 9 】

また、基地局 A P \_\_ R \_\_ 2 は、ネットワーク N W \_\_ 2 を介してパケット P K T (単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット) を基地局 A P \_\_ T \_\_ 2 から受信し、その受信したパケット P K T (単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット) を有線ケーブル 4 \_\_ 2 を介して受信機 2 A へ送信する。

【 0 3 5 0 】

以下、同様にして、基地局 A P \_\_ R \_\_ S は、ネットワーク N W \_\_ S を介してパケット P K T (単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット) を基地局 A P \_\_ T \_\_ S から受信し、その受信したパケット P K T (単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット) を有線ケーブル 4 \_\_ S を介して受信機 2 A へ送信する。

10

【 0 3 5 1 】

受信機 2 A は、それぞれ、有線ケーブル 4 \_\_ 1 ~ 4 \_\_ S を介して基地局 A P \_\_ R \_\_ 1 ~ A P \_\_ R \_\_ S からパケット P K T (単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット) を受信し、図 1 4 に示すフローチャート (図 1 5 から図 1 7 に示すフローチャートを含む。) に従って、その受信したパケット P K T (単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット) に対して、上述した受信処理を実行し、受信処理後のパケットをアプリケーション 3 0 へ伝送する。

【 0 3 5 2 】

無線通信システム 1 0 C においては、基地局 A P \_\_ T \_\_ 1 と基地局 A P \_\_ R \_\_ 1 との間、基地局 A P \_\_ T \_\_ 2 と基地局 A P \_\_ R \_\_ 2 との間、・・・、基地局 A P \_\_ T \_\_ S と基地局 A P \_\_ R \_\_ S との間でパケット P K T (単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット) を送受信するので、無線通信システム 1 0 A , 1 0 B よりも高い信頼性で迅速にリアルタイムトラフィックを構成するパケット P K T (単体のパケット、結合パケットおよび符号化パケット) を送受信できる。

20

【 0 3 5 3 】

図 2 2 は、図 1 に示す無線通信システム 1 0 の別の適用例を示す図である。図 2 2 を参照して、受信機 2 およびアプリケーション 3 0 は、車両および電車内に配置される。送信機 1 は、アプリケーション 2 0 からのパケット P K T を車両および電車へブロードキャストする。

30

【 0 3 5 4 】

受信機 2 は、送信機 1 からのパケット P K T を受信して受信処理を実行した後、パケット P K T をアプリケーション 3 0 へ伝送する。アプリケーション 3 0 は、画像を再生して表示部に表示する。これによって、車両および電車の運転手は、再生された画像をリアルタイムに見ることができる。

【 0 3 5 5 】

また、上述した送信機 1 は、基地局内に設置され、受信機 2 は、基地局の通信範囲内において基地局からパケットを受信する端末装置内に設置されてもよい。これによって、端末装置は、基地局から送信されたリアルタイムトラフィックを構成するパケットを、遅延を抑制して受信し、その受信したパケットに含まれる画像を再生して表示部に表示する。従って、端末装置のユーザは、高い信頼性で画像をリアルタイムに見ることができる。

40

【 0 3 5 6 】

上記においては、送信機 1 は、画像を受信機 2 へ送信すると説明したが、この発明の実施の形態においては、これに限らず、送信機 1 は、バーストを構成するパケットと、バーストを構成しないパケットとを送信するものであれば、画像以外の情報をペイロードに含むパケットを受信機 2 へ送信してもよい。

【 0 3 5 7 】

この発明の実施の形態においては、N パケットは、「単体パケット」を構成し、符号化パケット C 2 , C 4 の各々は、「第 1 の符号化パケット」を構成し、符号化パケット C 6 ~ C 8 の各々は、「第 2 の符号化パケット」を構成し、符号化パケット C 4 ' , C 6 ' 等の符号

50

化パケット  $C_4$  ,  $C_6$  から受信済のパケットの情報を除去した後の符号化パケットは、「第3の符号化パケット」を構成する。

【0358】

また、この発明の実施の形態においては、 $P_2 / C_1$  ,  $P_3 / C_2$  ,  $P_4 / C_3$  ,  $P_5 / C_4$  ,  $P_6 / C_5$  の各々は、「結合パケット」を構成する。

【0359】

更に、この発明の実施の形態においては、 $N$  パケットを送信する処理は、「第1の送信処理」を構成し、 $P_2 / C_1$  ,  $P_3 / C_2$  ,  $P_4 / C_3$  ,  $P_5 / C_4$  ,  $P_6 / C_5$  の各々を送信する処理は、「第2の送信処理」を構成し、符号化パケット  $C_6 \sim C_8$  の各々を単独で送信する処理は、「第3の送信処理」を構成する。

10

【0360】

更に、この発明の実施の形態においては、 $T$  ミリ秒は、「しきい値」を構成する。

【0361】

更に、この発明の実施の形態においては、 $N$  バッファ24は、「第1の受信バッファ」を構成し、 $C$  バッファ25は、「第2の受信バッファ」を構成する。

【0362】

更に、この発明の実施の形態においては、 $P_3 / C_2$  をパケット  $P_3$  と符号化パケット  $C_2$  に分離し、 $P_5 / C_4$  をパケット  $P_5$  と符号化パケット  $C_4$  に分離し、 $P_6 / C_5$  をパケット  $P_6$  と符号化パケット  $C_5$  に分離する処理手段23は、「分離手段」を構成する。

【0363】

更に、この発明の実施の形態においては、図15のステップ  $S_{261}$  において、 $SN_{rx}$   $SN_{sent}$  でなく、かつ、受信パケットが  $N$  バッファ24に格納済でないときに受信パケット ( $SN_{rx}$ ) を  $N$  バッファ24に格納するとともに  $N$  バッファ24に格納されたパケットをアプリケーション30へ伝送する処理手段23は、「第1の処理手段」を構成する。

20

【0364】

更に、この発明の実施の形態においては、符号化パケット  $C$  から受信済のパケットの情報を除去した符号化パケット  $C_4'$  ,  $C_6'$  を生成することは、 $N$  バッファ24に格納されていない複数のパケットのみを含む符号化パケットを生成することに相当する。そして、符号化パケット  $C$  から受信済のパケットの情報を除去した符号化パケット  $C_4'$  ,  $C_6'$  を生成する処理手段23は、「第2の処理手段」を構成する。

30

【0365】

更に、この発明の実施の形態においては、図14のステップ  $S_{29}$  における復号処理を実行する処理手段23は、「復号手段」を構成する。

【0366】

更に、この発明の実施の形態においては、図1に示す送信機1は、「送信装置」を構成し、図1に示す受信機2は、「受信装置」を構成する。従って、この発明の実施の形態による送信装置は、送信機1または送信装置100によって構成され、この発明の実施の形態による受信装置は、受信機2または受信装置200によって構成される。

【0367】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

40

【産業上の利用可能性】

【0368】

この発明は、送信装置、受信装置、これらを備えた無線通信システム、プログラムおよびプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に適用される。

【符号の説明】

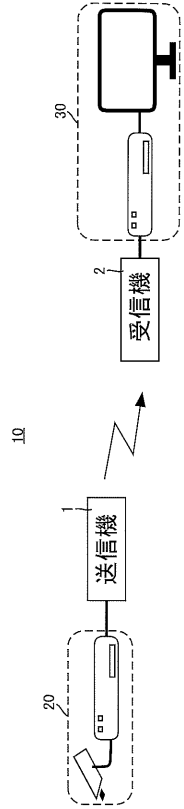
【0369】

50

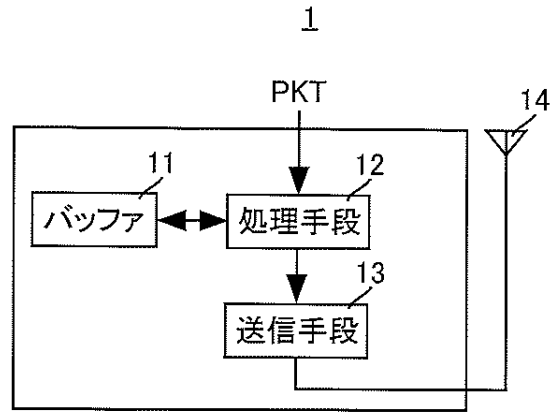
1, 1A 送信機、2, 2A 受信機、10, 10A, 10B, 10C 無線通信システム、11 バッファ、12, 23 処理手段、13 送信手段、14, 21 アンテナ、22 受信手段、24 Nバッファ、25 Cバッファ、20, 30 アプリケーション、100 送信装置、200 受信装置。

【図面】

【図1】



【図2】



10

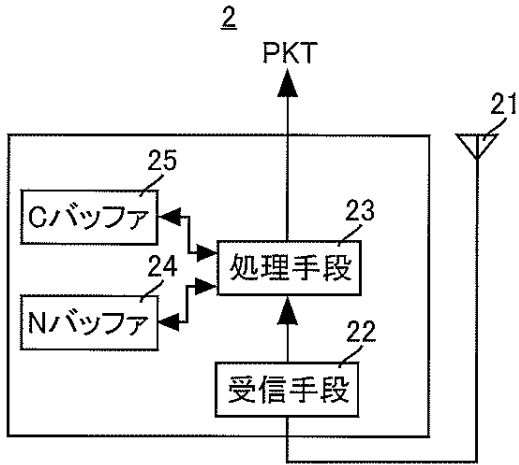
20

30

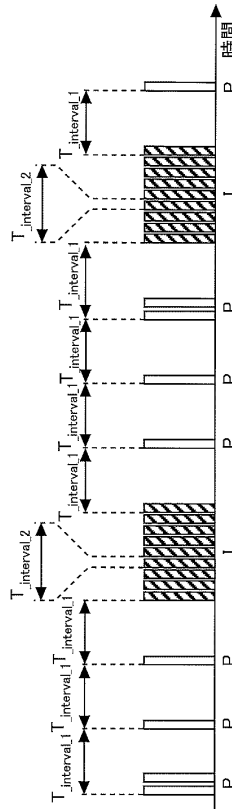
40

50

【図3】



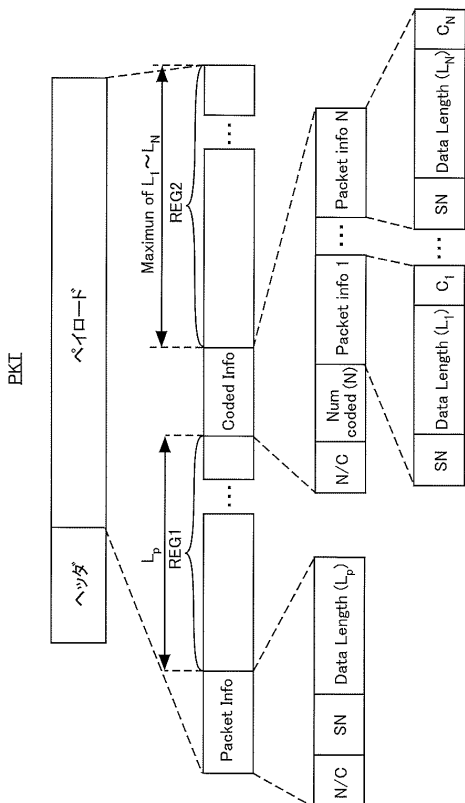
【図4】



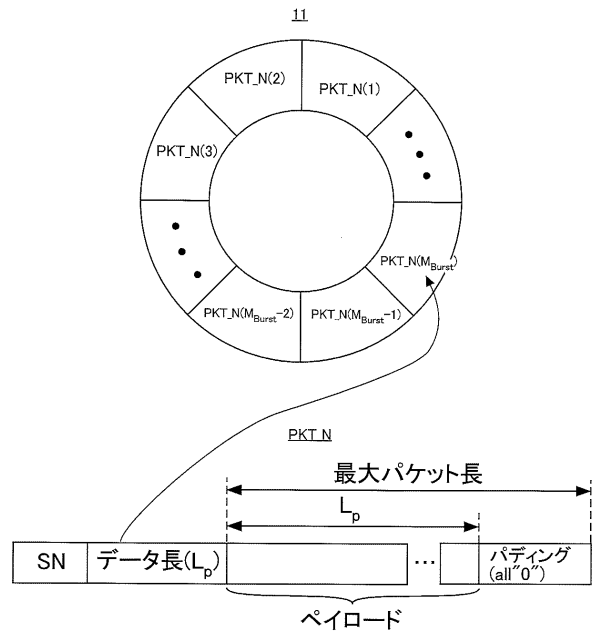
10

20

【図5】



【図6】

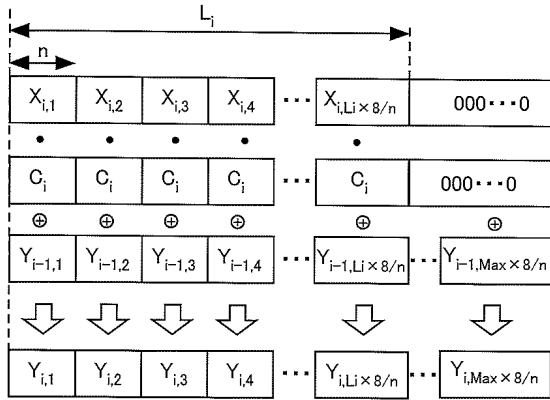


30

40

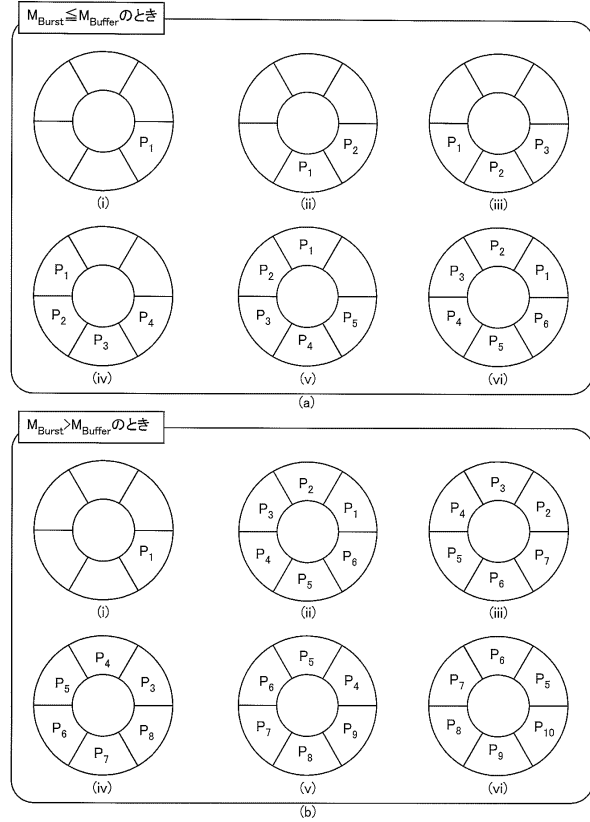
50

【 図 7 】



⊕:排他的論理和

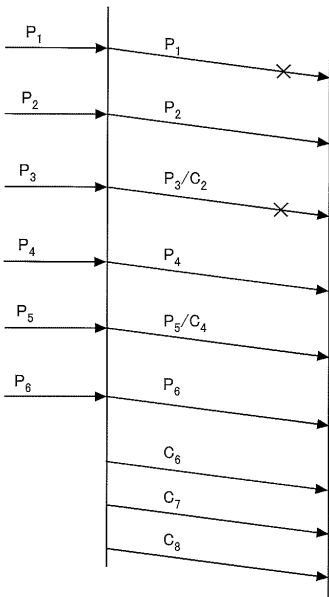
【 図 8 】



10

20

【 図 9 】



$$C_2 = a_{21}P_1 + a_{22}P_2$$

$$C_4 = a_{41}P_1 + a_{42}P_2 + a_{43}P_3 + a_{44}P_4$$

$$C_6 = a_{61}P_1 + a_{62}P_2 + a_{63}P_3 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6$$

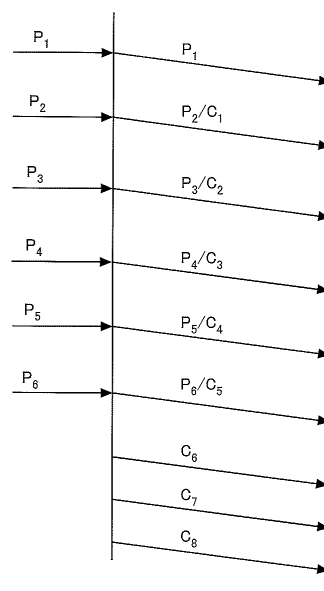
$$C_7 = a_{71}P_1 + a_{72}P_2 + a_{73}P_3 + a_{74}P_4 + a_{75}P_5 + a_{76}P_6$$

$$C_8 = a_{81}P_1 + a_{82}P_2 + a_{83}P_3 + a_{84}P_4 + a_{85}P_5 + a_{86}P_6$$

$$C_4' = C_4 - (a_{42}P_2 + a_{44}P_4) = a_{41}P_1 + a_{43}P_3$$

$$C_6' = C_6 - (a_{62}P_2 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6) = a_{61}P_1 + a_{63}P_3$$

【 図 10 】



$$C_1 = a_{11}P_1$$

$$C_2 = a_{21}P_1 + a_{22}P_2$$

$$C_3 = a_{31}P_1 + a_{32}P_2 + a_{33}P_3$$

$$C_4 = a_{41}P_1 + a_{42}P_2 + a_{43}P_3 + a_{44}P_4$$

$$C_5 = a_{51}P_1 + a_{52}P_2 + a_{53}P_3 + a_{54}P_4 + a_{55}P_5 + a_{56}P_6$$

$$C_6 = a_{61}P_1 + a_{62}P_2 + a_{63}P_3 + a_{64}P_4 + a_{65}P_5 + a_{66}P_6$$

$$C_7 = a_{71}P_1 + a_{72}P_2 + a_{73}P_3 + a_{74}P_4 + a_{75}P_5 + a_{76}P_6$$

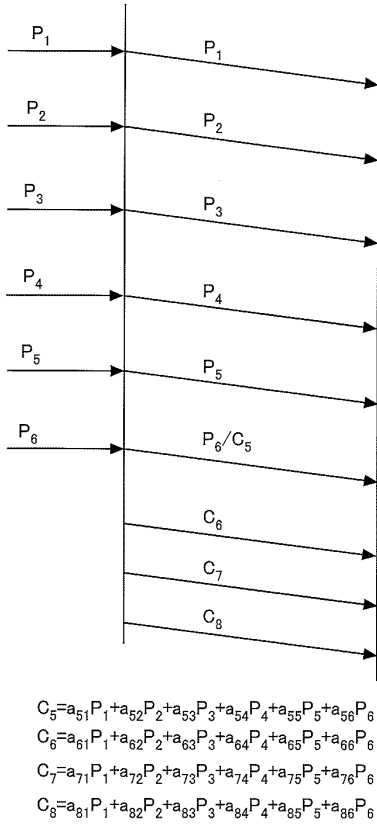
$$C_8 = a_{81}P_1 + a_{82}P_2 + a_{83}P_3 + a_{84}P_4 + a_{85}P_5 + a_{86}P_6$$

30

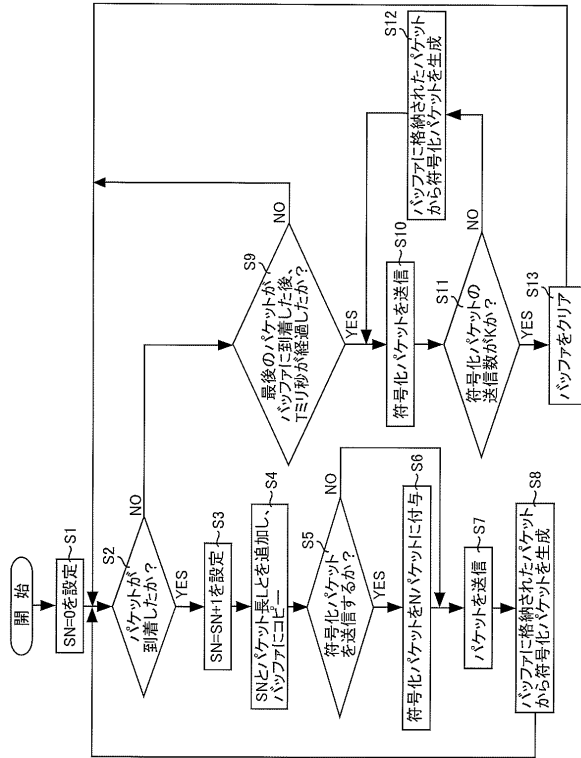
40

50

【図 1 1】



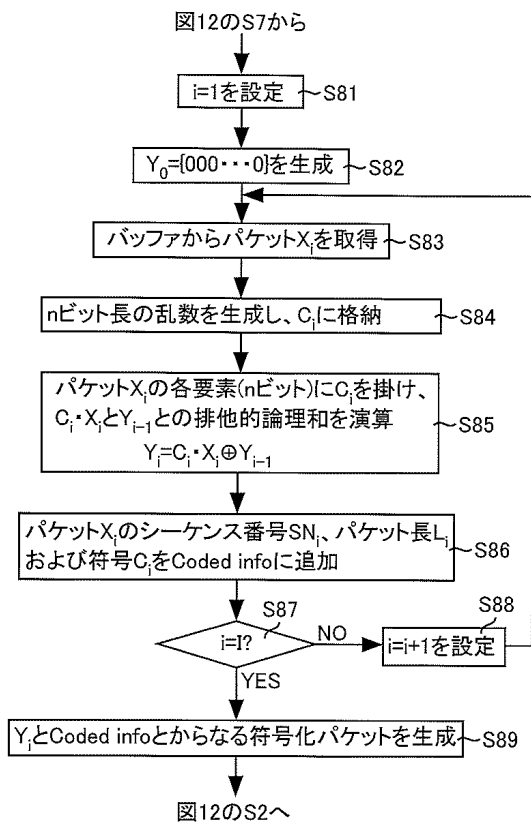
【図 1 2】



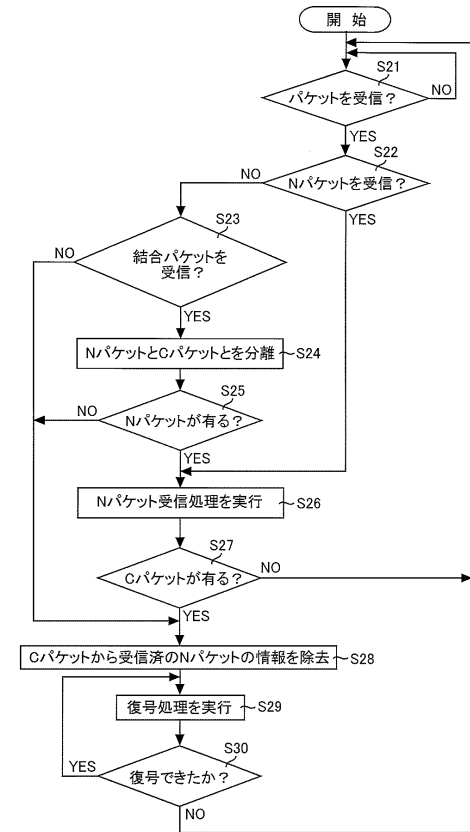
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】



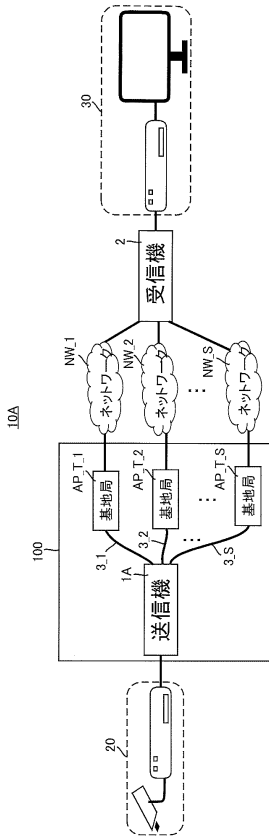
30

40

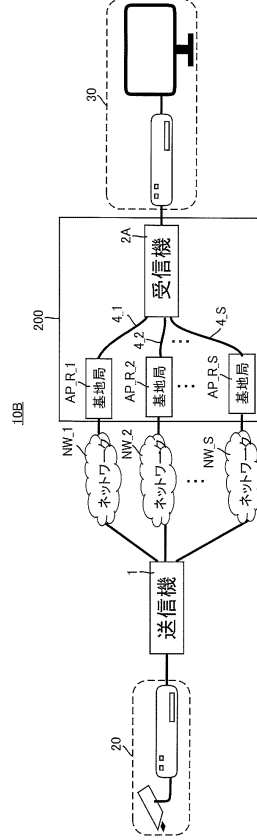
50



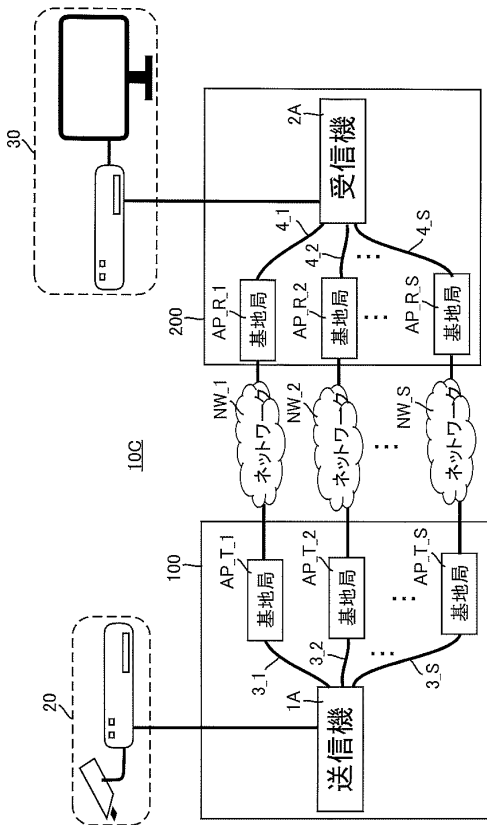
【図 19】



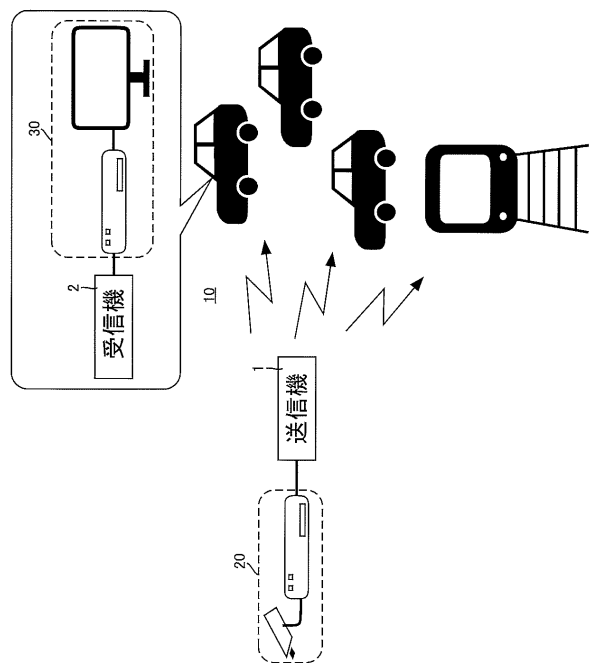
【図 20】



【図 21】



【図 22】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表 2 0 1 6 - 5 1 4 4 0 9 ( J P , A )  
特開 2 0 1 0 - 0 9 3 7 3 8 ( J P , A )  
特表 2 0 0 3 - 5 1 6 6 8 2 ( J P , A )  
Xianwei Gong, et al. , Proposed text for network coding based retransmission for EMBS , IE  
EE C802.16m-09/2340 , IEEE インターネット <URL:http://www.ieee802.org/16/tgm/  
docs/C80216m-09\_2340.doc > , 2009年11月09日
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
H 0 4 W 4 / 0 0 - 9 9 / 0 0  
H 0 4 B 7 / 2 4 - 7 / 2 6