



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

無線直交周波数分割多元接続ネットワークにおいてハイブリッド自動再送要求（HARQ）動作を実行する方法であって、  
送信機と受信機との間のチャンネルの誤り基準を動的に推定すること、  
前記送信機において、動的に推定される前記誤り基準に従って前記 HARQ 動作に対しパケットを適応的に断片化すること  
を含む、方法。

## 【請求項 2】

前記断片化することは、前記誤り基準が所定閾値を下回る場合、オープンシステム相互接続モデルの HARQ 層で実行される、請求項 1 に記載の方法。

10

## 【請求項 3】

前記断片化することは、前記誤り基準が所定閾値を上回る場合、オープンシステム相互接続モデルの MAC 層で実行される、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記断片化することは、前記 MAC 層でのみ実行される、請求項 3 に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記チャンネルが初期化される時、前記適応的に断片化することを実行する能力を通知することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記チャンネルが初期化される時に前記断片化することが実行されるか否かをネゴシエートすることをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

20

## 【請求項 7】

前記送信機は基地局であり、前記受信機は移動局である、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記送信機は移動局であり、前記受信機は基地局である、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記誤り基準はビット誤り率である、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記誤り基準はパケット誤り率である、請求項 1 に記載の方法。

30

## 【請求項 11】

前記誤り基準は逆信号対雑音比である、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 12】

MAC 層と HARQ 層とにおける断片化することの性能を比較すること、  
前記所定閾値を、前記 MAC 層における前記断片化することの前記性能と前記 HARQ 層における該断片化することの該性能とが等しい場合の値に設定することをさらに含む、  
請求項 2 または 3 に記載の方法。

## 【請求項 13】

無線直交周波数分割多元接続ネットワークにおいてハイブリッド自動再送要求（HARQ）動作を実行する方法であって、  
送信機と受信機との間のチャンネルの誤り基準が所定閾値を下回る場合、オープンシステム相互接続モデルの HARQ 層でパケットを断片化すること、  
前記誤り基準が前記所定閾値を上回る場合、前記オープンシステム相互接続モデルの MAC 層で前記パケットを断片化すること  
を含む、方法。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、包括的には移動無線ネットワークに関し、特に、OFDMA ネットワークの無線チャンネルにおけるハイブリッド自動再送要求（HARQ）動作に対する適応的断片化

50

( fragmentation ) のシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

OFDM

直交周波数分割多重 ( OFDM ) は、無線通信ネットワークのチャネルの物理層 ( PHY ) におけるマルチパス干渉を軽減するために頻繁に使用される。OFDMは、多数の無線通信標準規格、たとえばIEEE 802.11a/g及びIEEE 802.16d/16eに対して指定される。

【0003】

OFDMA

OFDMに基づいて、直交周波数分割多元接続 ( OFDMA ) が開発された。OFDMAでは、複数の送受信機 ( ユーザ ) に、これらの送受信機が並列通信に参与することができるように直交トーン ( 周波数 ) の別個のセットが割り当てられる。例として、IEEE 802.16/16e標準規格は、11GHzを下回る周波数帯域での見通し外 ( non line of sight ) ( NLOS ) 通信のための複数のチャネルアクセスメカニズムとしてOFDMAを採用した。

【0004】

ARQ

自動再送要求 ( ARQ ) は、データ伝送において、媒体アクセス制御 ( MAC ) 層における誤り制御のために広く使用されるプロトコルである。ARQを用いて、送信機は、ウィンドウサイズによって指定される多数のデータパケットを送信する。そして、送信機は、受信機からの対応する応答メッセージを待つ。メッセージは、パケットが正しく受信されたか否かを示す。累積 ( cumulative ) ACK、選択的 ( selective ) ACK及び否定 ( negative ) ACKを含む、種々の応答戦略が考案されることによって、ARQプロトコルの性能が向上した。目下、3つのタイプのARQプロトコル、すなわちストップ・アンド・ウェイト ( Stop and Wait )、ゴー・バック・N ( Go back N )、及び選択的再送 ( Selective Repeat ) がある。選択的再送ARQは、OFDM/OFDMA PHYのためのIEEE 802.16e標準規格におけるインプリメンテーションに対する任意の特徴として指定されている。

【0005】

ARQウィンドウサイズは、所与の時間における未応答パケットの最大数であり、たとえばIEEE 802.16e標準規格仕様において、IEEE 802.16eシステムに対して指定される達成可能なPHY容量の下でサイズ1024である。この設定によって、より高い容量が提供されるモバイルマルチホップ中継ネットワーク ( mobile multi-hop relay network ) における中継リンクにおいて、大量の資源が十分に利用されない可能性がある。さらに、現ARQプロトコルにおいて資源が十分に利用されない状況は、さらに高い伝送レートが使用されることになる次世代の高度IEEE 802.16ネットワーク (たとえばIEEE 802.16m) ではさらに悪化する。

【0006】

HARQ

ハイブリッド自動再送要求 ( HARQ ) 動作を、無線ネットワークにおけるより高速な誤り制御に使用することができる。パケットが上位のMAC層からHARQ層に渡される時、送信機は、符号化技法を使用して、オリジナルパケットに基づいてパケットの複数のコピーを生成する。これらの複数のコピーは、オリジナルパケットの複製であってもよく、又はパリティビット等、オリジナルパケットに基づいて導出される内容を含んでもよい。HARQを用いて、受信機は、パケットに誤りを検出すると、送信機にその誤りを通知する。そして、送信機は、オリジナルパケットの別のコピーを再送信する。受信機は、受信した複数のコピーから得られる情報を組み合わせることができ、そのため、パケットを正しく復号する確率を上昇させることができる。

【0007】

10

20

30

40

50

H A R Q動作は、無線リンクにおける所望の信頼性を提供するために、P H Y層及びM A C層、すなわちO S Iプロトコルモデルのレイヤ1及びレイヤ2の両方におけるサポートを必要とする。多くの既存の無線システムは、不都合な無線チャネルを取り扱い、信頼性を向上させるためにH A R Qを採用している。たとえば、O F D M A P H Yに対するI E E E 8 0 2 . 1 6 e標準規格では、マルチチャネルストッププロトコル及びウェイトプロトコルがH A R Qに使用される。各H A R Qチャネルは、A R QチャネルI D ( A C I D )によって識別される。

【 0 0 0 8 】

断片化

断片化によって、無線ネットワークにおける資源利用の効率が向上する。たとえば、チャネル品質が良好である場合、無線チャネルが単位時間当り $N_0$ ビットを転送することができるものとする。無線チャネルの品質が、フェージング又は移動性のために劣化すると、チャネルは、単位時間当り、 $N_0$ より小さい $N_1$ ビットしかサポートすることができない。チャネルの品質が再び良好になるまで待つ代りに、送信機は、 $N_0$ ビットを複数のより小さい断片に分割することができる。各断片は、 $N_1$ ビット以下である。このため、小さい断片ほど、単位時間においてチャネルによって正しく転送される可能性が高くなる。

【 0 0 0 9 】

M A C層では、接続における断片化動作は、基地局と移動局との間の接続(チャネル)がM A Cサービスアクセスポイント(S A P)によって初期化される時に、ネゴシエートされる。断片化が可能である場合、送信機は、各データユニットを複数の断片に分割し、それら断片を別々に送信する。受信機では、断片化されたデータユニットが再度組み立てられ、オリジナルデータユニットを復元する。M A C層断片化は、I E E E 8 0 2 . 1 6 e標準規格において任意である。

【 0 0 1 0 】

物理層においてパケットのサイズが4 8 0 0ビットを超える場合もまた、パケットは断片化される。これは、I E E E 8 0 2 . 1 6 e標準規格における順方向誤り訂正(F E C)が最大サイズ4 8 0 0ビットのデータブロックしか符号化しないためである。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

現I E E E 8 0 2 . 1 6 e標準規格は、静的に、すなわち接続が初期化される時のみ断片化を確定する。しかしながら、この静的断片化によって、移動性又はチャネルフェージングが招く時間変化する品質を伴う、チャネルにわたるシステム性能の劣化となる可能性がある。これは、マルチホップ中継ネットワークの中継リンクに対し、且つ次世代の高度I E E E 8 0 2 . 1 6 ネットワーク(たとえばI E E E 8 0 2 . 1 6 m)に対して深刻な問題である。それは、こうしたネットワークには、高容量が要件のうちの1つであるためである。この問題に対処するために、新たなプロトコルが必要である。

【 0 0 1 2 】

明確且つ簡潔にするために、いくつかの術語及び頭辞語を本明細書において以下のように定義する。

【 0 0 1 3 】

加入者局(S S) : 加入者機器と基地局(B S)との間の接続を提供する汎用機器セット。

【 0 0 1 4 】

移動局(M S) : 移動している間又は不特定の地点での停止中に使用されるように意図されるモバイルサービスの局。M Sは、標準規格において特に別途要求されない限り常に加入者局(S S)である。

【 0 0 1 5 】

中継局(R S) : I E E E S t d 8 0 2 . 1 6 j標準規格に準拠する局であり、その機能は、1)他局間でデータを中継し、おそらくは情報を制御すること、及び2)モバイ

10

20

30

40

50

ルマルチホップ中継を間接的にサポートするプロセスを実行することである。

【 0 0 1 6 】

プロトコルデータユニット ( P D U ) : 所与の層のプロトコルにおいて指定され、且つその層のプロトコル制御情報及びおそらくはその層のユーザデータを含むデータのセット。

【 0 0 1 7 】

サービスデータユニット ( S D U ) : 或るプロトコル層のプロトコルデータユニットであって、それより高い層から来るサービスデータユニット及びその層のプロトコル制御情報を含む、プロトコルデータユニット。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 8 】

本発明の実施の形態は、直交周波数分割多元接続 ( O F D M A ) 無線通信ネットワークの局間の適応的断片化動作の方法を提供する。

【 0 0 1 9 】

断片化動作は、局間のチャネル品質の誤り基準 ( error metric ) ( E M ) に応じて動的に適応される。たとえば、チャネルの品質が低下すると、ビット誤り率 ( B E R ) は増大し、品質が向上すると、 B E R は低減する。 B E R はまた、パケット誤り率 ( P E R ) にも影響を与える。チャネルの品質を、  $1 / S N R$  である逆信号対雑音比 ( inverse signal to noise ratio ) ( I S N R ) に関して表現することも可能である。 I S N R が低いことは通常、 B E R が低いことを意味し、また I S N R が高いことは B E R が高いことを意味する。

【 0 0 2 0 】

より詳細には、断片化は、誤り基準が事前定義された閾値 ( T H ) を上回る場合、 M A C 層において、 H A R Q 順方向誤り訂正符号化 ( F E C ) ブロックの長さ要件に関して実行される。このため、 H A R Q 層において断片化は不要である。誤り基準が閾値を下回る場合、断片化は、 M A C 層ではなく H A R Q 層で実行される。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

M A C 層断片化を伴わない H A R Q 動作

ハイブリッド自動再送要求 ( H A R Q ) は、 O F D M A 物理 ( P H Y ) 層に対して I E E 8 0 2 . 1 6 - 2 0 0 4 標準規格及び 8 0 2 . 1 6 e - 2 0 0 5 標準規格において定義される。物理層及び M A C 層のサポートを共に必要とする H A R Q プロトコルは、無線通信ネットワークに対する層間システム設計の典型的な例である。 M A C 層断片化と P H Y / M A C 層間 H A R Q を組み合わせることは、システム性能を向上させることができる統合マルチレイヤ制御を可能にする。

【 0 0 2 2 】

物理層では、2つの特定の技法、すなわちチェイス合成法 ( C C ) 及び増加的冗長性 ( incremental redundancy ) ( I R ) は、 H A R Q に対する符号化利得及び追加の冗長性利得を提供する。さらに、ストップ・アンド・ウェイトメカニズムが、媒体アクセス制御 ( M A C ) 層における H A R Q によって使用されて自動再送要求 ( A R Q ) 機能を提供する。

【 0 0 2 3 】

I E E 8 0 2 . 1 6 - 2 0 0 4 標準規格における H A R Q に関連する技術仕様が、 I E E 8 0 2 . 1 6 e - 2 0 0 5 標準規格において変更されているため、 I E E 8 0 2 . 1 6 e - 2 0 0 5 標準規格で定義される H A R Q プロトコルは、本明細書で説明するようにさらなる改良及び高度化のための基礎として使用される。

【 0 0 2 4 】

図 1 は、送信機において M A C 層断片化が不可である基本的な H A R Q 動作を示す。 M A C 動作のために送信機の上位層から、 M A C S D U ( M P D U ) 1 0 又は複数の M S D U が渡される。パック化が可能である場合、複数の M S D U を 1 つの単一の M S D U に

10

20

30

40

50

パック化してもよく、その場合、パック化シーケンスに沿って個々のMSDUの各々の前に、パッキングサブヘッダ(PSH)が挿入される。

【0025】

そして、MSDU又はパック化MSDUシーケンスの前及び最後に、それぞれ6バイト長汎用MACヘッダ(generic MAC header)(GMH)106及び任意の4バイト長巡回冗長検査(CRC-32)フィールド101が付加される(100)ことによって、MAC PDU(MPDU)が形成される。複数のMPDUをさらに連結してもよい。

【0026】

MAC PDU又は連結MAC PDUのサイズがHARQに対する許容可能なセットの要素でない場合、MAC PDU又は連結MAC PDUの最後にパディングビット102が付加される(110)。パディングの量は、PDU又は連結MAC PDUのサイズと、少なくともPDU又は連結MAC PDUのサイズである許容セットにおける最小要素との差と同じである。結果としてのサイズの許容セットは、{4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598, 1198, 1798, 2398, 2998}バイトである。

10

【0027】

次に、2バイトの巡回冗長検査(CRC-16)フィールド103が付加される(120)。結果としてのサイズの許容セットは、次いで{6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600, 1200, 1800, 2400, 3000}バイトになる。ランダム化(130)の後、結果としてのHARQ物理層SDU(PSDU)104は、600バイトの倍数である長さ、すなわち4800ビットを有する。ランダム化プロセス(130)において追加のビットは加えられない、ということに留意されたい。

20

【0028】

HARQ PSDUの全体長が600バイトより長い場合、PSDUは、各々600バイトを超えない断片105に断片化される(140)。各断片は別々に符号化される。HARQ層断片化動作が実行され、それは、IEEE標準規格において定義される順方向誤り訂正符号化(FEC)(150)が扱うことができる最長データ単位が600バイトであるためである。

【0029】

HARQ断片化が発生するか否かに関わらず、各HARQ PSDUに対して4つのサブパケット106が生成される。サブパケットは変調され(160)、受信機170に送信される。

30

【0030】

以下の説明を簡略化するために、付加されたCRCフィールド103及び任意のパディングビットを含むHARQ PSDU104を、オリジナルエンコーダパケット(original encoder packet)と呼ぶ。4つのサブパケット106がHARQ PSDU104から直接導出される、ということに留意されたい。

【0031】

受信機は、第1のサブパケットを復号し損なった場合、否定応答(NAK)を送信することによって送信機に対して失敗を示す。その場合、送信機は、4つのサブパケット106から別のサブパケットを選択し、選択したサブパケットを受信機に送信する。このプロセスは、受信機がオリジナルエンコーダパケットを正しく復号するか、又はこうした4回の送信の試みがすべて失敗するまで続く。これによって、1つのHARQ PSDUに対してHARQ動作が完了する。

40

【0032】

ARQプロトコルがHARQの上で動作している場合、MAC PDU又は連結MAC PDUを再送信するか否かは、ARQ次第である。

【0033】

MAC層断片化を伴うHARQ動作

50

図2は、送信機におけるMAC層断片化を伴う基本的なHARQ動作を示す。MAC動作のために、送信機の上位層から、単一のMAC SDU (MSDU) 20又は複数のMSDUが渡される。パック化が可能な場合、2つ以上のMSDUを1つのMAC PDUにパック化することができる。パック化シーケンスに沿ってMSDUの前にパッキングサブヘッダ (PSH) が挿入される必要がある。

#### 【0034】

MSDU 20又はパック化MSDUは、断片化閾値  $L_{\text{Fr ag}}$  より長い場合、断片201に断片化される(200)。  $L_{\text{Fr ag}}$  の実際の値は、送信機によって決定される。そして、MPDUは、MSDUの最初及び最後にそれぞれ6バイトGMH 207及び任意の4バイト巡回冗長検査(CRC - 32) フィールド208を付与する(210)ことによって構築される。MAC層において断片化が適用される場合、MSDU断片の前及びGMHの後に断片化サブヘッダ(FCH) 209が挿入されなければならない。効率及び無線資源利用を向上させるために、MSDU断片及び他のMSDUをさらに単一のMPDUにパック化することができる、ということに留意されたい。これについては、図2には明示的に示さない。

#### 【0035】

HARQ動作のために、単一のMAC PDU (MPDU) 又は複数のMPDUの連結が渡される。必要な場合、MPDU又は連結MPDU 201の最後にパディングビット202が付加される(220)ことによって、結果としてのMPDUサイズ又はMPDU連結サイズが、許容セット{4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598} バイト内の値になる。そして、2バイト巡回冗長検査(CRC - 16) フィールド203が付加される(230)。結果としてのパケットの全体サイズは、許容セット{6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600} バイト内にある。

#### 【0036】

ランダム化(240)の後、結果としてのHARQ物理層SDU (PSDU) 205は、最大長が600バイト、すなわち4800ビットである。ランダム化プロセス中にはいかなる余分のビットも追加されないことに留意されたい。FEC 250によって、各オリジナルエンコーダパケットに対し、4つのサブパケット206が生成される。サブパケットは、変調され(260)、受信機270に送信される。異なるオリジナルエンコーダパケットから生成されるサブパケットを、異なるACIDを使用して送信してもよい。

#### 【0037】

HARQに対する適応的断片化に対する動機付け

現標準規格では、断片化動作は、接続(チャネル)が初期化される時に構成されるMAC層でのみ実行される。その後、構成は、接続が終了するまで静的なままである。この静的構成は、システムスループットに対する変動するチャネル品質の影響を無視する。これによって、システム性能が劣化することになる可能性がある。

#### 【0038】

接続が確立したときに無線チャネルの品質が良好である場合、たとえば、ビット誤り率(BER)が  $p_0$  程度に低く、MSDUの長さが1500バイト、たとえばイーサネットフレームである場合、HARQ層における断片化は、オーバーヘッドが比較的小さくなるためより効率的である。移動性又はチャネルフェージングのために、割り当てられたチャネルのBERが  $p_1$  まで増大する場合、パケット誤り率(PEER)もまたそれに従って  $1 - (1 - p_0)^{L_0}$  から  $1 - (1 - p_1)^{L_0}$  まで上昇する。ここで、 $L_0$  はパケットの長さである。過度なパケット損失によって、システム容量が大幅に低減する。

#### 【0039】

BERが  $p_1$  である時にMAC層断片化が適用され、各断片のサイズが  $L_1$  である ( $L_0 > L_1$ ) 場合、パケット誤り率は  $1 - (1 - p_1)^{L_0}$  から  $1 - (1 - p_1)^{L_1}$  まで低下する。すなわち、 $p_1 > p_0$  且つ  $L_1 > L_0$  である場合、 $1 - (1 - p_1)^{L_1} < 1 - (1 - p_1)^{L_0}$  である。これは、チャネルの品質が変動している時、適応的断片化が

10

20

30

40

50

有益であることを示す。

【0040】

システム性能を向上させるために、断片化がMAC層において実行されるか又はHARQ層において実行されるかを確定する場合に、チャンネル品質の動的に推定される誤り基準(EM)を考慮してもよい。このため、適応的プロセスは、この目標に達することが必要とされる。チャンネル品質は、ビット誤り率(BER)、パケット誤り率(PEER)及びISNRに反比例する。

【0041】

HARQに対する適応的断片化

図3は、本発明の一実施形態によるHARQに対する適応的断片化プロセスを示す。送信機において、チャンネル情報が収集され(310)、チャンネル情報を使用して、チャンネル品質の推定誤り基準(EM)が更新される。誤り基準(たとえば、ビット誤り率、パケット誤り率)が閾値(TH)と比較される(320)。EMが閾値(TH)を上回る場合、MAC層断片化が適用され(325)、MSDUが断片化され、断片の各々を使用してMPDUが構築される。MAC層断片化のサイズは、HARQ FEC動作の長さ要件に従う。

【0042】

より詳細には、HARQ FECが一度に扱うことができるパケットの最大サイズがL<sub>FEC</sub>バイトであるものとする。L<sub>FEC</sub>は、現802.16標準規格において指定される値である600バイトであるものとする。そして、汎用MACヘッダ、断片化サブヘッダ、MSDU及び任意のCRC-32を含むMAC層断片のサイズは、{4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598}のセット内にある。そうでない場合、CRC-32の最後にHARQパディングビットが追加される(330)。MAC層ARQが使用されている場合、ARQ\_BLOCK\_SIZEの境界にMAC層断片化が適用されるため、パディングビットが必要な場合もあることに留意されたい。その後、MPDUの最後に2バイト長CRC-16が添付される(335)ことによって、全HARQ PSDUのサイズがセット{6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600}内に入る。したがって、HARQ層では断片化は不要である。ランダム化(340)が実行された後、PSDUが符号化され、HARQサブパケットが生成される(395)。

【0043】

EMが閾値を下回る場合、MAC層における断片化は不要であり、またMPDUが生成され、HARQパディング(350)、CRC-16添付(360)及びランダム化(370)を使用してHARQ PSDUが構築された後に、HARQ層断片化が採用される。ステップ380において、結果としてのHARQ PSDUの長さがL<sub>FEC</sub>(たとえば600)バイトより長い場合、HARQ層断片化(390)が必要である。最後に、FEC符号化が適用され、HARQサブパケットが生成される(395)。

【0044】

閾値(たとえばTH)は、2つの断片化メカニズムの性能を比較することによって確定される。閾値は、HARQ層断片化の性能とMAC層断片化の性能とが等しい場合に設定される。

【0045】

プロトコルオーバーヘッドをさらに除去するために、MAC層CRC-32が適用され、追加のパディングビットが添付されない場合、HARQ層CRC-16は添付されない。基本的に、HARQ層誤り検出機能及びMAC層誤り検出機能の両方によって同じCRC-32を使用することができる。パディングビットが追加された場合、CRC-32が保護するビットは、CRC-16が保護するビットとは異なり、そのため、CRC-32及びCRC-16は共に必要である。

【0046】

図4に示すように、局は、チャンネル情報を収集し(310)、EMが閾値を上回るか否

かを確定する(320)。上回る場合、MAC層断片化(325)が使用される。汎用MACヘッダ、断片化サブヘッダ、MSDU及び添付された適当なパディング330を含むMAC層断片のサイズは、任意のCRC-32が添付されない場合、{4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598}のセット内に入る。

#### 【0047】

一方、任意のCRC-32もまた存在する場合、パディングが必要でない場合、MAC層断片のサイズは、{6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600}のセット内にある。任意のCRC-32が存在し、MAC層断片のサイズを{6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600}のセット内にするためにパディングが必要である場合、MAC層断片にパディングが施され(410)、それによって、そのサイズは{4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598}のセット内になる。MAC層断片にパディングビットが追加されているか、又はパディングビットがなく且つCRC-32が添付されていない場合(420)、HARQ PSDU全体のサイズを{6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600}のセット内にするためにMPDUのまさしくその最後に2バイト長CRC-16が添付される。結果としてのPSDUがランダム化され、送信のために符号化される。残りのステップは、図3に対して説明した通りである。

#### 【0048】

##### インプリメンテーション

本発明では、チャンネル品質測定及びチャンネル推定機能510を使用する。上述したように、限定されないが、BER、PER、ISNR及びそれらの組合せを含む、複数の異なる誤り基準(EM)511を使用することができる。本発明は、520によってもたらされる判断(520)に基づいて、現IEEE 802.16標準規格で定義されるようにMAC層断片化(530)又はHARQ層断片化(540)のいずれかを実行する。

#### 【0049】

BSからMSへのダウンリンク送信の場合、BSは、チャンネル品質測定及び推定(510)の誤り基準511に基づいて、断片化がMAC層530で実行されるか又はHARQ層540で実行されるかの判断(520)を行うことができる。

#### 【0050】

MSからBSへのアップリンク送信の場合、MSは、MSが収集するチャンネル情報に基づいて、断片化がMAC層530で実行されるか又はHARQ層540で実行されるかの判断(520)を行うことができる。代替形態として、判断(520)を、BSで行ってもよく、その後、BSはその判断をMSに通知する。

#### 【0051】

本発明の実施形態による適応的断片化方法は、受信機に対して透過的である。現IEEE 802.16標準規格に準拠するいかなる受信機もこの新規の特徴をサポートする。

#### 【0052】

本発明を好ましい実施形態の例として説明してきたが、本発明の精神及び範囲内で他のさまざまな適応及び変更を行うことができるということが理解されるべきである。したがって、本発明の真の精神及び範囲内にあるこうしたすべての変形及び変更を包含することが添付の特許請求の範囲の目的である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0053】

【図1】本発明の一実施形態による、送信機におけるHARQ層断片化を伴いMAC層断片化を伴わないHARQ動作のブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態による、送信機におけるMAC層断片化を伴いHARQ層断片化を伴わないHARQ動作のブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態による適応的断片化動作のフローチャートである。

【図4】本発明の別の実施形態による適応的断片化動作のフローチャートである。

【図5】本発明の一実施形態による適応的断片化のブロック図である。

10

20

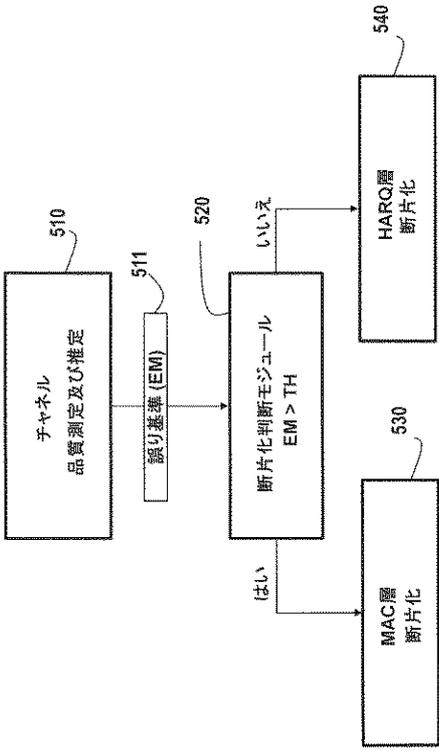
30

40

50



【図5】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		テーマコード(参考)	
H 0 4 L 29/10 (2006.01)	H 0 4 L	13/00	3 0 9 B	
H 0 4 J 11/00 (2006.01)	H 0 4 J	11/00	Z	

(74)代理人 100111648  
弁理士 梶並 順

(74)代理人 100122437  
弁理士 大宅 一宏

(74)代理人 100147566  
弁理士 上田 俊一

(72)発明者 ジフエング・タオ  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、オールストン、ノース・ビーコン・ストリート 15、ユニット 316

(72)発明者 アンフェイ・リ  
アメリカ合衆国、イリノイ州、シカゴ、サウス・モニター・アベニュー 1006、アパートメント 2ダブリュ

(72)発明者 クーン・フー・テオ  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、レキシントン、レキシントン・リッジ 4232

(72)発明者 ジンユン・ジャン  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ケンブリッジ、ゴア・ストリート 170、ユニット 616

F ターム(参考) 5K014 DA02 EA08 FA03 FA13 GA02 HA10  
5K022 DD01 DD13 DD19 DD21 DD31  
5K034 AA05 AA07 DD01 EE03 EE11 FF02 GG03 HH09 HH12 MM03  
MM25 SS02  
5K067 AA13 CC02 CC04 EE02 EE10 HH28

## 【外国語明細書】

## Title of the Invention

Method for Performing a Hybrid Automatic Repeat-Request (HARQ)  
Operation in a Wireless Orthogonal Frequency Division  
Multiple Access Network

## Field of the Invention

[001] This invention relates generally to mobile wireless networks, and in particular to a system and method of adaptive fragmentation for hybrid automatic repeat request (HARQ) operations on wireless channels of OFDMA networks.

## Background of the Invention

[002] OFDM

[003] Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) is frequently used to reduce multi-path interference in a physical layer (PHY) of channels of wireless communication networks. OFDM is specified for a number of wireless communications standards, e.g., IEEE 802.11a/g and IEEE 802.16d/16e.

[004] OFDMA

[005] Based on the OFDM, orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) has been developed. With OFDMA, a separate sets of orthogonal

tones (frequencies) are allocated to multiple transceivers (users) so that these transceivers can engage in parallel communication. For example, the IEEE 802.16/16e standard has adopted OFDMA as the multiple channel access mechanism for non-line-of-sight (NLOS) communications in frequency bands below 11 GHz.

[006] ARQ

[007] Automatic repeat-request (ARQ) is a protocol widely used in data transmission for error control at the medium access control (MAC) layer. With ARQ, the transmitter sends a number of data packets specified by a window size. Then, the transmitter waits for the corresponding acknowledgement messages from receiver. The messages indicate whether the packets are successfully received. A variety of acknowledgement strategies, including cumulative ACK, selective ACK and negative ACK, have been devised to improve the performance of ARQ protocol. Currently, there are three types of ARQ protocols, namely, *Stop and Wait*, *Go-back-N*, and *Selective Repeat*. Selective Repeat ARQ is specified as an optional feature for implementation in the IEEE 802.16e standard for the OFDM/OFDMA PHY.

[008] The ARQ window size is the maximum number of unacknowledged packets at a given time, e.g., size  $\leq 1024$  in the IEEE 802.16e standard specification under the achievable PHY capacity specified for an IEEE 802.16e system. This setting can lead to considerable resource underutilization on relay link in mobile multihop relay networks wherein higher capacity is provisioned. Moreover, the resource underutilization in

current ARQ protocol will further deteriorate in the next generation advanced IEEE 802.16 network (e.g., IEEE 802.16m), wherein an even higher transmission rate will be used.

#### [009] HARQ

[0010] Hybrid automatic repeat-request (HARQ) operations can be used for faster error control in wireless networks. When a packet is passed from a higher MAC layer down to the HARQ layer, the transmitter uses coding technique to generate multiple copies of packet based upon the original packet. These multiple copies can be a duplicate of the original packet, or can include content derived based upon the original packet, such as parity bits. With HARQ, if the receiver detects an error in a packet, then the receiver signals the error to the transmitter. Then, the transmitter retransmits another copy of the original packet. The receiver can combine the information obtained from the multiple copies received and thus increase the probability of successfully decoding the packet.

[0011] The HARQ operation requires support at both the PHY and MAC layer, i.e., layer 1 and 2 in the OSI protocol model, to provide a desired reliability on the wireless link. Many existing wireless systems have adopted HARQ to deal with adverse wireless channels and improve reliability. For example, a multi-channel stop and wait protocol is used for HARQ in the IEEE 802.16e standard for the OFDMA PHY. Each HARQ channel is identified by an ARQ Channel ID (ACID).

#### [0012] Fragmentation

[0013] Fragmentation improves efficiency of resource utilization in a wireless network. For instance, suppose a wireless channel can transport  $N_0$  bits per unit time, when the channel quality is good. When the quality of a wireless channel degrades due to fading or mobility, the channel can only support  $N_1$  bits per unit time, which is smaller than  $N_0$ . Instead of waiting until the quality of the channel becomes good again, the transmitter can partition the  $N_0$  bits into multiple smaller fragments. Each fragment is equal to or less than  $N_1$  bits. Thus, the smaller fragments are more likely to be transported correctly over the channel in the unit time.

[0014] At the MAC layer, the fragmentation operation on a connection is negotiated when the connection (channel) between the base station and mobile station is initialized by the MAC service access point (SAP). With fragmentation enabled, a transmitter partitions each data unit into multiple fragments and transmits the fragments separately. At the receiver, the fragmented data units are reassembled to recover the original data unit. MAC layer fragmentation is optional in the IEEE 802.16e standard.

[0015] A packet is also fragmented when if its size is larger than 4800 bits at the physical layer. This is because the forward error correction (FEC) in the IEEE802.16e standard only encodes a data block with maximal size of 4800 bits.

[0016] The current IEEE 802.16e standard determines the fragmentation statically, that is, only when the connection is initialized. However, this static fragmentation can result in a degradation of the system performance over channels with time-varying quality incurred by mobility or channel

fading. This is a serious problem for the relay link of a multihop relay network, and for next generation advanced IEEE 802.16 networks (e.g., IEEE 802.16m), as high capacity is one of the requirements for such networks. In order to address this problem, new protocols are required.

[0017] For sake of clarify and brevity, some terminologies and acronyms are defined herein as follows.

[0018] Subscriber station (SS): generalized equipment set providing connectivity between subscriber equipment and a base station (BS).

[0019] Mobile station (MS): a station in mobile service intended to be used while in motion or during halts at unspecified points. An MS is always a subscriber station (SS) unless specifically expected otherwise in the standard.

[0020] Relay station (RS): a station that conforms to the IEEE Std 802.16j standard and whose functions are (1) to relay data and possibly control information between other stations, and (2) to execute processes that indirectly support mobile multihop relay.

[0021] Protocol data unit (PDU): a set of data specified in a protocol of a given layer and including protocol control information of that layer, and possibly user data of that layer.

[0022] Service data unit (SDU): the protocol data unit of a certain protocol layer that includes the service data unit coming from the higher layer and the protocol control information of that layer.

## Summary of the Invention

[0023] The embodiments of the invention provide a method for adaptive fragmentation operations between stations of an orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) wireless communication network.

[0024] The fragmentation operations are dynamically adapted depending on an error metric (EM) of a channel quality between stations. For example, as the quality of a channel decreases, the bit error rate (BER) increases, and as the quality increases the BER decreases. The BER also affects the packet error rate (PER). The quality of a channel can also be expressed in terms of the inverse signal-to-noise ratio (ISNR), which is  $1/\text{SNR}$ . A lower ISNR usually means a lower BER, and a higher ISNR a higher BER.

[0025] More specifically, fragmentation is performed at the MAC layer with respect to the length requirement of a HARQ forward error correction coding (FEC) block when the error metric is greater than a predefined threshold (TH). Thus, no fragmentation at the HARQ layer is needed. When the error metric is less than the threshold, fragmentation is performed at the HARQ layer, rather than at the MAC layer.

## Detailed Description of the Preferred Embodiment

### [0026] HARQ Operations without MAC Layer Fragmentation

[0027] Hybrid automatic repeat request (HARQ) is defined in the IEEE 802.16-2004 and 802.16e-2005 standards for the OFDMA physical (PHY)

layer. The HARQ protocol, which requires both physical layer and MAC layer support, is a typical example of cross-layer system design for wireless communication networks. Combining MAC layer fragmentation and PHY/MAC cross-layer HARQ enables an integrated multi-layer control, which can improve system performance.

[0028] At the physical layer, two specific techniques, namely chase combining (CC) and incremental redundancy (IR), provide coding gain and additional redundancy gain for HARQ. In addition, a stop-and-wait mechanism is used by HARQ at the media access control (MAC) layer to provide automatic repeat request (ARQ) capability.

[0029] Because the technical specification related to HARQ in the IEEE 802.16-2004 standard has been modified in the IEEE 802.16e-2005 standard, the HARQ protocol defined in the IEEE 802.16e-2005 standard is used as a basis for further improvement and enhancement, as described herein.

[0030] Figure 1 shows the basic HARQ operation with MAC layer fragmentation disabled at a transmitter. A MAC SDU (MSDU) 10 or multiple MSDUs are passed down from the upper layer of the transmitter for the MAC operation. If packing is enabled, multiple MSDUs can be packed into one single MSDU, with packing subheader (PSH) being inserted in front of each individual MSDU along the packed sequence.

[0031] Then, a six-byte-long generic MAC header (GMH) 106 and an optional four-byte-long cyclic redundancy check (CRC-32) field 101 is attached 100 in the front and at the end of the MSDU or the packed MSDU

sequence, respectively, to form a MAC PDU (MPDU). Multiple MPDUs can be further concatenated.

[0032] When the size of MAC PDU or concatenated MAC PDUs is not an element in the allowable set for HARQ, padding bits 102 are appended 110 at the end of MAC PDU or concatenated MAC PDUs. The amount of the padding is the same as the difference between the size of the PDU or concatenated MAC PDUs and the smallest element in the allowed set that is not less than the size of the PDU or concatenated MAC PDUs. The allowed set of resultant size is {4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598, 1198, 1798, 2398, 2998} bytes.

[0033] Then, a two-byte cyclic redundancy check (CRC-16) field 103 is appended 120. The permissible set of the resultant size then becomes {6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600, 1200, 1800, 2400, 3000} bytes. After randomization 130, the resultant HARQ physical layer SDU (PSDU) 104 has a length that is a multiple of 600 bytes, i.e., 4800 bits. Note that no additional bits are added in the randomization process 130.

[0034] If the total length of the HARQ PSDU is longer than 600 bytes, then the PSDU is fragmented 140 into fragments 105 no larger than 600 bytes each. Each fragment is encoded separately. The HARQ layer fragmentation operation is performed because the longest data unit that the forward error correction coding (FEC) 150 defined in the IEEE standard can handle is of 600 bytes.

[0035] Four subpackets 106 are generated for each HARQ PSDU, regardless of whether HARQ fragmentation occurs or not. The subpackets are modulated 160 and transmitted to receiver 170.

[0036] To simplify the following description, we call the HARQ PSDU 104, including the appended CRC field 103 and optional padding bits *original encoder packet*. Note that the four subpackets 106 are directly derived from the HARQ PSDU 104.

[0037] When the receiver fails to decode the first subpacket, then the receiver indicates a failure to the transmitter by sending a negative acknowledgement (NAK). In that case, the transmitter selects another subpacket out of the four subpackets 106 and transmits the selected subpacket to the receiver. This process continues until either the receiver decodes the *original encoder packet* correctly, or all four of such transmission attempts fail. This completes a HARQ operation for one HARQ PSDU.

[0038] If the ARQ protocol is operating above the HARQ, then it is up to the ARQ whether to retransmit the MAC PDU or concatenated MAC PDU.

[0039] HARQ Operations with MAC Layer Fragmentation

[0040] Figure 2 shows the basic HARQ operations with MAC layer fragmentation at a transmitter. A single MAC SDU (MSDU) 20 or multiple MSDUs are passed down from the upper layer of the transmitter for the MAC operation. If packing is enabled, more than one MSDU can be packed

into one MAC PDU. Packing subheaders (PSHs) needs to be inserted before MSDUs along the packed sequence.

[0041] The MSDU or the packed MSDUs are fragmented 200 into fragments 201 when the MSDU 20 or the packed MSDUs are longer than the fragmentation threshold  $L_{\text{Frag}}$ . The actual value of  $L_{\text{Frag}}$  is decided by the transmitter. Then, an MPDU is constructed by attaching 210 a six-byte GMH 207 and an optional four-byte cyclic redundancy check (CRC-32) field 208 in the beginning and at the end of the MSDU, respectively. If fragmentation is applied at the MAC layer, then fragmentation subheader (FCH) 209 has to be inserted before the MSDU fragment and after the GMH. Note that MSDU fragment and other MSDUs can be further packed into a single MPDU to improve the efficiency and wireless resource utilization. This is not explicitly shown in Figure 2.

[0042] A single MAC PDU (MPDU) or a concatenation of multiple MPDUs is passed down for the HARQ operation. If needed, padding bits 202 are appended 220 at the end of the MPDU or concatenated MPDUs 201 so that the resultant MPDU or MPDU concatenation size is a value in the permissible set of {4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598} bytes. Then, a two-byte cyclic redundancy check (CRC-16) field 203 is appended 230. The total size of the resultant packet is in the permissible set {6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600} bytes.

[0043] After randomization 240, the resultant HARQ physical layer SDU (PSDU) 205 has a maximal length of 600 bytes, i.e., 4800 bits. Note that no extra bits are added during the randomization process. Four subpackets 206

are generated for each *original encoder packet* by the FEC 250. The subpackets are modulated 260 and transmitted to a receiver 270. The subpacket generated from different original encoder packet can be transmitted using different ACID.

#### [0044] Motivation for Adaptive Fragmentation for HARQ

[0045] In the current standard, fragmentation operations are only performed at the MAC layer, which is configured when a connection (channel) is initialized. Subsequently, the configuration remains static until the connection is terminated. This static configuration ignores the effect of fluctuating channel quality on the system throughput. This can lead to system performance degradation.

[0046] If the quality of a wireless channel is good when the connection is established, e.g., the bit error rate (BER) is as low as  $p_0$ , and the length of the MSDU is 1500 bytes, e.g., an Ethernet frame, then fragmentation at the HARQ layer is more efficient because of the relatively smaller overhead. If, due to mobility or channel fading, the BER of the assigned channel increases to  $p_1$ , the packet error rate (PER) also increases accordingly from  $1-(1-p_0)^{L_0}$  to  $1-(1-p_1)^{L_0}$ , where  $L_0$  is the length of the packet. The excessive packet loss reduces system capacity significantly.

[0047] If MAC layer fragmentation is applied when the BER is  $p_1$ , and each fragment is of size  $L_1$ , where  $L_0 > L_1$ , then the packet error rate is reduced from  $1-(1-p_1)^{L_0}$  to  $1-(1-p_1)^{L_1}$ . That is,  $1-(1-p_1)^{L_1} < 1-(1-p_1)^{L_0}$ , where  $p_1 > p_0$ .

and  $L1 > L0$ . This shows that an adaptive fragmentation is beneficial, when the quality of the channel is fluctuating.

[0048] To improve system performance, a dynamically estimated error metric (EM) of the channel quality can be taken into consideration when determining whether the fragmentation is performed at the MAC layer or at HARQ layer. Thus, an adaptive process is needed to achieve this goal. The channel quality is inversely proportional to the bit error rate (BER), the packet error rate (PER), and the ISNR.

[0049] Adaptive Fragmentation for HARQ

[0050] Figure 3 shows the adaptive fragmentation process for HARQ according to an embodiment of the invention. In the transmitter, channel information is collected 310 and used to update the estimated error metric (EM) of the channel quality. The error metric (e.g., the bit error rate, packet error rate) is compared 320 to a threshold (TH). If the EM is greater than the threshold (TH), then the MAC layer fragmentation is applied 325 and the MSDU is fragmented, and each of the fragments is used to construct the MPDU. The size of MAC layer fragmentation complies with the length requirement of the HARQ FEC operation.

[0051] More specifically, suppose the maximum size of packet a HARQ FEC can handle at one time is  $L_{FEC}$  bytes. Assume the  $L_{FEC}$  is 600 bytes, which is the value specified in the current 802.16 standard. Then, the size of MAC layer fragment, which include generic MAC header, fragmentation subheader, the MSDU, and optional CRC-32, is in the set of {4, 10, 16, 22,

34, 46, 58, 118, 238, 358, 598}. If not, then HARQ padding bits are added 330 at the end of CRC-32. Note that padding bits may also be needed, since the MAC layer fragmentation is applied on the boundary of ARQ\_BLOCK\_SIZE, if MAC layer ARQ is in use. After that, a two-byte long CRC-16 is attached 335 at the end of the MPDU to make the size of the entire HARQ PSDU fall into the set {6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600}. Therefore, no fragmentation is needed at the HARQ layer. Randomization 340 is performed, before the PSDU is coded and HARQ subpackets are generated 395.

[0052] If the EM is less than the threshold, then no fragmentation at MAC layer is required, and HARQ layer fragmentation is employed after the MPDU is generated and a HARQ PSDU is constructed using HARQ padding 350, CRC-16 attachment 360, and randomization 370. If the resultant HARQ PSDU has a length that is longer than  $L_{FEC}$  (e.g., 600) bytes in step 380, then the HARQ layer fragmentation 390 is required. Finally, FEC coding is applied and HARQ subpackets are generated 395.

[0053] The threshold (e.g., TH) is determined by comparing the performance of the two fragmentation mechanisms. The threshold is set to a value where a performance of the HARQ layer fragmentation and a performance of the MAC layer fragmentation are equal.

[0054] To further remove protocol overhead, the HARQ layer CRC-16 is not attached when the MAC layer CRC-32 is applied and no additional padding bits are appended. Basically, the same CRC-32 can be used by both HARQ and MAC layer error detection function. If padding bits have been added,

then the bits that the CRC-32 protects are different from those that the CRC-16 protects, and thus both CRC-32 and CRC-16 are needed.

[0055] As shown in Figure 4, the station collects 310 the channel information, and determines 320 if the EM is greater than the threshold. If true, the MAC layer fragmentation 325 is used. The size of MAC layer fragment, which includes generic MAC header, fragmentation subheader, the MSDU and proper padding 330 attached falls in the set of {4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598}, if no optional CRC-32 is attached.

[0056] If the optional CRC-32 is also present, otherwise, the size of MAC layer fragment is in the set of {6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600}, if no padding is needed. If the optional CRC-32 is present and paddings is needed to make the size of MAC layer fragment fall into the set of {6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600}, then the MAC layer fragment is padded 410 so that its size is in the set of {4, 10, 16, 22, 34, 46, 58, 118, 238, 358, 598}. If there are padding bits added in the MAC layer fragment, or there are no padding bits and no CRC-32 has been attached 420, then the two-byte long CRC-16 is attached at the very end of the MPDU in order to make the size of the entire HARQ PSDU fall into the set {6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 120, 240, 360, 600}. The resultant PSDU is randomized and coded for transmission. The remaining steps are as described for Figure 3.

[0057] Implementation

[0058] We use the channel quality measurement and channel estimation function 510. As described above, a number of different error metrics (EM)

511 can be used, including but not limited to BER, PER, ISNR, and combinations thereof. We perform either the MAC layer fragmentation 530, or the HARQ layer fragmentation 540 as defined in the current IEEE 802.16 standard, based upon the decision 520 yielded by 520.

[0059] For the downlink transmission from the BS to MS, the BS can make the decision 520 of whether fragmentation is performed at the MAC layer 530 or the HARQ layer 540 based on the error metric 511 of channel quality measurement and estimation 510.

[0060] For the uplink transmission from the MS to the BS, the MS can make the decision 520 of whether fragmentation is performed at the MAC layer 530 or the HARQ layer 540 based upon the channel information the MS gathers. As an alternative, the decision 520 can also be made at the BS, which then informs the MS of the decision.

[0061] The adaptive fragmentation method according to the embodiments of the invention is transparent to the receiver. Any receiver compliant with the current IEEE 802.16 standard supports this novel feature.

[0062] Although the invention has been described by way of examples of preferred embodiments, it is to be understood that various other adaptations and modifications may be made within the spirit and scope of the invention. Therefore, it is the object of the appended claims to cover all such variations and modifications as come within the true spirit and scope of the invention.

Brief Description of the Drawings

[0063] Figure 1 is a block diagram of HARQ operation with HARQ layer fragmentation and without MAC layer fragmentation at a transmitter according to an embodiment of the invention;

[0064] Figure 2 is a block diagram of HARQ operation with MAC layer fragmentation and without HARQ layer fragmentation at a transmitter according to an embodiment of the invention;

[0065] Figure 3 is a flow chart of adaptive fragmentation operation according to an embodiment of the invention.

[0066] Figure 4 is a flow chart of adaptive fragmentation operation according to another embodiment of the invention; and

[0067] Figure 5 is a block diagram of adaptive fragmentation according to an embodiment of the invention.

1. A method for performing a hybrid automatic repeat-request (HARQ) operation in a wireless orthogonal frequency division multiple access network, comprising:

estimating dynamically an error metric of a channel between a transmitter and a receiver; and

fragmenting adaptively a packet for the HARQ operation at the transmitter according to the error metric estimated dynamically.

2. The method of claim 1, in which the fragmenting is performed at a HARQ layer of an open systems interconnection model when the error metric is less than a predetermined threshold.

3. The method of claim 1, in which the fragmenting is performed at a MAC layer of an open systems interconnection model when the error metric is greater than a predetermined threshold.

4. The method of claim 3, in which the fragmenting is only performed at the MAC layer.

5. The method of claim 1, further comprising:

signaling a capability to perform the adaptive fragmenting when the channel is initialized.

6. The method of claim 1, further comprising:

negotiating whether the fragmenting is performed when the channel is initialized.

7. The method of claim 1, in which the transmitter is a base station and the receiver is a mobile station.

8. The method of claim 1, in which the transmitter is a mobile station and the receiver is a base station.

9. The method of claim 1, in which the error metric is a bit error rate.

10. The method of claim 1, in which the error metric is a packet error rate.

11. The method of claim 1, in which the error metric is an inverse signal to noise ratio.

12. The method of claim 2 or 3, further comprising:

comparing a performance of fragmenting at a MAC layer and at a HARQ layer; and

setting the predetermined threshold to a value where the performances of the fragmenting at the MAC layer and the HARQ layer are equal.

13. A method for performing a hybrid automatic repeat-request (HARQ) operation in a wireless orthogonal frequency division multiple access network, comprising:

fragmenting a packet at a HARQ layer of an open systems interconnection model when an error metric of a channel between a transmitter and receiver is less than a predetermined threshold; and

fragmenting the packet at a MAC layer of the open systems interconnection model when the error metric is greater than the predetermined threshold.

## ABSTRACT

A method performs a hybrid automatic repeat-request (HARQ) operation in a wireless orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) network. A quality of a channel between a transmitter and a receiver is estimated as an error metric. A packet for the HARQ operation is fragmented adaptively at the transmitter according to the estimated error metric. The fragmentation is performed at the HARQ layer when the error metric is less than a predetermined threshold, otherwise the fragmentation is performed at the MAC layer.

## REPRESENTATIVE DRAWING

Fig. 1

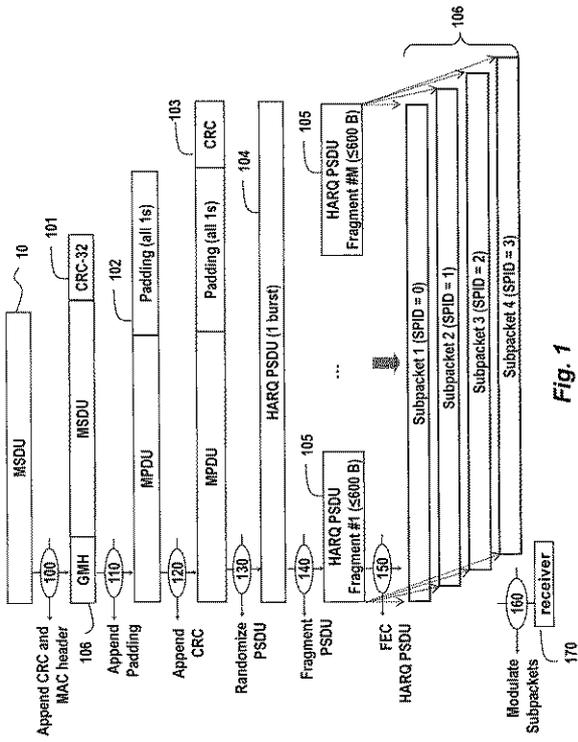


Fig. 1

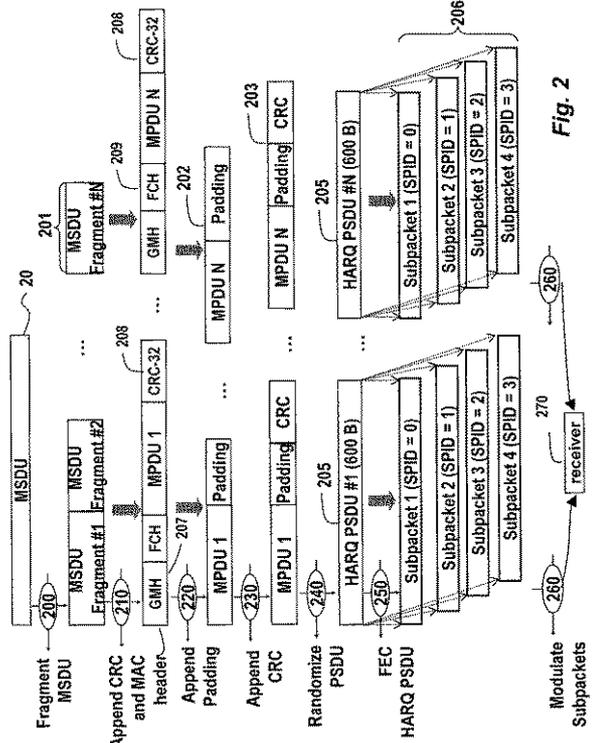


Fig. 2

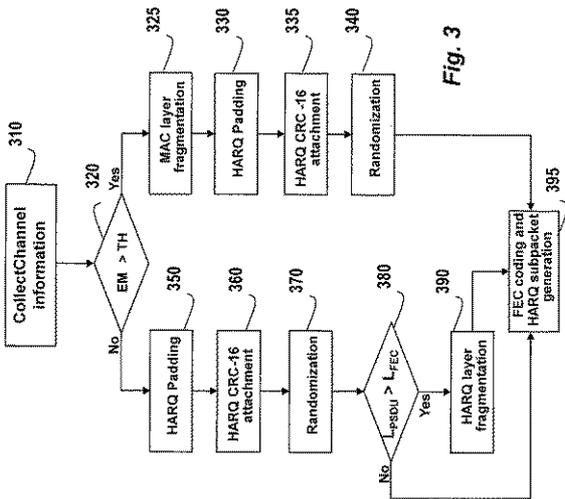


Fig. 3

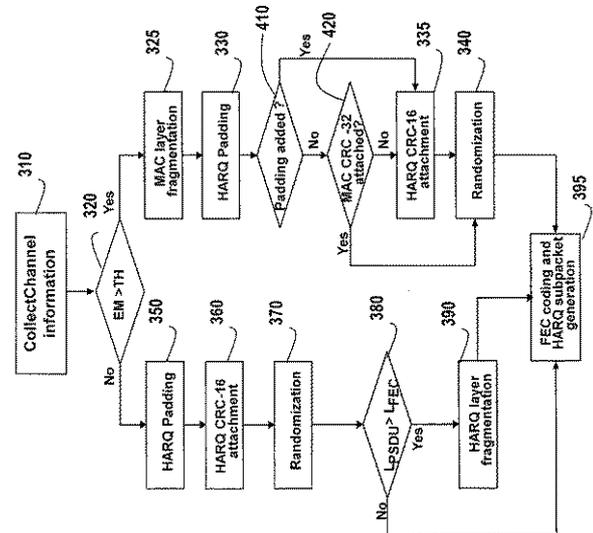


Fig. 4

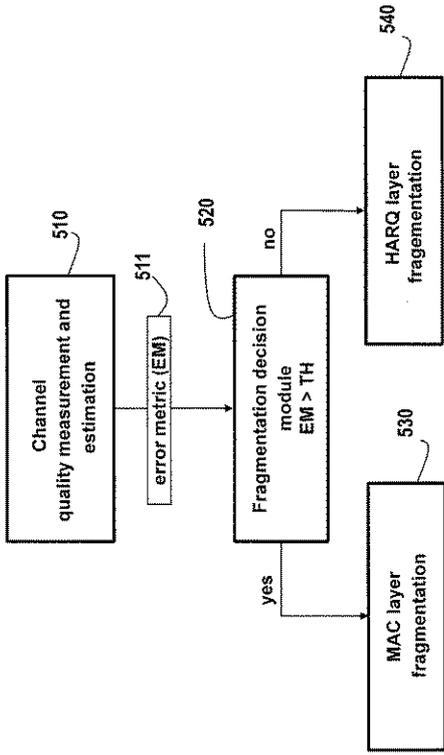


Fig. 5