

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4790805号
(P4790805)

(45) 発行日 平成23年10月12日 (2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年7月29日 (2011.7.29)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 W 72/12 (2009.01)	HO 4 Q 7/00 5 6 1
HO 4 W 28/24 (2009.01)	HO 4 Q 7/00 2 8 5
HO 4 J 3/00 (2006.01)	HO 4 J 3/00 H

請求項の数 18 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2008-527321 (P2008-527321)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成18年6月20日 (2006.6.20)		パナソニック株式会社
(65) 公表番号	特表2009-506600 (P2009-506600A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公表日	平成21年2月12日 (2009.2.12)	(74) 代理人	100105050
(86) 国際出願番号	PCT/EP2006/005917		弁理士 鷺田 公一
(87) 国際公開番号	W02007/022817	(72) 発明者	ヴェンゲルター クリスティアン
(87) 国際公開日	平成19年3月1日 (2007.3.1)		ドイツ国 ランゲン 63225 モンツ
審査請求日	平成21年1月7日 (2009.1.7)		アストラッセ 4c パナソニック R&
(31) 優先権主張番号	05018625.3		Dセンター ジャーマニー ゲーエムペー
(32) 優先日	平成17年8月26日 (2005.8.26)		ハー内
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(72) 発明者	オールホースト ヤン
			ドイツ国 ランゲン 63225 モンツ
			アストラッセ 4c パナソニック R&
			Dセンター ジャーマニー ゲーエムペー
			ハー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サービス品質およびチャネル特性に応じたスケジューリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フレームの時間間隔にてデータパケットを送信し、かつ適応変調・符号化を適用する無線通信システムにおいて、複数のデータフローを複数の共有チャネルにスケジューリングする方法であって、

前記データフローと前記共有チャネルとの組合せの優先度値を、式、

【数 1】

$$P_{s,k}(t_n) = D_k \cdot S_k(t_n) \cdot G_{s,k}(t_n) \cdot C_{s,k}(t_n)$$

を使用して計算するステップであって、

s が共有チャネルを表しており、k がデータフローを表しており、t_n が特定のフレームを表しており、

P_{s,k}(t_n) が、フレーム t_n における共有チャネル s におけるデータフロー k の前記計算される優先度値であり、

D_k が、データフロー k のサービス品質要件に依存する値であり、

S_k(t_n) が、フレーム t_n におけるフロー k の重みの項であり、

G_{s,k}(t_n) が、データフロー k の現在のバッファ状態を反映するメトリックであり、

C_{s,k}(t_n) が、共有チャネル s におけるデータフロー k の、現在の潜在的なデータレートを反映するメトリックである、ステップと、

10

20

前記共有チャネルの少なくとも一部について、1つのフレームの前記時間間隔中に前記共有チャネルの前記一部のそれぞれにおいてデータを送信するデータフローを、前記優先度値に基づいて選択するステップと、を含んでいる、方法であり、

前記重みの項 $S_k(t_n)$ が、制限的なサービス品質要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて大きくなり、もしくは、非制限的なサービス品質要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて小さくなる、またはその両方である、方法。

【請求項2】

前記選択するステップは、1つのフレームの前記時間間隔中に前記共有チャネルにおいてデータを送信するデータフローとして、最も高い優先度値を有するデータフローを選択する、請求項1に記載の方法。

10

【請求項3】

前記重み $S_k(t_n)$ が、さらに、前記各データフローが提供されるユーザのサブスクリプションのタイプに依存するとともに、

前記サブスクリプションのタイプは、ユーザの支払うサービス料金であることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記重み $S_k(t_n)$ が、さらに、前記データフローがユーザデータを搬送するのかシグナリング情報を搬送するのか、に依存する、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

データフロー k のサービス品質要件に依存する前記値が、式、

20

【数2】

$$D_k = -\log(\varepsilon_k) / (T_k)^\delta$$

を使用して計算され、

T_k がフロー k の遅延しきい値を表しており、 ε_k がフロー k の、前記遅延しきい値を超える最大確率を表しており、

δ が0であるかまたは0より大きい任意の実数である、

請求項1から4のいずれかに記載の方法。

【請求項6】

共有チャネル s におけるデータフロー k の現在の潜在的なデータレートを反映する前記メトリックが、式、

30

【数3】

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[DRC_{s,k}(t_n)]^\alpha}{[R_k(t_n)]^\beta}$$

を使用して計算され、

$DRC_{s,k}(t_n)$ が、適応変調・符号化の現在の設定に従ったときの、時刻 t_n においてフロー k に対してサブチャネル s において潜在的に達成可能な瞬間的なデータレートを表しており、

40

$R_k(t_n)$ が、フロー k の潜在的な平均データレートを表しており、

α および β が0より大きい実数定数である、

請求項1から5のいずれかに記載の方法。

【請求項7】

共有チャネル s におけるデータフロー k の現在の潜在的なデータレートを反映する前記メトリックが、式、

【数 4】

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[SIR_{s,k}(t_n)]^{\alpha}}{[avgSIR_k(t_n)]^{\beta}}$$

を使用して計算され、

$SIR_{s,k}(t_n)$ が、共有チャネル s におけるデータフロー k の信号対干渉 / 雑音比であり、

$avgSIR_k(t_n)$ が、共有チャネル s の平均の信号対干渉 / 雑音比、または複数 / すべての共有チャネルにわたる平均の信号対干渉 / 雑音比のいずれかである、

10

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 8】

データフロー k の現在のバッファ状態を反映する前記メトリックが、式、

【数 5】

$$G_{s,k}(t_n) = \frac{1}{B_k \cdot (J_{s,k})^{\gamma}} \left[\sum_{j=1}^{J_{s,k}} f_{j,k} \cdot b_{j,k} \cdot g_{j,k}(t_n) \right]^{\gamma}$$

を使用して計算され、

20

j がデータフローのバッファ内のパケットのインデックスであり、 $j = 1$ が、次にスケジューリングされるパケットを示しており、

$f_{j,k}$ が、 j に関する単調減少関数

【数 6】

$$(f_{j,k} \geq f_{j+1,k})$$

であり、

$b_{j,k}$ がパケット j のサイズであり、

$J_{s,k}$ が、

i) 適応変調・符号化の現在の設定に従ったときの、時刻 t_n においてフロー k に対してサブチャネル s において潜在的に達成可能な瞬間的なデータレートに従って、共有チャネル s において時刻 t_n に送信できるフロー k のパケット数、に等しいかそれより小さい値、または、

30

ii) フロー k のバッファ内の総パケット数、

のいずれかであり、

B_k が

【数 7】

$$B_k = \sum_{j=1}^{J_{s,k}} b_{j,k}$$

40

として定義され、

$g_{j,k}(t_n)$ がフロー k におけるパケット j の待機時間である、

請求項 1 から 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

【数 8】

$$D_k = 1 / (T_k) \delta$$

【数 9】

$$S_k(t_n) = \text{定数}$$

【数 10】

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[SIR_{s,k}(t_n)]^\alpha}{[avgSIR_k(t_n)]^\beta} \quad (\alpha = \beta)$$

【数 11】

$$G_{s,k}(t_n) = \frac{1}{B_k \cdot (J_{s,k})^\gamma} \left[\sum_{j=1}^{J_{s,k}} b_{j,k} \cdot g_{j,k}(t_n) \right]^\gamma \quad (J_{s,k} = N_{s,k})$$

10

であり、

パラメータの設定が、

$$\delta = \gamma = 1, \dots, 6$$

$$\alpha = \beta = 1, \dots, 6$$

である、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

20

【数 12】

$$D_k = 1 / (T_k)^\delta$$

【数 13】

$$S_k(t_n) = \text{定数}$$

【数 14】

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[SIR_{s,k}(t_n)]^\alpha}{[avgSIR_k(t_n)]^\beta}$$

30

【数 15】

$$G_{s,k}(t_n) = \frac{1}{B_k \cdot (J_{s,k})^\gamma} \left[\sum_{j=1}^{J_{s,k}} b_{j,k} \cdot g_{j,k}(t_n) \right]^\gamma \quad (J_{s,k} = N_{s,k})$$

であり、

40

パラメータの設定が、

$$\delta = \gamma = 1, \dots, 6$$

$$\alpha = 1, \dots, 6$$

$$\beta = 1$$

である、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

【数 16】

$$D_k = 1 / (T_k)^\delta$$

50

【数 1 7】

$$S_k(t_n) = \text{定数}$$

【数 1 8】

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[DRC_{s,k}(t_n)]^{\alpha}}{[R_k(t_n)]^{\beta}}$$

【数 1 9】

10

$$G_{s,k}(t_n) = \frac{1}{B_k \cdot (J_{s,k})^{\gamma}} \left[\sum_{j=1}^{J_{s,k}} b_{j,k} \cdot g_{j,k}(t_n) \right]^{\gamma} \quad (J_{s,k} = N_{s,k})$$

であり、

パラメータの設定が、

$$\delta = \gamma = 1, \dots, 6$$

$$\alpha = 1, \dots, 6$$

$$\beta = 1$$

である、

20

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 2】

【数 2 0】

$$g_{j,k}(t_n) = W_{j,k}(t_n)$$

である、請求項 9 から 1 1 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 3】

【数 2 1】

30

$$g_{j,k}(t_n) = \exp \left(\frac{p_k W_{j,k}(t_n) - \overline{pW_{tot}}}{1 + \sqrt{pW_{tot}}} \right)$$

である、請求項 9 から 1 1 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 4】

命令を格納しているコンピュータ可読記憶媒体であって、前記命令が無線通信システムの基地局または移動局のプロセッサにおいて実行されたとき、それに起因して、前記プロセッサが、請求項 1 から 1 3 のいずれかに記載の方法を実行する、コンピュータ可読記憶媒体。

40

【請求項 1 5】

フレームの時間間隔にてデータパケットを送信し、かつ適応変調・符号化を適用する無線通信システムの送信装置であって、

前記送信装置はスケジューラを備えており、

前記スケジューラは、

i) 前記データフローと前記共有チャネルとの組合せの優先度値を、式、

【数 2 2】

$$P_{s,k}(t_n) = D_k \cdot S_k(t_n) \cdot G_{s,k}(t_n) \cdot C_{s,k}(t_n)$$

50

を使用して計算するステップであって、

s が共有チャネルを表しており、 k がデータフローを表しており、 t_n が特定のフレームを表しており、

$P_{s,k}(t_n)$ が、フレーム t_n における共有チャネル s におけるデータフロー k の前記計算される優先度値であり、

D_k が、データフロー k のサービス品質要件に依存する値であり、

$S_k(t_n)$ が、フレーム t_n におけるフロー k の重みの項であり、

$G_{s,k}(t_n)$ が、データフロー k の現在のバッファ状態を反映するメトリックであり、

$C_{s,k}(t_n)$ が、共有チャネル s におけるデータフロー k の、現在の潜在的なデータレートを反映するメトリックである、ステップと、

i i) 前記共有チャネルの少なくとも一部について、1つのフレームの前記時間間隔中に前記共有チャネルにおいてデータを送信するデータフローを、前記優先度値に基づいて選択するステップと、を実行するように構成されており、

前記重みの項 $S_k(t_n)$ が、制限的なサービス品質要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて大きくなる、もしくは、非制限的なサービス品質要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて小さくなる、またはその両方である、送信装置。

【請求項 16】

前記スケジューラが、1つのフレームの前記時間間隔中に前記共有チャネルにおいてデータを送信するデータフローとして、最も高い優先度値を有するデータフローを選択するように、さらに構成されている、請求項 15 に記載の送信装置。

【請求項 17】

無線通信システムの基地局であって、請求項 15 または 16 に記載の送信装置を備えている、基地局。

【請求項 18】

無線通信システムの移動局であって、請求項 15 または 16 に記載の送信装置を備えている、移動局。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくとも1つの送信器と少なくとも1つの受信器との間でのデータの通信に関する。本発明は、特に、移動通信システムや衛星通信におけるように、時間変動チャネルもしくは周波数変動チャネル、またはその両方 (time-variant and/or frequency-variant channel) を通じてデータが送信される通信システムに適用することができる。

【背景技術】

【0002】

以下の説明では、ダウンリンク送信を中心に説明するが、一般性を失うことなく、アップリンク送信にも有効である。

【0003】

ダイナミックチャネル割り当て (DCA)

ダイナミックチャネル割り当て (DCA) 方式を採用する無線通信システムにおいては、無線インタフェースリソースのうちの少なくとも一部が複数の異なるユーザ (移動局) に動的に割り当てられる。R. van Nee、R. Prasad の「OFDM for Wireless Multimedia Communications」(Artech House, ISBN 0 89006 530 6、2000年、p. 213 ~ 228) と、H. Rohling、R. Grunheid の「Performance of an OFDM-TDMA mobile communication system」(Proc. IEEE Vehicular Technology Conf. (VTC '96)、ジョージア州アトランタ、p. 1589 ~ 1593、1996年) を参照されたい。これらの動的に割り当てられるリソースは、通常では共有物理チャネル (Shared Physical Channel) によって定義され、共有物理チャネルは、例えば、符号分割多元接続 (CDMA) システムにおける1つまたは複数の一連の符号、直交周波数分割多元接

10

20

30

40

50

続(OFDMA)システムにおける1つまたは複数の一連のサブキャリア(サブチャネル)、あるいは、直交周波数符号分割多元接続(OFCDMA)または複数搬送波符号分割多元接続(MC-CDMA)システムにおけるこれらの組合せに相当する。

【0004】

本明細書の説明においては、サブチャネルは、少なくとも1つのサブキャリアを含んでいるものとし、サブチャネルに属すサブキャリアは、互いに隣接するように選択する、または、送信帯域幅上に分散させることができる。サブチャネルあたりのサブキャリアの数は、サブチャネルによって異なっていることができる、もしくは動的に構成する、またはその両方とすることができる。

【0005】

10

図1および図2は、それぞれ、単一の共有物理チャネルおよび複数の共有物理チャネルを有するシステムにおけるDCA方式を示しており、PHYフレームは、いわゆるスケジューラ(PHY/MACスケジューラ)がDCAを実行するうえでの単位である。

【0006】

複数共有チャネルのシステムは、1つの共有チャネルが複数のサブチャネル(リソース)から成る単一共有チャネルのシステムとみなすこともできることに留意されたい。この場合、複数のユーザ(移動局)を同じ共有チャネルに一度に割り当てることはできるが、異なるサブチャネルに一度に割り当てることはできない。

【0007】

図1は、4つの移動局 $U_1, \dots, U_4$ のデータが1つの共有物理チャネル102を通じて送信される構造を示している。矢印101は時間軸を表している。ボックス103~108はPHYフレームを表しており、この場合、説明上の例として、フレーム106は第1の移動局のデータを搬送し、フレーム103は第2の移動局のデータを搬送し、フレーム104および108は第3の移動局のデータを搬送し、フレーム105および107は第4の移動局のデータを搬送する。この例においては、周波数分割または符号分割デュプレックスシステムを示しており、図示した共有物理チャネル用に1つのリソース/サブチャネル(すなわち周波数帯または符号)が継続的に利用可能である。アップリンクPHYチャネルとダウンリンクPHYチャネルとが1つの周波数または符号を共有するTDDの場合、反対方向へのチャネル送信時に対応して、1つのチャネルのフレームの間またはフレーム内にギャップが存在する。この場合についても、以下のすべての説明は同様に適用可能である。

20

30

【0008】

図2は、4つの移動局に指定されているデータを、N個の共有物理チャネル202~205によって送信する場合を示している。矢印201は時間軸を表している。列230~235は、すべてのチャネルの時間単位としてのPHYフレームを表している。ボックス206~229は、PHYチャネルおよびPHYフレームによって定義されるデータ単位を表している。例えば、ボックス206~211の中のデータはPHYチャネル1を通じて送信され、ボックス206, 212, 218, 224の中のデータはフレーム230において送信される。提示した例においては、データユニット208, 212, 220, 221, 223, 225, 227は第1の移動局 U_1 のデータを搬送し、206, 207, 215, 217, 226, 228は第2の移動局 U_2 のデータを搬送し、209, 210, 224, 229は第3の移動局 U_3 のデータを搬送し、211, 213, 214, 216, 218, 219, 222は第4の移動局 U_4 のデータを搬送する。

40

【0009】

第三世代CDMA移動通信システムにおいては、3GPP(UMTS)規格のHSDPA(高速ダウンリンクパケットアクセス: High Speed Downlink Packet Access)(3GPP, Technical Specification 25.308; High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall description; Stage 2, v. 5.3.0, 2002年12月)と、3GPP2 CDMA 2000規格のHDR(High Data Rate)(QUALCOMM社の「1xEV: 1x Evolution I S-856 TIA/EIA Standard - Airlink Overview」(<http://www.qualcomm.com>から入手可能

50

))によって、パケットベースのDCAが導入されている。

【0010】

リンクアダプテーション(LA)手法

DCAの恩恵を利用するため、通常では、適応変調・符号化(AMC: Adaptive Modulation and Coding)やハイブリッド自動再送要求(HARQ: Hybrid Automatic Repeat reQuest)などのリンクアダプテーション(LA)手法と組み合わせる。

【0011】

適応変調・符号化(AMC)

適応変調・符号化(AMC)を採用する場合、スケジューリング対象のユーザのPHYフレームにおけるデータレートが、MCS(変調・符号化方式: Modulation and Coding Scheme)を変更することにより、各リンクの瞬間的なチャネル品質に応じて動的に適合化される。当然ながら、この方式では、各受信器へのリンクのチャネル品質を送信器側で推定することが要求される。AMCの詳細については、上に引用したH. Rohling、R. Grunheidの論文、上に引用した3GPP TS 25.308仕様書、A. Burrの「Modulation and Coding for Wireless Communications」(Pearson Education, Prentice Hall, ISBN 0 201 39857 5、2001年p. 255~267)、C. Y. Wong、R. S. Cheng、K. B. Letaief、R. D. Murchの「Multiuser OFDM with Adaptive Subcarrier, Bit, and Power Allocation」(IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 17, No. 10、1999年10月)を参照されたい。

【0012】

ハイブリッド自動再送要求(HARQ)

HARQ(ハイブリッド自動再送要求)方式は、MCSレベルの選択に起因するPHYフレームの誤り率(例えば、チャネル品質の間違った推定による誤り率、特定のチャネル品質に対して選択されるMCSレベルに固有な誤り率)に対処する目的で、次の層(またはサービス/アプリケーション)に供給されるデータ/パケットの損失率(再送信後に残るPHYフレーム誤り率)を制御するために使用される。上に引用したH. Rohling、R. Grunheidの論文、S. Kallalの「Analysis of a type II hybrid ARQ scheme with code combining」(IEEE Transactions on Communications, Vol.38, No. 8、1990年8月)、S. Lin、D. J. Costello Jr.の「Error Control Coding: Fundamentals and Applications」(Prentice-Hall、1983年、p. 458~497)、S. Lin、D. J. Costello、M. J. Millerの「Automatic repeat request error control schemes」(IEEE Commun. Mag., vol. 22, No. 12、p. 5~17、1984年12月)を参照されたい。

【0013】

スケジューラ

DCAおよびLA(AMCもしくはHARQ、またはその両方)を利用するシステムにおいては、どのリソースをどの移動局に割り当てるかを、MAC/PHYスケジューラというエンティティが決定する。一般に使用されている方法では、集中型スケジューリングを使用し、この場合、スケジューラは送信器(ダウンリンクの場合には基地局)に配置される。

【0014】

スケジューラの一般的な目的は、ユーザ間の公平性を達成する、システムのスループットを最大にする、スケジューリング対象の移動局に提供されるアプリケーション/フローのサービス品質(QoS)要件(例: 遅延、データレート、損失率、ジッタ)を満たす、のうちの少なくとも1つである。

【0015】

プロポーションアルフェア(PF: Proportional Fair)スケジューラ

プロポーションアルフェアスケジューラ(例えば、J. M. Holzmanの「Asymptotic analysis of proportional fair algorithm」(Proc. IEEE PIMRC 2001、カリフォルニア州サンディエゴ、p. F33~F37、2001年10月)を参照)は、定義されて

いるタイムウインドウ内での各ユーザに送信される平均データレートを維持し、複数の異なるユーザに提供される平均的なチャネル条件に対する瞬間的なチャネル条件の比（または平均データレートに対する瞬間的な可能なデータレートの比）を調べ、比が最大であるユーザを選択する。このスケジューラでは、ラウンドロビンスケジューリングと比較してシステムのスループットが高まる一方で、割り当てられるリソースに関する長期的な公平性が維持される。従来のプロポーションアルファ（P F）スケジューラの実施形態は以下のように機能する。

【 0 0 1 6 】

・ 各スケジューリング時刻 t_n における特定の共有物理チャネル（例：図 1 による P H Y フレーム）について、各移動局 m の優先度関数 $P_m(t_n)$ を次のように計算する。

10

【 数 1 】

$$P_m(t_n) = \frac{DRC_m(t_n)}{R_m(t_n)} \quad (1)$$

この式において、 t_n は時間インデックス（ n 番目の P H Y フレーム / 時間スロット）を表し、 $DRC_m(t_n)$ は、A M C に従ったときの時刻 t_n における移動局 m の潜在的に達成可能なデータレートを表しており（一般的には、移動局からの S I R フィードバックか、基地局における、リンクの既知 / 推定 S I R 値のいずれかを使用して計算される）、 $R_m(t_n)$ は、時刻 t_n までの（通常はタイムウインドウ化される）その移動局に提供される平均レートを表している。

20

【 0 0 1 7 】

・ 現在のフレームにおいて、優先度 $P_m(t_n)$ が最大である移動局 m^* をスケジューリングする。

【 数 2 】

$$m^* = \arg \max_m \{P_m(t_n)\} = \arg \max_m \left\{ \frac{DRC_m(t_n)}{R_m(t_n)} \right\} \quad (2)$$

【 0 0 1 8 】

30

P F スケジューラはピーク方式（riding-on-peak）スケジューラとも呼ばれ、なぜなら、移動局の瞬間的なチャネル条件がピークである場合に優先的に移動局をスケジューリングするためである。一般的な想定として、システム内のすべての移動局はチャネル統計値が類似しているものとする。P F スケジューラは、長期ベースで公平性を維持するが、短期ベースでは不公平なことがある。

【 0 0 1 9 】

係数 α および β を導入することによって、P F スケジューラを一般化することができる。これにより、公平性とシステムのスループットパフォーマンスとの間の妥協点を調整することができる。この場合、スケジューリングする移動局 m^* の選択は、以下のように行われる。

40

【 数 3 】

$$m^* = \arg \max_m \left\{ \frac{[DRC_m(t_n)]^\alpha}{[R_m(t_n)]^\beta} \right\} \quad (3)$$

この式において、 α および β は一般に負でない。

【 0 0 2 0 】

α および β の以下の組合せは特殊な場合を表している。

- ・ $\alpha = 1$ $\beta = 1$: 従来の P F スケジューラ（式 1 および式 2 を参照）
- ・ $\alpha = 1$ $\beta = 0$: 最大レート（M R）スケジューラ。最大レートを達成できる移動

50

局をスケジューリングする

・ $\alpha = 0$ $\beta = 1$: 移動局に供給されるデータレートに関して公平なスケジューラ (無線インタフェースリソースに関しては公平ではない)

【0021】

(一般化された) PF スケジューラでは、QoS 要件が考慮されない。

【0022】

次のセクションでは、PHY チャンネル状態と QoS 要件とを考慮するスケジューリング方法について説明する。

【0023】

M - L W D F および「指数規則」のスケジューラ

M - L W D F (Modified-Largest Weighted Delay First) (M. Andrewsらの「Providing quality of service over a shared wireless link」(IEEE Commun. Mag., p. 150 ~ 154, 2001年2月)を参照)と、「指数規則」(Sanjay S. Hakkottai, Alexander L. Stolyarの「Scheduling Algorithms for a Mixture of Real-Time and Non-Real Time Data in HDR」(Technical Report, University of Illinois at Urbana-Champaign, Bell Laboratories, Lucent Technologies)を参照)は、QoS を効率的にサポートすると同時に、HDR のための無線インタフェースを効率的に利用するスケジューリング方法であり、この場合、一度に1人のユーザのみがデータを受信するものと想定し、すなわち、単一の共有物理チャネル102を想定する。

【0024】

図3は、M - L W D F および「指数規則」のスケジューラのブロック図を示している。物理層/メディアアクセス制御(MAC)層スケジューラ300におけるユニット301は、AMC ユニット305における適応変調・符号化を採用している共有物理チャネル102を通じて送信するパケットとして、ユーザ $m = 1, \dots, M$ に対応するキュー302, $\dots$, 304のパケットを選択する。ユニット306は、項 $W_m(t_n)$ 、または $W_m(t_n)$ に依存する指数規則項を計算する。これらの項はキューの状態を反映している。ユニット307は、ユーザ m の潜在的なデータレート $DRC_m(t_n)$ と、平均データレート $R_m(t_n)$ とを計算する。これらの値は、M人のユーザの実際のチャネル状態 $SIR_m(t_n)$ を反映している。ユニット301は、各フレーム t_n における各ユーザ m の優先度関数を、 $W_m(t_n)$ または指数規則項と、 $R_m(t_n)$ との両方とに基づいて計算し、優先度関数値が最大であるキューのHOLパケット(行頭(Head-Of-Line): キュー内の次のパケットであり、一般には遅延が最大であるパケット)を、送信する次のパケットとしてスケジューリングする。

【0025】

M - L W D F を採用しているシステム内のユーザ(移動局)がM人である場合、スケジューリングの各瞬間 t_n において、次のように、優先度関数が最大であるユーザ m^* を送信対象として選択する。

【数4】

$$P_m(t_n) = \gamma_m(t_n) W_m(t_n) DRC_m(t_n) \quad (4)$$

【数5】

$$m^* = \arg \max_m \{P_m(t_n)\} \quad (5)$$

上式において、 $DRC_m(t_n)$ は、時刻 t_n におけるユーザ m の利用可能なデータレートを表しており(PF スケジューラの場合の式1~式3と同じ)、 $W_m(t_n)$ は、ユーザ m に提供されるフローのHOLパケットの遅延を表している。フローによっては、HOLパケットの遅延 $W_m(t_n)$ を、送信バッファ内のパケットキュー長を表すパラメータ $Q_m(t_n)$ に置き換えることができる(上に引用したM. Andrewsらの論文を

10

20

30

40

50

参照)。

【0026】

式4から理解できるように、優先度関数は、ユーザの現在のチャネル状態(潜在的なデータレート $DRC_m(t_n)$ に反映される)と、パケットキューの現在の遅延/バッファ状態と、値 γ_m とに依存する。このように、M-LWDFスケジューラでは、PHYの条件とQoS要件とを考慮する。

【0027】

上に引用したM. Andrewsらの論文によると、M-LWDFの好ましい実施形態(ソリューション)では、

【数6】

$$\gamma_m = a_m / R_m(t_n) \text{ および } a_m = -\log(\delta_m) / T_m$$

である。この式において、 $R_m(t_n)$ はユーザmの平均データレートであり、 T_m はユーザmの遅延しきい値、 δ_m は遅延しきい値を超える最大確率(静的QoS要件)を表しており、すなわち、これらはQoS要件(W_m はパケット遅延を表す)

【数7】

$$\Pr\{W_m > T_m\} \leq \delta_m$$

を表している。従って、式4は次のようになる。

【数8】

$$P_m(t_n) = \underbrace{\frac{-\log(\delta_m)}{T_m} W_m(t_n)}_{\text{QoS related term}} \underbrace{\frac{DRC_m(t_n)}{R_m(t_n)}}_{\substack{\text{PHY related term} \\ \text{(PF scheduler)}}} \quad (6)$$

M-LWDFスケジューラについてのさらなる詳細(例えばトークンパケットアルゴリズムとの可能な組合せなど)は、上に引用したM. Andrewsらの論文に記載されている。M-LWDFスケジューラについては、欧州特許出願公開第1130872号明細書にさらに記載されている。

【0028】

「指数規則」スケジューラの場合、単にHOLパケット遅延 $W_m(t_n)$ が指数項に置き換わるように式4を修正する(上に引用したShakkottai、Stolyarの論文を参照)。従って、優先度関数は次のようになる。

【数9】

$$P_m(t_n) = \gamma_m \exp\left(\frac{p_m W_m(t_n) - \overline{pW_{tot}}}{1 + \sqrt{pW_{tot}}}\right) DRC_m(t_n) \quad (7)$$

この式において、

【数10】

$$\overline{pW_{tot}} = \frac{1}{M} \sum_m p_m W_m(t_n) \quad (8)$$

である。

また、この式において、 γ_m および p_m は一連の正の定数である。

【0029】

「指数規則」スケジューラをさらに修正したバージョンは、Kapseok Chang、Youngnam Hanの「QoS-based adaptive scheduling for a mixed service in HDR system」(PIMRC 2002, vol. 4, p. 1914~1918、2002年9月)

10

20

30

40

50

に記載されている。

【 0 0 3 0 】

なお、上述した M - L W D F ベースのスケジューラにおいては、P H Y 依存項 (D R C_m (t_n) および R_m (t_n)) と Q o S 項 (M - L W D F の場合には W_m (t_n)) は互いに依存せず、独立して計算することができる。

【 0 0 3 1 】

通信システムにおけるトラフィックは増しており、サービス品質の需要も高まっているため、高い無線インタフェース効率を提供し、必要な Q o S をより良好に満たす改良されたスケジューリングアルゴリズムの強い要求が存在している。さらには、複数の共有チャネル構成をサポートするスケジューリングアルゴリズムの要求が存在している。

10

【 発明の開示 】

【 0 0 3 2 】

本発明の目的は、上述した要求に応えることである。この目的は、請求項 1 による方法と、請求項 1 4 によるコンピュータ可読記憶媒体と、請求項 1 5 による送信装置と、請求項 1 7 による基地局と、請求項 1 8 による移動局とによって達成される。有利な実施形態は従属請求項の主題である。

【 0 0 3 3 】

本発明は、M - L W D F および「指数規則」のパケットスケジューラの優先度関数よりも改良された新しい優先度関数を定義する。

【 0 0 3 4 】

20

開示する優先度関数は、以下の特徴、

- チャンネル依存型のスケジューリングをすること
- フローとユーザを個別に扱うこと
- (M - L W D F および「指数規則」の場合の H O L パケットのみならず) フローごとの送信すべき複数の保留中パケット (pending packet) の遅延を考慮すること
- 公平性、スループット、Q o S 要件の達成、およびフロー特性を最適化し得ること
- 複数のフローを同時に処理し得ること

を提供する。

【 0 0 3 5 】

1 つの態様においては、本発明は、フレームの時間間隔にてデータパケットを送信し、かつ適応変調・符号化を適用する無線通信システムにおいて、複数のデータフローを複数の共有チャネルにスケジューリングする方法を提供する。この方法は、データフローと共有チャネルとの組合せの優先度値を、

30

【 数 1 1 】

$$P_{s,k}(t_n) = D_k \cdot S_k(t_n) \cdot G_{s,k}(t_n) \cdot C_{s,k}(t_n)$$

を使用して計算するステップであって、s が共有チャネルを表しており、k がデータフローを表しており、t_n が特定のフレームを表しており、P_{s,k} (t_n) が、フレーム t_n における共有チャネル s におけるデータフロー k の計算される優先度値であり、D_k が、データフロー k のサービス品質要件に依存する値であり、S_k (t_n) が、フレーム t_n におけるフロー k の重みの項であり、G_{s,k} (t_n) が、データフロー k の現在のバッファ状態を反映するメトリックであり、C_{s,k} (t_n) が、共有チャネル s におけるデータフロー k の現在の潜在的なデータレートを反映するメトリックである、ステップと、を含んでいる。この方法は、共有チャネルの少なくとも一部について、1 つのフレームの時間間隔中に共有チャネルの一部のそれぞれにおいてデータを送信するデータフローを、優先度値に基づいて選択するステップ、をさらに含んでいる。重みの項 S_k (t_n) は、制限的なサービス品質要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて大きくなり、もしくは、非制限的なサービス品質要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて小さくなる、またはその両方である。

40

50

【 0 0 3 6 】

本発明の別の態様においては、コンピュータ可読記憶媒体が命令を格納しており、命令が無線通信システムの基地局または移動局のプロセッサにおいて実行されたときに、それに起因して、プロセッサが、上述した方法を実行する。

【 0 0 3 7 】

本発明のさらなる態様は、フレームの時間間隔にてデータパケットを送信し、かつ適応変調・符号化を適用する無線通信システムの送信装置を提供する。この送信装置はスケジューラを備えている。スケジューラは、データフローと共有チャネルとの組合せの優先度値を、

【 数 1 2 】

$$P_{s,k}(t_n) = D_k \cdot S_k(t_n) \cdot G_{s,k}(t_n) \cdot C_{s,k}(t_n)$$

を使用して計算するように構成されているスケジューラであって、 s が共有チャネルを表しており、 k がデータフローを表しており、 t_n が特定のフレームを表しており、 $P_{s,k}(t_n)$ が、フレーム t_n における共有チャネル s におけるデータフロー k の計算された優先度値であり、 D_k が、データフロー k のサービス品質要件に依存する値であり、 $S_k(t_n)$ が、フレーム t_n におけるフロー k の重みの項であり、 $G_{s,k}(t_n)$ が、データフロー k の現在のバッファ状態を反映するメトリックであり、 $C_{s,k}(t_n)$ が、共有チャネル s におけるデータフロー k の現在の潜在的なデータレートを反映するメトリックである。スケジューラは、共有チャネルの少なくとも一部について、1つのフレームの時間間隔中に共有チャネルにおいてデータを送信するデータフローを、優先度値に基づいて選択するように、さらに構成されている。重みの項 $S_k(t_n)$ は、制限的なサービス品質要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて大きくなり、もしくは、非制限的なサービス品質要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて小さくなる、またはその両方である。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 8 】

添付の図面は、本発明の原理を説明する目的で、本明細書に組み込まれておりその一部を形成している。これらの図面は、本発明を構築および使用方法の図解および説明した例に本発明を制限するようには解釈されないものとする。さらなる特徴および利点は、添付の図面に図解してある、本発明の以下のさらに具体的な説明から明らかになるであろう。

【 0 0 3 9 】

以下では、本発明の具体的な実施形態について図面を参照しながら説明する。同様の要素および構造は、同様の参照数字によって表してある。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、欧州特許出願第 0 4 0 1 3 4 9 5 . 9 号および第 0 4 0 1 3 4 9 4 . 2 号と、国際特許出願 P C T / E P 2 0 0 4 / 0 1 3 7 7 6 および P C T / E P 2 0 0 4 / 0 1 3 7 7 7 に定義されている、本発明において使用できる単純化されたスケジューラアーキテクチャを示している。

【 0 0 4 1 】

図 4 の例においては、フロー（キュー）4 0 1 ~ 4 0 5 のそれぞれは、1つだけの Q o S クラスまたはサービスカテゴリのパケットのみを含んでいる。これにより、仮想リンクアダプテーションユニット 4 0 6 および優先度計算ユニット 4 0 7 からパケット関連情報へのアクセスが単純なものとなり、単純な F I F O（「先入れ先出し」）バッファ機能が達成され、なぜなら、サブチャネル（共有物理チャネル）スケジューラ 4 0 8 は、選択される Q o S クラスまたはサービスカテゴリのキューに最初に入れられたパケット（行頭「H O L」パケット）を必ず最初に取り出すことができるためである。

【 0 0 4 2 】

前述したように、この種類のシステムは A R Q 機能も実施している。すなわち、いくつかのパケットを再送信する必要がある得る。これらのパケットは、開示するコンセプトとは個別に扱うことができ、または単純に、送信されていないデータと同じように扱うことができる。この場合、A R Q プロトコルの影響も含まれ、例えば、送信キュー内のいくつかのパケットについては、A R Q フィードバックを待機しているため、スケジューリングにおいて利用可能でないことがある。A R Q は開示するコンセプトの目的ではないため、以下では A R Q の機能 / 影響については省略する。

【 0 0 4 3 】

仮想リンクアダプテーションユニット 4 0 6 は、スケジューリングメトリックのための基礎情報として、サービスカテゴリと物理チャネルの組合せの少なくともいくつかについて、潜在的なデータレートに関する情報を計算する。これらの値の計算は、サブチャネルの状態に関する情報（例：信号対雑音比、送信損失）（矢印 4 0 9）と、フローのバッファ状態（矢印 4 1 0）とに基づく。特定の物理データレートにおいて完全なフレームを埋めるだけの十分なデータがバッファに存在しない場合、サブチャネルから得ることのできる潜在的なデータレートの上限をバッファ状態によって設定することができる。サブチャネルに関する状態情報またはチャネル品質情報は、データの受信者（すなわちユーザ 1 および 2 の移動局）から受け取ることができ、または、送信器側がチャネル推定によって測定することができる。サブチャネルと Q o S クラスまたはサービスカテゴリの組合せのそれぞれについて、達成可能なデータレートが計算され、これは有利である。

【 0 0 4 4 】

達成可能なデータレートは、送信パラメータ（例えば、前方誤り訂正の符号化レートおよび方式、変調方式、電力制御、H A R Q 方式、冗長性バージョンの選択）に依存するため、データレートを計算するための入力としてこれらの値を想定する必要がある。従って、仮想リンクアダプテーションユニット 4 0 6 は、これらの想定も行い、本文書では、この処理をその推測的な特性から「仮想リンクアダプテーション」と呼ぶ。関連する情報のすべてを優先度値計算ユニット 4 0 7 に渡すことができる（矢印 4 1 1）。

【 0 0 4 5 】

サブチャネルスケジューラ 4 0 8 は、スケジューリングメトリックのための基礎情報として、サブチャネル 2 0 2 ~ 2 0 5 と Q o S クラスまたはサービスカテゴリとの組合せのそれぞれの優先度情報を、優先度値計算ユニット 4 0 7 から受け取る。この優先度の計算は、そのサービスカテゴリに属す、バッファ内のデータを配信するうえでの期限（due time）から、実際の時間（「存続時間」（“time to live”））を減じた差異に基づくことができる。あるいは、この優先度の計算は、望ましい送信データレートと近い過去における実際の送信レートとの比に基づくことができる。優先度の計算が、1 つの Q o S クラスまたはサービスカテゴリの中でデータパケットによって異なりうる特性に基づく場合、カテゴリ内のバッファリングされているすべてのパケットの最悪の値を求めて、優先度値の計算に使用することができる。

【 0 0 4 6 】

優先度値は、仮想リンクアダプテーションユニット 4 0 6 からの入力にも依存させることができる。すべての Q o S クラスまたはサービスカテゴリについて、同じアルゴリズムを使用して優先度値を計算することができる。あるいは、各 Q o S クラスまたはサービスカテゴリにおいて最も重要であるパラメータに応じて、Q o S クラスまたはサービスカテゴリごとに異なるアルゴリズムを使用して計算することができる。そのようなパラメータとしては、必要なデータレートまたは実際のデータレート、必要なパケット誤り率または実際のパケット誤り率、必要なパケット遅延または実際のパケット遅延が挙げられる。別の代替形態としては、Q o S クラスの固定優先度またはサービスカテゴリの固定優先度を表す固定値、あるいはユーザ依存値を表す固定値を、優先度値として使用する、または優先度値を計算するための係数として使用することができる。

【 0 0 4 7 】

スケジューラは、優先度計算ユニット407から入力される情報に基づいて、好ましくは各フレームについて、サブチャネル412～415のそれぞれのスケジューリングメトリックを計算する。スケジューラは、このスケジューリングメトリックに基づいて、処理するデータフローを選択し、選択したデータフロー（キュー）からのデータを共有サブチャネルにマッピングする。共有チャネルのコンセプトに従うと、任意のフロー（図4におけるキュー401～405）からのデータを、任意の共有PHYチャネル412～415にマッピングすることができる。しかしながら、1つのPHYフレームの中では、1つのサービスカテゴリからのデータを必ず1つのサブチャネルにマッピングすることが好ましい。これにより、サブチャネルスケジューラ408から受け取るデータブロックの符号化および変調を実行するAMCユニット416～419において、QoS要件に従ったリンクアダプテーションを行うことができる。

10

【0048】

サブチャネルスケジューラ408は、マッピングの決定に基づいて、物理データブロックにまとめるパケットを指定されたデータフローから集め、スケジューリングしたデータブロックをAMCユニット416～419に渡す。AMCユニット416～419は、適切に処理するための送信パラメータ情報をさらに受け取る。このことはさまざまな方法で達成できるが、いずれの場合にも、共有物理チャネルそれぞれの実際のデータレートと、スケジューリングを決定するための基礎情報として仮想リンクアダプテーションによって計算されたデータレートとが整合する。

【0049】

20

図5は、スケジューリングの各瞬間に実行されるスケジューラのアルゴリズムの単純化されたフローチャートを示している。

【0050】

最初に、S5501において、「仮想リンクアダプテーション」ブロックが、スケジューリングする次の無線フレームについて、各サブチャネル412～415における各フロー401～405の潜在的なデータレートを計算する。フローの数Kは、ユーザの数Mとは異なってもよく、なぜなら、ユーザが一度にいくつかのフローを持つ、あるいは非アクティブである（フローを持たない）ことがあるためである。一般的には、N個の共有チャネル（例：OFDMAにおけるサブチャネル）が定義されている場合、「仮想リンクアダプテーション」ブロック406はM×N個のチャネル状態を受け取る。これらM×N個のチャネル状態をK×N個の潜在的なデータレートにマッピングし、この場合、ユーザ依存のチャネル状態からフロー依存のデータレートへのマッピング機能を、各フローのQoS要件に依存させることができる。

30

【0051】

次に、S5502において、K×N個の優先度値を、「仮想リンクアダプテーション」ブロックからの入力と、フローのQoS要件とに基づいて計算する。

【0052】

S5503において、共有チャネル（サブチャネル）スケジューラが、フローとサブチャネルの組合せのうち、現時点で優先度関数の値が最大である組合せを選択する。S5504において、選択したサブチャネルs*を「予約済み」とマークし、このサブチャネルにはさらに割り当てることができない。さらに、割り当てられたフローのスケジューリング済みパケットをフローバッファから削除する（あるいはこれらのパケットを「スケジューリング済み」とマークすることができる）。

40

【0053】

送信するデータが存在し（S5505）、割り当てることができるサブチャネルが残っている（S5506）場合、S5507において、いま割り当てたフローの残りの（またはすべての）サブチャネルの優先度値を更新し、なぜなら、スケジューリング済みのパケットを削除することにより、潜在的なデータレートもしくは優先度値、またはその両方が変化するためである。

【0054】

50

S 5 5 0 3 の新しいインスタンスにおいて、フローとサブチャネルの次の組合せのうち、この時点で優先度関数の値が最大である組合せを選択するステップから割り当てを続行する。以降も同様である。

【 0 0 5 5 】

すべてのサブチャネルが割り当てられ、または送信するデータがなくなったとき、S 5 5 0 8 において、A M C ユニットが、割り当てられたサブチャネルについて、各フローのデータの変調および符号化を実行する。なお、このステップは、フローとサブチャネルの組合せを割り当てるときに実行することもできる。

【 0 0 5 6 】

以下では、本スケジューリング方法の良好なパフォーマンスにとって不可欠な優先度関数の計算について説明する。

【 0 0 5 7 】

優先度関数の定義

1 人のユーザに、Q o S 要件の異なるいくつかのフローを一度に提供できる（1つのフローは、Q o S 要件が類似するかまたは同じである複数の異なるアプリケーションからのデータを含んでいる）ものと想定し、提案するスケジューラは、優先度関数 $P_{s,k}(t_n)$ を使用する。 $P_{s,k}(t_n)$ は、サブチャネル（共有チャネル）インデックスとフローインデックス k とに依存し、以下のように定義される。

【数 1 3】

$$P_{s,k}(t_n) = D_k \cdot S_k(t_n) \cdot G_{s,k}(t_n) \cdot C_{s,k}(t_n) \quad (9)$$

この式において、 k は、いずれかのユーザ m に属す k 番目のフローを表しており、 s はサブチャネル（共有チャネル）インデックスを表している。

【 0 0 5 8 】

上の式は、以下の Q o S、フロー、トラフィック負荷に関する項をさらに含んでいる。

D_k : フロー k の Q o S 要件を反映する静的メトリックを表している

$S_k(t_n)$: フロー k の重みを表している

$G_k(t_n)$: フロー k の現在のバッファ状態を反映するメトリックを表している

$C_{s,k}(t_n)$: チャネル状態に依存する項であり、サブチャネル s におけるフロー k の現在の潜在的な（「仮想」）データレートを反映するメトリックを表している

【 0 0 5 9 】

図 4 および図 5 に示し、以下のセクションで説明するように、 $C_{s,k}(t_n)$ の計算は、 $G_{s,k}(t_n)$ を計算する前に実行する必要がある。

【 0 0 6 0 】

上の係数の定義について以下に説明する。

【 0 0 6 1 】

Q o S 要件項 D_k

D_k は、以下の規則に従って定義することができる。

■ 下式（M - L W D F および「指数規則」のスケジューラを参照）。 T_k は、フロー k の遅延しきい値を表しており、 ε_k は、フロー k の、遅延しきい値を超える最大確率を表している。 δ は 0 以上の任意の実数である

【数 1 4】

$$D_k = -\log(\varepsilon_k) / (T_k)^\delta$$

■ 下式。 T_k はフロー k の遅延しきい値を表している。 δ は 0 以上の任意の実数である

【数 1 5】

$$D_k = 1 / (T_k)^\delta$$

■ D_k は無視することができ、すなわち、すべての k に対して $D_k = \text{定数}$ とすること

ができる

【 0 0 6 2 】

フロー重み項 $S_k(t_n)$

$S_k(t_n)$ は、以下の規則に従って定義することができる。

■ 時間に依存しない値 S_k に単純化することができる。 S_k は特定のフローの重みを表す

■ $S_k(t_n)$ はトラフィック負荷に依存させることができ、例えば、制限的な QoS 要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて $S_k(t_n)$ を大きくする、もしくは、非制限的な QoS 要件の場合にフローのトラフィック負荷が増すにつれて $S_k(t_n)$ を小さくする、またはその両方とすることができる

■ $S_k(t_n)$ は、フローが提供されるユーザのサブスクリプションのタイプに依存させることができる。例えば、いくつかのフロー/ユーザを、より高いサービス料金の支払いに基づいて優先させることができる

■ $S_k(t_n)$ を使用して、データとシグナリング情報とを区別することができる。すなわち、シグナリング情報が共有物理チャネルを通じて送られる場合に、 $S_k(t_n)$ を使用して、シグナリングとデータの重みを制御することができる

■ $S_k(t_n)$ を使用して、フローによって要求される平均データレートに比例するメトリックを反映させることができる

■ $S_k(t_n)$ は無視することができ、すなわち、すべての t_n, k に対して $S_k(t_n) = \text{定数}$

【 0 0 6 3 】

チャネル項 $C_{s,k}(t_n)$

$C_{s,k}(t_n)$ は、次の式に従って定義される。

【 数 1 6 】

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[DRC_{s,k}(t_n)]^\alpha}{[R_k(t_n)]^\beta} \quad (10)$$

この式において、 $DRC_{s,k}(t_n)$ は、AMC に従ったときの、時刻 t_n においてフロー k に対してサブチャネル s において潜在的に達成可能な瞬間的なデータレートを表している（サブチャネルにマッピングするビットまたはパケットの数をこのデータレートから容易に計算することができる）。 $R_k(t_n)$ は、フロー k の潜在的な（「仮想」）平均データレート（通常、いくつかのフレームにまたがってタイムウインドウ化されており、例えば、瞬間的な「仮想」データレート $DRC_{s,k}(t_n)$ の移動平均または加重移動平均）を表しており、これは、プロポーショナルフェアスケジューラの場合の定義（ $R_m(t_n)$ が実際の提供されるデータレートを表す）とは対照的である。

【 0 0 6 4 】

$R_k(t_n)$ は、サブチャネル s の潜在的な（「仮想」）平均データレートを表す、または、複数/すべてのサブチャネルにわたり平均化される潜在的な（「仮想」）平均データレートを表すことができる。

【 0 0 6 5 】

$DRC_{s,k}(t_n)$ は、通常、既知、または推定される、またはシグナリングされるユーザチャネル状態から、探索テーブルを使用し、送信に利用可能なデータ量（送信バッファ状態）を考慮して求められる。なお、 $DRC_{s,k}(t_n)$ は、同じユーザに属すフローごとに異なっていることができ、なぜなら、例えば達成可能なデータレートは、フローの QoS 要件に応じて異なる値に設定される特定の誤り率に対して定義されるためであり、または、 $DRC_{s,k}(t_n)$ は送信バッファ内の利用可能なデータによって制限されるためである。

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

50

あるいは、 $C_{s,k}(t_n)$ を、次のようにチャネル状態（例：信号対干渉／雑音比（SIR））によって直接的に定義することができる。

【数 17】

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[SIR_{s,k}(t_n)]^\alpha}{[avgSIR_k(t_n)]^\beta} \quad (11)$$

この式において、平均化関数 $avgSIR_k(t_n)$ は、式 10 における $R_k(t_n)$ に類似して定義されており、すなわち、 $avgSIR_k(t_n)$ は、サブチャネル s の平均 SIR を表す、またはすべてのサブチャネルにわたる平均データレート SIR を表すことができる。

10

【0067】

$SIR_{s,k}(t_n)$ の値が、フロー k の送信バッファ内の利用可能なパケットよりも多くのパケットを送信できる（より高いデータレート）ものである場合、送信バッファ内のパケットキューのサイズに従って実際に達成することのできるデータレートを表す SIR が反映されるように、実際の $SIR_{s,k}(t_n)$ 値を小さくすることができる。

【0068】

なお、 $C_{s,k}(t_n)$ が式 11 によって定義される場合、サブチャネルにマッピングされるビットまたはパケットの数も計算する必要がない（次セクションを参照）。

【0069】

20

フローのバッファ状態項 $G_{s,k}(t_n)$

$G_{s,k}(t_n)$ は、次式に従って定義される。

【数 18】

$$G_{s,k}(t_n) = \frac{1}{B_k \cdot (J_{s,k})^\gamma} \left[\sum_{j=1}^{J_{s,k}} f_{j,k} \cdot b_{j,k} \cdot g_{j,k}(t_n) \right]^\gamma \quad (12)$$

この式において、 $j = 1$ は、行頭（HOL）パケットを示しており、 $g_{j,k}(t_n)$ は、フロー k の保留中のパケット j の遅延／バッファ状態を反映しており、 $f_{j,k}$ および $b_{j,k}$ はパケット j の重みを反映している。 B_k は、 $J_{s,k}$ パケットの総データサイズ（例：ビット単位）を反映するメトリックを表している。

30

【0070】

$f_{j,k}$ は、HOL ポジションに近いパケットの重みを増大させるための、 j に関する単調減少関数である。

【数 19】

$$(f_{j,k} \geq f_{j+1,k})$$

【0071】

この式を単純にする場合、 $f_{j,k}$ を無視する、すなわち $f_{j,k} = \text{定数}$ とすることができる。

40

【0072】

$b_{j,k}$ は、パケット j のサイズを反映する（例：ビット単位）。式を単純にする場合、またはパケットサイズが等しい場合、 $b_{j,k}$ を定数とすることができる。

【0073】

B_k は、 $J_{s,k}$ パケットの総サイズを反映しており、すなわち、

【数 20】

$$B_k = \sum_{j=1}^{J_{s,k}} b_{j,k}$$

50

である。

【 0 0 7 4 】

$g_{j,k}(t_n)$ は次のように定義することができる。

■ 下式。 $W_{j,k}(t_n)$ は、フロー k のパケット j の待機時間を表している (M-LWDF スケジューラを参照)

【 数 2 1 】

$$g_{j,k}(t_n) = W_{j,k}(t_n)$$

または、

■ 下式 (「指数規則」スケジューラを参照)

10

【 数 2 2 】

$$g_{j,k}(t_n) = \exp\left(\frac{p_k W_{j,k}(t_n) - \overline{pW_{tot}}}{1 + \sqrt{pW_{tot}}}\right)$$

このとき

【 数 2 3 】

$$\overline{pW_{tot}} = \frac{1}{K} \sum_k \frac{1}{J_{s,k}} \sum_j^{J_{s,k}} p_k W_{j,k}(t_n)$$

20

【 0 0 7 5 】

$J_{s,k}$ は次のように定義することができる。

■ 下式。 $N_{s,k}$ は、式 10 における $C_{s,k}(t_n)$ の場合に与えられる瞬間的な「仮想」データレート $DR_{s,k}(t_n)$ に従ったときに時刻 t_n にサブチャネル s において送信できるフロー k のパケット数を表している

【 数 2 4 】

$$J_{s,k} = N_{s,k}$$

■ 例えば複雑性の理由から、下式。

30

【 数 2 5 】

$$J_{s,k} < N_{s,k}$$

■ $J_{s,k}$ はフロー k のバッファ内の総パケット数

なお、特殊な場合として、パケットは 1 つのみのビットで構成することができる。

【 0 0 7 6 】

スケジューラの選択手順

先行技術と比較すると、開示するスケジューラは、ユーザ m を選択するのではなく、次の規則に従ってフロー k^* をサブチャネル s^* に割り当てる (図 5 も参照)。

【 数 2 6 】

40

$$\{s^*, k^*\} = \arg \max_{s,k} \{P_{s,k}(t_n)\} \quad (13)$$

なお、図 5 におけるフローチャートによると、複数の共有チャネル (複数のサブチャネル) の場合、フローとサブチャネルとのいくつかの組合せを選択する。次の選択のため、最後に割り当てられたフローの優先度関数 $P_{s,k}(t_n)$ を更新する必要がある。1 つの共有チャネルの場合には、選択を一度だけ実行する。

【 0 0 7 7 】

上に示したように、優先度関数 $P_{s,k}(t_n)$ は、係数 D_k 、 $S_k(t_n)$ 、 $G_{s,k}(t_n)$ 、および $C_{s,k}(t_n)$ によって定義される。以下ではこれらの係数のいく

50

つかの好ましい設定を示す。

【 0 0 7 8 】

第 1 の好ましい設定

【 数 2 7 】

$$D_k = 1 / (T_k)^\delta$$

【 数 2 8 】

$$S_k(t_n) = \text{定数}$$

【 数 2 9 】

10

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[SIR_{s,k}(t_n)]^\alpha}{[avgSIR_k(t_n)]^\beta} \quad (\alpha = \beta)$$

【 数 3 0 】

$$G_{s,k}(t_n) = \frac{1}{B_k \cdot (J_{s,k})^\gamma} \left[\sum_{j=1}^{J_{s,k}} b_{j,k} \cdot g_{j,k}(t_n) \right]^\gamma \quad (J_{s,k} = N_{s,k} \text{ かつ } g_{j,k}(t_n) = W_{j,k}(t_n))$$

パラメータの設定は以下のとおりである。

20

$$\delta = \gamma = 1, \dots, 6$$

$$\alpha = \beta = 1, \dots, 6$$

【 0 0 7 9 】

第 2 の好ましい設定

この設定においては、係数は第 1 の好ましい設定と同様に定義するが、式 1 1 に定義されているチャンネル項 $C_{s,k}(t_n)$ に対して S I R 低減機能を使用する。

【 0 0 8 0 】

第 3 の好ましい設定

この設定においては、係数は第 1 の好ましい設定と同様に定義するが、チャンネル項 $C_{s,k}(t_n)$ を次のようにデータレートに基づいて定義する。

30

【 数 3 1 】

$$C_{s,k}(t_n) = \frac{[DRC_{s,k}(t_n)]^\alpha}{[R_k(t_n)]^\beta}$$

【 0 0 8 1 】

第 4 ~ 第 7 の好ましい設定

これらの設定においては、係数の定義は、

【 数 3 2 】

$$g_{j,k}(t_n) = \exp \left(\frac{p_k W_{j,k}(t_n) - \overline{pW_{tot}}}{1 + \sqrt{pW_{tot}}} \right)$$

40

を除いて、第 1 ~ 第 3 の好ましい設定と同じである。

【 0 0 8 2 】

開示したスケジューラの実アルゴリズムは、キューサイズを制御する、すなわちキューサイズを安定化する目的で、レート制御方式（例：リーキーノトークンバケット）と組み合わせることができる。

【 0 0 8 3 】

50

さらに、共有物理チャネルにおけるパディングを避けるため、データフロー packets を分割する (segment) ことができる。

【 0 0 8 4 】

図 6 は、上述した方法を使用することのできる基地局 1 3 0 0 の構造を示している。この基地局はプロセッサ 1 3 0 1 を備えており、このプロセッサは、データを処理し、プロトコル機能を実行し、基地局のコンポーネントを制御するように構成されている。このプロセッサは、1 つ以上のプログラマブルなマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラと、データおよび命令を格納するためのメモリとを備えていることができる。本発明による本方法をプロセッサに実行させる命令は、不揮発性の半導体メモリ 1 3 0 6 (例: 読取り専用メモリ (ROM)、PROM (プログラマブル ROM)、フラッシュメモリ) に格納することができる。さらに、この命令は、プロセッサ 1 3 0 1 の不揮発性メモリ 1 3 0 6 に適切な読取り器 1 3 0 8 を使用してダウンロードできるように、別のコンピュータ可読媒体 1 3 0 7 (例: 磁気ディスク、磁気テープ、光ディスク) に格納することができる。プロセッサ 1 3 0 1 は、ハードウェアロジック (固定またはフィールドプログラマブル) も備えていることができる。説明した方法およびその一部は、そのようなハードウェアロジックにおいて実行することもできる。ハードウェアおよびソフトウェアを組み合わせたさらなる実施形態も可能である。

10

【 0 0 8 5 】

さらに、基地局 1 3 0 0 は、移動局への無線接続を確立するための送信器 1 3 0 2 および受信器 1 3 0 3 と、無線ネットワークのコアネットワーク 1 3 0 5 に直接的または他のデバイス (図示していない) を介して自身が接続するためのネットワークインタフェース 1 3 0 4 とを備えている。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 6 】

【図 1】1 つの共有物理チャネルに 4 つの移動局 (U 1 ~ U 4) を多重化する D C A の例を示している。

【図 2】複数 (N) の平行な共有物理チャネルに 4 つの移動局 (U 1 ~ U 4) を多重化する D C A の例を示している。

【図 3】M - L W D F および「指数規則」のスケジューラの概略図を示している。

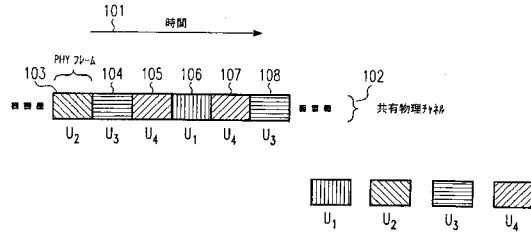
【図 4】説明する方法を実施することのできるスケジューラの概略図を示している。

30

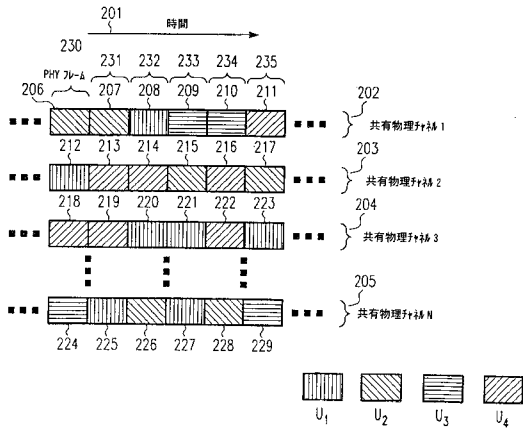
【図 5】説明するスケジューリングアルゴリズムのフローチャートを示している。

【図 6】本発明を適用することのできる基地局の例示的な構造を示している。

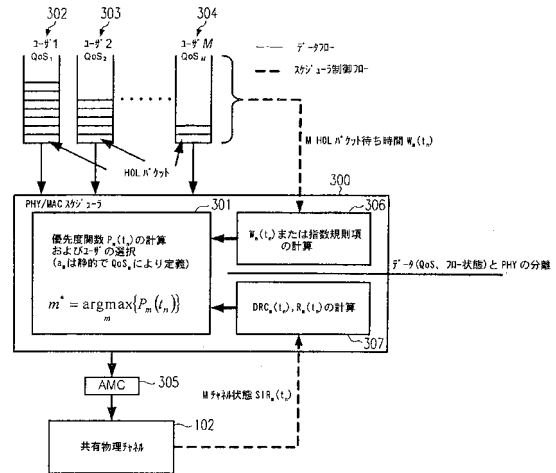
【図 1】



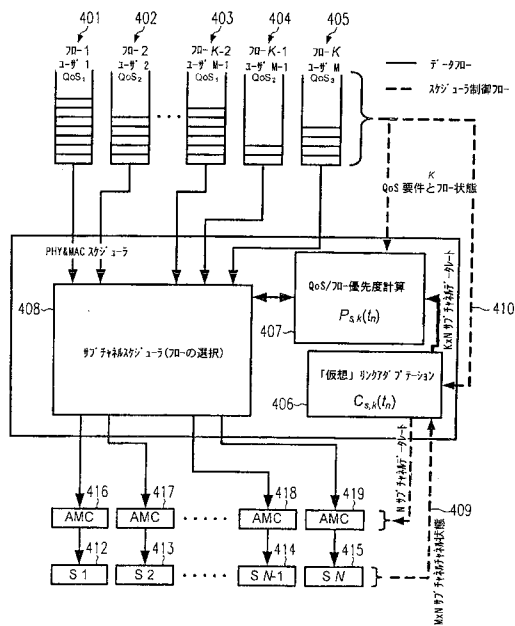
【図 2】



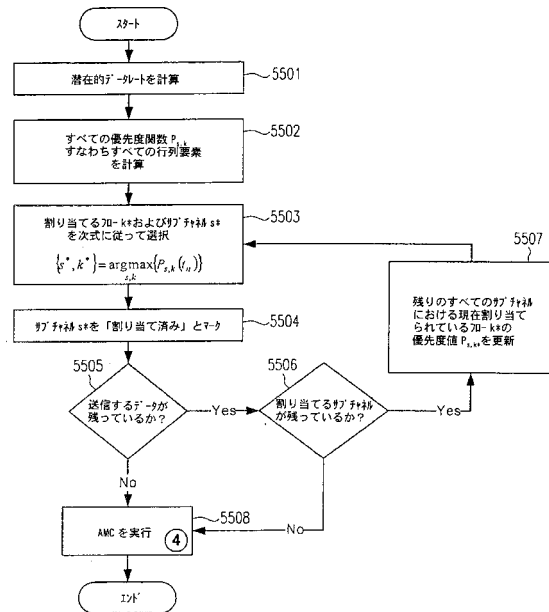
【図 3】



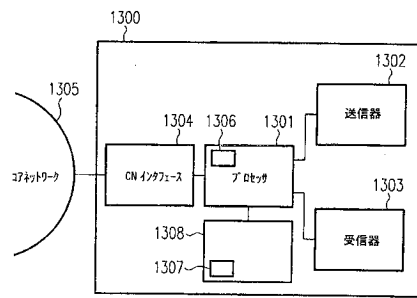
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

審査官 倉本 敦史

(56)参考文献 米国特許出願公開第2005/0111361(US, A1)
特開2004-312190(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04W 4/00-99/00
H04J 3/00