

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5208445号
(P5208445)

(45) 発行日 平成25年6月12日 (2013. 6. 12)

(24) 登録日 平成25年3月1日 (2013. 3. 1)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 W 28/10 (2009. 01)	HO 4 W 28/10
HO 4 L 12/815 (2013. 01)	HO 4 L 12/56 2 O O C
HO 4 L 12/863 (2013. 01)	HO 4 W 72/12 1 3 O
HO 4 W 72/12 (2009. 01)	

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2007-120704 (P2007-120704)	(73) 特許権者	500587067
(22) 出願日	平成19年5月1日 (2007. 5. 1)		アギア システムズ インコーポレーテッド
(65) 公開番号	特開2007-300643 (P2007-300643A)		アメリカ合衆国、1 8 1 0 9 ペンシルヴァニア、アレントアウン、アメリカン パークウェイ エヌイー 1 1 1 0
(43) 公開日	平成19年11月15日 (2007. 11. 15)		
審査請求日	平成22年4月5日 (2010. 4. 5)	(74) 代理人	100094112
(31) 優先権主張番号	11/415831		弁理士 岡部 譲
(32) 優先日	平成18年5月1日 (2006. 5. 1)	(74) 代理人	100064447
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 岡部 正夫
		(74) 代理人	100085176
			弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 待ち時間と占有率とに基づく無線ネットワークのスケジューリング方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通信システムにおいて複数の伝送要素から伝送するためのデータ・ブロックをタイムスロット中にスケジュールする方法であって、

前記伝送要素に対してそれぞれの比較容量基準を決定するステップであって、前記比較容量基準の各々が、前記伝送要素の対応する 1 つに対して待ち時間の値と占有率の値との組合せにより比較される、ステップと、

前記比較容量基準に基づいて前記タイムスロットの所与の 1 つ中にスケジュールするために前記伝送要素の 1 つまたは複数を選択するステップと、

前記タイムスロットの前記所与の 1 つにおいて選択された 1 つ又は複数の前記伝送要素をスケジュールするステップと、

前記タイムスロットの前記所与の 1 つにおいて伝送するステップとを含み、

前記伝送要素がそれぞれのキューを含み、

前記伝送要素の所与の 1 つに対する前記占有率の値が、前記伝送要素の前記所与の 1 つにおいてエンキューされた複数のデータ・ブロックに基づく方法。

【請求項 2】

前記比較容量基準が、 i の値 $= 1 \sim N$ として、 N が伝送要素の数、 α_i および β_i が伝送要素 i に対する定数、 W_i が伝送要素 i の特定のデータ・ブロックの待ち時間、 O_i が伝送要素 i の占有率、および r_i が伝送要素 i のチャネル容量であるとき、 $(\alpha_i W_i +$

10

20

$\beta_i O_i) r_i$ で求められる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記伝送要素 i が、キューを含み、 W_i がキュー i の列の先頭のパケットの待ち時間である、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記比較容量基準が、 i の値 $= 1 \sim N$ として、 N が伝送要素の数、 α_i および β_i が伝送要素 i に対する定数、 Δ_i が伝送要素 i の待ち時間、 O_i が伝送要素 i の占有率、ならびに r_i が伝送要素 i のチャンネル容量であるとき、 $(\alpha_i \Delta_i + \beta_i) O_i r_i$ で求められる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

T_c が現在の時点、 T_{last} が、伝送要素 i がスケジュールされた最後の時点であるとき、 Δ_i が $T_c - T_{last}$ と定められる、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記比較容量基準が、 i の値 $= 1 \sim N$ として、 N が伝送要素の数、 α_i が伝送要素 i に対する定数、 Δ_i が伝送要素 i の待ち時間、 O_i が伝送要素 i の占有率、および r_i が伝送要素 i のチャンネル容量であるとき、 $(\alpha_i \Delta_i O_i r_i)$ で求められる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

T_c が現在の時点、 T_{last} が、伝送要素 i がスケジュールされた最後の時点であるとき、 Δ_i が $T_c - T_{last}$ と定められる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記伝送要素の 2 つ以上が、選択対象の伝送要素がほぼ同じ比較容量基準を有することに基づいて、前記所与のタイムスロット中にスケジュールするために選択され、前記選択された伝送要素のすべては、前記選択された伝送要素の異なる要素に利用可能なコードのセットの異なるサブセットを割り当てることにより前記所与のタイムスロット中にスケジュールされる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

通信システムにおいて複数の伝送要素から伝送するためのデータ・ブロックをタイムスロット中にスケジュールする装置であって、

前記伝送要素に連結されたスケジューラであって、

前記スケジューラが、前記伝送要素に対してそれぞれの比較容量基準を決定し、前記比較容量基準の各々は前記伝送要素の対応する 1 つに対して待ち時間の値と占有率の値との組合せにより比較され、前記比較容量基準に基づいて前記タイムスロットの所与の 1 つ中にスケジュールするために前記伝送要素の 1 つまたは複数を選択し、前記タイムスロットの前記所与の 1 つにおいて選択された 1 つ又は複数の前記伝送要素をスケジュールするスケジューラと、

前記スケジューラに連結され、前記タイムスロットの前記所与の 1 つ中に伝送するトランスミッタと

を含み、

前記伝送要素がそれぞれのキューを含み、

前記伝送要素の所与の 1 つに対する前記占有率の値が、前記伝送要素の前記所与の 1 つにおいてエンキューされた複数のデータ・ブロックに基づくように適合された装置。

【請求項 10】

通信システムにおいて複数の伝送要素から伝送するためのデータ・ブロックをタイムスロット中にスケジュールするように構成されたスケジューラを有する処理装置を含み、

前記スケジューラが、前記伝送要素に連結され、

前記スケジューラが、前記伝送要素に対してそれぞれの比較容量基準を決定し、前記比較容量基準の各々は前記伝送要素の対応する 1 つに対して待ち時間の値と占有率の値との組合せにより比較され、前記比較容量基準に基づいて前記タイムスロットの所与の 1 つ中にスケジュールするために前記伝送要素の 1 つまたは複数を選択し、前記タイムスロット

10

20

30

40

50

の前記所与の1つにおいて選択された1つ又は複数の前記伝送要素をスケジュールするスケジューラと、

前記スケジューラに連結され、前記タイムスロットの前記所与の1つ中に伝送するトランスミッタと

を含み、

前記伝送要素がそれぞれのキューを含み、

前記伝送要素の所与の1つに対する前記占有率の値が、前記伝送要素の前記所与の1つにおいてエンキューされた複数のデータ・ブロックに基づくように適合された集積回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、一般に電気通信の分野に関し、より詳細には限られたリソースへのアクセスを制御するために使用するスケジューラに関する。

【背景技術】

【0002】

本出願は、同時に出願した「High-Throughput Scheduler with Guaranteed Fairness for Wireless Networks and Other Applications」という名称の米国特許出願代理人整理番号Hamilton 6-2-4-3に関連し、この開示は参照により本明細書に組み込まれている。

20

【0003】

多くの電気通信の用途では、限られたリソースを求めて競合する複数のタスク間の競合を解決するために、スケジューラを使用する。例えば、かかるスケジューラは、一般にネットワーク・プロセッサで使用されて、特定の伝送帯域幅での伝送のために複数のトラフィック・フローをスケジュールする。

【0004】

ネットワーク・プロセッサは通常、ネットワークの物理層部分のような物理伝送媒体と、ルータのスイッチ・ファブリックまたは他のタイプのスイッチとの間のデータのフローを制御する。ネットワーク・プロセッサの重要な機能には、ネットワークの物理伝送媒体からスイッチ・ファブリックへの、およびその逆の伝送のための、複数のトラフィック・フローと関連した、セル、パケット、または他のデータ・ブロックのスケジューリングがある。ネットワーク・プロセッサのスケジューラがこの機能を行う。

30

【0005】

複数のスケジューリング・アルゴリズムをサポートすることができる効率的かつ柔軟性のあるスケジューラのアーキテクチャが、発明者名Asif Q. Khan他で2003年11月26日に出願された、「Processor with Scheduler Architecture Supporting Multiple Distinct Scheduling Algorithms」という名称の米国特許出願第10/722,933号に開示されており、これは同一出願人によるものであって参照により本明細書に組み込まれている。

40

【0006】

多くの場合、ネットワーク・プロセッサまたは他の処理装置に実装される所与のスケジューリング・アルゴリズムは、簡潔かつ公平であることが望ましい。処理装置のハードウェアは、特に高データ・レート環境では、通常は所与のスケジューリングの決定を行う時間があまりないため、簡潔であることが重要である。また優れたスケジューラは、公平でなければならない。例えばスケジューラは、ユーザの重みにより、優先度の高いユーザが優先度の低いユーザより多くの帯域幅を獲得するようにして、帯域幅を割り当てること

【0007】

簡潔で公平なスケジューリング・アルゴリズムの一例は、重み付きラウンドロビン(W

50

RR) スケジューリング・アルゴリズムである。所与の電気通信の用途において、各タイムスロットで1つのデータ・ブロックを処理することができる1つのリソースを求めて競合する数人のユーザがいると仮定する。スケジューラは、各タイムスロットでどのユーザが1つのデータ・ブロックをサーバに送ることができるかを決定しなければならない。各ユーザは、その優先度を示す重みを有する。より大きな重みを有するユーザが、より高い優先度を持つ。理想的な状態の下では、ユーザが受けるサービスは、ユーザの重みに比例するものとなる。WRRスケジューラは、ラウンドロビン式にユーザの重みに比例してユーザにサービスする。

【0008】

WRRに伴う問題は、長時間のバースト性があることである。長いバーストは、ユーザの通信装置のバッファをオーバーフローさせる可能性があるため、これは通信システムでは明らかに望ましくない。かかるバースト性は、ユーザの総数が数百以上となる可能性がある実際の用途においてますます問題となっている。

【0009】

WRRのバースト性の問題を克服する代替のスケジューリング・アルゴリズムが知られている。このような例として、WFQ (Weighted Fair Queuing) と、WF²Q (Worst-case Fair Weighted Fair Queuing) とがある。残念ながら、これらの代替のアルゴリズムは、通常はWRRよりかなり複雑であり、したがって高データ・レートで動作するネットワーク・プロセスおよび他の処理装置に実装するのが難しい場合がある。

【0010】

同一出願人によるものであって参照により本明細書に組み込まれている、発明者名 Jinhui Li 他で2004年7月30日に出願された、「Frame Mapping Scheduler」という名称の米国特許出願第10/903,954号は、WRRに匹敵する簡潔さと公平さを備えながら、WRRに一般に付随するバースト性の問題がないフレーム・マッピング・スケジューラを例示的实施形態で開示している。さらに具体的には、そこに説明される例示的实施形態のフレーム・マッピング・スケジューラは、ウェイト・テーブルとマッピング・テーブルとを利用するスケジューリング回路を備える。ウェイト・テーブルは、複数のエントリを含み、エントリのそれぞれが伝送要素の特定の1つを識別するようになっている。マッピング・テーブルは、フレームの特定のタイムスロットとウェイト・テーブルのエントリとの間のマッピングを特定する少なくとも1つのエントリを含む。スケジューリング回路は、対応するマッピング・テーブルのエントリにアクセスし、結果の値を利用してウェイト・テーブルにアクセスすることにより、所与のタイムスロット中にスケジュールされる特定の伝送要素を決定する。マッピング・テーブルのエントリは、黄金比ポリシーまたは他のタイプのポリシーに従って予め決定することができる。

【0011】

しかし、黄金比ポリシーまたはより一般的にはマッピング・テーブルを格納する必要があるいかなるポリシーを利用するスケジューラにおいても、マッピング・テーブルは大きく、したがって相当量のメモリを必要とする可能性がある。通常、かかるマッピング・テーブルのメモリは、アクセス時間を削減するために、「オンチップ」、すなわちスケジューラと同じ集積回路上に配置されることが好ましい。例えば、かかる配置は、データ・ブロックが実質的にリアルタイムで処理される必要があるネットワーク処理の用途において有益である。

【0012】

同一出願人によるものであって参照により本明細書に組み込まれている、発明者名 Jinhui Li 他で2004年11月29日に出願された、「Frame Mapping Scheduler with Compressed Mapping Table」という名称の米国特許出願第10/998,686号は、テーブルを格納するために必要とされるメモリ量を削減するためにマッピング・テーブルを圧縮し、それによってフ

レーム・マッピング・スケジューラを備えるネットワーク・プロセッサの集積回路または他の装置での実装を容易にする技術を開示している。

【0013】

上述した既知の配置は、無線ネットワークを必要とする用途を含む多種多様な電気通信の用途に利用することができる。しかし、無線ネットワークという状況でのスケジューリングは、無線ネットワークのチャネル容量が一般的に時間と共に変化して予測が困難であるため、特に困難なものとなる可能性がある。かかる状況では、無線ネットワークのスケジューラが公平であるだけでなく十分なスループットを提供することが重要である。

【0014】

無線ネットワークという状況で利用されるスケジューリング・アルゴリズムの実例には、上述のWRRスケジューリング・アルゴリズムおよび重み付きでない対応するラウンドロビン(RR)と、最大搬送波対干渉比(Max C/I)と、Proportional Fairness(PF)と、Modified Largest Weighted Delay First(M-LWDF)とがある。

【0015】

RRスケジューリング・アルゴリズムの欠点は、チャネルの状態を考慮しないことである。代わりにRRスケジューリング・アルゴリズムは、単に未処理のユーザを1人ずつ、第1のユーザを第1のタイムスロットに割り当て、第2のユーザを第2のタイムスロットに割り当てるなど、それぞれのチャネル容量に関係なくスケジュールする。N個のタイムスロットの所与のセットでは、N人のユーザの各々がサービスされるチャンスを1つ正確に与えられるため、かかるアプローチは公平である。しかし、RRアルゴリズムは、スケジューリングの決定を行う前にチャネル容量を調べないため、RRアルゴリズムのスループットは劣っている。同様にWRRスケジューリング・アルゴリズムは、スケジューリングの決定にチャネル容量を考慮しない。

【0016】

Max C/Iスケジューリング・アルゴリズムは、所与のタイムスロットに、最良のチャネル容量を有するユーザを選択する。このアプローチは、最大の総合スループットを達成することができるが、その公平性は非常に劣る。例えば、所与のモバイル・ユーザの無線リンクが常に弱い場合、そのユーザはスケジュールされない恐れがある。

【0017】

PFスケジューリング・アルゴリズムは、 r_i がユーザiのチャネル容量、 R_i がユーザiにより受信される平均レートとすると、最大の r_i/R_i を有するユーザを選択する。このアルゴリズムは、適宜 R_i を更新する。したがって、弱い無線リンクのモバイル・ユーザが、スケジュールされる機会を有するようになる。PFスケジューリング・アルゴリズムに関するさらなる詳細は、例えばA. Jalali他、「Data throughput of CDMA-HDR a high efficiency high data rate personal communication wireless system」、Proc. IEEE VTC 2000、1854~1858頁、2000年5月の中に見つけることができる。PFスケジューリング・アルゴリズムの公平性は、Max C/Iスケジューリング・アルゴリズムよりは良いが、RRまたはWRRスケジューリング・アルゴリズムほどは良くない。PFスケジューリング・アルゴリズムもやはり、公平性を保証することができない。

【0018】

M-LWDFスケジューリング・アルゴリズムは、より長い待ち時間を有するユーザにより高い優先度を与える。しかし、上述したPFスケジューリング・アルゴリズムと同様に、公平性を保証しない。

【0019】

結果的に、Max C/I、PF、およびM-LWDFスケジューリング・アルゴリズムは、公平性を犠牲にすることにより無線状況においてRRおよびWRRスケジューリング・アルゴリズムより優れたスループットを提供する。

【0020】

上記の米国特許出願代理人整理番号Hamilton 6-2-4-3は、特に無線ネットワークの用途においてスループットと公平性との間により優れたバランスを示す改良されたスケジューリング・アルゴリズムを提供する。例示的实施形態では、このアルゴリズムは、無線RR(WiRR)スケジューリング・アルゴリズムと呼ばれる。この実施形態では、最初はすべての伝送要素が、所与のフレームにおいてサービスを受ける資格があると指定されるが、いったん特定の伝送要素が所与のフレームのタイムスロットに供給されると、その伝送要素はそのフレームの次のタイムスロットではサービスを受ける資格がないとみなされる。このプロセスは、さらなるフレームで繰り返され、各新しいフレームでは、伝送要素はすべて、最初は1つまたは複数のデータ・ブロックをそのフレームに伝送する資格があるものとして指定される。

10

【特許文献1】米国特許出願代理人整理番号Hamilton 6-2-4-3

【特許文献2】米国特許出願第10/722,933号

【特許文献3】米国特許出願第10/903,954号

【特許文献4】米国特許出願第10/998,686号

【非特許文献1】A. Jalali他、「Data throughput of CDMA-HDR a high efficiency high data rate personal communication wireless system」、Proc. IEEE VTC 2000、1854~1858頁、2000年5月

【非特許文献2】M. Andrews他、「Providing Quality of Service over a Shared Wireless Link」、IEEE Communication Magazine、Vol. 39、150~154頁、2001年2月

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

WiRRスケジューリング・アルゴリズムおよびその変形によりもたらされたかなりの進歩にもかかわらず、特に無線ネットワークの用途においてさらなる進歩の必要性が依然としてある。例えば、上記のM-LWDFアルゴリズムは一般に、許容限度は限られているが、キュー長が非常に大きくなる場合があり、したがってこのキューは、ネットワーク・プロセッサの集積回路または他のタイプのハードウェアでの実行が困難である可能性がある。より少ないメモリまたは他のハードウェア・リソースを使用して実行されることが可能な関連キューを有する修正されたアルゴリズムが、望まれるであろう。

30

【課題を解決するための手段】

【0022】

1つまたは複数の例示的实施形態において本発明は、上記のM-LWDFスケジューリング・アルゴリズムのような従来のスケジューリング・アルゴリズムに比べて短いキューを使用して実装されることが可能であり、そうしてメモリおよび他のハードウェアのリソース量を削減した無線スケジューリング・アルゴリズムを提供する。

【0023】

40

本発明の一態様によれば、スケジューラは、通信システムにおいて複数の伝送要素から伝送するためのパケットまたは他のデータ・ブロックをタイムスロット中にスケジュールするように適合される。このスケジューラは、伝送要素のそれぞれの要素に対して比較容量基準を決定し、ここでは比較容量基準の各々は、伝送要素の対応する1つについて待ち時間と占有率との組合せにより比較される。スケジューラは、比較容量基準に基づいてタイムスロットの所与の1つ中にスケジュールするための伝送要素の1つまたは複数を選択する。このプロセスは、1つまたは複数のさらなるタイムスロットに対して繰り返される場合がある。タイムスロットは、この通信システムではフレームのタイムスロットとすることができるが、そうでなくてもよい。

【0024】

50

第1の例示的实施形態では、比較容量基準は、 i の値 $=1 \sim N$ として、 N が伝送要素の数、 α_i および β_i が伝送要素 i に対する定数、 W_i が伝送要素 i の特定のデータ・ブロックの待ち時間、 O_i が伝送要素 i の占有率、および r_i が伝送要素 i のチャンネル容量であるとき、 $(\alpha_i W_i + \beta_i O_i) r_i$ で求められる。伝送要素 i は、キューを含むことができ、 W_i をキュー i の列の先頭のパケットの待ち時間とする。

【0025】

第2の例示的实施形態では、比較容量基準は、 i の値 $=1 \sim N$ として、 N が伝送要素の数、 α_i および β_i が伝送要素 i に対する定数、 Δ_i が伝送要素 i の待ち時間、 O_i が伝送要素 i の占有率、および r_i が伝送要素 i のチャンネル容量であるとき、 $(\alpha_i \Delta_i + \beta_i O_i) r_i$ で求められる。数量 Δ_i は、 T_c が現在の時点、 T_{last} が、伝送要素 i がスケジュールされた最後の時点であるとき、 $T_c - T_{last}$ と定めることができる。

10

スケジューリング・アルゴリズムは、無線ネットワークの用途での使用に特に好適であるが、数多くの他の用途でも利用されることが可能である。

【0026】

本発明の別の態様に従って伝送要素の2つ以上が、選択対象の伝送要素がほぼ同じ比較容量基準を有することに基づいて、所与のタイムスロット中にスケジュールするために選択される場合がある。かかる「同点」の状況では、2つ以上の選択された伝送要素のすべては、選択された伝送要素の異なる要素に利用可能なコードのセットの異なるサブセットを割り当てることにより、所与のタイムスロットにスケジュールされることができる。例えば、このタイムスロットは、各々が利用可能なコードのセットを有するHSDPAタイムスロットを含むことができる。かかる配置では、ユーザに異なるコードを割り当てることにより複数のユーザがHSDPAタイムスロットの所与の1つ中にスケジュールされることができる。

20

【0027】

例示的实施形態のスケジューラは、スケジューリング回路の多種多様な異なる配置を利用して、通信システムの集積回路または他の処理装置をネットワーク・プロセッサに実装することができる。

【0028】

有利には、例示的实施形態と併せて説明したスケジューリング・アルゴリズムは、従来のM-LWFスケジューリング・アルゴリズムに関連するキュー長が長過ぎる問題を克服し、それによりハードウェア効率のより良い実装をもたらす。さらに、例示的实施形態は、例えば単一のタイムスロットに複数のユーザを収容することにより、タイム・スタンピングの要求を削減して、より効率的に同点を処理することによって、複雑さを減少させることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

例示的な無線ネットワークおよび他のタイプの通信システムと関連して、本発明を本明細書で説明する。例示的なシステムは、本発明の技術を説明するために、特定の方法で構成されたそれぞれのスケジューラを含む。しかし、本発明は、上述した従来のスケジューリング・アルゴリズムに比べて向上した性能を提供することが望まれるあらゆる通信システムのスケジューラにさらに広く適用できることを理解されたい。

40

【0030】

図1は、本発明の例示的实施形態に従った通信システム100の略図を示している。システム100は、トランスミッタ104と、チャンネル・ステータス要素106とに連結されたスケジューラ102を備える。スケジューラは、この実施形態では N 人のユーザのそれぞれに対してそれぞれのキュー110-1、110-2、 $\dots$ 110- N を含む伝送要素に連結されている。この例では、 N 人のユーザは、システム100の無線ネットワークのモバイル・ユーザであって、従来の方法でトランスミッタ104と通信するそれぞれのモバイル・ユーザの装置112-1、112-2、 $\dots$ 112- N と関連付けられる。トランスミッタ104は、例えば無線ネットワークの基地局またはアクセス・ポイント

50

の少なくとも一部を含むことができる。

【0031】

無線ネットワークは、トランスミッタ104とモバイル・ユーザの装置112との間でパケットまたは他の配列のデータを通信するために構成されている。かかるすべての配列のデータが、本明細書で使用する「データ・ブロック」という一般用語に含まれるものとする。本発明は、データ・ブロックのいかなる特定の大きさまたは構成も要求しないということを理解されたい。説明を簡単におよびわかりやすくするために、図は、トランスミッタ104とモバイル・ユーザの装置112との間のダウンリンク通信のみを示しているが、同様の技術は他のタイプの伝送に利用される場合があることを理解されたい。

【0032】

この実施形態のシステム100は、各モバイル・ユーザ112に対して1つのキュー110を保有しているが、他のタイプのキューの配列を使用することができる。ダウンリンクの伝送は、タイムスロットで行われると仮定する。タイムスロットは、フレームのタイムスロットとすることができるが、本発明は、タイムスロットがフレームのタイムスロットであることを要求しない。各タイムスロット中、スケジューラ102はユーザの1人または複数にサービスする。この実施形態のスケジューラは、それぞれのモバイル・ユーザに関連する無線チャネル容量について認識していると仮定する。この認識は、チャネル・ステータス要素106により、または他の技術を用いてスケジューラに提供されることが可能である。先に述べたように、モバイル・ユーザに関連するチャネル容量は、典型的には時間と共に変化し、予測が困難である。図3から5と併せて以下にさらに詳細に説明するように、スケジューラは、実際に測定したチャネルの状態および他のパラメータに基づいてスケジューリングの決定を行う。所与のタイムスロットに対して、スケジューラは、そのタイムスロット中にパケットを伝送するようにそれぞれスケジュールされる、ユーザのキュー110の1つまたは複数を選択する。所与のパケットは、トランスミッタ104を介してモバイル・ユーザの装置112の対応する1つに伝送される。

【0033】

図1のシステム100は、例えば他の場合は従来の汎用移動通信システム(UMTS)または広帯域コード分割多重アクセス(WCDMA)無線携帯電話通信システムとして実装されることが可能である。かかる実装では、図2に示すようにシステム100'は、図のように基地局122、124、および126に接続された無線ネットワーク制御装置(RNC)120を備える。基地局122、124、および126は、公知のUMTSおよびWCDMAの用語に従ってノードB要素と呼ぶ。これらの要素は、UMTSおよびWCDMAの状況ではユーザ装置(UE)要素と呼ばれるモバイル・ユーザの装置112と通信する。図1のシステムのスケジューラ102およびチャネル・ステータス要素106を、RNC120に組み込むことができ、またはノードB要素122、124、および126の各々に複製することができる。例えば、UMTSまたはWCDMAシステム100'が高速ダウンリンク・パケット・アクセス(HSDPA)機能をもたらすように構成される場合、スケジューラは、高速スケジューリングを可能にするために典型的には各ノードB要素に配置される。

【0034】

上記のHSDPA機能は、送信時間間隔(TTI)と呼ばれるタイムスロットを利用し、各TTI内に1人または複数のユーザにサービスすることができる。HSDPA機能は、周波数分割複信(FDD)モードまたは時分割複信(TDD)モードで提供されることが可能である。FDDモードでは、所与のTTIは2ミリ秒(ms)の継続時間を有し、TDDモードでは、所与のTTIは5msまたは10msとなる可能性がある。これらおよび他のTTIは、本明細書で使用される「タイムスロット」という一般用語に含まれるものとする。

【0035】

UMTSまたはWCDMAの状況では、データを所与のノードBからUEへ送信するために通常HSDPAで使用される通信システムのチャネルは、高速ダウンリンク共有チャ

10

20

30

40

50

ネル (H S - D S C H) と呼ばれる。

【0036】

説明を簡単におよびわかりやすくするために、以下に述べるスケジューラ 102 は、1 タイムスロットにつきただ 1 人のユーザにサービスすると仮定するが、記載の技術は、図 5 と併せて説明するように、単純に拡大して、複数のユーザを単一のタイムスロット中にスケジューリングすることができる H S D P A および他の配置に適応させることができることを理解されたい。

【0037】

図 1 および 2 に示す要素の特定の配置は、単に説明的な実例としてのものであることに注意されたい。より詳細には、上記のように、本発明は、いかなるタイプの無線ネットワークまたは他の通信システムにも実装することができ、いかなる特定の通信用途にも限定されない。

【0038】

スケジューラ 102 は、ユーザのキュー 110 から伝送するためのパケットまたは他のデータ・ブロックをタイムスロット中にスケジューリングするように構成されている。例示的实施形態のスケジューラは、待ち時間とキューの占有率との両方を同時に考慮するスケジューリング・アルゴリズムを実装し、これにより有利にキューの大きさを縮小し、したがってメモリおよび他のハードウェア・リソースを節約することができる。

【0039】

一般に、スケジューラ 102 は、図 1 の N 個のキュー 110 のそれぞれのキューに対して比較容量基準を決定し、この比較容量基準の各々は、キューの対応する 1 つに対して待ち時間と占有率との組合せにより比較される。次にスケジューラは、比較容量基準に基づいてタイムスロットの所与の 1 つ中にスケジューリングするためのキューの 1 つまたは複数を選択する。これらの動作は、典型的にはさらなるタイムスロットに対して繰り返される。代替的な実施形態では、キュー以外の伝送要素を使用することができる。伝送要素は、本明細書では以下の例示的なスケジューリング・アルゴリズムを説明する際に「ユーザ」と呼ぶこともある。したがって、ユーザに関して実行される下記の動作は、関連する伝送要素に関して実行されるとみなすことができ、またその逆も同様である。

【0040】

例示的实施形態のスケジューリング・アルゴリズムは、いくつかの点では上記の従来の M-LWDF スケジューリング・アルゴリズムと同様である。M-LWDF スケジューリング・アルゴリズムは、M. Andrews 他、「Providing Quality of Service over a Shared Wireless Link」、IEEE Communication Magazine、Vol. 39、150～154 頁、2001 年 2 月により詳細に説明されており、これは参照により本明細書に組み込まれている。

【0041】

各タイムスロットでは、M-LWDF スケジューリング・アルゴリズムは、 α_i がユーザ i に対する帯域幅割り当て定数、 W_i がキュー i の列の先頭パケットの待ち時間、および r_i がユーザ i に関連するチャネル容量であるとき、最大の $(\alpha_i W_i r_i)$ を有するユーザを選び出す。従来の M-LWDF スケジューリング・アルゴリズムは、「スループット最適化」であることが知られており、これは有界のまたは有限のキュー長を保証することができることを意味する。このスループット最適化特性は、 W_i をキューの占有率である O_i と入れ替えても保たれる。先に示したように、M-LWDF に伴う問題は、キュー長が、有界ではあるが非常に長いことが多く、それにより所与の実装においてメモリおよび他のハードウェア・リソースを過度に消費する可能性があるということである。

【0042】

例示的实施形態の本発明は、スケジューリングの決定を行う際に待ち時間とキューの占有率との両方を同時に考慮することにより、従来の M-LWDF のこの問題を克服する。上記のように、これによりキューの大きさを縮小し、したがってメモリおよび他のハード

10

20

30

40

50

ウェア・リソースを節約することができる。

【0043】

次に、改良されたスケジューリング・アルゴリズムのより詳細な実例について、図3および4のフロー図を参照して説明する。これらの実例のスケジューリング・アルゴリズムは、従来のM-LWDFスケジューリング・アルゴリズムとほぼ同じ公平性およびスループット性能を有するが、縮小されたキュー長を示す。

【0044】

図3および4と関連して説明した実例では、タイムスロットは、限定することなくフレームのタイムスロットであると仮定している。しかし、先に示したように、タイムスロットはフレームの一部である必要はなく、むしろ完全に分かれて独立したタイムスロットとすることができる。例示的实施形態のスケジューリング・アルゴリズムでは、スケジューリングの決定は、タイムスロットの各々に対して独立して行われ、タイムスロットはいかなるタイプのフレーミングも要求しない。

10

【0045】

最初に図3を参照し、図1のシステム100のスケジューラ102により実行される、改良されたスケジューリング・アルゴリズムの第1のバージョンの動作を示す。

ステップ300において、新しいフレームに対するスケジューリング・プロセスが始まる。

【0046】

ステップ302において、フレームの次に利用可能なタイムスロットに対し、スケジューラ102は、 i の値 $=1 \sim N$ とし、 α_i および β_i がキュー i に対する定数、 W_i がキュー i の列の先頭のパケットの待ち時間、 O_i がキュー i の占有率、および r_i がキュー i のチャンネル容量であるとき、 N 人のユーザから最大の $(\alpha_i W_i + \beta_i O_i) r_i$ を有する特定の1人を選択する。

20

【0047】

本明細書に記載したこれらおよび他の実例では、説明を簡単におよびわかりやすくするために常に N 人のユーザのすべてが未処理であると仮定する。ユーザは、伝送する少なくとも1パケットを有する場合、未処理であるとみなされる。図1の図を参照すると、例示したユーザの各々、すなわちユーザ1、2、3、および N は、各々がその関連するキューに少なくとも1つのパケットを有するため未処理であるということが理解できる。

30

【0048】

前述した未処理のユーザの想定、およびここで行った他の想定は、他の実施形態に当てはめる必要はない。例えば、代替的な実施形態では、当業者には理解されるように、現在のタイムスロットで未処理ではないユーザは、そのタイムスロットのスケジューリング・プロセスの考慮から外されることが可能である。しかし、現在のタイムスロットで未処理ではないユーザは、次のタイムスロットで未処理となる可能性があるとして理解されるべきであって、かかるユーザを現在のタイムスロットをスケジューリングする際の考慮から除外することが、フレームの残部に対する考慮から除外することと解釈されるべきではない。

【0049】

ステップ304では、選択されたユーザが、利用可能なタイムスロットでサービスされる。選択されたユーザは、この実例では利用可能なタイムスロットに伝送するために、対応するユーザのキュー110からパケットをスケジューリングすることにより「サービス」される。

40

【0050】

ステップ306では、現在のフレームでさらなるタイムスロットが利用可能であるかどうかについて判断する。利用可能ではない場合、プロセスはステップ300に戻って、新しいフレームを開始する。しかし、現在のフレームで利用可能なさらなるタイムスロットがある場合、プロセスはステップ302に戻って、ユーザの1人または複数を現在のフレームのさらなるタイムスロット中にスケジューリングする。

【0051】

50

上で示したように、ステップ302のスケジューリングの決定は、各タイムスロットに対して独立して行われ、タイムスロットはフレームで構成される必要はない。したがって、ステップ300および306は、代替的な実施形態では省略されることが可能であり、またはフレームは、各フレームが単一のタイムスロットを含む、フレーム・サイズ=1を有すると考えることができる。

【0052】

ステップ302の所与の場合において、スケジューラ102により2人以上のユーザが同じ最大の $(\alpha_i W_i + \beta_i O_i) r_i$ を有すると判断されたとき、その同点を無作為に分けることができ、またはより小さい添え字*i*を有するユーザを選択することができる。上記のHSDPAの状況または複数のユーザが所与のタイムスロットでサービスされることができ他の状況で使用するのに適した、かかる同点を処理する別の技術は、図5と併せて説明するように、所与のタイムスロットで複数のユーザに同時にサービスすることである。

10

【0053】

図3のスケジューリング・アルゴリズムにおいて定数 β_i がゼロに設定されるとき、図3のアルゴリズムは従来のM-LWDFアルゴリズムに変化することが理解できる。前述のとおり、図3のアルゴリズムは、従来のM-LWDFアルゴリズムのものとほぼ同じ公平性とスループット性能を提供するが、その上必要とされるキュー長を有利に縮小させる。縮小したキュー長は、平均キュー長の縮小、すなわち図1のシステムにおいて*N*個のキュー110に要求される平均の長さとして表すことができる。図3のアルゴリズムもまた、スループット最適化されている。

20

【0054】

前述の実施形態における数量 $(\alpha_i W_i + \beta_i O_i) r_i$ は、本明細書でより一般的に比較容量基準と呼ぶものの一例である。当業者は、待ち時間と占有率との両方に基づく比較を組み込んだ他のタイプの比較容量基準を利用することができるということを、理解するであろう。図4のフロー図を参照して、別の事例を説明する。

【0055】

所与の実装で使用される α_i および β_i の特定の値は、その実装のスケジューリングのニーズにより様々なものとなる可能性があり、好適な値は、簡単な方法で決定することができる。例として、共に1に、または0.5に設定することができるが、当然ながら、他の値を使用することもできる。1組の同じ α_i および β_i の値は、*i*のすべての値に使用することが可能であり、または、*i*の値の少なくともいくつかに異なる値を設定することができる。

30

【0056】

上記のように、図3のアルゴリズムでは、 W_i はキュー*i*の列の先頭パケットの待ち時間である。列の先頭パケットは、時点 T_{in} でエンキューされたと仮定する。所与の現在時点 T_c において、パケットの待ち時間は、 $T_c - T_{in}$ により得られる。したがって、図3のアルゴリズムは一般に、すべてのパケットがそのそれぞれのキューに到着時にタイム・スタンプを刻印されることを要求して、待ち時間 W_i を決定できるようにする。図4のアルゴリズムは、各パケットにタイム・スタンプを付加する必要を回避する、図3のアルゴリズムの簡略バージョンである。

40

【0057】

図4のアルゴリズムは、 T_{last} をキュー*i*がスケジュールされた最後の時点とするとき、数量 $\Delta_i = T_c - T_{last}$ を定める。数量 Δ_i は、キュー*i*の待ち時間を表すが、到着するすべてのパケットのタイム・スタンプを要求しないものである。代わりに、単独のタイム・スタンプを、キューの各々と関連させる必要がある。図4の簡略化されたアルゴリズムは、積 $\Delta_i O_i$ を用いて、図3のアルゴリズムの W_i と置換する。したがって、各タイムスロットでスケジューラは、最大の $(\alpha_i \Delta_i + \beta_i) O_i r_i$ を有するユーザを選択する。各々すべてのパケットではなくキューのみがタイム・スタンプを刻印されるため、複雑さはかなり削減される。

50

【0058】

次に図4を参照し、図1のシステム100のスケジューラ102により実行される、改良されたスケジューリング・アルゴリズムの簡略バージョンの動作を示す。

ステップ400において、新しいフレームに対するスケジューリング・プロセスが始まる。

【0059】

ステップ402において、フレームの次に利用可能なタイムスロットに対し、スケジューラ102は、 i の値 $=1 \sim N$ とし、 α_i および β_i がキュー i に対する定数、 Δ_i が上で定めたキュー i の待ち時間、 O_i がキュー i の占有率、および r_i がキュー i のチャネル容量であるとき、 N 人のユーザから最大の $(\alpha_i \Delta_i + \beta_i) O_i r_i$ を有する特定の1人を選択する。

10

【0060】

ステップ404では、選択されたユーザが、利用可能なタイムスロットでサービスされる。やはり、選択されたユーザは、この実例では利用可能なタイムスロットに伝送するために、対応するユーザのキュー110からパケットをスケジューリングすることにより「サービス」される。

【0061】

ステップ406では、現在のフレームでさらなるタイムスロットが利用可能であるかどうかについて判断する。利用可能ではない場合、プロセスはステップ400に戻って、新しいフレームを開始する。しかし、現在のフレームで利用可能なさらなるタイムスロットがある場合、プロセスはステップ402に戻って、ユーザの1人または複数を現在のフレームのさらなるタイムスロット中にスケジュールする。

20

【0062】

図3のように、ステップ402のスケジューリングの決定は、各タイムスロットに対して独立して行われ、タイムスロットはフレームで構成される必要はない。したがって、ステップ400および406は、代替的な実施形態では省略されることが可能であり、またはフレームは、各フレームが単一のタイムスロットを含む、フレーム・サイズ $=1$ を有すると考えることができる。

ステップ402の所与の場合に発生する同点はやはり、前述の技術を用いて処理することができる。

30

【0063】

図4のスケジューリング・アルゴリズムの代替的なバージョンは、定数 β_i をゼロに設定することにより生成することができる。この変形では、ステップ402においてスケジューリングの決定を行うために利用される比較容量基準は、 $(\alpha_i \Delta_i O_i r_i)$ である。これは、待ち時間と占有率との両方により比較される比較容量基準のさらに別の実例である。

【0064】

上記のように、同点は、いくつかの実施形態では同じタイムスロットに複数のユーザをスケジュールすることにより処理することができる。例えば、ステップ302または402の所与の場合においてユーザの2人以上がほぼ同じ比較容量基準を有すると判断された場合、スケジュールするために2人以上のユーザを選択することができ、上記選択したユーザのすべては、利用可能なコードのセットの異なるサブセットを、選択したユーザの異なるユーザに割り当てることにより、所与のタイムスロット中にスケジュールすることができる。利用可能なコードのセットは、HSDPAコードのセットを含むことができる。

40

【0065】

図5は、いくつかの異なるHSDPAタイムスロットの各々に複数のユーザをスケジュールする実例を示す。この実例では、利用可能なコードのセットは、コード1からコード10を表す10のコードのセットを含む。各タイムスロットは、2msの継続時間を有するFDDモードのTTIを含む。図の異なる陰影は、異なるユーザを表す。ユーザの各々にコードの1つまたは複数を割り当てることにより、タイムスロットの所与の1つに10

50

人までの異なるユーザをスケジューリングすることができる。

【0066】

この実例で使用するコードの特定の数、単に説明のためであって、他の実施形態ではより多いまたはより少ないコードを使用することが可能であるということに注意されたい。上記のように、典型的にHSDPAでは、所与のノードBからモバイル・ユーザにデータを送信するために、HSDSCHチャネルを使用する。このチャネルに、15個までのコードを割り当てることができる。したがって、図5に示した10個のコードは、使用することができるコードのセットのほんの一例を表している。

【0067】

図に示した第1のタイムスロットでは、3人のユーザがスケジューリングされており、1人は4つのコードを、他の2人はそれぞれ3つのコードを割り当てられている。第2および第3のタイムスロットでは、ただ1人のユーザがスケジューリングされており、各タイムスロットで10個のコードすべてを割り当てられている。第4のタイムスロットでは、2人のユーザがスケジューリングされ、各々10個の利用可能なコードのうちの5つを割り当てられている。図に示した残りのタイムスロットは、同様にスケジューリングされている。

【0068】

上述のように、単一のタイムスロットに複数のユーザをスケジューリングすることは、HSDPA以外の状況で適用されることが可能であり、またタイムスロットおよびコードの他の配置を用いて実行される場合もある。

【0069】

典型的な無線ネットワークでは、モバイル・ユーザは頻繁に、ネットワークまたはネットワークの特定のセルもしくは他の受信可能範囲から外れたり、そこに加わったりする。スケジューラ102は、所与のフレームまたは他の間に外れたり加わったりするユーザに対処するように構成することができる。外れるユーザに関しては、スケジューラは、これらのユーザを単に不適格として示すか、さもなければこれらのユーザをスケジューリング・プロセスの考慮から除外することができる。加わる新しいユーザに関しては、スケジューラは、一例として、新しいフレームが始まるまで待つか、または新しいユーザの適格性ステータスを比較的に (proportionally)、無作為に、または他の技術を用いて設定することができる。

【0070】

有利には、図3から5の例示の実施形態と併せて説明したスケジューリング・アルゴリズムは、従来のMLWFスケジューリング・アルゴリズムに関連するキュー長が長過ぎる問題を克服し、それによりハードウェア効率のより良い実装をもたらす。さらに、例示の実施形態は、例えばタイム・スタンピングの要件を削減することによって、および単一のタイムスロットに複数のユーザを収容することでより効率的に同点を処理することによって、複雑さを削減することができる。

【0071】

スケジューラ102は、以下にさらに詳細に説明するように、集積回路の形で少なくとも部分的には実装することができる。かかる集積回路は、ネットワーク・プロセッサもしくは他のタイプのプロセッサ、または所与の通信システム要素に実装される処理装置を含むことができ、例えば図1のシステムのトランスミッタ104と関連した基地局もしくはアクセス・ポイント、または図2のシステムのRNCもしくはノードB要素などである。

【0072】

スケジューラ102は、例えば上記の米国特許出願第10/903,954号および第10/998,686号に記載されたタイプのフレーム・マッピング・スケジューラとすることができる。これらの技術を用いることにより、マッピング・テーブルを格納する必要がある黄金比ポリシーまたは他のポリシーに対してマッピング・テーブルを格納するために必要とされるメモリの量を実質的に削減することができる。

【0073】

本発明のスケジューリング技術は、その上にまたは代替的に、複数のスケジューリング

10

20

30

40

50

・アルゴリズムをサポートすることができる柔軟性のあるスケジューラのアーキテクチャ、例えば上記の米国特許出願第10／722,933号に開示されたものなどと併せて使用することができることに注意されたい。

【0074】

先に示したように、本明細書に記載したスケジューリング・アルゴリズムは、他の多くのタイプの通信システムで実装することができる。次に図6から8を参照して、別の实例のシステムについて説明する。これらの図では、スケジューリング・アルゴリズムは、ネットワーク・プロセッサのスケジューラに実装される。かかるネットワーク・プロセッサは、図1および2に示した無線ネットワークを含むシステムで使用することができるが、図6に示す通信システム600のような他のタイプのシステムでも使用することができる。

10

【0075】

システム600は、内部メモリ604を有するネットワーク・プロセッサ602を含む。ネットワーク・プロセッサ602は、図のように外部メモリ606に接続され、ネットワーク608とスイッチ・ファブリック610との間でパケットまたは他のデータ配列を通信するためのインターフェースを提供するように構成されている。上記のように、かかるデータ配列はすべて、本明細書で使用する「データ・ブロック」という一般用語に含まれるものとする。ネットワーク608は、図1および2のシステムの無線ネットワークの1つの一部に相当する、無線ネットワークとすることができ、ネットワーク・プロセッサ602およびスイッチ・ファブリック610は、かかるシステムの基地局、ネットワーク・コントローラ、または他の要素に実装することができる。

20

【0076】

ネットワーク・プロセッサ602およびその関連する外部メモリ606は、例えばルータ、スイッチ、または他のシステム要素のライン・カードまたはポート・カードに組み込まれた1つまたは複数の集積回路として、実装することができる。

【0077】

図7は、図6のシステム600の一部のライン・カードの実施形態の一例を示している。この実施形態では、システムは、そこに組み込まれた少なくとも1つの集積回路702を有するライン・カード700を含む。集積回路702は、内部メモリ604を有するネットワーク・プロセッサ602を含む。ネットワーク・プロセッサ602は、ライン・カード700上の外部メモリ606と相互に作用する。外部メモリ606は、例えばネットワーク・プロセッサの集積回路702用の外部スタティック・ランダム・アクセス・メモリ(SRAM)またはダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ(DRAM)として働くことができる。かかるメモリは、従来の方法で構成することができ、上述の比較容量基準または関連する比較要素のようなスケジューリング情報を格納するために利用することができる。また好適なホスト・プロセッサを、ライン・カード700上に組み込み、ライン・カード700上の1つまたは複数のネットワーク・プロセッサの集積回路の動作をプログラムするために、および他の場合では制御するために使用することができる。

30

【0078】

図6および7に示す通信システムの部分は、説明をわかりやすくするためにかなり簡略化している。しかし、このシステムは、図7に示すライン・カードのような複数のライン・カードを含むルータ、スイッチ、または他の要素を備えることができ、またライン・カードの各々は、複数の集積回路を含むことができるということを理解されたい。同様の実施形態は、ポート・カードの形式で実装することができる。しかし、本発明は、ルータ、スイッチ、または他の要素にかかるカードを基盤とした実装を必要としない。

40

【0079】

また、図6および7に示す要素の特定の配置は、単に説明的な实例としてのものであることを理解されたい。より詳細には、上記のように、本発明は、いかなるタイプのプロセッサまたは他の通信システムの処理装置にも実装することができ、いかなる特定のネットワーク基盤の処理用途にも限定されない。

50

【0080】

本明細書で使用される用語「プロセッサ」は、限定ではないが一例として、一般にマイクロプロセッサ、中央演算処理装置（CPU）、デジタル・シグナル・プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、または他のタイプのデータ処理装置と関連する要素などの要素、ならびにかかる要素の一部およびかかる要素の組合せを用いて、実装されることが可能である。

【0081】

また、図6および7に示すようにシステム600およびネットワーク・プロセッサ602は、詳細に示した要素に加えて、またはその代わりに、かかるシステムおよびネットワーク・プロセッサの従来の実装に一般に見られるタイプの1つまたは複数の要素を含む、他の要素を含むことができる。例えば、ネットワーク・プロセッサは、選別器と、キューイングおよびディスパッチ論理と、1つまたは複数のメモリ・コントローラと、ネットワーク・プロセッサをネットワーク608と接続するためのインターフェース回路と、スイッチ・ファブリック610と、ホスト・プロセッサまたは他の外部装置と、さらに図中に明示していない他の従来要素を含むことができる。これらおよび他の従来要素は、当業者には公知であり、本明細書では詳細に記載していない。

【0082】

本明細書に記載するネットワーク・プロセッサ602の機能は、ソフトウェアのプログラム・コードの形で少なくとも部分的に実装されることが可能である。例えば、ネットワーク・プロセッサのスケジューリング動作を行うことに関連する要素は、命令によってプログラム可能な要素、または外部のホスト・プロセッサもしくは他の好適な機構を介してネットワーク・プロセッサに提供できる他のソフトウェアを利用して少なくとも部分的に実装されることが可能である。例えば、特定のスケジューリング・アルゴリズムの特性を示す情報、または関連するトラフィック・シェーピング情報は、関連するホスト・プロセッサまたは他の好適な機構からネットワーク・プロセッサに提供されることが可能である。

【0083】

図8は、本発明の例示的实施形態のネットワーク・プロセッサ602のより詳細な図を示す。この実施形態のネットワーク・プロセッサ602は、スケジューラ800と、送信キュー802と、トラフィック・シェーパー804と、ウェイト・テーブル810と、マッピング・テーブル812とを含む。動作中、スケジューラ800は、送信キュー802と関連するデータ・ブロックを、明示していない1つまたは複数の伝送媒体によって伝送するためにスケジュールする。スケジューリングは、送信キュー802と関連するデータ・ブロックを伝送のためにスケジューリングする際に、トラフィック・シェーパー804からのトラフィック・シェーピング情報と併せて、またはかかる情報なしに、ウェイト・テーブル810およびマッピング・テーブル812を利用する。

【0084】

先に示したように、ネットワーク・プロセッサ602は、例えば上記の米国特許出願に記載されたタイプの追加要素、または当業者に既知の従来タイプの追加要素を含むことができるが、かかる要素は、他の場所で説明されているため、本明細書ではさらに説明しない。

【0085】

ウェイト・テーブル810およびマッピング・テーブル812は、少なくとも一部をネットワーク・プロセッサ602の内部メモリ604に格納されることが可能であり、またその上にまたは代替的に少なくとも一部をネットワーク・プロセッサ602の外部メモリ606に格納されることが可能である。内部メモリを使用して格納されると、かかるメモリの少なくとも一部は、スケジューラ800または他のスケジューリング回路の内部となる場合がある。

【0086】

テーブル要素810および812に加えて、スケジューラ800は、いくつかの追加の

10

20

30

40

50

タイムスロット・テーブルまたは上記の米国特許出願に記載されたタイプの、または従来の実施で既知のタイプのスタティックなもしくはダイナミックなテーブルに基づくスケジューリングで使用するのに好適な他のタイプのテーブル要素を含む、あるいはこれと関連付けることができる。

【0087】

送信キュー802は、複数の伝送要素を含んでいるとみなすことができる。例えば、送信キューは、複数の送信キューと、関連する制御論理とを含むことができ、送信キューの各々は伝送要素と対応している。しかし、本明細書で使用する「伝送要素」という用語は、伝送のためにネットワーク・プロセッサ602にスケジュール可能な1つまたは複数のデータ・ブロックのソース、または他の要素を含むように、より一般的に解釈されるもの

10

【0088】

パケットまたは他のデータ・ブロックは、図に明示していないが、関連するネットワーク・プロセッサのデータ経路から送信キュー802の伝送要素にエンキューされることが可能である。これは、パケット・エンキュー・メッセージおよび関連するデータ・ブロックがかかるデータ経路から受信されると共に起こる。同様に、パケットまたは他のデータ・ブロックは伝送時に、例えばパケット・デキュー・メッセージおよび関連するデータ・ブロックがデータ経路に送られると共に、伝送要素からデータ経路へデキューされることが可能である。

【0089】

20

トラフィック・シェーパー804は、一例では、送信キュー802の伝送要素からデータ・ブロックを伝送するために、既知の方法で1つまたは複数のトラフィック・シェーピングの要件を確立する、他の点では従来のトラフィック・シェーピング・エンジンとして実装されることが可能である。トラフィック・シェーパー804は、スケジューラ800を介して送信キュー802からキューおよびスケジューラのステータスに関する情報を受け取ることができる。トラフィック・シェーパーは、伝送要素の1つまたは複数またはその対応するネットワークの接続に対してサービスの等級(CoS)またはその他の所望のサービス・レベルを確立するために、キューの送信間隔および優先順位付けなどのトラフィック・シェーピング情報を生成することができる。

【0090】

30

上記のように、ネットワーク・プロセッサの状況では、伝送要素、すなわちスケジュールされるエンティティは、キューを含むことができる。しかし、本発明は、データ・ブロックが伝送されるいかなるタイプの要素、さらに一般的には通信システムの処理装置においてスケジュールできないいかなるタイプの要素をスケジュールするためにも利用することができる。かかる要素は、本明細書で使用する一般用語「伝送要素」に含まれるものとし、先に示したようにここでは「ユーザ」と呼ぶこともある。

【0091】

図8の実施形態のスケジューラ800は、上述の図3および4のスケジューリング・アルゴリズムのようなスケジューリング・アルゴリズムを実装するように構成されている。

スケジューラ102および800は、本明細書でより一般的に「スケジューリング回路」と呼ぶものの説明的な実例である。他の実施形態では、スケジューリング回路は、本明細書に記載したスケジューリング技術を実装することができる1つまたは複数のテーブル、またはハードウェア、ソフトウェア、ファームウェアのうちの1つまたは複数からなる他の配置を含むことができる。したがって、図ではスケジューラ800から分けて示したが、ウェイト・テーブル810およびマッピング・テーブル812またはその好適な部分は、本発明に従って少なくとも部分的にスケジューリング回路または関連するメモリに組み込むことができる。

40

【0092】

スケジューラ102および800は、本明細書に記載したタイプのスケジューリング機能をもたらすことができる論理ゲート、処理要素、または他の回路構成のいかなる配置を

50

利用することもできる。本発明によるスケジューリング回路は、したがって、本発明によるスケジューリング機能の少なくとも一部を提供するためにソフトウェア制御下で適合可能な、他の点では従来の汎用ネットワーク・プロセッサ回路を含むことができる。数多くのかかる回路の配置は、当業者には容易に理解できるため、本明細書では詳細に記載していない。

【0093】

上記のように、本発明の所与の実施形態は、1つまたは複数の集積回路として実装することができる。かかる配置では、典型的にウェーハの表面に複数の同一のダイを繰り返しパターンで形成する。各ダイは、本明細書に記載した装置を含むことができ、また他の構造または回路を含むことができる。個々のダイはウェーハから切り取られ、またはダイス

10

【0094】

さらにまた、上述の本発明の実施形態は、単に説明的なものとするに過ぎないことを強調したい。例えば、図8の例示的实施形態は、関連するテーブルから分かれたスケジューラを利用しているが、これらの要素またはその一部は、本発明に従ってスケジューリング回路に組み込むことができる。同様に、送信キュー802およびトラフィック・シェーパー804は、図8の実施形態に関連してスケジューラ800から分かれて描かれているが、関連の機能は、本発明に従ってスケジューリング回路内に少なくとも部分的に実装

20

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】本発明の例示的实施形態の無線ネットワークを含む通信システムの簡略ブロック図である。

30

【図2】図1の通信システムの少なくとも一部の1つの可能な実装を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態の図1の通信システムのスケジューラに実装された改良無線スケジューリング・アルゴリズムのフロー図である。

【図4】図3のスケジューリング・アルゴリズムの代替バージョンを示すフロー図である。

【図5】HSDPAの適用において図3および4の無線スケジューリング・アルゴリズムの動作の一例を示す表である。

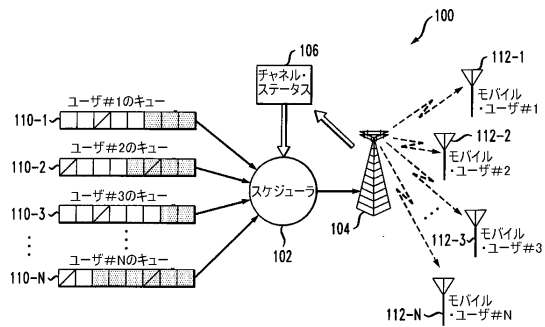
【図6】図1の通信システムの少なくとも一部の別の可能な実装を示す図である。

【図7】ルータまたはスイッチのライン・カードに取り付けられた集積回路として示した図6のシステムのネットワーク・プロセッサのブロック図である。

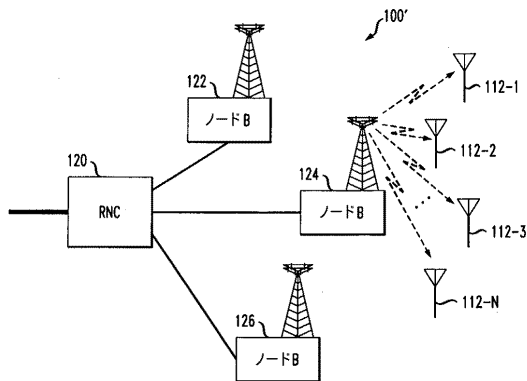
40

【図8】本発明の技術に従って構成された図6のシステムのネットワーク・プロセッサのさらに詳細な図である。

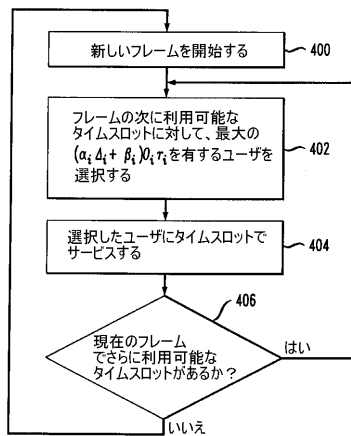
【図 1】



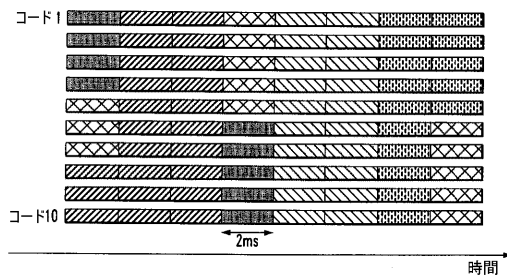
【図 2】



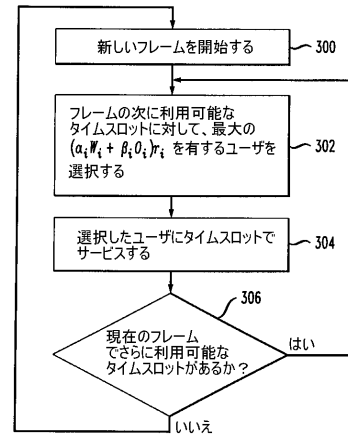
【図 4】



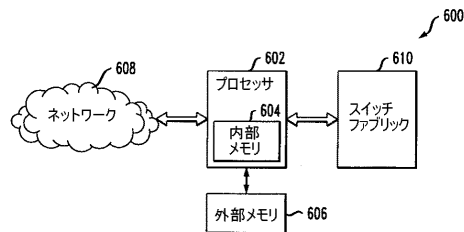
【図 5】



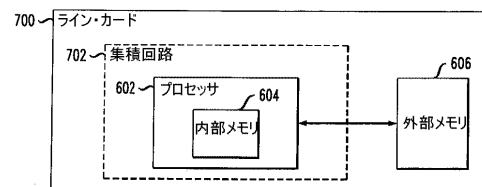
【図 3】



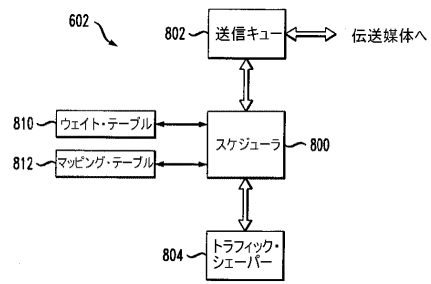
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (74)代理人 100128657
弁理士 三山 勝巳
- (72)発明者 クリストファー ダブリュ. ハミルトン
アメリカ合衆国 1 8 0 3 1 ペンシルヴァニア, ブレイニングスヴィル, ジェニファー ドライ
ヴ 1 8 1 3
- (72)発明者 ノイ シー. クカック
カナダ T 3 G 4 P 4 カルガリー, ノースウエスト, ロッキー リッジ ドライヴ 2 7 5
- (72)発明者 ジンユイ リ
アメリカ合衆国 1 8 0 6 2 ペンシルヴァニア, マカンギー, ケンブリッジ ドライヴ 1 5 2
4
- (72)発明者 クリスティーン イー. サヴァーンズ-ウィリアムズ
アメリカ合衆国 5 5 3 9 1 ミネソタ, ディープヘヴン, ヒルクレスト ロード 4 1 0 5

審査官 齋藤 浩兵

- (56)参考文献 特開2005-045561 (JP, A)
特開2001-160831 (JP, A)
特表2007-511958 (JP, A)
特開2005-086216 (JP, A)
特開2001-136193 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|--------|
| H04W | 28/10 |
| H04L | 12/815 |
| H04L | 12/863 |
| H04W | 72/12 |