

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-523902

(P2006-523902A)

(43) 公表日 平成18年10月19日(2006. 10. 19)

(51) Int. Cl.

G06F 13/362 (2006.01)

F I

G06F 13/362 510G

G06F 13/362 510B

テーマコード (参考)

5B061

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2006-513106 (P2006-513106)
 (86) (22) 出願日 平成16年4月16日 (2004. 4. 16)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年12月9日 (2005. 12. 9)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2004/011943
 (87) 国際公開番号 W02004/095296
 (87) 国際公開日 平成16年11月4日 (2004. 11. 4)
 (31) 優先権主張番号 10/418, 624
 (32) 優先日 平成15年4月18日 (2003. 4. 18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

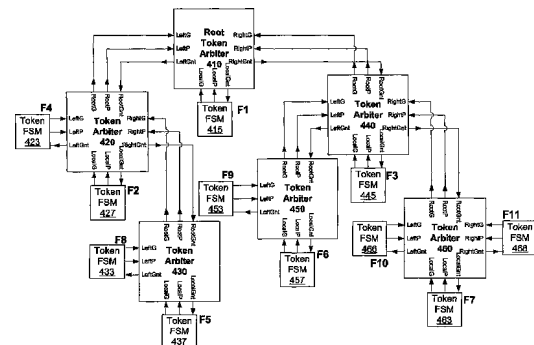
(71) 出願人 500107083
 ソニックス・インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国・94040・カリフォル
 ニア州・マウンテン ビュー・ウエスト
 エル カミノ リアル・2440・スイ
 ト 620
 (74) 代理人 100064621
 弁理士 山川 政樹
 (74) 代理人 100098394
 弁理士 山川 茂樹
 (72) 発明者 メイヤー、マイケル・ジェイ
 アメリカ合衆国・94303・カリフォル
 ニア州・パロアルト・エッジウッド ドラ
 イブ・1575

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラウンド・ロビン資源アービトレーション方法とそのための装置

(57) 【要約】

ラウンド・ロビン・アービトレーション方式のための方法と装置を説明する。ラウンド・ロビン・アービトレーションを実現する装置は、少なくとも2つのトークン・アービタを備え、各トークン・アービタは、少なくとも2つのサブツリーが接続されるノードに関連付けられ、各サブツリーは、トークン・アービタまたは有限状態マシン・リクエストを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ラウンド・ロビン・トークン・アービトレーションを実現する装置であって、
それぞれがトークン・アービタまたはリクエストを含む少なくとも 2 つのサブツリーが
接続されたノードにそれぞれ関連する少なくとも 2 つのトークン・アービタ
を備える装置。

【請求項 2】

各トークン・アービタが、サブツリーを受け取るように設計された 3 つのコネクタを有
する請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

各アービタが、リクエストを受け取るように設計された 1 つのローカル接続を有する請
求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

各アービタが、ローカル接続、右接続、左接続を含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

要求の優先順位が、ローカル、右、左である請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

各アービタが、
サブツリーを受け取るように設計された各コネクタへの G r a n t 信号の出力と、
前記サブツリーの現状態を示す、各サブツリーからの一対の信号 G e n r a t e (G) 20
と P r o p a g a t e (P) の入力と
を含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

各非ルート・アービタが、
トークンがアービタに付与されたことを示すルート g r a n t 信号の入力と、
前記アービタの現状態を示す一対の信号 G、P の出力アップストリームと
をさらに含む請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記一対の信号によって示される状態が、
前記サブツリーがトークンを有さず、前記トークンを必要としていないことを示す N o 30
T o k e n 状態と、
前記サブツリーが前記トークンを必要としていることを示す W a n t T o k e n 状態と
、
前記サブツリーが前記トークンを有することを示す G e n T o k e n 状態と
を含む請求項 6 に記載の装置。

【請求項 9】

リクエストが、
有限状態マシン・リクエストがトークンを有さず、前記トークンを必要としていないこ
とを示す N o T o k e n 状態と、
前記有限状態マシン・リクエストが前記トークンを必要としていることを示す W a n t 40
T o k e n 状態と、
前記有限状態マシン・リクエストが前記トークンを有することを示す G e n T o k e n
状態
という 3 つの状態を有する有限状態マシン・リクエストを有する請求項 1 に記載の装置
。

【請求項 10】

前記有限状態マシン・リクエストが、
前記有限状態マシン・リクエストが前記トークンを有することを示すが、前記ラウンド
・ロビン・アービトレーションがより高い優先順位アービトレーションによって優先使用
されたことを示す優先使用状態

10

20

30

40

50

という追加の状態を有する請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

前記アービタとリクエストがツリー構造内にレイアウトされる請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】

前記ツリー構造が、前記ルートから最も遠い葉ノードまでの最大距離を最小限に抑えるように構築される請求項 11 に記載の装置。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の装置を表す情報が格納された機械可読媒体。

【請求項 14】

システム・オン・チップ (SOC) 用のアービタであって、

サブツリーを受け取るための少なくとも 2 つのダウンストリーム・コネクタを有するルート・トークン・アービタと、

前記ルート・トークン・アービタのコネクタの 1 つに結合され、サブツリーを受け取るための少なくとも 2 つのダウンストリーム・コネクタを有するトークン・アービタとを有し、

各サブツリーがトークン・アービタまたはリクエストを有するアービタ。

【請求項 15】

各ダウンストリーム・コネクタが、

前記コネクタに結合された前記サブツリーに前記トークンが付与されたことを示す出力信号 Grant と、

前記トークンに結合された前記サブツリーのステータスを示す一对の入力信号 Generate (G) と Propagate (P) と

を含む請求項 14 に記載のアービタ。

【請求項 16】

各トークン・アービタが、アップストリーム・コネクタをさらに備える請求項 15 に記載のアービタ。

【請求項 17】

前記アップストリーム・コネクタが、

前記トークン・アービタ・アップストリームのステータスを示す一对の入力信号 Generate (G) と Propagate (P) と、

前記トークン・アービタに前記トークンが付与されたことを示す入力信号 Root Grant と

を有する請求項 16 に記載のアービタ。

【請求項 18】

バッファリング信号が、前記トークン・アービタに結合された前記サブツリーに出力される請求項 14 に記載のアービタ。

【請求項 19】

前記バッファリング信号が、前記トークン・アービタの出力を駆動する高出力バッファまたはインバータを使用してバッファリングされる請求項 18 に記載のアービタ。

【請求項 20】

ローカル・リクエストと少なくとも第 2 のトークン・アービタを受け取る第 1 トークン・アービタと、

前記第 1 トークン・アービタに結合され、少なくとも 2 つのリクエストを受け取る第 2 トークン・アービタと

を備えるアービタ。

【請求項 21】

少なくとも 2 つのリクエストの 1 つがローカル・リクエストである請求項 20 に記載のアービタ。

【請求項 22】

少なくとも 2 つのリクエストの 1 つがリモート・リクエストである請求項 20 に記載の

10

20

30

40

50

アービタ。

【請求項 2 3】

前記リモート・リクエストが、第 3 トークン・アービタを介して前記第 2 トークン・アービタに結合される請求項 2 2 に記載のアービタ。

【請求項 2 4】

複数の論理装置と、

前記複数の論理装置によってアクセスされる共有資源と、

前記共有資源を求める要求を生成し、前記共有資源が利用可能であるときを前記論理装置に示すために、前記複数の論理装置のそれぞれに関連付けられ、かつ

それぞれが前記有限状態マシンまたは別のトークン・アービタを有する少なくとも 2 つのサブツリーと関連付けられるトークン・アービタを使用してツリー構造で互いに結合される、有限状態マシン

を有し、前記共有資源を仲裁するアービトレーション論理と

を備えるシステム・オン・チップ (SOC)。

【請求項 2 5】

請求項 2 4 に記載の装置を表す情報が格納された機械可読媒体。

【請求項 2 6】

ツリー構造アービタの葉ノードを含む複数の有限状態マシンであって、各有限状態マシンがリクエストと関連付けられ、2 線接続で状態を上流に渡す有限状態マシンと、

ルート・ノードとブランチ・ノードを含む複数のトークン・アービタであって、有限状態マシンからの 2 線接続を受け、前記トークンを前記有限状態マシンにいつ付与するかを決定するトークン・アービタと

を備えるツリー構造アービタ。

【請求項 2 7】

トークン・アービタが、前記トークン・アービタに結合された有限状態マシンを有する請求項 2 6 に記載のアービタ。

【請求項 2 8】

トークン・アービタが、トークン・アービタに結合されたドータ・トークン・アービタを有し、前記ドータ・トークン・アービタが、前記ドータ・アービタのサブツリーの状態を示す 2 線接続を前記トークン・アービタに渡す請求項 2 6 に記載のアービタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、資源アービトレーションに関し、より詳細には、資源アービトレーションのためのラウンド・ロビン方式に関する。

【背景技術】

【0002】

複数のリクエストによって共有される資源があり、かつ 1 リクエストだけが特定の期間 (通常は 1 クロック・サイクル) に資源を使用することができるとき、要求を受諾し、1 リクエストだけが資源の使用を許されることを保証するアービタを有することが必要である。共有資源の例には、ネットワーク、バス、シリコン・バックプレーンが含まれる。共有資源の所有権は、「トークン」の所有権によって指定することができる。ラウンド・ロビン・アービトレーションは、資源への均等かつ公平なアクセスを保証するので、一般的に使用されるアービトレーション・ポリシーである。ラウンド・ロビン・アービトレーション・ポリシーでは、固定された順序の優先順位ローテーションがリクエストに割り当てられる。例えば、3 つのリクエストの順序は、R 1、R 2、R 3、そして R 1 に戻る。最後にトークンを付与されたリクエストは、最低の優先順位であるとみなされ、その後のリクエストが最高の優先順位であるとみなされる。例えば、R 2 が要求が許可される最後のユニットである場合、R 3 が最高の優先順位となり、その後に R 1 が続き、最後に R 3 となる。R 3 がトークンを要求し、トークンを付与された場合、R 3 が最低の優先順位と

なり、したがってアービトレーション順序は R 1、R 2、次いで R 3 となる。

【0003】

トークンの所有権は、資源の所有権と最低優先順位のリクエストを共に示す。共有資源を効率的に使用するために、各サイクルで新しい要求を許可できることが通常は望ましく、そのことは、トークンを任意の所有者から次の所有者に 1 サイクルで渡すことができなければならないことを意味する。トークンの所有権は、同一サイクルまたは次のサイクルでの共有資源の所有権を意味する。

【0004】

そのようなトークン・パッシング機構の従来技術の一実装は、図 1 に示す分散デイジー・チェーンである。この例では、各リクエストが、トークンを所有するときに「1」である 1 つの状態ビットを有する。これは、そのリクエストが資源の使用を許可されており、次のアービトレーション・サイクルでは最低の優先順位であることを意味する。リクエストがトークンを必要としない場合、トークンは、次の優先順位のリクエストに提供される。このプロセスは、アクティブなリクエストが存在するまで、または現トークン所有者に戻るまでリングを周回し続ける。トークンがリクエストに与えられるとき、その時トークンを所有するリクエストは最低の優先順位となり、リング内の次のリクエストは最高の優先順位となる。サイクル中にリクエストが存在しない場合、トークンは移動しない。しかし、デイジー・チェーン実装は、静的タイミング分析の難しい偽組合せループ(false combinatorial loop)に対処しなければならない。さらに、リングのタイミングは、リング中のリクエスト数とリングの長さに比例して低下する。

【0005】

図 2 に集中型アービトレーション方式を示す。この集中型アービトレーション方式は、すべての要求信号を中央アービトレーション・ユニットに送り、中央アービトレーション・ユニットで、N 個の優先順位エンコードのうち 1 つを使用可能にする。この手法での組合せ論理は、リクエスト数の 2 乗に比例して増大する。この手法はさらに、要求入力上の著しいファンアウト遅延と grant 出力上のファンイン遅延を受け、さらに要求信号と grant 信号を集中型アービタに配信し、集中型アービタから配信するためにそれらの信号に挿入されるリピータからの遅延も受ける。

【0006】

図 8 に、4 つの要求信号を有する木構造トークン・リングを示す。ツリーは、階層的に互いに接続されたアグリゲータから構成される。葉は、各イニシエータで現トークン・リング状態マシンへのローカル接続だけを有するアグリゲータである。ツリーの頂部(すなわちルート)は、頂部からの grant 入力が配線され、頂部への要求出力が無視されたアグリゲータである。アグリゲータは、底部からの 3 つの入力、1 つは左に接続する入力、1 つは右に接続する入力、残りはローカル・イニシエータに接続する 3 番目の入力を有するが、機能は 2 つ以上の入力に対して機能する。各リクエストは、1 ホットの 4 ビット要求入力を有する。ツリーは n 個の 4 ビット要求を有する。ただし n は、集約すべき低レベルリクエスト数である。要求入力の 4 ビットは以下の意味を有する。

H A V E T O K E N は、トークンと最高優先順位のリクエストを有する

G E N T O K E N は、トークンを有するが最低優先順位のリクエストを有する

W A N T T O K E N は、トークンを有さないがそれを必要としている

N O T O K E N は、トークンを有さず、それを必要としていない

【0007】

ツリー中の各ノードはさらに、以下の式によって実現される n 個の単一ビット grant ダウンストリームと 1 ホットの 4 ビット要求アップストリームを出力する。各ノードは、アップストリームからの単一ビット grant の追加の入力をさらに有する。

```
root[HAVETOKEN]=rightF[HAVETOKEN]
OR localF[HAVETOKEN]
OR leftF[HAVETOKEN]
OR (leftF[GENTOKEN] AND localF[WANTTOKEN])
```

```

OR (leftF[GENTOKEN] AND rightF[WANTTOKEN])
OR (localF[GENTOKEN] AND rightF[WANTTOKEN])

```

```

root[GENTOKEN]=rightF[GENTOKEN]
OR (localF[GENTOKEN] AND !rightF[WANTTOKEN])
OR (leftF[GENTOKEN] AND !rightF[WANTTOKEN]
    AND !localF[WANTTOKEN])

```

```

root[WANTTOKEN]=(rightF[WANTTOKEN]
    AND (localF[NOTOKEN] OR localF[WANTTOKEN])
    AND (leftF[NOTOKEN] OR leftF[WANTTOKEN]))
OR (localF[WANTTOKEN]
    AND (leftF[NOTOKEN] OR leftF[WANTTOKEN])
    AND !rightF[HAVETOKEN] AND !rightF[GENTOKEN])
OR (leftF[WANTTOKEN]
    AND !localF[HAVETOKEN] AND !localF[GENTOKEN]
    AND !rightF[HAVETOKEN] AND !rightF[GENTOKEN])

```

10

```

root[NOTOKEN]=rightF[NOTOKEN] AND localF[NOTOKEN]
    AND leftF[NOTOKEN]

```

20

```

rootF = root(with fast buffer)
rootS = root(with slow buffer)

```

```

rightGnt = rootGnt AND (rightS[HAVETOKEN]
    OR (rightS[WANTTOKEN] AND localS[GENTOKEN])
    OR (rightS[WANTTOKEN] AND localS[NOTOKEN] AND leftF[GENTOKEN])
    OR (rightS[WANTTOKEN] AND localS[NOTOKEN] AND leftS[NOTOKEN])
    OR (rightS[GENTOKEN] AND localS[NOTOKEN] AND leftS[NOTOKEN]))

```

```

localGnt=rootGnt AND (localS[HAVETOKEN]
    OR (localS[WANTTOKEN] AND leftS[GENTOKEN])
    OR (localS[WANTTOKEN] AND leftS[NOTOKEN]
        AND !rightS[HAVETOKEN])
    OR (localS[GENTOKEN] AND leftS[NOTOKEN] AND rightS[NOTOKEN]))

```

30

```

leftGnt=rootGnt AND (leftS[HAVETOKEN]
    OR (leftS[WANTTOKEN] AND !localS[HAVETOKEN]
        AND !(rightS[WANTTOKEN] AND localS[GENTOKEN])
        AND !rightS[HAVETOKEN])
    OR (leftS[GENTOKEN] AND localS[NOTOKEN] AND rightS[NOTOKEN]))

```

40

【 0 0 0 8 】

トークン・アービタに対する未使用の入力の結合が解かれ、NOTOKEN入力が1に結合され、その他は0に結合される。ルート grant 信号は1に結びつけられる。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

この実装のタイミングを改善するために、要求が2回、ルートに対する要求で使用される高速タイミング (rootF) のための大きなバッファで1回、grant down 論理 (rootS) のためのより緩和されたタイミングで1回送信される。したがって、この実装は、要求をツリーの上方に送るために8個の信号を実際には使用する。これによ

50

り、他の手法よりも著しく多くの配線が必要となり、したがって不利である。

【課題を解決するための手段】

【0010】

ラウンド・ロビン資源アービトレーション方式のための方法と装置を説明する。ラウンド・ロビン・トークン・アービトレーションを実現する装置は、少なくとも2つのトークン・アービタを備え、各トークン・アービタは、少なくとも2つのサブツリーが接続されるノードと関連付けられ、各サブツリーは、トークン・アービタまたは有限状態マシン・リクエストを備える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明を限定的なものではなく、例示的なものとして添付の図面の各図に示す。各図では、同様の参照番号は同様の要素を指す。

【0012】

ラウンド・ロビン・アービトレーションのための方法と装置を説明する。共有資源についてのアービトレーションは、多くのシステムの性能にとって重要である。ラウンド・ロビン・アービトレーションは、その単純さと公平性のために良いアービトレーション・ポリシーである。リクエストが分散するとき、要求を受信すると共にその要求の grant を返すのにかかる時間は、アービトレーションを行うのにかかる時間と同程度に重要となる。

【0013】

ツリー・ベースのアービトレーション構造は、図3Aからわかるように、集積回路チップの2-D構造中の距離を効率的に横切ることができる。例えば、集積回路は、システム・オン・チップ(SOC)でよい。

【0014】

図3Aのレイアウトは、ルート・ノードB1 310とその補助ノードを示す。図3Bに、図3Aのチップのリクエストによって形成されるツリー構造を示す。ノードB1からB11は、アービタまたはリクエストを表す。図3Aでは、アービタは、B1(ルート)、B2、B5、B3、B6、B7である。言い換えれば、(ローカル・リクエストに加えて)少なくとも1つの補助ノードを有する各ノードはアービタを有する。これを図4により詳細に示す。

【0015】

ノードの実際の順序付けは、ルートから任意の葉までの最大長を最小限に抑えるように選ぶことができる。したがって、一実施形態では、設計者は、ツリーの平衡を取るようにノードの順序付けを最適化することができる。したがって、設計者は、トークンについての最大移動時間を最小限に抑えるようにルート・ノードとノード間の接続とを選ぶことができる。ここで、最大移動時間は、リクエストB8からルートB1、またはリクエストB9からルートB1である。B8からの横断では、トークンは、ノードB5、B2を通過してルートB1まで上流に移動し、戻らなければならない。B9からの横断では、トークンは、ノードB6、B3を通過してルートB1まで上流に移動し、戻らなければならない。ツリーのルートは、ルートに接続される2つのサブツリー・クリティカル・パスが同等であるときに最適な位置に配置される。サブツリーの1つのクリティカル・パスが他のサブツリーよりもかなり長い場合、長いサブツリーのルートを全ツリーのルートにすることにより、ツリーの遅延の平衡がより良好に取られることになる可能性が高い。

【0016】

図4の編成では、どちらのサブツリー・クリティカル・パスも6ステップを必要とする。回路が上述のデイジー・チェーン方法を使用して実装される場合、最大距離は11ステップとなる。リクエストの数が2倍になる場合、ツリー構造中のステップ数は2倍に増加すると共に、デイジー・チェーン中のステップ数が2倍になる。

【0017】

ツリーの各ノードで分散アービトレーションを実行することにより、所望のラウンド・

10

20

30

40

50

ロビン・アービトレーション論理が実装され、信号がチップを横切るときに信号がバッファリングされる。

【0018】

図4に、図3に示すチップに関するラウンド・ロビン・アービトレーションを実装するのに必要なアービタ・セルとアービタFSMからなるトークン・ツリー構造を示す。信号が移動しなければならない距離は、トークン・リング構造よりも短い。さらに、ルートまたはハブ410を通過する信号の数は、集中型手法よりもかなり少なく、集中型アービタが22個の信号を必要とする(全11リクエストからそれぞれ2個)のに対して、トークン・アービタ420とトークン・アービタ440からそれぞれ3個である。

【0019】

分散実装の一態様は、要求信号がツリーの上方に送られるときの、要求信号の符号化である。図4に示すように、要求をツリーの上方に送るのに2つの信号が使用される。第1の信号は、トークンが現在このサブツリー内のリクエストの1つによって保持され、かつツリーの残りの中のリクエストよりも高い優先順位である、このサブツリー内のアクティブなリクエストが存在しないので、トークンがこのサブツリーによってルートに向かって上流に渡されることを示す生成信号(G)である。第2の信号は、このサブツリーがアクティブなリクエストを含まず、トークンを保持しないことを示す伝播信号(P)である。

【0020】

一実施形態では、GとPの両方は同一サイクルで決して真とならない。このことにより、後述するいくつかの最適化が得られる。

【0021】

サブツリーに関するG信号とP信号(root Gとroot P)をそのローカルとサブツリーのP、G入力から生成することができる。図4では、サブツリーのP、G入力が、ローカル・サブツリーに関するLocal GとLocal P、左サブツリーに関するLeft GとLeft P、さらに右サブツリーに関するRight GとRight Pとして示されている。ローカル・ノードとサブツリーのすべてがトークンを伝搬中である場合、特定のサブツリーはトークンを伝搬中である。サブツリー内のラウンド・ロビン順序は、トークンがサブツリーの下方に渡されるとき、サブツリーのG出力の生成とgrantの生成に影響を及ぼす一実施形態では、ラウンド・ロビン順序はローカル、右、次いで左である。

【0022】

grant(Gnt)信号が、最高の優先順位を有するリクエストまで伝播される。一実施形態では、優先順位は、ローカル、右、次いで左である。したがって、図4に示す例では、ラウンド・ロビン順序は、F1、F3、F11、F10、F6、F9、F2、F5、F8、F4で、そしてF1に戻る。

【0023】

図4は2進木を示すが、より高次のツリーにスケーリングすることができる。具体的には、あるチップ設計では、ローカル・ノードと3つのサブツリーを有するツリーが有用である。例えば、ルートが北側に位置する場合、ローカル・リクエストに加えて東、西、南に分岐するサブツリーを有することが有用である。2方向または3方向から集中する要求がある場合は特に、ローカル・リクエストを有さないアービタを有することが有用であることもある。別の実施形態では、ローカル・リクエストの方向の分岐が不要であるので、ローカル・リクエストを有さないアービタが不要である。したがって、追加のリクエストが存在する場合、別のリクエストでアービトレーション論理を拡張することができ、または別のアービトレーション・ノードを挿入することができる。

【0024】

ローカル・ノード、左サブツリー、右サブツリーの順序付けは任意であり、アービトレーションの公平性に影響を及ぼさないが、アービタのタイミングには影響を及ぼす。アービトレーションの順序付けは、左サブツリーと右サブツリーからの経路を最適化すべきである。左サブツリーと右サブツリーは通常はリモートであり、それらもサブツリーである

10

20

30

40

50

場合に余分の論理レベルを含むからである。

【 0 0 2 5 】

図 5 A にトークン・アービタの一実施形態を示す。図示する例では、ラウンド・ロビン順序はローカル、右、次いで左である。この順序付けが与えられると、左が生成し (L e f t G から U 1 へ)、または右がそれを生成してそれを左に伝搬し (U 2)、またはローカルが生成して左と右が共にそれを伝搬する (U 3) ときはいつでも、サブツリーはトークンを生成する。サブツリーのより低いレベルがトークン (U 4) を伝搬するとき、サブツリーはトークンを伝搬する。P は 1 つの論理レベルを必要とする一方で G は 2 つのレベルを必要とするので、P は G よりも速いことに留意されたい。

【 0 0 2 6 】

図 5 A に示すように、トークン・アービトレーション・セルは、左セルからの R o o t G 生成を最適化する。左サブツリーが 2 つのサブツリーのうちの長い方であるという任意の規約を採用することにより、R o o t G を通る経路の平衡が保たれる。L e f t G から R o o t G への経路が唯一の論理レベル (U 1) であり、一方 R i g h t G から R o o t G への経路が 2 レベル (U 2 および U 1) であるからである。

【 0 0 2 7 】

この順序付けの 1 つの結果は、L e f t G n t の生成は、R i g h t G n t と L o c a l G n t の両方より複雑であることである。しかし、この複雑さのタイミングに対する効果は、論理を再構築し、タイミング・クリティカルな信号 R o o t G n t からの経路を最適化することによって低減することができる。

【 0 0 2 8 】

図 5 B からわかるように、U 5 を U 5 A と U 5 B に、U 8 を U 8 A と U 8 B、U 1 1 を U 1 1 A と U 1 1 B に変換することにより、この経路を 1 つの複雑なゲートまたは 2 つの単純 2 入力ゲートに単純化することができる。したがって、L e f t G n t に関するタイミングは R i g h t G n t と同等である。この最適化をゲート・レベルで直接行うことができ、または論理合成に対するタイミング制約を介して行うことができる。論理合成に対するタイミング制約では、R o o t G n t から L e f t G n t と R i g h t G n t への経路が、他の入力からアービタ・セルへの経路よりもかかる時間が短くなるように制約を受ける。

【 0 0 2 9 】

したがって、図 5 B に示す論理は以下ようになる。

```
RootG=LeftG OR (RightG AND LeftP) OR (LocalG AND LeftP AND RightP)
RootP=LeftP OR RightP OR LocalP
LeftGnt=((!LeftP AND RightP AND LocalG) OR (!LeftP AND RightG))
        OR ((LocalP AND RightP) AND RootGnt))
RightGnt=(!RightP AND LocalG) OR ((LocalP AND !RightP) AND RootGnt))
LocalGnt=(!LocalP AND RootGnt)
```

【 0 0 3 0 】

一実施形態では、各トークン・アービタは同様に設計され、ローカル・サブツリー、左サブツリー、右サブツリーを含む。しかし、ある場合には、接続することのできる有限状態マシンまたはアービタのサブセットだけが使用される。その場合、一実施形態では、アービタ・ノードへの未使用の G 入力と P 入力 がゼロと結びつけられる。これにより、このリクエストに関連する不要な論理を論理合成中に除去することが可能となる。

【 0 0 3 1 】

従来技術では、トークン F S M がローカル・インターフェースだけに接続された。F S M を左インターフェースまたは右インターフェースに接続する代わりに、F S M がアービトレーション・ユニットに接続され、左要求と右要求がゼロに結合される。これらの結び付きとの論理合成は、U 1 2 を除くアービトレーション・ユニット中のすべてのゲートを除去する。P がアサートされるときアービトレーション・ユニットは決して g r a n t を受け取らないので、U 1 2 は不要である。現設計において、一実施形態では、アービトレ

10

20

30

40

50

ーション・ユニットは、複数のユニットまたはサブツリーがアービトレーション・ユニットに接続されるときにだけ使用される。これにより、左サブツリーと右サブツリーを有するトークン・アービタごとの2つの論理ゲートが不要となる。

【0032】

図6Aは、ルート・ノード・アービタの一実施形態である。図6Aに示すように、ルート・ノードでの生成信号RootGは、許可入力RootGntとしてRootG自体にフィードバックされる。これによりループが完了し、現位置の後の他のノードがトークンを要求しているときにトークンをツリーの始めで再始動することが可能となる。

【0033】

しかし、RootGのRootGntへの直接接続は最適ではない。U8の点で冗長性が存在し、同時に決してアサートされないRightGとRightPが共にU8に供給される(U2とU1を介するRightG)。さらに、RightGnt信号とLocalGnt信号を計算するために、システムはまずRootGntを計算しなければならない。したがって、RightGntとLocalGntを計算する前に遅延が存在する。

【0034】

図6Bに、この遅延をなくす、最適化されたルート構造の一実施形態を示す。図からわかるように、この最適化されたルート構造では、すべての出力についての深さは2層だけである。

【0035】

したがって、図6Bに示す論理は以下になる。

$$\begin{aligned} \text{LeftGnt} &= (!\text{LeftP AND RightG}) \text{ OR } (!\text{LeftP AND RightP AND LocalG}) \\ &\quad \text{OR } (\text{LeftG AND RightP AND LocalP}) \\ \text{RightGnt} &= (!\text{RightP AND LocalG}) \text{ OR } (!\text{RightP AND LocalP AND LeftG}) \\ &\quad \text{OR } (\text{RightG AND LeftP AND LocalP}) \\ \text{LocalGnt} &= (!\text{LocalP AND LeftG}) \text{ OR } (!\text{LocalP AND LeftP AND RightG}) \\ &\quad \text{OR } (\text{LeftP AND LocalG AND LeftG}) \end{aligned}$$

【0036】

一実施形態では、信号の一部が移動した距離を処理するために、アービタ・セルの出力がバッファリングされる。一実施形態では、このことが、ANDとOR出力ゲートをそれぞれNANDとNORゲートで置き換え、次いでこれらのゲートの出力を高出力インバータの入力に供給し、次いでインバータが出力を駆動することによって行われる。アービタ間の実際の配線長が求められると、手動により、あるいは自動論理合成、配置、経路指定、または目標の動作頻度を達成するための他の最適化プログラムにより、追加のバッファリングを追加することができる。

【0037】

図7に有限状態マシンの一実施形態を示す。一実施形態では、G信号とP信号が、ラウンド・ロビン・アービトレーションに参加している各リクエスト内に位置するトークン・アービトレーション有限状態マシン(PSM)の0/1ホット符号化状態から直接生成される。状態マシンは、入力として、リクエストからの要求と、アービトレーション・ツリーからのgrantとを取る。

【0038】

【表1】

状態	意味
G=1, P=0	トークンが渡すためにここにある、GENTOKEN
G=0, P=0	トークンを要求している／トークンを使用している、WANTTOKEN
G=0, P=1	トークンを有さず、トークンを要求していない、NOTOKEN

【 0 0 3 9 】

NOTOKEN 状態 710 は、FSM がトークンを有さず、トークンを要求していないことを示す。したがって、G (生成) はゼロであり、渡すためのトークンがここにはないことを示し、P (伝播) は 1 であり、トークンがこの FSM によって必要とされていないことを示す。要求を受け取った場合、状態は NOTOKEN 710 から WANTTOKEN 状態 720 に移る。WANTTOKEN 状態 720 は、FSM がトークンを有さないがトークンを必要としていることを示し、したがって G はゼロであり、P はゼロである。FSM は、要求が許可されるまでこの状態にとどまる。一実施形態では、要求が許可されたときのクロック・サイクル中に、現要求が完了する。grant がアクティブであるときや、アクティブな要求がないときまたは優先使用がないとき、FSM は GENTOKEN 状態 730 になる。この状態は、トークンがこのサブツリー内にあり、それに沿って渡す準備ができていることを示す。

10

【 0 0 4 0 】

GENTOKEN 状態 730 から、トークンがより高い優先順位のリクエストに渡される場合、FSM はトークンを渡し、NOTOKEN 状態 710 に移り、要求を再び受け取るまでその状態にとどまる。GENTOKEN 状態 730 で grant がアクティブなままである場合 (例えば他のリクエストが存在しない場合)、grant は GENTOKEN 状態 730 のままであり、一方、要求を受け取って、要求が許可されない場合、FSM は WANTTOKEN 状態 720 に移る。このようにして、FSM は 3 つの状態間を移動する。

20

【 0 0 4 1 】

さらに、一実施形態では、すべての FSM は、分散された資源からの入力として優先使用信号を受け取ることができる。優先使用信号は、それによって高い優先順位のリクエスト・ラウンド・ロビン・アービトレーションの一部ではない可能性のあるリクエスト・が資源へのアクセスの許可を受けることができる機構である。一実施形態では、優先使用の間、ラウンド・ロビンは、トークンを付与する新しい所有者を仲裁するが、優先使用が完了するまでリクエストの資源の使用を遅延する。優先使用信号は、すべてのリクエスト FSM に配信されるグローバル信号である。FSM にトークンが付与されている間に優先使用信号がアクティブであり、要求がアクティブである場合、WANTTOKEN 720 であっても、GENTOKEN 状態 730 であっても、FSM は PREEMPTED 状態 750 に移る。この状態では、FSM はトークンを所有するが、資源の使用を許可されていない。FSM は、優先使用と要求がアクティブである間、この状態にとどまり、トークンを保持する。要求が非アクティブになったとき、すなわち、FSM がトークンを使用することを望まないの優先使用がもはや必要でないとき、FSM 状態は GENTOKEN 状態 730 に遷移する。

30

【 0 0 4 2 】

優先使用が非アクティブになった場合、すなわち、高優先順位アービトレーションが資源を FSM に返すことを終了した場合、FSM は PREEMPTED 状態 750 から GENTOKEN 状態 730 に遷移する。その時点で、要求がまだアクティブである場合、例えばまだサービスされていない要求を FSM がまだ有する場合、FSM は資源の使用を許可される。要求がアクティブでない場合、FSM は、許可された資源を使用することなく GENTOKEN 状態 730 に移る。

40

【 0 0 4 3 】

一実施形態では、機械可読媒体が、本明細書に記載の装置および/または方法を表す情報を格納することができる。機械可読媒体は、マシン (例えばコンピュータ) が読取り可能な形式で情報を提供する (例えば格納し、かつ/または送る) 任意の機構を含む。例えば、機械可読媒体は読取り専用メモリ (ROM)、ランダム・アクセス・メモリ (RAM)、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュ・メモリ・デバイス、DVD、電気、光、音響、またはその他の形態の伝播信号 (例えば搬送波、赤外線信号、デジタル信号、EPROM、EEPROM、FLASH、磁気または光カード、あるいは電子命令を格

50

納するのに適した任意のタイプの媒体)を含む。低速の媒体を、より高速のより実用的な媒体に対してキャッシュすることができる。機械可読媒体上に格納された装置および/または方法を表す情報を、本明細書に記載の装置および/または方法を作成するプロセスで 사용할ことができる。

【0044】

上記の明細書では、本発明の特定の例示的实施形態を参照しながら本発明を説明した。しかし、添付の特許請求の範囲に記載の本発明のより広い精神と範囲から逸脱することなく、本発明に対して様々な修正や変更を行えることができることは明らかであろう。したがって、明細書と図面は、限定的にではなく例示的な意味とみなすべきである。

【図面の簡単な説明】

10

【0045】

【図1】従来技術のデジー・チェーン・トークン・アービトレーション方式の一実装である。

【図2】従来技術の集中型トークン・アービトレーション方式の一実装である。

【図3A】本発明のラウンド・ロビン・アービトレーション方式を使用する例示的チップ・レイアウトである。

【図3B】図3Aのレイアウトを使用して得られるアービトレーション・ツリー構造を示す図である。

【図4】本発明によるトークン・ツリー構造の一実施形態を示す図である。

【図5A】トークン・リング・アービタ・セルの一実施形態を示す図である。

20

【図5B】トークン・リング・アービタ・セルの別の実施形態を示す図である。

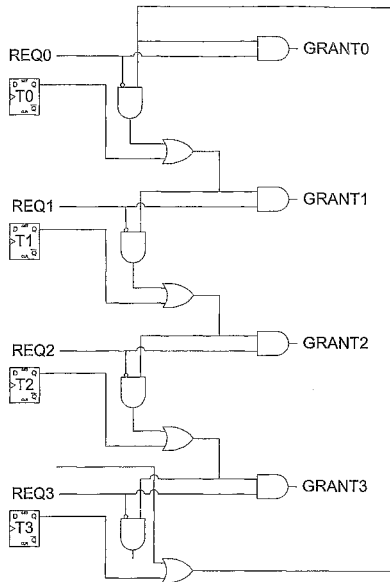
【図6A】トークン・リング・アービタ・ルート・セルの一実施形態を示す図である。

【図6B】トークン・リング・アービタ・ルート・セルの別の実施形態を示す図である。

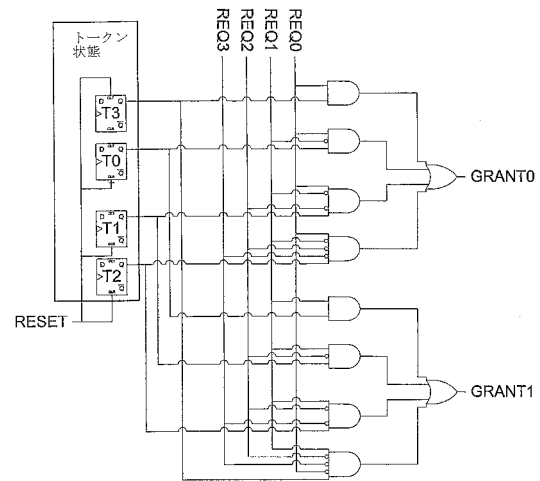
【図7】トークン・リング・アービトレーションを表す有限状態マシンの一実施形態を示す図である。

【図8】アービタ間で8本のワイヤを使用する分散ツリー構造アービタを示す図である。

【 図 1 】

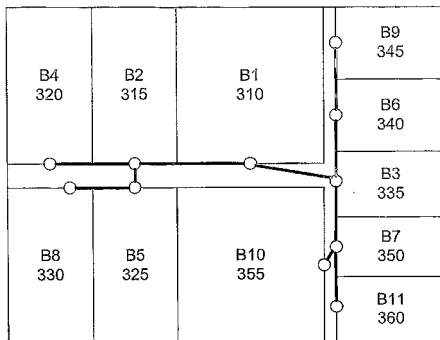


【 図 2 】

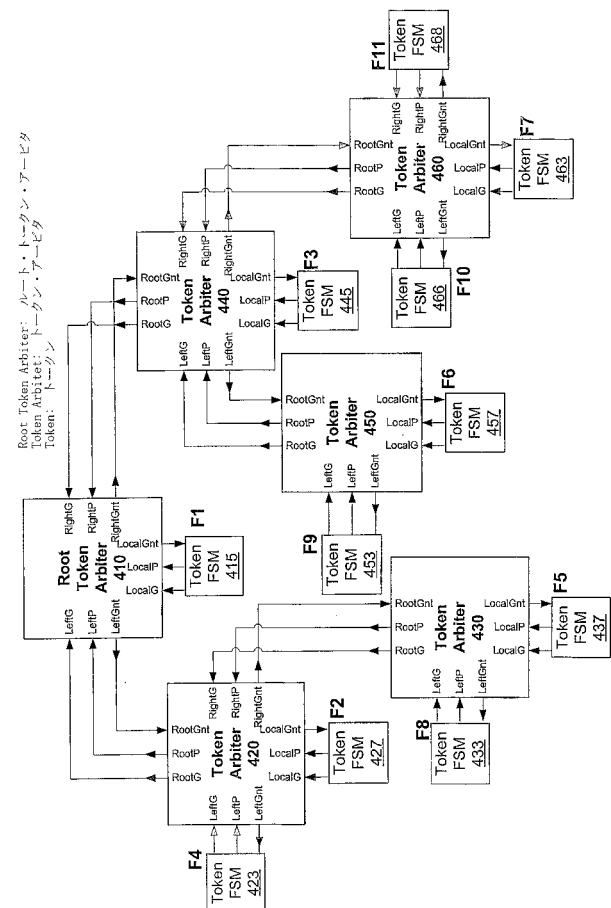


GRANT 2とGRANT 3は同様であり、トークン状態と要求の組合せが異なるだけである

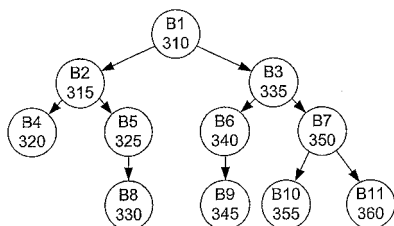
【 図 3 A 】



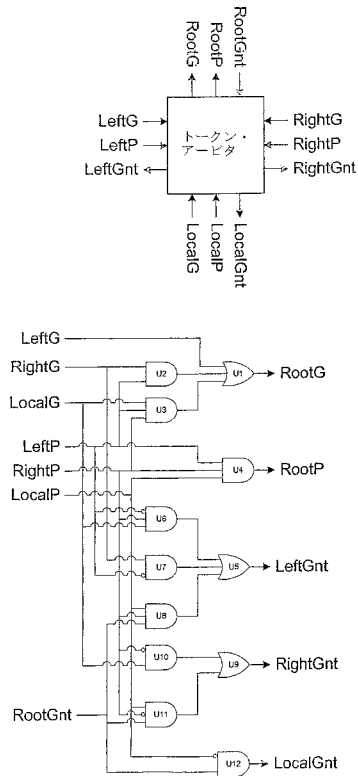
【 図 4 】



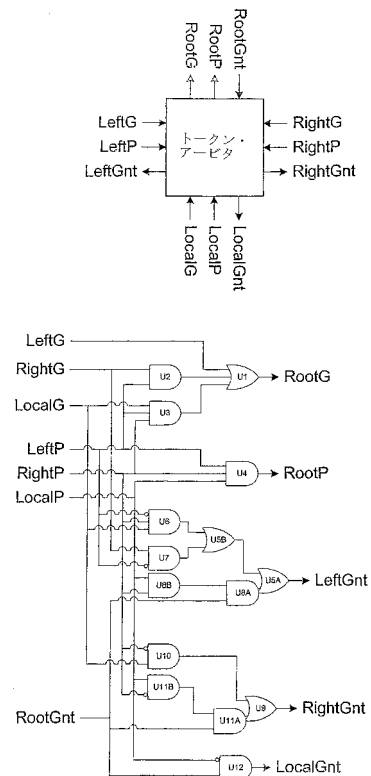
【 図 3 B 】



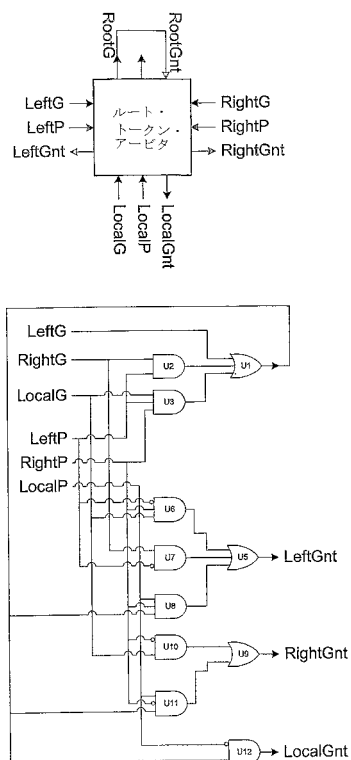
【図 5 A】



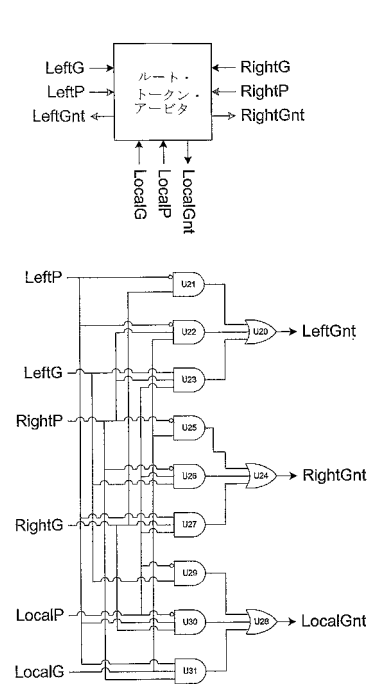
【図 5 B】



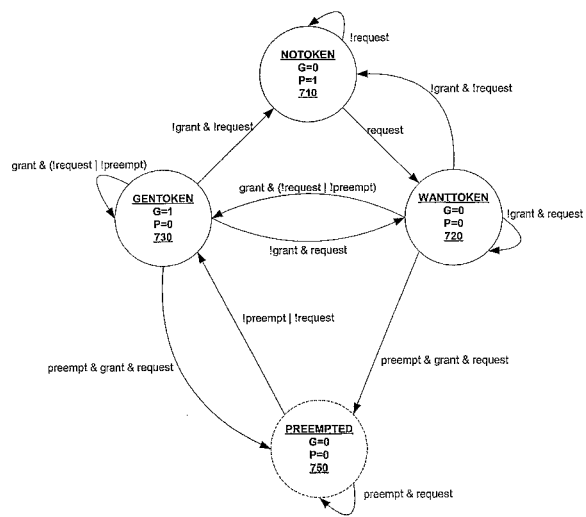
【図 6 A】



【図 6 B】

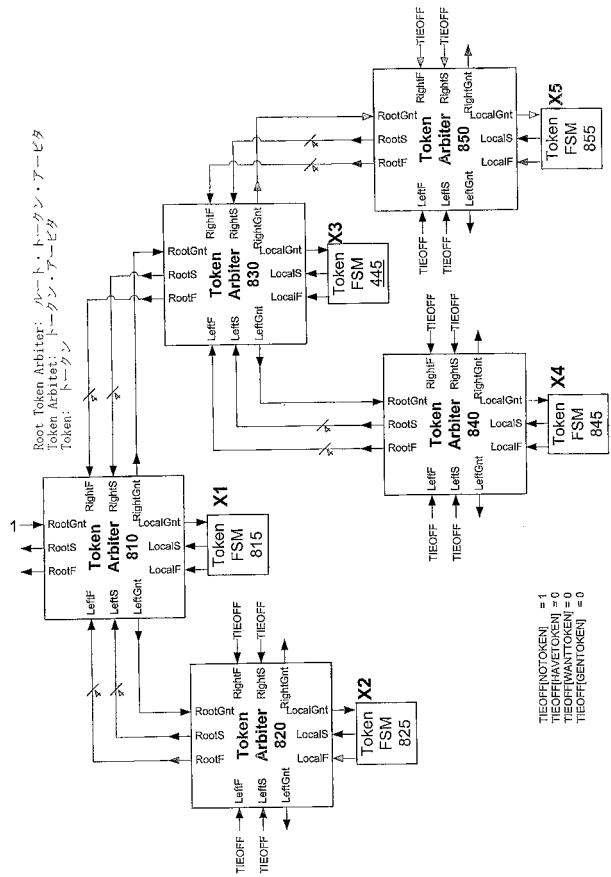


【 図 7 】



注：優先使用信号が存在しない場合（例えば `preempt` が常に0である場合）、`PREEMPTED`状態は不要である

【 図 8 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US2004/011943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G06F13/37		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G06F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 301 333 A (LEE KUO-CHU) 5 April 1994 (1994-04-05) the whole document	1-28
X	K.C. LEE: "A variable round-robin arbiter for high speed buses and statistical multiplexers" IEEE COMPUTERS AND COMMUNICATIONS, 1991. CONFERENCE PROCEEDINGS, 'Online! 1991, pages 23-29, XP002309605 Retrieved from the Internet: URL: http://ieeexplore.ieee.org/1e12/329/3368/00113787.pdf?isNumber=3368&prod=IEEE+CNF&arnumber=113787&arSt=23&ared=29&arAuthor=Lee%2C+K.C.%3B 'retrieved on 2004-12-08! the whole document	1-28
----- -/-		
☒ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the International filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the International search 9 December 2004		Date of mailing of the International search report 27/12/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2200 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Ryan, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US2004/011943

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0090, no. 20 (P-330), 26 January 1985 (1985-01-26) & JP 59 165118 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 18 September 1984 (1984-09-18) abstract	1, 14, 20, 24, 26
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0183, no. 00 (P-1750), 8 June 1994 (1994-06-08) & JP 6 060018 A (FUJITSU LTD), 4 March 1994 (1994-03-04) abstract	1-28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

PCT/US2004/011943

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5301333	A	05-04-1994	NONE	
JP 59165118	A	18-09-1984	NONE	
JP 6060018	A	04-03-1994	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ウィンガード, ドリユー

アメリカ合衆国・90470・カリフォルニア州・サンカルロス・ヒューイト ドライブ・1059

(72)発明者 ウェバー, ウォルフ - ディートリッヒ

アメリカ合衆国・95120・カリフォルニア州・サン ノゼ・メアンダー ドライブ・5851

Fターム(参考) 5B061 BA01 BB02 BB36 BB43 BC03 RR02