

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6163551号
(P6163551)

(45) 発行日 平成29年7月12日 (2017. 7. 12)

(24) 登録日 平成29年6月23日 (2017. 6. 23)

(51) Int. Cl.	F 1
G 0 6 F 12/02 (2006.01)	G 0 6 F 12/02 5 3 0 B
G 0 6 F 12/00 (2006.01)	G 0 6 F 12/00 5 9 1

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2015-525522 (P2015-525522)	(73) 特許権者	502303739
(86) (22) 出願日	平成25年7月30日 (2013. 7. 30)		オラクル・インターナショナル・コーポレ イション
(65) 公表番号	特表2015-524593 (P2015-524593A)		アメリカ合衆国カリフォルニア州9406 5レッドウッド・シティー, オラクル・パ ークウェイ500
(43) 公表日	平成27年8月24日 (2015. 8. 24)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/052780	(74) 代理人	110001195
(87) 国際公開番号	W02014/022431		特許業務法人深見特許事務所
(87) 国際公開日	平成26年2月6日 (2014. 2. 6)	(72) 発明者	アーマッド, サキブ
審査請求日	平成28年4月22日 (2016. 4. 22)		アメリカ合衆国、95111 カリフォル ニア州、サン・ノゼ、エスファハーン・ド ライブ、101
(31) 優先権主張番号	61/677, 390	審査官	塚田 肇
(32) 優先日	平成24年7月30日 (2012. 7. 30)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	13/782, 433		
(32) 優先日	平成25年3月1日 (2013. 3. 1)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ビットマップウィンドウを用いて永続メモリにおけるオブジェクトを削除するためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

メモリチャンクを表わすビットマップウィンドウを用いて永続メモリにおけるオブジェクトを削除するためのシステムであって、

プロセッサまたは計算エンジンと、ソフトウェアオブジェクトを記憶するための永続メモリとを含む、リソース制約のある環境、スマートカードまたは他の環境などのコンピューティング環境またはデバイスと、

1つ以上のメモリビットマップウィンドウと、潜在的ガベージリストとを含むことができるデータ構造とを含み、当該1つ以上のメモリビットマップウィンドウの各々は、前記永続メモリにおけるアドレス可能な空間のチャンクを表し、

前記システムは、

オブジェクトを記憶するのに用いられる永続メモリ空間を複数のウィンドウに分割するステップと、

各ウィンドウについて、ルートオブジェクトをマークし、子オブジェクトを再帰的にマークするステップと、

前記マークするステップがウィンドウにおいて完了すると、当該ウィンドウ内における未参照の如何なるオブジェクトをも潜在的ガベージリストに加えるステップとを含み、前記潜在的ガベージリストは、既に処理されたウィンドウにおいて参照されていないオブジェクトを含み、

前記複数のウィンドウについての処理が完了した後、参照されていないオブジェクト

を含む潜在的ガベージリストに基づいて、前記永続メモリから到達不可能なオブジェクトを削除するステップと、を含む方法を実行する、システム。

【請求項 2】

前記データ構造は、

ダイナミックルートリスト；

最大再帰深さ；および

遅延型オブジェクトリスト；

のうち 1 つ以上を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記ダイナミックルートリストは、先行のウィンドウから参照されているが先行のウィンドウにおけるアドレス可能な空間にはなく、次のウィンドウのルートになるオブジェクトを含み、

前記最大再帰深さは、マーキングフェイズのために再帰深さを制限する構成可能な値であり、

構成された再帰深さに到達したときに、前記遅延型オブジェクトリストは、まだ処理されていない子オブジェクトを含む、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記システムで実行される方法は、

ビットがメモリにおけるアドレスを表わしているウィンドウについてビットマップを初期化するステップと、

参照されておらずガベージと見なすことのできるオブジェクトが潜在的ガベージリストに最終的に含まれるように、前記複数のウィンドウの各々を処理するステップとを含む、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

メモリチャンクを表わすビットマップウィンドウを用いて永続メモリにおけるオブジェクトを削除する方法であって、

プロセッサまたは計算エンジンと、ソフトウェアオブジェクトを記憶するための永続メモリとを含む、リソース制約のある環境、スマートカードまたは他の環境などのコンピューティング環境またはデバイスにおいて、各々が前記永続メモリにおけるアドレス可能な空間のチャンクを表わす 1 つ以上のメモリビットマップウィンドウおよび潜在的ガベージリストを含むことができるデータ構造を提供するステップと、

オブジェクトを記憶するのに用いられる永続メモリ空間を複数のウィンドウに分割するステップと、

各ウィンドウについて、ルートオブジェクトをマークし、子オブジェクトを再帰的にマークするステップと、

前記マークするステップがウィンドウにおいて完了すると、当該ウィンドウ内における未参照の如何なるオブジェクトをも潜在的ガベージリストに加えるステップとを含み、前記潜在的ガベージリストは、既に処理されたウィンドウにおいて参照されていないオブジェクトを含み、

前記複数のウィンドウについての処理が完了した後、参照されていないオブジェクトを含む潜在的ガベージリストに基づいて、永続メモリから到達不可能なオブジェクトを削除するステップとを含む、方法。

【請求項 6】

ダイナミックルートリスト；

最大再帰深さ；および

遅延型オブジェクトリスト

のうち 1 つ以上をデータ構造内に提供するステップをさらに含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記ダイナミックルートリストは、先行のウィンドウから参照されているが先行のウィ

10

20

30

40

50

ンドウにおけるアドレス可能な空間にはなく、次のウインドウのルートになるオブジェクトを含み、

前記最大再帰深さは、マーキングフェイズのために再帰深さを制限する構成可能な値であり、

構成された再帰深さに到達したときに、前記遅延型オブジェクトリストは、まだ処理されていない子オブジェクトを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

ビットがメモリにおけるアドレスを表わしているウインドウについてビットマップを初期化するステップと、

参照されておらずガベージと見なすことができるオブジェクトが潜在的ガベージリストに最終的に含まれるように、前記複数のウインドウの各々を処理するステップとをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

命令を含むコンピュータ読取可能プログラムであって、前記命令は、コンピューティング環境またはデバイスによって読出されて実行されると、コンピューティング環境またはデバイスに、

プロセッサまたは計算エンジンと、ソフトウェアオブジェクトを記憶するための永続メモリとを含む、リソース制約のある環境、スマートカードまたは他の環境などのコンピューティング環境またはデバイスにおいて、各々が前記永続メモリにおけるアドレス可能な空間のチャンクを表わす 1 つ以上のメモリビットマップウインドウおよび潜在的ガベージリストを含むことができるデータ構造を提供するステップと、

オブジェクトを記憶するのに用いられる永続メモリ空間を複数のウインドウに分割するステップと、

各ウインドウについて、ルートオブジェクトをマークし、子オブジェクトを再帰的にマークするステップと、

前記マークするステップがウインドウにおいて完了すると、当該ウインドウ内における未参照の如何なるオブジェクトをも潜在的ガベージリストに加えるステップとを含み、前記潜在的ガベージリストは、既に処理されたウインドウにおいて参照されていないオブジェクトを含み、

前記複数のウインドウについての処理が完了した後、参照されていないオブジェクトを含む潜在的ガベージリストに基づいて、永続メモリから到達不可能なオブジェクトを削除するステップとを実行させる、コンピュータ読取可能プログラム。

【請求項 10】

ダイナミックルートリスト；

最大再帰深さ；および

遅延型オブジェクトリスト

のうち 1 つ以上をデータ構造内に提供するステップをさらに含む、請求項 9 に記載のコンピュータ読取可能プログラム。

【請求項 11】

前記ダイナミックルートリストは、先行のウインドウから参照されているが先行のウインドウにおけるアドレス可能な空間にはなく、次のウインドウのルートになるオブジェクトを含み、

前記最大再帰深さは、マーキングフェイズのために再帰深さを制限する構成可能な値であり、

構成された再帰深さに到達したときに、前記遅延型オブジェクトリストは、まだ処理されていない子オブジェクトを含む、請求項 10 に記載のコンピュータ読取可能プログラム。

【請求項 12】

前記命令は、前記コンピューティング環境または前記デバイスに、

ビットがメモリにおけるアドレスを表わしているウインドウについてビットマップを初

10

20

30

40

50

期化するステップと、

参照されておらずガベージと見なすことができるオブジェクトが潜在的ガベージリストに最終的に含まれるように、前記複数のウインドウの各々を処理するステップとをさらに実行させる、請求項 11 に記載のコンピュータ読取可能プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

著作権表示

この特許文献の開示の一部は、著作権保護の対象となる題材を含んでいる。著作権の所有者は、特許商標庁の包袋または記録に掲載されるように特許文献または特許情報開示を誰でも複製できることに対して異議はないが、その他の点ではすべての如何なる著作権をも保有する。

【0002】

発明の分野：

本発明の実施形態は、概して、永続的メモリストレージに関し、特に、リソース制約のある環境および他のコンピューティング環境に関し、さらに、メモリチャンクを表わすビットマップウインドウを用いて永続メモリから到達不可能なオブジェクトを削除するためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0003】

背景：

スマートカードまたは同様の実行環境もしくはデバイスなどの典型的なリソース制約のある環境は、ランダムアクセスメモリリソースが制限されている可能性があり、その代わりに永続メモリが、ソフトウェアオブジェクトを生成および記憶するためのデフォルト位置として用いられる可能性がある。

【0004】

このような環境では、規定された一組のルートから到達不可能であるため、ガベージとなったオブジェクトによって使用されている永続メモリを再利用する必要がある。他の環境において有用であり得る Java（登録商標）SE などのガベージコレクションアルゴリズムは、しばしば、オブジェクトを移動させるかまたはオブジェクトに直接マークするなどの技術に依拠している。しかしながら、これらの技術は、リソース制約のあるスマートカードまたは同様の実行環境においてはそれほど有用ではない。というのも、消耗してしまう前に永続メモリデバイスに対して限られた回数のデータ書込みしか行えないとすれば、永続メモリにおいてオブジェクトを移動させたりオブジェクトにマークしたりすることは時間のかかる動作となり、場合によってはダメージを与える動作となるからである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

概要：

メモリチャンクを表わすビットマップウインドウを用いて永続メモリにおけるオブジェクトを削除するためのシステムおよび方法をこの明細書中に記載する。一実施形態に従うと、システムは、概して、スマートカード、Java（登録商標）カードおよび他のリソース制約のある環境などの永続メモリを用いるコンピューティング環境と共に用いることができる。一実施形態に従うと、システムは、プロセッサまたは計算エンジンと、ソフトウェアオブジェクトを記憶するための永続メモリと、1つ以上のメモリビットマップウインドウを含むことができるデータ構造とを含む。これら1つ以上のメモリビットマップウインドウの各々は、永続メモリにおけるアドレス可能な空間のチャンクを表わす。システムは、永続メモリから到達不可能なオブジェクトを削除するのに1つ以上のメモリビットマップウインドウを用いる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】一実施形態に従った、リソース制約のある環境またはスマートカードなどの永続メモリを用いるコンピューティング環境の例を示す図である。

【図2】一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のための、メモリチャックを表わすビットマップウインドウの使用を示す図である。

【図3】一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためのビットマップウインドウの使用をさらに示す図である。

【図4】一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためのビットマップウインドウの使用をさらに示す図である。

【図5】一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためにビットマップウインドウを用いるアルゴリズムまたは方法を示すフローチャートである。

10

【図6】一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためにビットマップウインドウを用いるアルゴリズムまたは方法をさらに示すフローチャートである。

【図7】一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためにビットマップウインドウを用いるアルゴリズムまたは方法をさらに示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

詳細な説明：

上述のとおり、スマートカードまたは同様の実行環境もしくはデバイスなどの典型的なリソース制約のある環境は、ランダムアクセスメモリリソースが制限されている可能性があり、その代わりに永続メモリが、ソフトウェアオブジェクトを生成および記憶するためのデフォルト位置として用いられる可能性がある。このような環境では、規定された一組のルートから到達不可能であるため、ガベージとなったオブジェクトによって使用されている永続メモリを再利用する必要がある。しかしながら、他の環境において有用であり得るが、オブジェクトを移動させるかまたはオブジェクトに直接マークするなどの技術に依拠しているガベージコレクションアルゴリズムは、リソース制約のある環境、スマートカードまたは同様の実行環境においてはそれほど有用ではない。というのも、消耗してしまう前に永続メモリデバイスに対して限られた回数のデータ書込みしか行えないとすれば、永続メモリにおいてオブジェクトを移動させたりオブジェクトにマークしたりすることは時間のかかる動作となり、場合によってはダメージを与える動作となるからである。

20

30

【0008】

これに対処するのに用いることができる方策のいくつかの典型例を挙げると、各オブジェクトをチェックして、システムにおける他のいずれかのオブジェクトから参照されているかどうかを判断するためにブルートフォース (brute force) アルゴリズムを使用すること；オブジェクトが別のオブジェクトによって参照されていないことを0の参照カウン트가示すように、参照カウントを用いてオブジェクトを更新する参照カウントアルゴリズム (reference counting algorithm) を使用すること；または、メモリにおけるオブジェクトを表わすRAMビットマップを使用すること；が含まれる。

【0009】

これらの方策のうち最初の2つについての問題は、それらがさらに単純なサイクルの場合の周期的な参照にも対応していない点である。また、第1の方策では時間がかかってしまう。なぜなら、最悪のシナリオにおいては、あるオブジェクトから別のオブジェクトに対する参照を判断するために、システムにおける潜在的にすべてのオブジェクトがシステムにおいて1つおきにチェックされなければならないからである。第3の方策についての問題は、システムが実際のアドレスではなくオブジェクトテーブルからのオブジェクト参照を用いるようにオブジェクトを逆参照する (dereferencing) ことに依拠している点である。しかしながら、これにより全体的な実行環境の速度が低下する。なぜなら、多くの動作がオブジェクトアドレスを必要とすることとなり、参照によりアドレスを得るために変換処理されなければならないからである。

40

【0010】

50

一実施形態に従うと、メモリチャンクを表わすビットマップウィンドウを用いて永続メモリにおけるオブジェクトを削除するためのシステムおよび方法がこの明細書中に記載される。一実施形態に従うと、システムは、概して、スマートカード、Java（登録商標）カードおよび他のリソース制約のある環境などの永続メモリを用いるコンピューティング環境と共に用いることができる。一実施形態に従うと、システムは、プロセッサまたは計算エンジンと、ソフトウェアオブジェクトを記憶するための永続メモリと、1つ以上のメモリビットマップウィンドウを含むことができるデータ構造とを含む。これら1つ以上のメモリビットマップウィンドウの各々は、永続メモリにおけるアドレス可能な空間のチャンクを表わす。システムは、永続メモリから到達不可能なオブジェクトを削除するのに1つ以上のメモリビットマップウィンドウを用いる。

10

【0011】

さまざまな実施形態に従うと、この明細書中に記載されるシステムおよび方法のいくつかの利点は、周期的な参照についての問題に対処する高速型のマーク・スイープ・ガベージコレクション（mark-sweep garbage collection）技術を提供できること；オブジェクトを逆参照する必要がないこと；メモリを実際に再利用するまで永続メモリに書込みを行う必要がないこと；全体的なターゲットメモリ区域の増加によってリソース要件が増加しないようにその方策がスケーラブルであること；を含む。

【0012】

図1は、一実施形態に従った、リソース制約のある環境またはスマートカードなどの永続メモリを用いるコンピューティング環境の例を示す図である。

20

【0013】

図1に図示のとおり、一実施形態に従うと、リソース制約のある環境、スマートカードまたは他の環境などのコンピューティング環境またはデバイス100は、計算動作を実行するための回路類を含み得るプロセッサまたは計算エンジン126と、ランダムアクセスメモリ（RAM：random access memory）120、電氣的消去可能なプログラム可能読み専用メモリ（EEPROM：electrically erasable programmable read-only memory）122および／または読み専用メモリ（ROM：read-only memory）124などの1つ以上のメモリとを含む小型のコンピューティングデバイスと見なすことができる。

【0014】

一実施形態に従うと、RAMは、揮発性ランダムアクセスメモリを含んでもよく、EEPROMは、書き込み可能な不揮発性メモリを含んでもよく、ROMは、読み専用メモリを含んでもよい。RAMは、データ項目およびデータ構造、たとえばシステムスタック121などを記憶するために用いることができる。ROMは、スマートカードによって実行されるJava（登録商標）などのプラットフォーム非依存性プログラミング言語で書き込まれたアプリケーションを可能にするJava（登録商標）仮想マシンなどの仮想マシン108を含んでもよく、スマートカードにアクセスするサービスをクライアントに提供する1つ以上のアプリケーション104、105を含んでもよい。一実施形態に従うと、アプリケーション106は、EEPROMに、またはROMおよび／もしくはEEPROMに配置することもできる。

30

【0015】

一実施形態に従うと、システムはカードマネージャ102または同様のロジックを含み得る。カードマネージャ102または同様のロジックは、コンピューティング環境またはデバイス上でのアプリケーションの実行を管理し（たとえば、クライアントとアプリケーションとの間の通信の許可を含む）、メモリからオブジェクトを削除するためのコードを含む。たとえば、図1に図示のとおり、デバイスの動作中、EEPROMは、アプリケーション104および105によってアクセスされる複数のオブジェクト112、113および114を含んでもよく（より具体的には、アプリケーション104がオブジェクト112にアクセスし、アプリケーション105がオブジェクト113および114にアクセスし、アプリケーション106がオブジェクト114にアクセスする）が、リンクされていなかった他のオブジェクト115、116はもはや如何なるアプリケーションによって

40

50

も参照されない。一般には、メモリ空間を解放するためにこれらの参照されていないオブジェクトを削除することが望ましい。

【0016】

図1に示される環境は、この明細書中に記載されるシステムおよび方法を利用することができる一種の環境を例示することによって規定される。さまざまな実施形態に従うと、本発明は、リソース制約のある環境またはスマートカードに限定されず、または、上述の特定の環境もしくは構成に限定されず、概して、書込み可能な永続メモリまたは不揮発性メモリにオブジェクトを記憶することのできる他の種類のコンピューティング環境、デバイスまたはシステムと共に用いることができる。

【0017】

一実施形態に従うと、メモリのチャンクを表わすビットマップウィンドウを使用するためのシステムおよび方法が提供される。その技術は、大量のアドレス可能な空間をマッピングしつつ、極めて限られたリソースで機能し得るアルゴリズムまたは方法を用いる。当該技術はまた、永続メモリ容量が増加した場合に、全体的なRAMサイズが比較的变化しないままであっても、アルゴリズムまたは方法が依然として機能するように、スケーラブルである。加えて、アルゴリズムまたは方法は、ブルートフォース、参照カウントおよび逆参照技術の場合のように、全体的なシステム性能を低下させない。

【0018】

図2は、一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のための、メモリチャンクを表わすビットマップウィンドウの使用を示す図である。

【0019】

図2に図示のとおり、一実施形態に従うと、システムはデータ構造142を含み得る。データ構造142は、オブジェクトを記憶するための永続メモリ140におけるアドレス可能な空間146、148、150のチャンクを表わす1つ以上のメモリビットマップウィンドウ144（156、158、160）を含み得る。データ構造はさらに、既に処理されたウィンドウにおいて参照されてないオブジェクトを列挙した潜在的ガベージリスト（potential garbage list）162；先行のウィンドウから参照されているが先行のウィンドウにおけるアドレス可能な空間にはなく、次のウィンドウのためのルートになるオブジェクトを列挙したダイナミックルートのリスト（dynamic roots list）164；フェーズ（phase）をマークするために再帰深さ（recursion depth）を制限する構成可能な値である最大再帰深さ166；および、構成された再帰深さに到達したときに未処理の子オブジェクトを含んでいる遅延型オブジェクトリスト168を含み得る。

【0020】

図3および図4はさらに、一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためのビットマップウィンドウの使用を示す。

【0021】

一実施形態に従うと、マーキングプロセス中にEEPROMに不必要な書込みがなされるのを避けるために、システムはRAMにビットマップを維持することができる。いくつかの環境においては、たとえば、典型的なリソース制約のある環境であるRAMは稀少なリソースであり、典型的な量は2kであるかもしれず、これでは、ビットマップを記憶するための空間が少ししか提供されない。一例として、512バイトビットマップは4kビットを含み、各ビットは4バイトに相当し得るので、このサイズのビットマップを用いて16kのメモリを表わすことができる。

【0022】

一実施形態に従うと、オブジェクト削除プロセス中、システムは、メモリに到達可能なオブジェクトをすべて「マークする」マーキングプロセスを実行することができる。これは、到達可能なオブジェクトを見つけるために、アプレットテーブルおよび静的変数などの「ルート」からの一連の参照に従うことによって達成することができる。たとえば、アプレットオブジェクトは別のオブジェクトを指すことができ、この別のオブジェクトはさらに他のオブジェクトを指し、これらさらに他のオブジェクトの各々も他のオブジェクト

を指す。同様に、静的変数はオブジェクトを指すことができ、これらオブジェクトはさらに他のオブジェクトを指す。

【0023】

一実施形態に従うと、マーキングフェイズ中、ウインドウのルートオブジェクトから始まって、そのオブジェクトの子 (object children) がマークされる。子オブジェクトがウインドウの外部であって次のウインドウに存在する場合、そのオブジェクトは次のウインドウのためのルートとしてダイナミックルートリストに入れることができる。子オブジェクトは、このウインドウ内にある場合マークすることができ、システムは、そのオブジェクトの子を再帰的に処理することができる。子オブジェクトが先行のウインドウにある場合、システムは、潜在的ガベージリストをチェックし、そのオブジェクトを再帰的に処理し、次いで、そのオブジェクトを、このウインドウからアドレス可能であるので潜在的ガベージリストから削除する。ウインドウに対するマーキングフェイズ後、システムは、マークされなかったオブジェクトを探し、潜在的ガベージリストに入れる。これらのオブジェクトは、次のウインドウからアドレス可能であるかもしれないので、実際にはまだガベージとは見なされない可能性がある。次いで、システムは次のウインドウを処理する。最終的に、ウインドウの完成後、潜在的ガベージリストは、参照されておらずガベージと見なされ得るそれらのオブジェクトを含むこととなる。

10

【0024】

図3に図示のとおり、一実施形態に従って、メモリ空間が複数のウインドウに分割される。ビットがメモリにおけるアドレスを表わしているウインドウについてビットマップが初期化される。たとえば、メモリ管理が4バイトアライメントで実行される場合、ビットは、4バイトのメモリセルにおける最初のバイトを表わし得る。次いで、ビットマップウインドウが処理される。各々のウインドウのためにルートオブジェクトがマークされる。この場合、アプレットテーブル169によって示されるようにカレントウインドウ内でアプレットオブジェクト170をマークすること；ウインドウにあってスタティックフィールド176から参照されるオブジェクト174をマークすること；および、ダイナミックルートテーブルからウインドウにあるオブジェクト178をマークすることを含む。

20

【0025】

一実施形態に従うと、次に、子オブジェクトがマークされる。ここでは、子オブジェクト171および172がカレントウインドウ内で発見される場合、ビットマップにおける対応するビットをマークする(184)ことによってそのオブジェクトをマークすることを含む。子オブジェクト180が潜在的ガベージリストにおいてカレントウインドウの外部で発見される場合、オブジェクトおよびその子は、カレントウインドウおよび潜在的ガベージリストにおいて再帰的にマークされる。子オブジェクトがカレントウインドウの外部で発見され、潜在的ガベージリストにない場合、オブジェクトがメモリのうちの処理済み区域にあれば、そのオブジェクトは、到達可能なものとして既にマークされているため、無視することができる。そうではなく、子オブジェクトがメモリのうちまだ処理される必要のある区域にある場合、その子オブジェクトはダイナミックルートリストに入れられる。

30

【0026】

一実施形態に従うと、子オブジェクトをマークしている間、最大再帰深さに到達した場合、階層における次のオブジェクトが遅延型オブジェクトリストに加えられ、現在の階層の処理終了時に処理されることとなる。遅延型オブジェクトリストが一杯であり、最大再帰深さに到達した場合、ビットマップをリセットすることなく、カレントウインドウにおいてマーキングプロセスが再開されるので、2番目のサイクルおよび後続のサイクルにおけるルートが増加する。マーキングフェイズがウインドウにおいて完了すると、ウインドウ内における未参照のオブジェクトはいずれも潜在的ガベージリストに加えられる。

40

【0027】

図4に図示のとおり、次のウインドウと、そのルートおよび子オブジェクト185、186、187、188とについてプロセスが続行される。ウインドウがすべて処理される

50

と、潜在的ガベージリストは、参照されていないためガベージとされるオブジェクト 189 のみを含むこととなる。一実施形態に従うと、これらのオブジェクトは用いられるメモリを再利用するために削除することができる。

【0028】

図5は、一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためにビットマップウィンドウを用いるアルゴリズムまたは方法190を示すフローチャートである。

【0029】

図5に図示のとおり、ステップ192において、メモリ空間が複数のウィンドウに分割される。

【0030】

ステップ194において、ビットがメモリにおけるアドレスを表わしているウィンドウについてビットマップが初期化される。

【0031】

ステップ196、198および202において、ビットマップウィンドウが処理される。一実施形態に従うと、各ウィンドウのために、ルートオブジェクトがマークされる。この場合、カレントウィンドウ内におけるアプレットオブジェクトをマークすること、ウィンドウにあってスタティックフィールドから参照されるオブジェクトをマークすること、および、ダイナミックルートテーブルからウィンドウにあるオブジェクトをマークすることが含まれる。次いで、子オブジェクトが、以下にさらに詳細に記載される基準に従ってマークされ、ビットマップが更新される。カレントウィンドウにおける未参照の如何なるオブジェクトも潜在的ガベージリストに加えられる。

【0032】

ステップ204において、ウィンドウがすべて処理されると、潜在的ガベージリストは、参照されていないためガベージとされるオブジェクトのみを含むこととなる。一実施形態に従うと、これらのオブジェクトは用いられるメモリを再利用するために削除することができる。

【0033】

図6は、一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためにビットマップウィンドウを用いるアルゴリズムまたは方法210をさらに示すフローチャートである。特に、図6は、一実施形態に従って、ルートおよび子オブジェクトのマークが如何に実行され得るかをさらに示す。

【0034】

図6に図示のとおり、ステップ212において、各ウィンドウのために、ルートオブジェクトがマークされる。この場合、カレントウィンドウ内におけるアプレットオブジェクトをマークすること、ウィンドウにあってスタティックフィールドから参照されるオブジェクトをマークすること、ダイナミックルートテーブルからウィンドウにあるオブジェクトをマークすることを含む。

【0035】

ステップ214において、子オブジェクトがマークされる。この場合、子オブジェクトがカレントウィンドウ内で発見される場合、ビットマップにおける対応するビットをマークすることによってそのオブジェクトをマークすることを含む。子オブジェクトが潜在的ガベージリストにおいてカレントウィンドウの外部で発見される場合、オブジェクトおよびその子は、カレントウィンドウおよび潜在的ガベージリストにおいて再帰的にマークされる。子オブジェクトがカレントウィンドウの外部で発見され、潜在的ガベージリストにない場合、オブジェクトがメモリのうち既に処理済みの区域にあれば、このオブジェクトは到達可能なものとして既にマークされており、このため、無視することができる。代わりに、子オブジェクトがメモリのうちまだ処理される必要のある区域にある場合、その子オブジェクトはダイナミックルートリストに入れられる。

【0036】

ステップ216において、子オブジェクトをマークしている間、最大再帰深さに到達し

10

20

30

40

50

た場合、階層における次のオブジェクトが遅延型オブジェクトリストに加えられ、現在の階層の処理終了時に処理されることとなる。

【0037】

ステップ220において、遅延型オブジェクトリストが一杯であり、最大再帰深さに到達した場合、ビットマップをリセットすることなく、マーキングプロセスがカレントウィンドウにおいて再開され、これにより、2番目のサイクルおよび後続のサイクルにおけるルートが増加する。

【0038】

ステップ222において、マーキングフェイズがウィンドウにおいて完了すると、ウィンドウ内における未参照の如何なるオブジェクトも潜在的ガベージリストに加えられる。上述のとおり、ウィンドウがすべて処理されると、潜在的ガベージリストは、参照されていないためガベージとされるオブジェクトのみを含むこととなる。一実施形態に従うと、これらのオブジェクトは、用いられるメモリを再利用するために削除することができる。

【0039】

図7は、一実施形態に従った、永続メモリにおけるオブジェクト削除のためにビットマップウィンドウを用いるアルゴリズムまたは方法230をさらに示すフローチャートである。特に、図7は、一実施形態に従った、図5および図6において先に記載されたステップの各々の組合せを示す。

【0040】

概して、本発明は、1つ以上のマイクロプロセッサ上で動作し、メモリチャンクを表わすビットマップウィンドウを用いて永続メモリにおけるオブジェクトを削除するためのシステムに関する。当該システムは、

プロセッサまたは計算エンジンと、ソフトウェアオブジェクトを記憶するための永続メモリとを含む、リソース制約のある環境、スマートカードまたは他の環境などのコンピューティング環境またはデバイスにおいて、各々が永続メモリにおけるアドレス可能な空間のチャンクを表わしている1つ以上のメモリビットマップウィンドウを含むことができるデータ構造を提供するための手段と、

永続メモリから到達不可能なオブジェクトを削除する際に1つ以上のメモリビットマップウィンドウを用いるための手段とを含む。

【0041】

上記システムは、データ構造内において、
潜在的ガベージリスト；
ダイナミックルートリスト；
最大再帰深さ；および
遅延型オブジェクトリスト；のうち1つ以上を提供するための手段をさらに含む。

【0042】

上記システムはさらに、
潜在的ガベージリストが、既に処理されたウィンドウにおいて参照されていないオブジェクトを含むこと；

ダイナミックルートリストが、先行のウィンドウから参照されているが、先行のウィンドウにおけるアドレス可能な空間ではなく、次のウィンドウのルートになるオブジェクトを含むこと；

最大再帰深さが、マーキングフェイズのために再帰深さを制限する構成可能な値であること；および、

構成された再帰深さに到達したときに、遅延型オブジェクトリストは、まだ処理されていない子オブジェクトを含むこと；を含む。

【0043】

上記システムはさらに、

オブジェクトを記憶するのに用いられる永続メモリ空間を複数のウィンドウに分割するための手段と；

10

20

30

40

50

ビットがメモリにおけるアドレスを表わしているウインドウについてビットマップを初期化するための手段と；

各ウインドウのために、ルートをマークし、子を再帰的にマークすることと；

マーキングフェイズがウインドウにおいて完了した場合、このウインドウ内における未参照の如何なるオブジェクトも潜在的ガベージリストに加えるための手段と；

参照されておらずガベージと見なすことができるオブジェクトが潜在的ガベージリストに最終的に含まれるように、ウインドウの各々を処理するための手段と；を含む。

【0044】

本発明は、本開示の教示に従ってプログラムされた1つ以上のプロセッサ、メモリおよび／またはコンピュータ読取り可能な記憶媒体を含む、1つ以上の従来の汎用のまたは特化されたデジタルコンピュータ、コンピューティングデバイス、機械またはマイクロプロセッサを用いて好都合に実現され得る。ソフトウェア技術の当業者にとって明らかになるように、熟練したプログラマであれば、本開示の教示に基づいて適切なソフトウェアコーディングを容易に作成することができる。

【0045】

いくつかの実施形態においては、本発明は、命令が記憶されている／本発明のプロセスのうちのいずれかを実行するようにコンピュータをプログラムするのに用いることができる非一時的な記憶媒体またはコンピュータ読取可能媒体であるコンピュータプログラムプロダクトを含む。記憶媒体は、フロッピー（登録商標）ディスク、光ディスク、DVD、CD-ROM、マイクロドライブ、および磁気光ディスクを含む如何なるタイプのディスク、ROM、RAM、EPROM、EEPROM、DRAM、VRAM、フラッシュメモリ素子、磁気もしくは光カード、（分子メモリICを含む）ナノシステム、または命令および／もしくはデータを記憶するのに適した如何なるタイプの媒体もしくは装置をも含み得るが、これらに限定されない。

【0046】

本発明の上述の記載は例示および説明のために提供されたものであり、網羅的なものとして意図されたものではなく、または、開示された厳密な形態に本発明を限定するよう意図されたものではない。多くの変更例および変形例が当業者に明らかになるだろう。本発明およびその実用化の原理を最も良く説明することにより、企図される特定の用途に適したさまざまな実施形態について、さまざまな変更例と共に、当業者が本発明を理解することを可能にするために、実施形態が選択され、記載されている。本発明の範囲が添付の特許請求の範囲およびその同等例によって規定されることが意図される。

【図 1】

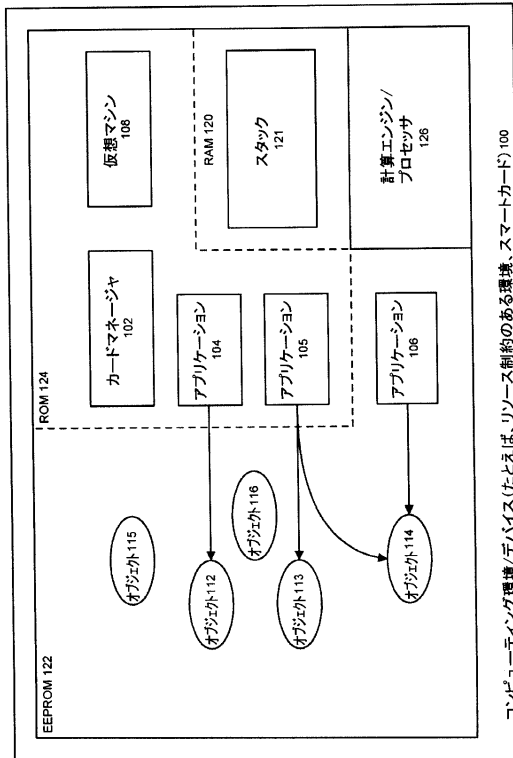


FIGURE 1

【図 2】

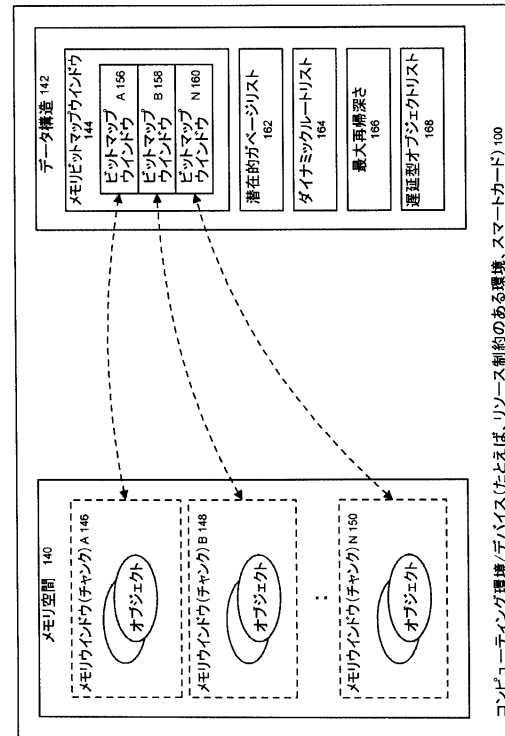


FIGURE 2

【図 3】

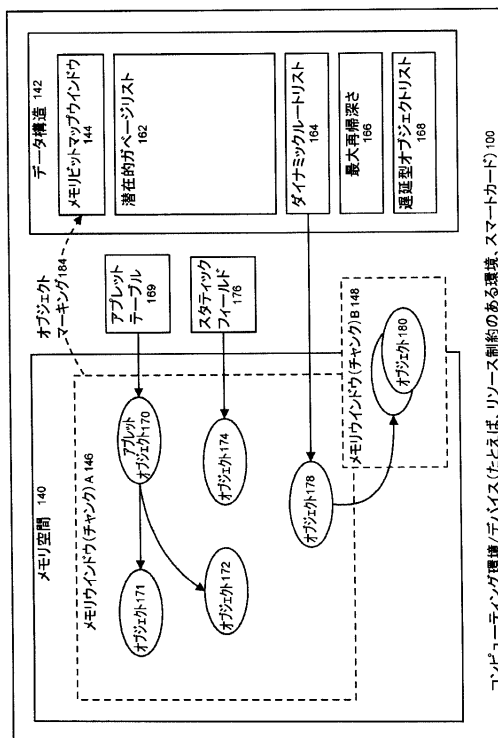


FIGURE 3

【図 4】

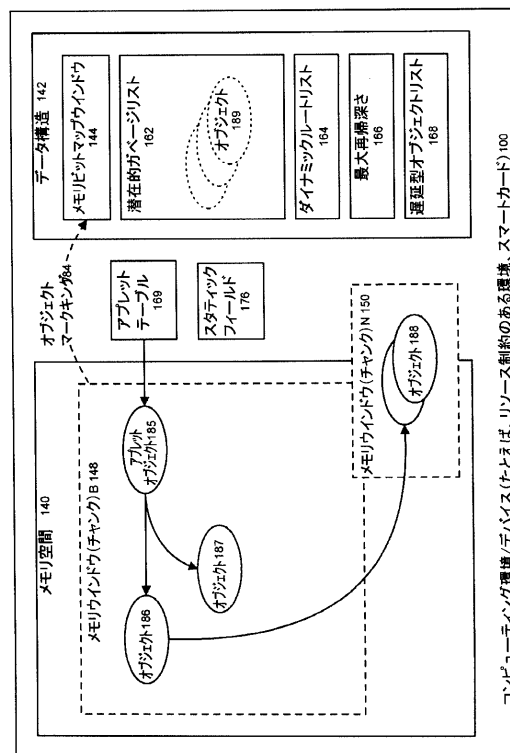


FIGURE 4

【図 5】

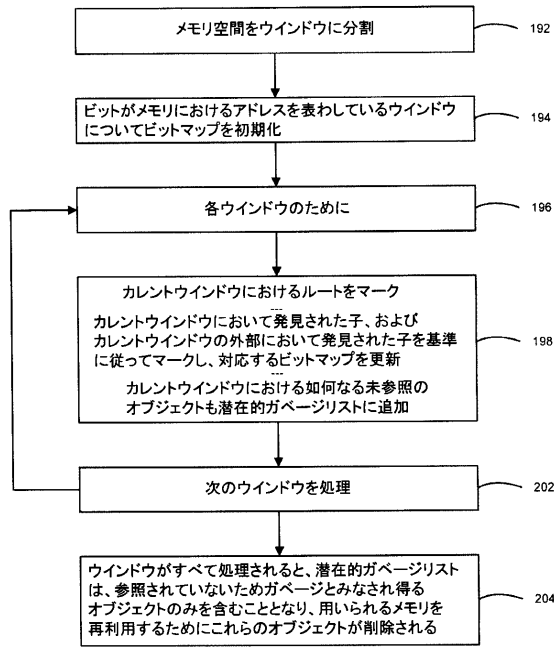


FIGURE 5

【図 6】

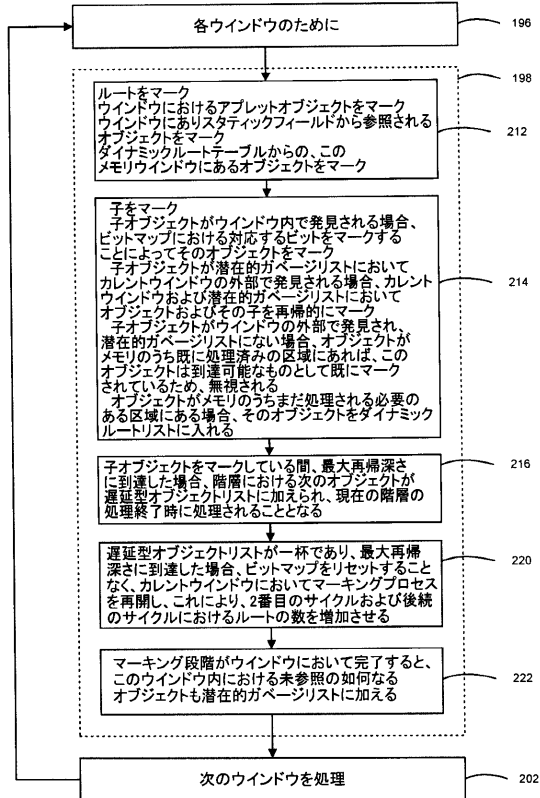


FIGURE 6

【図 7】

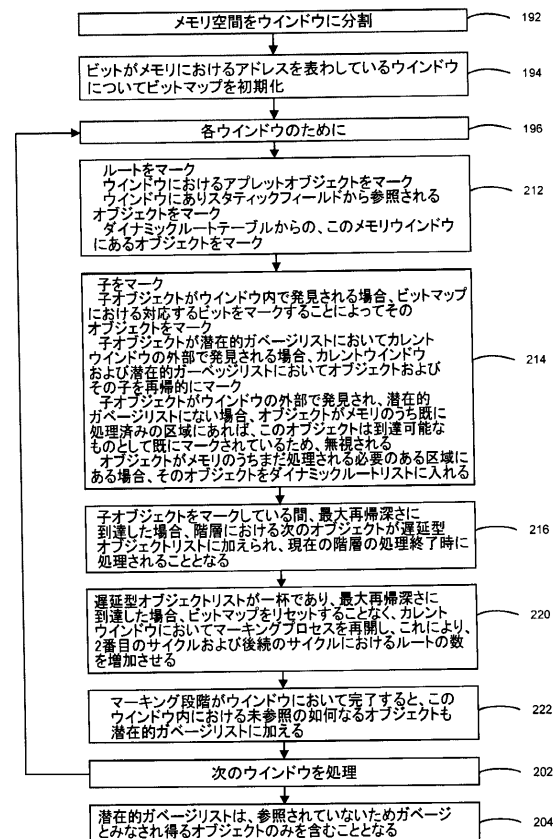


FIGURE 7

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2003/0221047 (US, A1)
特開2012-128900 (JP, A)
米国特許出願公開第2007/0136401 (US, A1)
米国特許出願公開第2009/0248766 (US, A1)
米国特許第6453403 (US, B1)
米国特許出願公開第2008/0162610 (US, A1)
米国特許出願公開第2007/174369 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 12/02
G06F 12/00