

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4045188号
(P4045188)

(45) 発行日 平成20年2月13日(2008.2.13)

(24) 登録日 平成19年11月22日(2007.11.22)

(51) Int. Cl.		F I	
G06T 17/40	(2006.01)	G06T 17/40	A
G06T 9/00	(2006.01)	G06T 9/00	
G06T 17/20	(2006.01)	G06T 17/20	

請求項の数 28 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2002-544670 (P2002-544670)	(73) 特許権者	591034154
(86) (22) 出願日	平成13年11月21日(2001.11.21)		フランス テレコム
(65) 公表番号	特表2004-533663 (P2004-533663A)		フランス国 パリ 75015 プラス
(43) 公表日	平成16年11月4日(2004.11.4)		ダルレ 6
(86) 国際出願番号	PCT/FR2001/003675	(74) 代理人	100099623
(87) 国際公開番号	W02002/043005		弁理士 奥山 尚一
(87) 国際公開日	平成14年5月30日(2002.5.30)	(74) 代理人	100096769
審査請求日	平成16年5月26日(2004.5.26)		弁理士 有原 幸一
(31) 優先権主張番号	00/15043	(74) 代理人	100107319
(32) 優先日	平成12年11月21日(2000.11.21)		弁理士 松島 鉄男
(33) 優先権主張国	フランス (FR)	(72) 発明者	ジョイア, パトリック
			フランス国, 35510 セゾン-セヴィ
			ニエ, リュ・デュ・カルヴェール 6
		審査官	橋爪 正樹
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウェーブレットに基づくメッシュ・コーディング方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

それぞれが頂点及び辺で画定されるファセットを有限数有するシンプル・メッシュ(M0)と、該シンプル・メッシュ(M0)の局部的変更に対応したウェーブレットの基底中の係数とを使用し、各瞬間毎に該メッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にして、コーディングデバイスによって3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ(M)をコーディングするための方法であって、

少なくとも1つのウェーブレット係数(d; d1, ..., dn)が、前記ソース・メッシュ(M)の目に見える部分に属していない前記シンプル・メッシュ(M0)のファセットに関連する場合に、前記ソース・メッシュ(M)の部分的な表現に対応する部分的なメッシュ(M')を与えるために、前記少なくとも1つのウェーブレット係数の効果を除去するための手段によって、前記少なくともひとつのウェーブレット係数の効果を除去するステップを具備することを特徴とするメッシュ・コーディング方法。

【請求項2】

それぞれが頂点及び辺で画定されるファセットを有限数有するシンプル・メッシュ(M0)と、該シンプル・メッシュ(M0)の局部的変更に対応したウェーブレットの基底中の係数とを使用し、各瞬間毎に該メッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にして、コーディングデバイスによって3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ(M)をコーディングするための方法であって、

少なくとも1つのウェーブレット係数(d; d1, ..., dn)の大きさが観察者と

該ウェーブレット係数をインデックス付けする頂点との間の距離の関数として決まる閾値未満にある場合に、前記ソース・メッシュ (M) の部分的な表現に対応する部分的なメッシュ (M') を与えるために、前記少なくとも1つのウェーブレット係数の効果を除去するための手段によって、前記少なくともひとつのウェーブレット係数の効果を除去するステップを具備することを特徴とするメッシュ・コーディング方法。

【請求項3】

あるウェーブレット係数が前記ソース・メッシュ (M) の目に見える部分に属していない前記シンプル・メッシュ (M0) のファセットに関連する場合にも、前記除去するステップが行われることを特徴とする請求項2に記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項4】

前記距離と前記3次元のオブジェクトまたはシーンを表示するための端末の能力指標とを計算に入れて前記閾値を計算するためのステップを具備することを特徴とする請求項2に記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項5】

前記能力指標は前記端末の処理能力に依存する定数であることを特徴とする請求項4に記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項6】

前記能力指標は、前記3次元のオブジェクトまたはシーンを表示する間に、前記端末の現時点での処理能力に応じて変化するものであることを特徴とする請求項4に記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項7】

前記パラメトリゼーション関数に、削除されるべき前記ウェーブレット係数または (d ; d1, ..., dn) の逆符号のものを加えることによって、メッシュを平坦化するためのステップを具備することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項8】

前記部分的なメッシュ (M') は1セットの木に対応し、該1セットの木のそれぞれは、前記シンプル・メッシュ (M0) の1つのフェースを表しかつそれぞれが前記シンプル・メッシュ (M0) の議論されるフェースに関わる細分したメッシュ (Mj) の1つのフェースを表す1セットのノードを含むものであることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項9】

削除されるべき少なくとも1つのウェーブレット係数 (d ; d1, ..., dn) を撤回するためのステップを具備し、該ステップは、

前記1つまたは数個のウェーブレット係数 (d ; d1, ..., dn) の逆符号のものを計算に入れるステップと、

1つ前のステップで引き起こされた変更を計算に入れるステップと、

部分的なメッシュ (M') を画定し、かつ前記1つまたは数個のウェーブレット係数 (d ; d1, ..., dn) のみによって影響が与えられる、木の部分を削除するステップと

を具備することを特徴とする請求項8に記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項10】

削除されるべきウェーブレット係数をインデックス付けする頂点に直接到達するために、前記部分的なメッシュの全ての頂点をそれぞれ指し示す1セットのポイントを導入したことを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項11】

前記ポイントは整数のテーブル (VPC) に集められることを特徴とする請求項10に記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項12】

前記変更を計算に入れる前記ステップは、再帰的な剪定アルゴリズムを実行することを

10

20

30

40

50

特徴とする請求項 9 乃至 11 のいずれかに記載のメッシュ・コーディング方法。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載された方法に従ってコード化された、3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ(M)を表す、コーディングデバイスによって用いられるデータ構造であって、

それぞれが頂点及び辺によって画定されるファセットを限定数有するシンプル・メッシュ(M0)を表すデータを含む基本フィールドと、

前記シンプル・メッシュ(M0)の局部的変更に対応しウェーブレットの基底中の係数を含み、各瞬間毎にメッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にする少なくとも1つの細分フィールドと、

を具備し、前記ソース・メッシュ(M)の目に見える部分に属していない前記シンプル・メッシュ(M0)のファセットに関連しているウェーブレット係数(d; d1...dn)は、当該データには取り入れられないことを特徴とするデータ構造。

10

【請求項 14】

請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載された方法に従ってコード化された、3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ(M)を表す、コーディングデバイスによって用いられるデータ構造であって、

それぞれが頂点及び辺によって画定されるファセットを限定数有するシンプル・メッシュ(M0)を表すデータを含む基本フィールドと、

前記シンプル・メッシュ(M0)の局部的変更に対応しウェーブレットの基底中の係数を含み、各瞬間毎にメッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にする少なくとも1つの細分フィールドと、

を具備し、大きさが観察者と該ウェーブレット係数をインデックス付けする頂点との間の距離の関数として決まる閾値未満にあるウェーブレット係数(d; d1...dn)は、当該データには取り入れられないことを特徴とするデータ構造。

20

【請求項 15】

3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ(M)をコーディングするためのデバイスであって、

それぞれが頂点及び辺で画定される限定数のファセットを有するシンプル・メッシュ(M0)と、該シンプル・メッシュ(M0)の局部的変更に対応したウェーブレットの基底中の係数とを決定し、各瞬間毎にメッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にするための手段を具備しており、

少なくとも1つのウェーブレット係数(d; d1, ..., dn)が、前記ソース・メッシュ(M)の目に見える部分に属していない前記シンプル・メッシュ(M0)のファセットに関連する場合に、前記ソース・メッシュ(M)の部分的な表現に対応する部分的なメッシュ(M')を与えるために、前記少なくとも1つのウェーブレット係数の効果を除去するための手段を具備したことを特徴とするメッシュ・コーディングデバイス。

30

【請求項 16】

3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ(M)をコーディングするためのデバイスであって、

それぞれが頂点及び辺で画定される限定数のファセットを有するシンプル・メッシュ(M0)と、該シンプル・メッシュ(M0)の局部的変更に対応したウェーブレットの基底中の係数とを決定し、各瞬間毎にメッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にするための手段を具備しており、

少なくとも1つのウェーブレット係数(d; d1, ..., dn)の大きさが観察者と該ウェーブレット係数をインデックス付けする頂点との間の距離の関数として決まる閾値未満にある場合に、前記ソース・メッシュ(M)の部分的な表現に対応する部分的なメッシュ(M')を与えるために、前記少なくとも1つのウェーブレット係数の効果を除去するための手段を具備したことを特徴とするメッシュ・コーディングデバイス。

40

【請求項 17】

50

前記 3 次元のオブジェクトまたはシーンを表示するための端末の能力の指標と前記距離とを掛ける積を実行して前記閾値を計算するための手段を具備したことを特徴とする請求項 15 または 16 に記載のメッシュ・コーディングデバイス。

【請求項 18】

第 1 に、各ウェーブレット係数が付随する前記シンプル・メッシュのファセットと、第 2 に、前記ウェーブレット係数の大きさに応じて、前記ウェーブレット係数をソートするための手段と協働することを特徴とする請求項 15 乃至 17 のいずれかに記載のメッシュ・コーディングデバイス。

【請求項 19】

少なくとも 1 つの遠隔端末にデータを伝送するための手段と協働することを特徴とする請求項 15 乃至 18 のいずれかに記載のメッシュ・コーディングデバイス。

10

【請求項 20】

前記オブジェクトまたは前記シーンの表示を可能にする端末と一体化したことを特徴とする請求項 15 乃至 19 のいずれかに記載のメッシュ・コーディングデバイス。

【請求項 21】

3 次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ (M) をデコーディングするためのデバイスであって、

請求項 13 または 14 に記載された構造を持つデータを受け付けるための手段と、受け付けたデータから前記オブジェクトまたは前記シーンの表現を再構築するための手段と

20

を具備したことを特徴とするメッシュ・デコーディングデバイス。

【請求項 22】

サーバ及び / または遠隔コーディングデバイスに少なくとも 1 個の位置情報を伝送するための手段を具備したことを特徴とする請求項 21 に記載のメッシュ・デコーディングデバイス。

【請求項 23】

前記 1 個または数個の位置情報が、前記 3 次元のオブジェクトまたはシーンの観察者の位置と、前記 3 次元のオブジェクトまたはシーンの観察者の視線の方向と、を含むグループに属するものであることを特徴とする請求項 22 に記載のメッシュ・デコーディングデバイス。

30

【請求項 24】

3 次元のオブジェクトまたはシーンを表すメッシュをコーディングまたはデコーディングするためのシステムであって、

請求項 15 乃至 20 のいずれかに記載されたコーディングデバイスを少なくとも 1 つ具備し、かつ、請求項 21 乃至 23 のいずれかに記載されたデコーディングデバイスを少なくとも 1 つ具備したことを特徴とするメッシュ・コーディングまたはデコーディングシステム。

【請求項 25】

前記デコーディングデバイスのキャッシュ・メモリに記憶されたウェーブレット係数に関する少なくとも 1 個の情報を前記コーディングデバイスに伝送するための第 1 の手段を具備したことを特徴とする請求項 24 に記載のメッシュ・コーディングまたはデコーディングシステム。

40

【請求項 26】

前記デコーディングデバイスの能力の指標を決定するために、該デコーディングデバイスの処理能力に関する少なくとも 1 個の情報を前記コーディングデバイスに伝送するための第 2 の手段を具備したことを特徴とする請求項 24 または 25 に記載のメッシュ・コーディングまたはデコーディングシステム。

【請求項 27】

コーディングデバイスに実装される請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載の方法であって、

50

3次元のメッシュのオブジェクトをディスプレイターミナルのスクリーンに表示することと、

前記ウェーブレット係数を計算に入れてそれらが到着したときに3次元のメッシュのオブジェクトをディスプレイターミナルのスクリーンに逐次的に表示することと、

連続するメッシュ(M_j)のいずれか1つに対応する細さの少なくとも2つのレベルで3次元のメッシュのオブジェクトをディスプレイターミナルのスクリーンに表示することと、

限定した数のウェーブレット係数による前記ソース・メッシュ(M)の部分的な再構築に対応する細さの少なくとも2つのレベルで3次元のメッシュのオブジェクトをディスプレイターミナルのスクリーンに表示することと、

3次元のメッシュのオブジェクトを、サーバーとターミナルの間の通信ネットワークを介して順次に伝送することと、

3次元のメッシュのオブジェクトを、サーバーとターミナルの間の通信ネットワークを介して適応伝送することと、

遠隔サーバから通信ネットワークを介して3次元のオブジェクトを適応更新することとのうちの少なくともいずれかに利用される方法。

【請求項28】

コンピュータに、請求項1～12、27のいずれかに記載の方法を実行させるためのコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の分野は、画像または画像要素(または画素)のコーディング(coding)に関する分野である。詳細には、本発明は、メッシュ(mesh)で表された3次元(3D)シーン(あるいはシーンのオブジェクト)の表現と適応型コーディング(adaptive coding)の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

本発明は、デジタル画像を記憶しかつ/または伝送するために、そのデジタル画像を効率的に表現するために必要な情報の個数を減らすことが望ましい全ての分野に適用することが可能である。例えば、本発明はインターネットを介した画像の伝送に使用することができる。このような状況においては、たとえビットレートが一定でも保証されなくとも、3Dシーンの動画をリアルタイムで表示することが可能となる。この場合、本発明はVRML(Virtual Reality Modeling Language)といったデータ伝送用言語の基本型になるかもしれない。

【0003】

考えられる他のアプリケーションとしては、CD-ROM(あるいは何かそれに相当するデータ記憶媒体)への動画データの保存、複数ユーザ用アプリケーション、デジタルテレビジョン等が挙げられる。

【0004】

本発明は、メッシュをベース・メッシュ(base mesh)に一連の細部(a succession of details)が加えられたものとして表すことができる「ウェーブレットベースの(wavelet-based)」方法として知られる方法の改良を提案する。この技術の一般理論はとりわけM. Leunbergy、T. DeRoseとJ. Warrenによって著された「任意の位相タイプの曲面の多重解像度解析(Multiresolution Analysis for Surfaces of Arbitrary Topological Type)」(グラフィックスに関するACMトランザクション(ACM Transactions on Graphics)第16巻第1号34ページ乃至73ページ)に記述されている。

【0005】

この技術によれば、メッシュは、単純な多面体(simple polyhedron)によるこのメッシュのパラメトリゼーションの、ウェーブレット基底(wavelet base)における座標に対

10

20

30

40

50

応する一連の係数によって表される。これに対応する数学的原理は補遺（この補遺は本願の一部を成す）において改めて説明される。

【0006】

実際には、再構築（reconstruction）の際、ベース・メッシュ M_0 は分岐形式（arborescent form）で表される。この分岐形式では、このベース・メッシュのフェース（face）はそれぞれ木（tree）の根（root）であり、また各ノード（節点）の子（children）は標準的再分割後に得られる4つのフェースである。ウェーブレット係数は M_0 のある1つのフェースの重心座標によってインデックス付けされる。

【0007】

ウェーブレットによって表現されるメッシュの逐次的再構築（progressive reconstruction）を可能にするデータ構造とアルゴリズムを含む表示方法は、A. Certain、J. Popovic、T. DeRose、D. SalesinとW. Stuetzleによる「双方向多重解像度曲面表示（Interactive Multiresolution Surface Viewing）」（1996年のコンピュータ・グラフィックス・プロシーディングス（Computer Graphics Proceedings 1996））の中で提案されている。

10

【0008】

この方法は、曲面をウェーブレットで表して表示する分野における標準的方法であると一般に考えられている。

【0009】

この技術では、ウェーブレット係数のパケットを計算に入れて、これらの係数に応じてメッシュを規則的に再分割する。

20

【0010】

この方法はメッシュの逐次的再構築には効果的であるが、3次元のシーンまたはオブジェクトの適応表示（adaptive display）が出来ないという欠点がある。

【0011】

実際、この従来技術の1つの欠点は不必要なファセット（小面、facets）が再分割によって発生してしまうということである。このことによってメッシュの記述に必要なデータの個数が不必要に増加する。

【0012】

このためこの種の技術は、表示端末のパワーが低くかつ/または伝送ビットレートが可变的かつ/若しくは制限されているとき、3Dのシーンまたはオブジェクトを、とりわけオブジェクトが動いているときに、適応表示することができるようにするために伝送されるべきデータの点であまりに扱いにくすぎる。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

そこで本発明の目標は特に従来技術のこれらの欠点を克服することにある。

【0014】

より具体的には、本発明の目標は、3Dのオブジェクトとシーンを表すメッシュをコーディングするための技術であって表示端末でメッシュの適応再構築（adaptive reconstruction）が出来るようにする技術を実現することにある。

40

【0015】

特に、本発明の目標は、この種のコーディング方法において、例えば観察者の視点といったパラメータに応じて3Dのオブジェクトまたはシーンを適応表示することが出来るようにする方法を提供することにある。

【0016】

本発明のもう1つの目標は、この種のコーディング方法において、実質的に一定のレートでリフレッシュされる3Dシーン内を、関連するメッシュのナビゲーション（navigation）またはサイズといったパラメータとは無関係に、ユーザがナビゲート（navigate、航行）することが出来るようにする方法を提供することにある。

50

【 0 0 1 7 】

本発明の目標は、このコーディング方法に従って、コーディング対象を再構築し通信ネットワークを介して伝送するための技術を提供することにもある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 8 】

これらの目標と以下登場する他の目標は、それぞれが頂点及び辺で画定される限定数のファセットを有するシンプル・メッシュ (simple mesh) (M_0) と、該シンプル・メッシュ (M_0) の局部的変更に対応したウェーブレットの基底における係数とを使用し、各瞬間毎にメッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にして、3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ (M) をコーディングするための方法によって達成される。

10

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、こうした方法は、前記ソース・メッシュ (M) の部分的な表現に対応する部分的なメッシュ (M') を与えるために、少なくとも1つの不必要性 (non-essentiality) の基準を満たす少なくとも1つのウェーブレット係数 ($d; d_1, \dots, d_n$) の効果を除去するステップを具備することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

従って、本発明は3Dのオブジェクトまたはシーンを表すウェーブレットに基づくメッシュのコーディングに対する全く新規かつ革新的なアプローチを提供する。実際、本発明は、とりわけ、観察者がこうしたオブジェクトまたはこうしたシーンを見るのに不可欠 (essential) とはいえない3Dのオブジェクトまたはシーンに関する細部 (details) に付随するウェーブレット係数を削除 (elimination) することに基づくものである。

20

【 0 0 2 1 】

この種のコーディング方法によって、殊に、ウェーブレット係数と考慮している3Dのシーンの表現への影響とを、それらのウェーブレット係数を加えるのに必要な時間に実質的に等しい期間内に削除することが可能となる。このようにして、この種のコーディング技術によって、いつでも、不可欠となった係数を加えるとともにその影響が無視可能と考えられる係数を削除すること、そして均一的にそうすること、つまり、3Dシーンの表現のリフレッシュレートが、このシーン内のナビゲーション (navigation) に依存することや、あるいは、再構築されたメッシュの大きさに依存すること無く実行することが可能となる。

30

【 0 0 2 2 】

本発明の第1の有利な特徴は、あるウェーブレット係数が前記ソース・メッシュ (M) の目に見える部分に属していない前記シンプル・メッシュ (M_0) のファセットに関連する場合、該ウェーブレット係数は不必要性の基準を満たすことである。

【 0 0 2 3 】

従って本発明によれば、考慮している3Dのシーンまたはオブジェクトの表現にとって視覚的に関係のないウェーブレット係数の削除が可能となる。

【 0 0 2 4 】

本発明の第2の有利な特徴は、あるウェーブレット係数の大きさが観察者と該ウェーブレット係数をインデックス付けする頂点との間の距離の関数として決まる閾値未満にある場合、該ウェーブレット係数は不必要性の基準を満たすことである。

40

【 0 0 2 5 】

従って本発明によれば、考慮している3Dのシーンまたはオブジェクトを表示するのに無視可能と考えられる大きさのウェーブレット係数の効果を除去することも可能となる。

【 0 0 2 6 】

好ましくは、この種のコーディング方法は、前記距離と前記3次元のオブジェクトまたはシーンを表示するための端末の能力指標とを計算に入れて前記閾値を計算するためのステップを具備する。

【 0 0 2 7 】

50

従って本発明によれば、考慮している3Dのシーンまたはオブジェクトを表示する端末の能力に適合するように、ある決まったウェーブレット係数を削除することが可能となる。つまり、表示端末が高い処理能力 (processing capacity) を有するとき、メッシュのコーディング中により多数のウェーブレット係数を維持するため、閾値は低い。逆に、能力が低い表示端末が存在する場合には、閾値の計算ステップにおいて閾値の高い結果がもたらされ、より多数のウェーブレット係数がその削除ステップ中に削除される。

【0028】

第1の代替態様によれば、前記能力指標は前記端末の処理能力に依存する定数である。

【0029】

こうした定数の値は、例えば、表示端末がそれと共に備え付けられるプロセッサのタイプに応じて、定数とされる。

【0030】

第2の代替態様によれば、前記能力指標は、前記3次元のオブジェクトまたはシーンを表示する間に、前記端末の現時点での処理能力に応じて変化する。

【0031】

従ってこうした能力指標の値は、端末上に表示することが可能であるべき1秒当たりの画像数に応じて適合化されてよく、例えば、ある与えられた時点において端末によって処理される他のアプリケーションが使用するリソースに応じて変化する。

【0032】

有利には、この種のコーディング方法は、前記パラメトリゼーション関数に、削除されるべき前記ウェーブレット係数または ($d; d_1, \dots, d_n$) の逆符号のもの (opposite) を加えることによって、メッシュを平坦化するためのステップを具備する。

【0033】

つまり、不必要な係数の影響はこの係数の逆符号のものを加えることによりキャンセルされる。

【0034】

本発明の有利な特徴として、前記部分的なメッシュ (M') は1セットの木 (trees) に対応し、該1セットの木はそれぞれ、前記シンプル・メッシュ (M_0) の1つのフェース (face) を表しかつそれぞれが前記シンプル・メッシュ (M_0) の考慮されるフェース (face) に関わる細分したメッシュ (M_j) の1つのフェースを表す1セットのノードを含む。

【0035】

好ましくは、この種のコーディング方法は、削除されるべき少なくとも1つのウェーブレット係数 ($d; d_1, \dots, d_n$) を撤回するためのステップを具備し、該ステップは、

- ・前記1つまたは数個のウェーブレット係数 ($d; d_1, \dots, d_n$) の逆符号のものを計算に入れるステップと、

- ・1つ前のステップで引き起こされた変更を計算に入れるステップと、

- ・部分的なメッシュ (M') を画定し、かつ前記1つまたは数個のウェーブレット係数 ($d; d_1, \dots, d_n$) のみによって影響が与えられる、木の部分を削除するステップと、

を具備する。

【0036】

つまり、こうしたステップでは、不必要となったウェーブレット係数の逆符号のものを加え、ウェーブレット係数をこうして削除することによってメッシュ上に引き起こされる幾何学的変更を計算に入れ、そしてメッシュを階層的に表す木を剪定する。

【0037】

有利には、この種のコーディング方法は、削除されるべきウェーブレット係数をインデックス付けする頂点に直接到達するために、前記部分的なメッシュの全ての頂点をそれぞれ指し示す1セットのポインタを導入する。

10

20

30

40

50

【0038】

好ましくは、前記ポインタは整数のテーブル（VPC）に集められる。

【0039】

従って、削除されるべきウェーブレット係数の逆符号のものの付加は、通常のウェーブレット係数を加えるようには為されず、付加構造（VPC）を導入することによって実行される。この付加構造（VPC）では、その*i*番目の要素が、*i*番目の係数によってインデックス付けされる頂点のインデックスとなる（そのような頂点が存在する場合）。

【0040】

本発明の有利な技術として、前記変更を計算に入れる前記ステップは、再帰的な剪定アルゴリズム（recursive pruning algorithm）を実行する。

10

【0041】

本発明は、前記方法に従ってコード化された、3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ（ M ）を表す信号構造にも関係する。この信号構造は、

- ・それぞれが頂点及び辺によって画定される限定数のファセットを有するシンプル・メッシュ（ M_0 ）を表すデータを含む基本フィールド（basic field）と、

- ・前記シンプル・メッシュ（ M_0 ）の局部的変更に対応したウェーブレットの基底における係数を含み、各瞬間毎にメッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にする少なくとも1つの細分フィールド（refining field）と、

を具備し、

不必要性の少なくとも1つの基準を満たすウェーブレット係数（ $d ; d_1 \cdot \cdot \cdot d_n$ ）は当該信号には取り入れられないことを特徴とする。

20

【0042】

本発明は、3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ（ M ）をコーディングするためのデバイスであって、それぞれが頂点及び辺で画定される有限数だけのファセットを有するシンプル・メッシュ（ M_0 ）と、該シンプル・メッシュ（ M_0 ）の局部的変更に対応しウェーブレットの基底における係数とを決定し、各瞬間毎にメッシュのパラメトリゼーションの関数を決定することを可能にするための手段を具備するものにも関係する。このデバイスは、前記ソース・メッシュ（ M ）の部分的な表現に対応する部分的なメッシュ（ M' ）を与えるために、不必要性の少なくとも1つの基準を満たす少なくとも1つのウェーブレット係数（ $d ; d_1, \cdot \cdot \cdot, d_n$ ）の効果を除去するための手段を具備することを特徴とする。

30

【0043】

こうしたコーディングデバイスの第1の有利な特徴は、あるウェーブレット係数が前記ソース・メッシュ（ M ）の目に見える部分に属していない前記シンプル・メッシュ（ M_0 ）のファセットに関連する場合、該ウェーブレット係数は不必要性の基準を満たすことである。

【0044】

こうしたコーディングデバイスの第2の有利な特徴は、あるウェーブレット係数の大きさが観察者と該ウェーブレット係数をインデックス付けする頂点との間の距離の関数として決まるある閾値未満にある場合に、該ウェーブレット係数は不必要性の基準を満たすことである。

40

【0045】

好ましくは、この種のコーディングデバイスは、前記3次元のオブジェクトまたはシーンを表示するための端末の能力の指標と前記距離とを掛ける積を実行して前記閾値を計算するための手段を具備する。

【0046】

有利には、前記コーディングデバイスは、第1に、各ウェーブレット係数が付随している前記シンプル・メッシュのファセットと、第2に、前記ウェーブレット係数の大きさに応じて、前記ウェーブレット係数をソート（整列）するための手段と協働する。

【0047】

50

従って、このコーディング・デバイスによれば、ソース・メッシュのファセットの識別番号が昇順になるようにデータを編成し、これらのファセットのそれぞれに対しては、このファセットの頂点によってインデックス付けされるウェーブレット係数の大きさに関してソートすることによって、ウェーブレット係数を効率的にソートするという結果が得られることがある。このようなソート手段はコーディングデバイスの内部または外部に存在してよい。

【0048】

このコーディング・デバイスが、ソース・メッシュのフェースが観察者の視野ピラミッド (pyramid of vision) に属すると判定したら、先に述べたソート操作から結果するそれに対応するフェースのウェーブレット係数のリストを走査して、そのリストで遭遇したウェーブレット係数が所定の閾値未満の大きさを持つときにはその走査を停止するようにすれば十分である。

10

【0049】

本発明の第1の有利な変形態様として、この種のコーディング・デバイスは少なくとも1つの遠隔端末にデータを伝送するための手段と協働する。

【0050】

本発明の第2の有利な変形態様として、この種のコーディング・デバイスは前記オブジェクトまたは前記シーンの表示を可能にする端末と一体化する。

【0051】

本発明は3次元のオブジェクトまたはシーンを表すソース・メッシュ (M) をデコーディング (decoding) するためのデバイスにも関係する。このデバイスは、先に述べた構造を持つ信号を受信するための手段と、受信した信号から前記オブジェクトまたは前記シーンの表現を再構築するための手段とを具備する。

20

【0052】

有利には、こうしたデコーディング・デバイスは、サーバ及び/または遠隔コーディングデバイスに少なくとも1個の位置情報を伝送するための手段を具備する。

【0053】

好ましくは、前記1個または数個の位置情報は、
・前記3次元のオブジェクトまたはシーンの観察者の位置と、
・前記3次元のオブジェクトまたはシーンの観察者の視線の方向と、
を含むグループに属する。

30

【0054】

実際、これらのパラメータは、コーディングデバイス及び/またはサーバが、あるメッシュ内で、観察者の視野ピラミッドあるいは予想ピラミッド (anticipation pyramid) と称されるもっと広いピラミッドに属するファセットの識別を実行し、そうすることによって視覚的に意味のあるウェーブレット係数を決定することが出来るようにする。

【0055】

本発明は、3次元のオブジェクトまたはシーンを表すメッシュをコーディングまたはデコーディングするためのシステムにも関係する。このシステムは、前記のコーディングデバイスを少なくとも1つと、前記のデコーディングデバイスを少なくとも1つ具備する。

40

【0056】

こうしたコーディングまたはデコーディング・システムでは、例えば、通信ネットワークを介してサーバが3Dシーンを放送して、表示端末のユーザがその3Dシーン内を逐次的に双方向的かつ適応的にナビゲートすることが出来るようになる。

【0057】

第1の有利な技術として、こうしたコーディングまたはデコーディング・システムは、前記デコーディングデバイスのキャッシュ・メモリに記憶されたウェーブレット係数に関する少なくとも1個の情報を前記コーディングデバイスに伝送するための第1の手段を具備する。

【0058】

50

この種の情報は、一方でメッシュ上のファセットの昇順により、もう一方でその大きさによって、ウェーブレット係数の整列 (sorting) と関係され、コーディングデバイスがデコーディングデバイスまたは表示端末のキャッシュメモリに存在するウェーブレット係数を知ることが出来るようにする。3Dシーンを表現するのに必要でキャッシュメモリには記憶されていないウェーブレット係数のみがコーディングデバイスによって伝送され、そのため情報の余分な伝送が抑えられる。

【0059】

第2の有利な技術として、こうしたコーディングまたはデコーディング・システムは、前記デコーディングデバイスの能力の指標を決定するために、該デコーディングデバイスの処理能力に関する少なくとも1個の情報を前記コーディングデバイスに伝送するための第2の手段を具備する。

10

【0060】

こうして、デコーディングデバイスまたは表示端末の能力に応じて、コーディングデバイスはどれが削除されるべきウェーブレット係数かを決定する。

【0061】

本発明は、上記コーディング方法を、

- ・3次元のメッシュのオブジェクトをスクリーンに表示すること、
 - ・前記ウェーブレット係数を計算に入れてそれらが到着したときに3次元のメッシュのオブジェクトをスクリーンに逐次的に表示すること、
 - ・連続するメッシュ (M_j) の1つに対応する細さの少なくとも2つのレベルで3次元のメッシュのオブジェクトをスクリーンに表示すること、
 - ・限定した数のウェーブレット係数による前記ソース・メッシュ (M) の部分的な再構築に対応する細さの少なくとも2つのレベルで3次元のメッシュのオブジェクトをスクリーンに表示すること、
 - ・3次元のメッシュのオブジェクトを通信ネットワークを介して適応伝送すること、
 - ・遠隔サーバから通信ネットワークを介して3次元のオブジェクトを適応更新すること、
- を含むグループにおける領域 (spheres) の少なくとも1つに適用する適用方法にも関係する。

20

【0062】

本発明の他の特徴及び利点は、添付図面を参照して行われる単純かつ非限定的な方法による好ましい実施の態様についての以下の説明からより明らかとなる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0063】

本発明の一般原理は、3Dシーンまたはオブジェクトの視覚的に関係がない部分に関連するウェーブレット係数を削除 (eliminate) して、そのオブジェクトまたはシーンの適応表示が出来るようにすることに基づくものである。

【0064】

図1に、3Dオブジェクトまたはシーンを表すメッシュの非可視的部分に関連するウェーブレット係数のこの種の削除を実施する一態様を示す。

【0065】

40

まず最初に、本発明は、関連するメッシュ全体を再構築する必要無しに、視覚的に関係がないウェーブレット係数の削除を可能にするデータの構造とアルゴリズムをいくつか導入することを思い起こそう。

【0066】

これらのデータ構造は、表示されるべきメッシュを逐次的に描画するのに効果を発揮するもので、以下の通りである。

- ・メッシュのフェース (a face) に付随する第1のデータ構造と、
- ・メッシュの頂点 (a vertex) に付随する第2のデータ構造と、
- ・メッシュそれ自体に付随する第3のデータ構造。

メッシュのフェース (a face) は以下の4つのフィールドによって特徴付けられる。そ

50

の4つのフィールドとは、

- ・レベル (level) と、ここで、これはそのフェースの再分割のレベルに対応する整数 (integer) であり、
- ・4要素のchildテーブル (a four-element child table) と、このテーブルのそれぞれの要素はそれぞれのフェースを指定するものであり、
- ・3要素のcornerVertexテーブル (a three-element cornerVertex table) と、ここで、このテーブルの要素はそのフェースの頂点に対するポインタ (pointers) であり、
- ・3要素のedgeVertexテーブル (a three-element vertex edge table) と、ここで、このテーブルの要素はそのフェースの各辺 (edge) の真ん中の頂点、もしそれが存在すれば、に対するポインタである。

10

【0067】

頂点 (a vertex) は次の5つのフィールドによって特徴付けられる。その5つのフィールドとは、

- ・2要素のparentVテーブル (a two-element parentV table) と、ここで、このテーブルの各要素は幾何学的にこれら2つの要素の間に位置する頂点に対するポインタであり、
- ・2要素のparentFテーブル (two-element parentF table) と、ここで、このテーブルの各要素はそれぞれのフェースに対するポインタで、頂点はこれら2つの要素が共有する辺の midpoint に位置するものであり、
- ・浮動小数点実数の三重項 fGeom (a triplet of floating-point real numbers fGeom) と、

20

- ・実数の三重項 g (a triplet of real numbers g) と、
- ・再分割のレベルに等しい数の要素から構成されるテーブル hGeom で、その各要素はハット関数 (hat function) 係数である (ハット関数はピースによって細分されるスケール関数 (scale function) で、メッシュ M_j の頂点では1に等しく、このメッシュのその他の頂点では全て0に等しいことが思い起こされよう)。ハット関数に関する更なる情報については、A. Certain、J. Popovic、T. DeRose、D. Salesin と W. Stuetzle の「双方向多重解像度曲面表示 (Interactive Multiresolution Surface Viewing)」(1996年のコンピュータ・グラフィックス・プロシーディングス (Computer Graphics Proceedings 1996)) を参照されたい。

【0068】

メッシュは表示端末またはデコーディング・デバイスにおいて2つの方法で記述される。その2つの方法とは、

- ・ファセットのリストとしての順次形式 (sequential form) と、ここで、このリストをここでは以下「表示リスト (display list)」と呼ぶことにし、
- ・4分木の森 (4-tree forest) としての階層形式 (hierarchical form) と、ここで、それぞれの根 (root) はソース・メッシュ M_0 のフェースと1対1対応の関係にあり、各ノード (node) の子 (children) はこのソース・メッシュの再分割の度合いに対応する。この森は以下 Q と表される。この森は頂点に関するテーブルである vertex テーブル (field vertexTable) フィールドを持つ。

30

【0069】

次にここで、3次元のオブジェクトまたはシーンの表現の逐次的表示 (progressive display) の原理について復習する。M をウェーブレット係数形式で表示端末に伝送されるメッシュとする。瞬間 t においてウェーブレット係数のセット E_t が伝送されると仮定する。上述した Certain 等の「双方向多重解像度曲面表示」(1996年の年会におけるコンピュータ・グラフィックス・プロシーディングス) で与えられた定義に従って、次のパラメトリゼーション

40

【数 1】

$$\sum_{c_k^j \in E_t} c_k^j \phi_k^j,$$

を瞬間 t での一時的パラメトリゼーション (temporary parametrization) と呼ぶ。また次のメッシュ

(M_j)

を瞬間 t における一時的メッシュ (temporary mesh) と呼ぶ。

【0070】

10

本発明によれば、3Dのオブジェクトまたはシーンの適応表示 (adaptive display) は、瞬間 t でのセット E_t が2つのサブセット P_t と I_t に分割されて構成される。 P_t は関係するウェーブレット係数のセットを表し、 I_t は有用なウェーブレット係数のセットを表すもので、これらのサブセットは以下の関係を満たす。

$$P_t \cap I_t = \emptyset$$

かつ、

$$P_t \cup I_t = E_t$$

【0071】

この仕切方 (partitioning) は、視線パラメータ (viewing parameters)、すなわち観察者の位置とその観察者の視線方向 (viewing direction) に依存し、2つの瞬間 t_0 と t_1 において $E_{t_0} = E_{t_1}$ となり、しかしサブセット P_{t_0} がサブセット P_{t_1} とは異なることが可能である。

20

【0072】

以下この文書において、「係数を更新する (updating of the coefficients)」と言えば、セット E_t と、区分 P_t 及び I_t と、対応する一時的メッシュとによって形成される状態 E

【数 2】

$$\sum_{c_k^j \in P_t} c_k^j \phi_k^j,$$

30

から、セット E_{t_0} と、サブセット P_{t_0} 及び I_{t_0} と、対応する一時的メッシュとによって形成される最新状態 E_c 。

【数 3】

$$\sum_{c_k^j \in P_{t_0}} c_k^j \phi_k^j.$$

へ遷移することを可能にする一連のプロセスを表す。

【0073】

40

以下この文書において、「係数を計算に入れる (taking account of coefficients)」または「係数を加える (adding of coefficients)」と言えば、 E によって定義される1つの一時的メッシュから E_t によって定義される別の一時的メッシュへ、 P_t と P_{t_0} とが「付加された係数 (added coefficient)」と称される唯一の係数だけ互いに異なるように、移行させることが出来るようにする一連のプロセスを表す。「係数の削除 (elimination of coefficients)」と言えば、第1の一時的メッシュから第2の一時的メッシュへ、 P_t と P_{t_0} とが、「削除された係数 (eliminated coefficient)」と称される唯一の係数だけ互いに異なるように、移行させることが出来るようにする全てのプロセスを表す。

【0074】

従来技術はメッシュ M の逐次的表示 (progressive display) を可能にする。新規かつ

50

創意あるアプローチに基づく本発明によれば、同じデータ構造を使用して、従来技術に従ってウェーブレット係数を付加するのに必要な時間と実質的に同じだけの短期間にウェーブレット係数を削除するためのアルゴリズムを使用することによって、同じメッシュMを適応表示することが可能となる。

【0075】

古典的な技術によれば、ウェーブレット係数の付加では、その付加係数に対応するハット関数 (hat function) が一時的メッシュ M_t の各フェース上で細分 (refine) されるまで一時的メッシュ M_t が再分割され、次にその付加係数によってインデックス付けされる頂点のフィールドhGeomにその係数が配置される。このプロセスは各係数毎に繰り返され、そしてこれらの係数が事実上計算に入れられると、一時的メッシュの各頂点のhGeomの要素はフィールドgにおける前記頂点の新たな位置を取得するために合計されて、これらの頂点の歴代の親 (successive parents) の様々な寄与に加えられる。

10

【0076】

本発明は、図1に示されたステップに従って、既にここで述べたデータ構造を基にしてウェーブレット係数を撤回 (withdrawal) することを可能にする。

・ステップ11において、削除されるべきウェーブレット係数の逆符号のものがメッシュのパラメトリゼーション関数に加えられる。こうしたステップは次のアルゴリズムに従って実行することができる。

```
procedure addOpposite (coeff:integer)
  for i from 1 to 3
    vertexTable[VPC[coeff]][i]-=coeffTable[coeff][i]
  end;
```

20

・ステップ12において、ステップ11の結果生じる幾何学的変更が段階的 (in cascade) に計算に入れられる。このステップの最後に、一時的メッシュの各頂点は、フィールドfGeomにおいて、次のような値を有する。

【数4】

$$\sum_{c_i \in E_i} c_k^i \phi_k^j ;$$

30

・ステップ13において、メッシュを階層形式で表す木の剪定 (pruning) を実行するために、以下の2つのアルゴリズムが実行される。

```
procedure prune(Q:forest)
  for each root r of Q
    flattened(r)
  end
```

および、

```
procedure flattened(r:tree)
  if r is not a leaf do
    for each child s of r
      flattened(s)
    end if
  if isFlat(f) do
    for each child g of f do
      remove g from the display list
      release g
    end for
    add f to the display list
  end
```

40

【0077】

50

ステップ 1 1 において、図 3 に示された追加の構造 V P C を導入することによって、ウェーブレット係数の逆符号のものの付加が実行される。こうした構造はテーブル 3 1 であり、このテーブルにおいては、その i 番目の要素 3 2 が、 i 番目の係数 3 2 によってインデックス付けされた頂点 3 3 のインデックスである（その頂点 3 3 が存在する場合）。従ってこの頂点 3 3 のフィールド $hGeom$ へのアクセスは即時である。

【 0 0 7 8 】

ステップ 1 1 の間の 1 つ以上のウェーブレット係数の削除は、図 2 に示されたようなメッシュの再分割の進行によって必要とされる。

【 0 0 7 9 】

実際、ある与えられた瞬間 t において、ベース・メッシュのフェース 2 1 は図 2 a の再分割を示す。考慮されるメッシュが関連する 3 D シーンの時間発展は、図 2 b に示されるように、メッシュの時間発展をもたらす。

【 0 0 8 0 】

太線 2 2 は不要となったメッシュの再分割を示しており、また、点線 2 3 は必要となった再分割を示している。従って、頂点 2 4 と、従ってそれに関連するウェーブレット係数を削除することが必要である。同様に、頂点 2 5 をメッシュに導入すること、従ってそれに関連するウェーブレット係数を加えること、が必要である。

【 0 0 8 1 】

図 2 c は、頂点 2 4（と 2 5 それぞれ）に関連するウェーブレット係数の削除（と付加それぞれ）によって引き起こされる幾何学的変更が計算に入れられた後の、瞬間 $t + 1$ におけるフェース 2 1 の新たな再分割を示している。

【 0 0 8 2 】

ステップ 1 1 におけるハット係数の削除が全て計算に入れられるとすぐに、幾何学的変更が計算に入れられ、メッシュの頂点のフィールド g がもたらされる。幾何学的変更を計算に入れるこれはステップ 1 2 において次のアルゴリズムに従って実行される。

```
procedure Evaluation ()
```

```
  queue :=level 0 faces
```

```
  while nonempty(queue) do
```

```
    currentFace :=firstFace (queue)
```

```
    currentLevel :=currentFace.level
```

```
    if subdivided(currentFace) do
```

```
      for each corner Vertex v of currentFace do
```

```
        v.g+=v.hGeom[currentLevel]
```

```
        v.hGeom[currentLevel] :=0
```

```
      end for
```

```
      for each edgeVertex e of currentFace do
```

```
        if e has two parent faces then
```

```
          e.g+=(e.parentV[1].g + e.parentV[2].g)/4
```

```
    else
```

```
      e.g+=(e.parentV[1].g+e.parentV[2].g)/2
```

```
    end if
```

```
  end for
```

```
  for each child f of currentFace do
```

```
    add f to queue
```

```
  else
```

```
    AddAListeDisplay(currentFace)
```

```
  end if
```

```
  for each vertex v of fGeom non-zero do
```

```
    v.fGeom+=v.g
```

```
  v.g:=0
```

10

20

30

40

50

```

    end for
  end while
end

```

【 0 0 8 3 】

図 4 に、メッシュ上に引き起こされた幾何学的変更を計算に入れるためのこの種の操作を示す。メッシュ 4 0 が議論される。ステップ 1 1 において、頂点 4 1 によってインデックス付けされたウェーブレット係数が削除された。削除を取り入れたことはメッシュ 4 0 の平坦化 (flattening) 4 2 によって表現される。

【 0 0 8 4 】

図 1 のステップ 1 3 の間、再構築された一時的メッシュを階層的に表す木の剪定 (pruning) が実行される。この剪定ステップ 1 3 の間に実行される。ここで上述したアルゴリズムの効率性は、以下のデータ構造を導入したことにある。

- ・ 図 3 に示された V P C 整数のテーブル 3 1 (a table of VPC integers) と、ここで、これは i があるウェーブレット係数のインデックスである場合、 $VPC[i]$ はこの係数をインデックス付けする頂点であるようなものであり、
- ・ 整数のスタック Gap (a stack of integers Gap) と、ここで、これは整数 i がスタック Gap (stack Gap) にある場合、表示リストは i のポジションに非表示ファセット (non-displayed facet) を含むようなものである。

【 0 0 8 5 】

図 5 において、木を剪定するためのこの種のステップ 1 3 が詳細に説明される。議論されるメッシュのフェース 5 1 は階層型の木 (hierarchical tree) 5 2 に関連する。図 5 a に示された頂点 5 3 は削除されることになっているウェーブレット係数をインデックス付けする。

【 0 0 8 6 】

図 5 a から図 5 b にかけて、頂点 5 3 に関連するウェーブレット係数と、従ってそれに対応するファセット 5 4 と 5 5 の再分割を削除する操作が行われる。このようなファセット 5 4 と 5 5 は隣接しており、頂点 5 3 はそれらの共通の辺の中点である。図 5 a から図 5 b への操作は階層型の木 5 2 のレベル 5 2 4 の削除に対応する。

【 0 0 8 7 】

次いで図 5 b から図 5 c にかけて、フェース 5 1 の隣接するファセット 5 6 と 5 7 の再分割が削除される、つまり、階層型の木 5 2 のレベル 5 2 3 に対応するノードが削除される。

【 0 0 8 8 】

階層型の木 5 2 のレベル 5 2 1 はメッシュのフェース 5 1 に対応する。ノード 5 2 1 の、レベル 5 2 2 に位置する 4 つの子は、フェース 5 1 を形成するファセット 5 1 1、5 1 2、5 1 3 と 5 1 4 に対応する。

【 0 0 8 9 】

上述の方法及びアルゴリズムを使用する、ウェーブレットに基づいた 3 D シーンまたはオブジェクトの適応再構築 (adaptive reconstruction) は、特にそれ専用ということではないが、とりわけ、サーバによる通信ネットワークを介した 3 D シーンの放送において適用することが出来る。このような遠隔通信ネットワークはビットレート非保証型のネットワークでよい。以下、図 6 と図 7 を参照して、遠隔通信ネットワークを介して 3 D シーンを放送する実施態様を特別に例示して説明する。

【 0 0 9 0 】

ステップ 6 1 において、カスタマーは、3 D シーンまたはオブジェクト内を逐次的、双方向かつ適応的にナビゲートすることができるようになるために、リクエストを遠隔通信ネットワークを介してサーバに送る。

【 0 0 9 1 】

サーバは、カスタマーのリクエスト 6 1 を処理して、折り返し、そのカスタマーにリクエストされた 3 D シーンまたはオブジェクトに関連するベース・メッシュを送信する (6

10

20

30

40

50

2)。ベース・メッシュまたはシンプル・メッシュ M_0 は限定数のファセットを有するので、こうしたステップ62は一般的に非常に速く済む。通常、メッシュ M_0 のファセット数は1000未満である。

【0092】

ステップ63の間、表示端末を使用するカスタマーは、サーバによって伝送されたウェブレット係数で膨らませたベース・メッシュ M_0 内をナビゲートしてよい。つまり、ナビゲーションはスケール係数の受信が完了したらすぐに開始され、表示される一時的モデルの3Dシーンはウェブレット係数が到着すると更新される。

【0093】

こうしたステップ63の間、以下の3つの独立したプロセスが表示端末上で並行して実行されることがある。3つの独立したプロセスとは、

- ・表示端末のキャッシュ・メモリに存在するウェブレット係数に応じて、観察者のポジションとその観察者の視線パラメータ (viewing parameters)、すなわち観察者の視線の方向と角度、を適応再構築 (adaptive reconstruction) すること (64)、
 - ・観察者のポジションとその観察者の視線パラメータをサーバへ定期的に伝送すること (65)、
 - ・サーバから来る3Dシーンの適応表示に必要なウェブレット係数を受信して、表示端末のキャッシュ・メモリを結果的に再編成すること (66)、
- である。

【0094】

実際、ウェブレット係数はカスタマーの端末のキャッシュ・メモリに記憶され、一時的メッシュは記憶されたウェブレット係数の部分集合を使って定期的に更新される。この記憶されたウェブレット係数の部分集合というのは視覚的に関係のある係数を表すもので、観察者のポジションやその観察者の視線方向といった、ナビゲーションに関するパラメータから特定される。

【0095】

3Dオブジェクトまたはシーンの仮想的な観察者が所定の距離デルタを移動する (scan) する毎に、キャッシュ・メモリに存在するウェブレットのセットは新たに分割される。そのとき2つのリストが準備される。一つはその一時的表現に加えらるべき係数のリストで、もう一つはこの表現から削除されるべき係数のリストである。

【0096】

削除されるべきウェブレット係数は図1に示された上述の方法に従って以下のように1つずつ処理される。

- ・削除されるべきウェブレット係数の各係数の逆符号のものがステップ11の間に加えられ、
- ・ウェブレット係数の削除が、ステップ12の間に幾何学的にステップを踏んで、既に示された適応アルゴリズムに従って、計算に入れられ、
- ・メッシュのこの表現に関する木が、ステップ13の間に、本文書で既に示された適応アルゴリズムに従って、剪定される。

【0097】

次に、3Dシーンに関連するメッシュを見ることが出来るカスタマーに、仮想的な観察者の位置をずらして視線の角度を変更することに関する制御が返される。仮想的な観察者が移動した距離がデルタに等しくなるとすぐに処理が繰り返される。

【0098】

図6のステップ63を実施するには、要求61を送り出したカスタマーの数に等しい多数のタスクをサーバー側で実行する能力が必要である。こうしたタスクとして、ナビゲーション・パラメータを伝送した (65) それぞれのカスタマー毎に、視覚的に関与すると判断されるウェブレット係数のリストを選んで、それらを通信ネットワークを介して送信する (66) ことが挙げられる。

【0099】

10

20

30

40

50

ウェーブレット係数の視覚的な関与度は図7に示された方法に従ってサーバによって判定される。

【0100】

ステップ71の間、サーバは、観察者の視野ピラミッド (pyramid of view) (あるいは、予想ピラミッド (pyramid of anticipation) として知られるより大きなピラミッド) と要求61の対象である3Dシーンの間の共通部分を特定する。

【0101】

次にサーバは特定した共通部分にある頂点によってインデックス付けされたウェーブレット係数を選ぶ(72)。

【0102】

ステップ73の間、選ばれたウェーブレット係数のそれぞれについて、端末の能力の指標 (indicator) に観察者から係数をインデックス付けする頂点までの距離を掛けたものを計算する。この積は、ウェーブレット係数の大きさをそれと比較する閾値を構成する。

【0103】

この種の指標は、観察者の表示端末の処理能力 (processing capacity) に応じた、アプリオリに固定された定数であってよい。例えば、こうした定数は、ナビゲーションの開始に先立って、観察者の表示端末に利用できるプロセッサのタイプに応じて決定される。

【0104】

この種の指標は、表示端末の現時点での処理能力に応じて、ナビゲーション中に変化することもある。従って、ナビゲーションのはじめに、指標の値を、端末上で表示可能とされるべき1秒当たりの画像数に適合させるためのステップを実施することを考えることが可能である。次に指標の値は、ナビゲーション中、1秒当たりに表示される画像の数 (すなわち、「フレームレート (frame rate) 」) に関する初期に固定された指示を維持するために、端末によって同時に処理される他のアプリケーションまたは他のプロセスによって費やされる端末のリソースに応じて、更新が可能である。

【0105】

表示端末の処理能力についての情報は端末によってサーバに送られる。

【0106】

ステップ73の最後において、サーバはその大きさが計算した閾値より大きなウェーブレット係数だけを保持し(74)、次にそれらを通信ネットワークを介してカスタマーに送る(75)。

【0107】

代替態様として、伝送ステップ75に先だって、サーバはカスタマーの端末のキャッシュ・メモリへの要求を送り出し、すでにそこにあるウェーブレット係数を見出して係数の不要な伝送を一切避けるようにする。次にカスタマーの端末は、メッシュのフェースそれぞれについて、端末のキャッシュ・メモリに存在するそれぞれのフェースに関連するウェーブレット係数の数を指定する整数から成る1列のテーブルを、サーバに送り返す。

【0108】

ウェーブレット係数は、サーバによって、または、全てのウェーブレット係数を集めるデータベースの合理的編成を通じてそのサーバと協働する他のサーバによって実施される外部のソート手段 (sorting means) によって、効率的にソートされることがある。例えば、そのソート手段 (サーバの内部及び/または外部) は、ベース・メッシュ M_0 のファセットの昇順識別表示と、これらのアセット (assets) それぞれについて、考慮されるファセットの頂点によってインデックス付けされたウェーブレット係数の大きさについてのソートと、に基づく編成を基にする。

【0109】

このようにして、係数のソートを担当するデバイスが、シンプル・メッシュ M_0 のあるフェース F が観察者の視野ピラミッド (あるいは、予想ピラミッドとして知られるより広いピラミッド) 内にあると判定したら、その大きさがステップ73において計算された閾値未満のウェーブレット係数に到達するまでフェース F のウェーブレット係数のリストを

10

20

30

40

50

走査 (scan) することだけが行われる。

【 0 1 1 0 】

また、要求 6 1 を送っているカスタマーが自身で自らのリクエストの対象である 3 D シーンまたはオブジェクトを見るために自らが必要とするウェーブレット係数を決めるといった代替態様を考えることも可能である。このときは、このカスタマーは自身が必要とするウェーブレット係数の発送を要請する第 2 のリクエストを通信ネットワークを介してサーバに送ることが出来る。

【 0 1 1 1 】

[補遺]

空間内の曲面 S は、同じ位相タイプの多面体 (polyhedron) M_0 上で定義される、 R^3 に値を持つ単写連続関数の像として表すことができる。このときその曲面は多面体によってパラメトライズされると言い、前記関数は「パラメトリゼーション (parametrization)」と称される。この関数は、 R に値を持つ関数の三重項 (triplet) で、この三重項のそれぞれの関数は R に値を持つ多面体上の連続関数から成る空間 $C^0(M_0)$ の基底で展開することが出来る。

【 0 1 1 2 】

メッシュ曲面の場合には、この技術はメッシュの圧縮表現を得るために使用される。更に、ウェーブレットを基底関数として使用することによって最も粗い形状 (the most approximate shape) から最もきめ細かい形状 (the most detailed shape) まで逐次的に表現することが出来る。

【 0 1 1 3 】

これらの関数は古典的な意味でのウェーブレットではないが、多重解像度解析のコンセプトを一般化する細分関係 (refining relationships) に従う。ここで M_0 を曲面 M のパラメトリゼーションがその上で定義される多面体とする。 ϕ_i を各ファセット上でアファイン (affine)、かつ i 番目の頂点で 1、その他で全ての頂点において 0 に等しい値を採る関数としたとき、関数 ϕ_i によって生成される $C^0(M_0)$ の部分空間 S^0 を考慮する。

【 0 1 1 4 】

同様に定義される関数 ψ_i^j によって生成される部分空間 S_j の定義が、同様に、しかし M_0 を M_{j-1} の各ファセットを標準的に再分割して得られるメッシュ M_j で置き換えて、為される。空間 S_j は有限次元で、かつ S_0 を最小として入れ子状になっている。また R に値を持つ M_0 のどんな連続関数も、 j をかなり大きな値にすれば、 S_j の値の関数によって一様に近似出来る。

【 0 1 1 5 】

逐次的なコーディング (progressive coding) を可能にするのはこうした包摂関係 (inclusion) である。具体的には、 W_j が S_{j+1} における S_j の補足分 (supplementary) を表し、そして $\{\phi_i^j\}_i$ (ウェーブレット) が W_j の基底を表す場合、以下のような関数のセット、

【 数 5 】

$$\{\phi_i^0\}_i \cup \bigcup_{j \geq 0} \{\psi_i^j\}_i$$

は $C^0(M_0)$ の基底を形成する。従って M をパラメトライズする関数は一様に次のように書ける。ここで値 C_i と値 d_i^j は R^3 に値を持ち、ウェーブレット係数と称される。

【 0 1 1 6 】

実際には、ウェーブレットは、それらの台 (support) によってウェーブレット係数を $O(n)$ において決定することが出来るように選ばれる。ここで n はメッシュ M の頂点数である。このとき、 k をある定数の整数として、 $D_{k,i}$ が頂点 i から k 個の辺未満の距離にあるメッシュ M_j の頂点のインデックスのセットを表す場合には、ウェーブレット ψ_i^j は、 ϕ_i^j が $D_{k+1,i}$ に台を持つように、次式で与えられる。

10

20

30

40

50

【数 6】

$$\psi_i^j = \phi_i^{j+1} + \sum_{i \in \Theta_{k,i}} \alpha_i \phi_i^j,$$

【0117】

このように再構築の際、ウェーブレット係数の効力はこの種の近傍に制限される。

【図面の簡単な説明】

【0118】

【図1】 不必要なウェーブレット係数を削除する間に本発明に従って実施される異なったステップを示したブロック図である。 10

【図2】 図1の手順に沿って、3Dシーンを表現するのに必要なメッシュの再分割が進行する様子と、その結果、ある決まったウェーブレット係数を削除する必要性を示した図である。

【図3】 ウェーブレット係数をインデックス付けする頂点を列挙するVPC整数のテーブルを示した図である。

【図4】 図1の手順に沿ってウェーブレット係数を削除した結果としてメッシュが平坦化されるステップを示した図である。

【図5】 図1の手順に沿って階層型メッシュを表す木を剪定するステップを示した図である。 20

【図6】 本発明を例示的に3Dシーンまたはオブジェクトを通信ネットワークを介して放送する場合に適用した際に実施されるステップを示した図である。

【図7】 図6の例示的な実施態様において通信ネットワークのサーバによって実行される異なった操作を示した図である。

【図1】

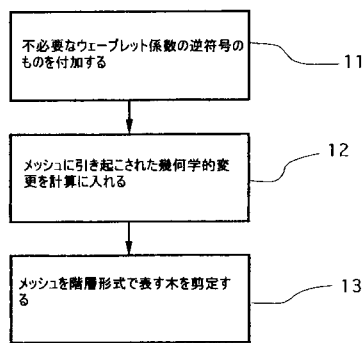


Fig. 1

【図3】

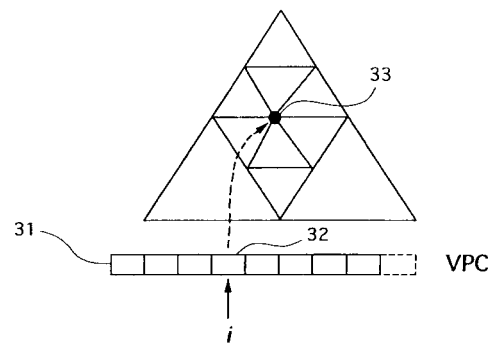


Fig. 3

【図2】

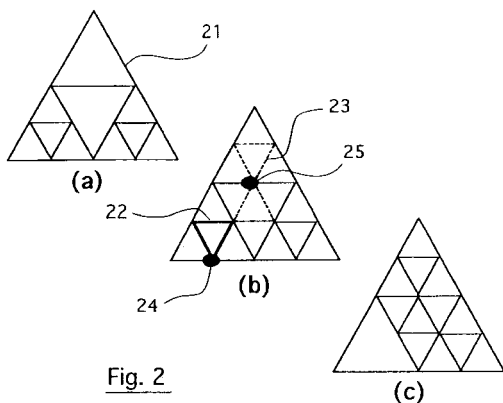


Fig. 2

【図4】

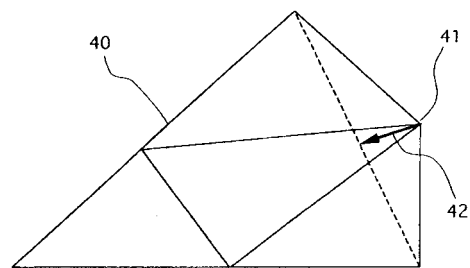


Fig. 4

【図5】

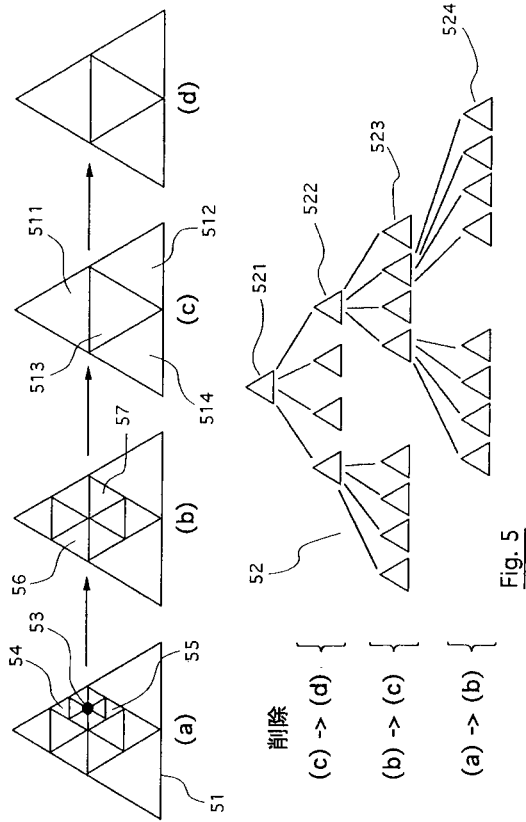


Fig. 5

【図6】

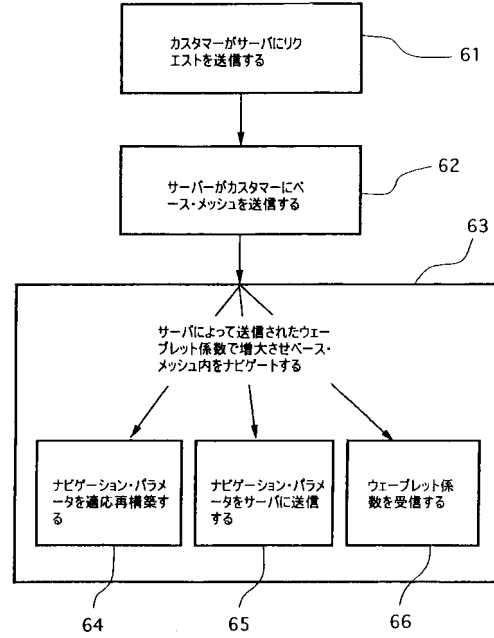


Fig. 6

【図7】

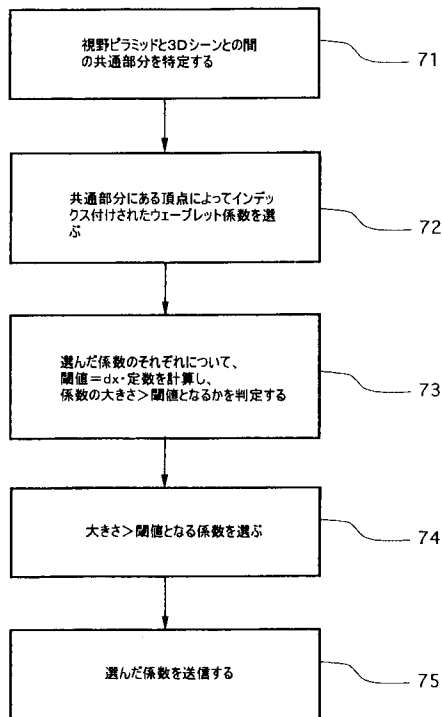


Fig. 7

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-312741(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T15/00-17/50

H04N 1/41- 1/419

H04N 7/24- 7/68