

(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2005-506611
(P2005-506611A)

(43) 公表日 平成17年3月3日(2005.3.3)

(51) Int. Cl.⁷
G06T 15/00

F I
G06T 15/00 300

テーマコード(参考)
5B080

審査請求有 予備審査請求有 (全40頁)

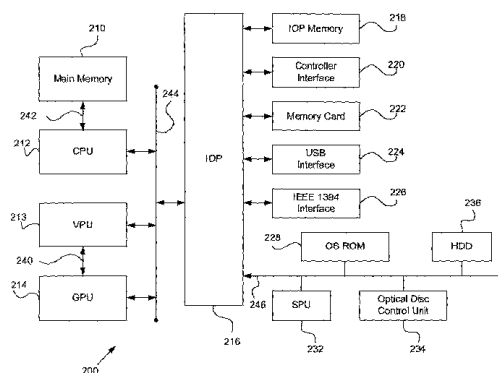
<p>(21) 出願番号 特願2003-535147 (P2003-535147)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成14年10月8日 (2002.10.8)</p> <p>(85) 翻訳文提出日 平成16年4月5日 (2004.4.5)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2002/032421</p> <p>(87) 国際公開番号 W02003/032253</p> <p>(87) 国際公開日 平成15年4月17日 (2003.4.17)</p> <p>(31) 優先権主張番号 60/328,490</p> <p>(32) 優先日 平成13年10月10日 (2001.10.10)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 500551079 ソニー・コンピュータ・エンタテインメント・アメリカ・インク アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94404-2175、フォスター・シティー、セカンド・フロアー、イースト・ヒルズデイル・ブルバード 919</p> <p>(74) 代理人 100105924 弁理士 森下 賢樹</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 環境マッピングシステムおよび方法

(57) 【要約】

環境マッピングシステムおよび方法は、オブジェクトの位置に対するカメラの位置と向きに基づいて、コンピュータで生成したオブジェクトの反射様相を決定する。本発明は、ポリゴンレンダリング用のリアルタイム環境マッピングとして実施されるが、本発明の範囲は他のレンダリング方式を包含する。本発明の一実施形態によれば、ベクトル処理ユニット (VPU) (213) は、修正反射公式を使用してオブジェクトの反射特性を算出する。修正反射公式は、以下の通りである。 $r = e - (e \cdot (n + e_0)) (n + e_0) / (1 - nz) = e - (e \cdot [nx, ny, nz - 1]) [nx, ny, nz - 1] / (1 - nz)$ 。ここで、 $e_0 = [0, 0, -1]$ であり、 nx, ny, nz は表面法線ベクトル n の成分である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反射オブジェクトの表面上の点 P における表面法線ベクトル n を決定するステップと、
前記点 P から観察者へ向かう観察ベクトル e を決定するステップと、
前記表面法線ベクトル n と前記観察ベクトル e とに基づいて、修正反射公式を使用して反
射ベクトル r を算出するステップであって、前記修正反射公式が前記表面上の点 P にお
ける擬似法線ベクトル n' の周りの反射に基づく、ステップと、
を含むことを特徴とする環境マッピング方法。

【請求項 2】

前記擬似法線ベクトル n' は、前記表面法線ベクトル n と、前記点 P から点 P のすぐ前に 10
位置する観察者に向かう参照観察ベクトル e_0 との間の角度を二等分するベクトルである
ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記修正反射公式が $r = e - (e \cdot [n_x, n_y, n_z - 1])[n_x, n_y, n_z - 1] / (1 - n_z)$ で表され、 n_x, n_y, n_z
が前記法線ベクトル n の成分であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記反射オブジェクトの表面上の点 P がポリゴンの頂点に位置することを特徴とする請求
項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記反射ベクトル r をテクスチャ座標 (s, t) に変換するステップをさらに含むことを特徴 20
とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記反射オブジェクトの表面上の各点 P に関連するテクスチャ座標 (s, t) に基づいて、前
記反射オブジェクトを描画するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 5 に記載の
方法。

【請求項 7】

機械によって実行されて環境マッピングのための方法ステップを実行するプログラム上で
実現される電子可読媒体であって、

前記方法ステップが、

反射オブジェクトの表面上の点 P における表面法線ベクトル n を決定するステップと、 30
前記点 P から観察者へ向かう観察ベクトル e を決定するステップと、
前記表面法線ベクトル n と前記観察ベクトル e とに基づいて、修正反射公式を使用して反
射ベクトル r を算出するステップであって、前記修正反射公式が前記表面上の点 P にお
ける擬似法線ベクトル n' の周りの反射に基づく、ステップと、
を含むことを特徴とする電子可読媒体。

【請求項 8】

前記擬似法線ベクトル n' は、前記表面法線ベクトル n と、前記点 P から点 P のすぐ前に
位置する観察者に向かう参照観察ベクトル e_0 との間の角度を二等分するベクトルである
ことを特徴とする請求項 7 に記載の電子可読媒体。

【請求項 9】

前記修正反射公式が $r = e - (e \cdot [n_x, n_y, n_z - 1])[n_x, n_y, n_z - 1] / (1 - n_z)$ で表され、 n_x, n_y, n_z
が前記法線ベクトル n の成分であることを特徴とする請求項 7 に記載の電子可読媒体。 40

【請求項 10】

前記反射オブジェクトの表面上の点 P がポリゴンの頂点に位置することを特徴とする請求
項 7 に記載の電子可読媒体。

【請求項 11】

前記反射ベクトル r をテクスチャ座標 (s, t) に変換するステップをさらに含むことを特徴
とする請求項 7 に記載の電子可読媒体。

【請求項 12】

前記反射オブジェクトの表面上の各点 P に関連するテクスチャ座標 (s, t) に基づいて、前 50

記反射オブジェクトを描画するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の電子可読媒体。

【請求項 1 3】

反射オブジェクトの環境マッピングシステムであって、
 反射オブジェクトの表面上の点に位置する擬似法線ベクトルの周りの反射に基づいた修正反射モデルを格納するように構成されたメモリと、
 前記修正反射モデルを使用して反射ベクトルを算出するように構成されたベクトル処理ユニットと、
 画像内に前記反射オブジェクトを描画するように構成されたグラフィック処理ユニットと、
 を備え、
 算出された反射ベクトルによって前記画像の質が決定されることを特徴とするシステム。

10

【請求項 1 4】

前記修正反射公式が $r = e - (e \cdot [n_x, n_y, n_z - 1]) [n_x, n_y, n_z - 1] / (1 - n_z)$ で表され、 n_x, n_y, n_z は、前記反射表面上の点 P における表面法線ベクトル n の成分であり、 e は前記点 P から観察者に向かう観察ベクトルであることを特徴とする請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 5】

擬似法線ベクトル n' は、前記反射表面上の点 P における表面法線ベクトル n と、前記点 P から点 P のすぐ前に位置する観察者に向かう参照観察ベクトル e_0 との間の角度を二等分するベクトルであることを特徴とする請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 6】

前記ベクトル処理ユニットが、算出された各反射ベクトルを処理してテクスチャ座標 (s, t) を生成するように構成されていることを特徴とする請求項 1 3 に記載のシステム。

20

【請求項 1 7】

前記グラフィック処理ユニットが、前記テクスチャ座標を使用して前記反射オブジェクトを画像として描画することを特徴とする請求項 1 6 に記載のシステム。

【請求項 1 8】

反射オブジェクトの表面上の点 P における表面法線ベクトル n を決定する手段と、
 前記点 P から観察者へ向かう観察ベクトル e を決定する手段と、
 前記表面法線ベクトル n と前記観察ベクトル e とに基づいて、修正反射公式を使用して反射ベクトル r を算出する手段であって、前記修正反射公式が前記表面上の点 P における擬似法線ベクトル n' の周りの反射に基づく、手段と、
 を含むことを特徴とする環境マッピングシステム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この出願は、2001年10月10日に提出された、「環境マッピング」と題する米国仮特許出願第60/328,490号の利益を主張し、参照により本明細書に援用される。

【0002】

この発明は、一般にコンピュータで生成される画像に関し、より詳細には、環境マッピングを行うシステムおよび方法に関する。

40

【背景技術】

【0003】

通常、離散的な光源、連続的な光源および環境光による、コンピュータが生成したオブジェクトの照明は、照明モデルによって記述される。オブジェクトは、環境光の反射およびオブジェクトの表面から照らされる光源の反射によって照明される。一般に、照明モデルは数学的表現であり、この数学的表現は、一組の変数に作用し、反射光の色や強度、および観察者により観察されたときのオブジェクトのテクスチャなどの反射特性を生成する。環境光およびオブジェクト周囲に位置する光源がある場合、照明モデルは、オブジェクトの反射特性を定義する。被照明オブジェクトが観察者にとって現実のように見えるならば、その照明モデルは正確であるとみなされる。

50

【0004】

通常、照明モデルは、コンピュータシステムのベクトル処理ユニット、中央処理ユニット、または描画エンジンによって実行されるソフトウェアプログラムに組み込まれている。プログラムは、オブジェクトに対する光源の位置を変更したとき、観察者が被照明オブジェクトを異なる角度から観察したとき、またはオブジェクトが回転したときに、オブジェクトの照明を計算することができなければならない。さらに、たとえば観察者（すなわち、カメラ）がオブジェクトに対して移動する場合、処理ユニットが照明の計算をリアルタイムで行うためには、効率的な照明モデルが必要である。したがって、計算コストが効率的であると同時に、観察者にとって美的に好ましい被照明オブジェクトの画像を同時に生成する項を照明モデルに組み込むことが望ましい。

10

【0005】

実際の物理物体に近似した被照明オブジェクトの現実的な画像を描画するときには、テクスチャ（すなわち、環境マッピング）の計算が重要である。通常、オブジェクトの表面の各点についてテクスチャ座標が算出され、そのテクスチャ座標を含むテクスチャマップが生成される。

【0006】

図1は、オブジェクトのテクスチャ座標を算出する従来技術による直接垂直投影法（direct normal projection method）を示す。図1は、オブジェクト表面105、表面105上の点P、点Pにおける表面105の法線ベクトル n 、観察者110a、観察者110aと点Pとの間を結ぶ視線115a、および、法線ベクトル n のx軸120上への投影である n_x を含む。一般に、z軸（図示せず）はx軸120に対して垂直であり、図1の平面内にある。y軸（図示せず）はx軸120およびz軸に対して垂直であり、図1の平面外にある。説明を簡単にするために、オブジェクト表面105の図1の実施形態を線で表してあるが、表面105は、通常は任意の二次元平面である。したがって、一般に法線ベクトル n はy軸に沿ったベクトル成分 n_y を有していてもよい。

20

【0007】

動作を述べると、直接垂直投影法は、オブジェクト表面105上の各点Pについて、法線ベクトル n の投影成分 n_x 、 n_y を算出する。中央処理ユニットまたはベクトル処理ユニットは、その後、当技術分野において既知である1つまたは複数のマッピングアルゴリズムを使用して、投影成分 n_x および n_y を、テクスチャ座標 (s, t) にマッピング（すなわち、変換）する。そして、ベクトル処理ユニットは、照明モデルにおいて、他の反射変数とともに各点Pについて算出されたテクスチャ座標 (s, t) を使用して、オブジェクト表面105の反射パターンを生成する。従来技術の直接垂直投影法は高速でありえるが、この方法は、観察者110aが別の場所に移動したとき、「表面に塗られている（painted-on）」ように見える反射パターンを生成する。換言すれば、オブジェクト表面105の反射パターンが、観察者110aの回転または平行移動に対して変化しない。これは、この方法が点Pに対する観察者110aの位置に依存しておらず、法線ベクトル n のx成分およびy成分に依存しているからである。例えば、ベクトル処理ユニットは、点Pを観察する観察者110bに対して、点Pを観察する観察者110aに対するのと同じ投影成分 (n_x, n_y) およびテクスチャ座標 (s, t) を算出する。

30

40

【特許文献1】

米国特許第5,704,024号

【特許文献2】

米国特許第5,949,424号

【特許文献3】

米国特許第6,034,691号

【発明の開示】

【0008】

オブジェクトの位置および向きに対しての観察者の位置に依存してより現実的な反射パターンを生成し、かつ、特定のオブジェクト-観察者間の配置に対して直接垂直投影法の結

50

果と一致するような環境マッピングシステムおよび方法を実現することは、有用である。

【0009】

本発明によれば、反射オブジェクトの環境マッピングシステムおよび方法が開示される。本発明の一実施形態では、この方法は、反射オブジェクトの表面上の点Pにおける表面法線ベクトル n を作成し、点Pから観察者に向かう観察ベクトル e を作成し、表面法線ベクトル n および観察ベクトル e に基づいて、修正反射公式を使用して反射ベクトル r を算出することを含む。修正反射公式は、表面上の点Pにおける擬似法線ベクトル n' の周りの反射に基づいている。

【0010】

本発明によれば、擬似法線ベクトル n' は、表面法線ベクトル n と参照観察ベクトル e_0 の間の角度を二等分する。ここで、参照観察ベクトル e_0 は、点Pから点Pのすぐ前に位置する観察者の方向を向く。 10

【0011】

修正反射公式は以下の通りである。

$$r = e - (e \cdot (n + e_0)) (n + e_0) / (1 - nz)$$

$$= e - (e \cdot [nx, ny, nz - 1]) [nx, ny, nz - 1] / (1 - nz)$$

ここで、 $e_0 = [0, 0, -1]$ であり、 nx, ny, nz は表面法線ベクトル n の成分である。算出された各反射ベクトル r は、テクスチャ座標 (s, t) のペアを生成するために処理されることができ。そして、反射オブジェクトの表面上の各点Pに関連するテクスチャ座標 (s, t) に部分的に基づいて、反射オブジェクトが描画される。本発明の範囲は、例えば、反射オブジェクトの表面上の各点Pがポリゴンの頂点に位置するポリゴンレンダリングなどの、すべてのタイプのレンダリング方式を包含する。 20

【0012】

本発明の別の実施形態では、本システムは、修正反射モデルを格納するように構成されたメモリと、修正反射モデルを使用して反射ベクトルを算出するように構成されたベクトル処理ユニットと、画像中の反射オブジェクトを描画するように構成されたグラフィックプロセッサとを含む。画像の質は、算出された反射ベクトルから導かれるテクスチャ座標によって決まる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本明細書に記述される環境マッピングシステムおよび方法により、オブジェクトの位置に対するカメラの位置および向きに基づいて、コンピュータで生成されたオブジェクトの反射様相 (appearance) を変化させることが可能となる。カメラの位置は、オブジェクト位置に対するカメラの水平方向の位置によって定義してもよい。水平方向のカメラの移動は、オブジェクト位置に対する右、左、上または下方向の動きとして定義される。カメラの向きは、所与の固定座標系に対する回転角度によって定義してもよい。 30

【0014】

本発明の例示的な一実施形態は、ポリゴンレンダリング用のリアルタイム環境マッピングとして実現される。しかしながら、本発明の範囲は、他のレンダリング方式用の環境マッピングなどの他のアプリケーションも包含する。他のレンダリング方式には、ポイントベースのプリミティブ、非ポリゴンのボリュームベースのプリミティブも含むことができるが、これに限定されない。本発明の種々の実施形態は、ソフトウェア、ハードウェアまたはファームウェアで実現することができる。 40

【0015】

本発明の一実施形態によれば、中央処理ユニット (CPU) および/またはひとつまたは複数のベクトル処理ユニット (VPU) が、照明モデルを使用して、オブジェクトの反射特性を算出する。オブジェクトの反射特性は、オブジェクトの様相と関連している。反射特性には、オブジェクトによって反射された光の色および強度 (intensity) と、反射オブジェクトのテクスチャとが含まれる。オブジェクトのテクスチャは、オブジェクトの鏡面指数 (shininess) や表面全体の様相などの反射特性と関連する。通常、オブジェクト 50

のテクスチャは、VPUによって算出されたテクスチャ座標(s,t)によって指定される。テクスチャ座標は、オブジェクトの周りに巻きつけられる(すなわち、マップされる)テクスチャマップ内に組み込まれてもよい。例えば、VPUは、VPUランダムアクセスメモリ(RAM)に格納された変数、または、CPUレジスタに格納された変数に対して作用する環境マッピング命令を実行し、テクスチャ座標を算出することができる。通常、テクスチャ座標と、色や強度などの他の算出された反射特性(照明項とも呼ばれる)とが、更なる処理のためにグラフィック処理ユニット(GPU)に渡される。その後、GPUは、コンピュータモニタ等の表示装置上に表示する反射オブジェクトを作成する。

【0016】

図2は、本発明による電子エンタテインメントシステム200の一実施形態のブロック図である。システム200は、メインメモリ210と、CPU212と、VPU213と、GPU214と、入出力プロセッサ(IOP)216と、IOPメモリ218と、コントローラインターフェイス220と、メモリカード222と、ユニバーサルシリアルバス(USB)インターフェイス224と、IEEE1394インターフェイス226とを含むが、これに限定されない。システム200は、オペレーティング・システム・リード・オンリ・メモリ(OSROM)228と、サウンド処理ユニット(SPU)232と、光ディスク制御ユニット234と、ハードディスクドライブ(HDD)236も含み、これらはバス246を介してIOP216と接続される。

【0017】

CPU212、VPU213、GPU214、IOP216は、システムバス244を介して通信する。CPU212は専用バス242を介してメインメモリ210と通信する。VPU213とGPU214も専用バス240を介して通信することができる。

【0018】

CPU212は、OSROM228およびメインメモリ210に格納されたプログラムを実行する。メインメモリ210は、予め格納されたプログラムを含むことができ、また、光ディスク制御ユニット234を使用して、CD-ROMまたはDVD-ROM(図示せず)からIOP216を介して転送されるプログラムも含むことができる。IOP216は、CPU212、VPU213、GPU214、およびコントローラインターフェイス220などのシステム200の他のデバイス間でのデータ交換を制御する。

【0019】

メインメモリ210は、照明モデルを含むゲーム命令を有するプログラムを含むが、これに限定されない。プログラムは、光ディスク制御ユニット234を介してDVD-ROMからメインメモリ210にロードされることが好ましい。CPU212は、VPU213、GPU214およびSPU232と協働してゲーム命令を実行し、コントローラインターフェイス220を介してユーザから受け取る入力を使用して描画命令を生成する。ユーザはまた、CPU212に命令して特定のゲーム情報をメモリカード222上に記憶させることができる。他のデバイスは、USBインターフェイス224およびIEEE1394インターフェイス226を介してシステム200に接続することができる。

【0020】

本発明の一実施形態では、VPU213はCPU212からの命令を実行し、照明モデルを使用して、被照明オブジェクトと関連するテクスチャ座標を作成する。SPU232は、CPU212からの命令を実行し、オーディオ装置(図示せず)上の出力である音声信号を生成する。GPU214は、CPU212とVPU213からの描画命令を実行し、ディスプレイ装置(図示せず)上に表示するための画像を生成する。すなわち、GPU214は、VPU213によって作成されたテクスチャ座標および他の照明項と、CPU212からの描画命令とを使用して、画像内の被照明オブジェクトを描画する。

【0021】

図3は、本発明にしたがった、図2のメインメモリ210に格納された、修正された環境反射投影法を説明する図である。本発明の一実施形態では、修正反射投影法は、照明モデルによって使用される。本発明の別の実施形態では、修正反射投影法は、照明モデルの中

に組み込まれている。図3は、オブジェクトの表面305、表面305上の点P、点Pにおける表面305の法線ベクトル n （表面法線ベクトルとも呼ぶ）、観察者310a、点Pから観察者310aへ向かう観察ベクトル e 、および x 軸320を含む。本発明の一実施形態では、表面305はポリゴンプリミティブ（図示せず）から構成されており、各ポリゴンの各頂点において、表面305上に点Pが指定されている。後の参照のために、 z 軸（図示せず）は x 軸320に対して垂直であり、図3の平面内にある。 y 軸（図示せず）は x 軸320と z 軸に対して垂直であり、図3の平面外にある。説明を簡単にするために、表面305の図3の実施形態は線で示されているが、任意の二次元表面上の任意の点Pが本発明の範囲内にある。例えば、表面305の図3の実施形態は、二次元面（図示せず）と $x-z$ 平面との交線であってもよい。したがって、法線ベクトル n は、 y 軸に沿ったベクトル成分 n_y を有していてもよい。

10

【0022】

本発明の一実施形態によれば、修正環境反射投影法は、標準の反射公式（reflection formula）の修正バージョンを使用して、表面305上の各点Pについて反射ベクトル r を計算する。この方法は、続いて反射ベクトル r を処理して、各点Pについてテクスチャ座標 (s, t) を生成する。標準の反射公式は、 $r = e - 2(e \cdot n)n$ である。所与の法線 n をもつ表面305上に指定された各点Pについて、標準の反射公式は、観察ベクトル e によって指定される所与の観察者の位置に基づいて、反射ベクトル r を与える。標準の反射公式は、スネルの反射則を満足するベクトル関係である。ここで、スネルの反射則は、入射角 a_i （図3）と反射角 a_r （図3）が等しくなるというものである。

20

【0023】

本発明の一実施形態によれば、VPU213（図2）は、標準反射公式の修正バージョンを使用して反射ベクトルを算出する。観察者310aのすぐ前に位置する（すなわち、観察ベクトル e が x 軸320と直角に交差する）表面305上の点Pについて、標準の反射公式は、修正反射公式によって与えられる反射ベクトル r' が法線ベクトル n に等しくなるように、標準の反射公式が修正される。すなわち、 $r' = n$ である。したがって、修正反射投影法は、表面305上の点Pが観察者310aのすぐ前に位置するとき、直接垂直投影法と同じ結果を与える。

【0024】

標準反射公式を修正するために、観察ベクトル e と法線ベクトル n の間の角である入射角 a_i を二等分する擬似法線ベクトル n' が定義される。すなわち、 $n' = (e + n) / (|e + n|)$ である。ここで、 $|e + n|$ は $e + n$ の大きさであり、角度 b_i は角度 b_r に等しい。標準反射公式における法線ベクトル n を擬似法線ベクトル n' で置換して得られる修正反射ベクトル r' は、法線ベクトル n と等しい。これは、修正反射公式がスネルの法則の原理に基づいているためである。ここで、角度 $b_i =$ 角度 b_r である。したがって、修正反射公式は、

30

$$r' = n = e - 2(e \cdot n')n'$$

と表記される。

【0025】

修正反射公式の簡略化は、単純明快である。点Pが $(x, y, z) = (0, 0, z)$ に位置すると仮定すると、単位法線ベクトル n は成分 $[n_x, n_y, n_z]$ を有し、単位観察ベクトル e は成分 $[0, 0, -1]$ を有する。ここで、括弧 $[\]$ はベクトル量を示すために使用している。例えば、 $[n_x, n_y, n_z]$ は、ベクトル n の別の表記方法である。さて、 n および e の成分を n' の式に代入すると、

40

$$n' = (e + n) / (|e + n|) = [n_x, n_y, n_z - 1] / (\sqrt{n_x^2 + n_y^2 + (n_z - 1)^2})$$

が得られる。分母の平方根の引数を展開すると、

$$n_x^2 + n_y^2 + (n_z - 1)^2 = n_x^2 + n_y^2 + n_z^2 + 1 - 2n_z = 1 + 1 - 2n_z = 2(1 - n_z)$$

が得られる。なぜなら、法線ベクトル n は大きさ「1」の単位ベクトルだからである。k

$$1 / \sqrt{2(1 - n_z)} \text{と定義すると、} n' = k[n_x, n_y, n_z - 1] \text{である。}$$

【0026】

修正反射公式に n' を代入すると、

50

$$r' = n = e - 2(e \cdot n) n = e - 2k^2 (e \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1]$$

$$= e - (e \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1]/(1-nz)$$

が得られる。すなわち、任意の所与の観察ベクトル e に対して

$$r' = e - (e \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1]/(1-nz)$$

である。換言すれば、修正反射公式は、任意の所与の観察ベクトル $e = [ex, ey, ez]$ について有効であり、関連する単位法線ベクトル $n = [nx, ny, nz]$ を持つ面 305 上の任意の点について有効である。例えば、観察者 310 b が観察ベクトル e に沿った点 P を観察すると、VPU 213 は、修正反射公式を使用して反射ベクトル r' を算出する。ここで $r' = e - (e \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1]/(1-nz)$ である。

【0027】

修正反射公式はさらに簡単にすることができ、よりコンパクトな数学的関係によって表現することができる。例えば、単位観察ベクトル $e = [0, 0, -1]$ を定数の参照観察ベクトル e_0 と表すと、修正反射公式は以下のように記述することができる。

$$r' = e - (e \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1]/(1-nz)$$

$$= e - (e \cdot (n + e_0))(n + e_0)/(1-nz)$$

【0028】

図4は、本発明の一実施形態にしたがって、テクスチャ座標に基づいて反射オブジェクトの画像を表示する方法ステップのフローチャートである。ステップ405において、ユーザは、例えば光ディスク制御ユニット234(図2)を介してビデオソフトウェアをメモリ210にロードし、CPU 212(図2)はそのビデオソフトウェアを実行する。ビデオソフトウェアは、対話型のビデオであっても非対話型のビデオであってもよく、本発明の例示的な実施形態では、ビデオソフトウェアはビデオゲームである。ステップ410において、CPU 212は、ビデオフレームの全ての反射オブジェクトについて描画命令を生成する。描画命令は、コントローラインターフェイス220(図2)を介して受け取ったユーザ入力にตอบสนองして生成されてもよい。ステップ415において、VPU 213(図2)は、照明モデルを使用して描画命令を実行し、ビデオフレームの各反射オブジェクトについて反射ベクトルを生成する。例えば、表面305(図3)の各頂点P(図3)について反射ベクトルが生成される。ステップ415については、図5を用いてさらに後述する。

【0029】

ステップ420において、VPU 213は、各オブジェクトに関連する反射ベクトルを変換してテクスチャ座標にする。この変換は、反射ベクトルマッピング法であってもよいし、または、当技術分野において既知の他の方法を使用して構成してもよい。加えて、VPU 213は、各反射オブジェクトについてのテクスチャ座標から構成されるテクスチャマップを計算することができる。次に、ステップ425において、VPU 213は、テクスチャ座標および/またはテクスチャマップをGPU 214に送る。ステップ430において、GPU 214は、各反射オブジェクトに関連するテクスチャ座標またはテクスチャマップに部分的に基づいて、ディスプレイ装置(図示せず)上に表示するための各反射オブジェクトの画像を作成する。GPU 214は、テクスチャ座標とともに、VPU 213またはCPU 212により生成されたほかの照明項を使用して、画像として表示するための各反射オブジェクトを作成することができる。

【0030】

次に、ステップ435において、CPU 212は、ビデオゲームの実行が終了したか否かを判定する。実行が終了していなければ、本方法は、ステップ410において次のビデオフレームについて継続する。しかしながら、ステップ435において、ビデオゲームの実行が終了していることをCPU 212が確認したとき、本方法は終了する。

【0031】

図5は、本発明の一実施形態にしたがって、反射オブジェクトについて反射ベクトルを生成する方法ステップのフローチャートである。ステップ505において、VPU 213(図2)は、反射オブジェクトの表面305(図3)上の頂点P(図3)を選択する。次に

10

20

30

40

50

、ステップ510において、VP U 2 1 3は、選択した頂点Pにおける反射オブジェクトの表面305の法線ベクトル n (図3)のベクトル成分 $[n_x, n_y, n_z]$ を求める。本発明の一実施形態では、ベクトル成分はCPU 2 1 2に関連するレジスタ(図示せず)に格納される。本発明の別の実施形態では、ベクトル成分はVP U 2 1 3に関連するメモリ(図示せず)に格納される。

【0032】

ステップ515において、VP U 2 1 3は、例えば、点Pから観察者310b(図3)へ向かう観察ベクトル e'' (図3)の成分 $[e_x'', e_y'', e_z'']$ を求める。VP U 2 1 3は、成分 $[e_x'', e_y'', e_z'']$ を算出することもできるし、VP U 2 1 3のメモリ(図示せず)またはCPU 2 1 2のレジスタ(図示せず)から成分を受け取ることもできる。次にステップ520において、VP U 2 1 3は、修正反射公式、観察ベクトル e'' の成分 $[e_x'', e_y'', e_z'']$ 、および法線ベクトル n のベクトル成分 (n_x, n_y, n_z) を使用して、反射ベクトル r'' (図3)を算出する。ステップ525において、VP U 2 1 3は、反射オブジェクトに関連する各頂点Pについての反射ベクトルが算出されたか否かを判定する。各頂点Pについて反射ベクトルが算出されていない場合、ステップ530において、VP U 2 1 3は反射オブジェクトの表面305上の別の頂点Pを選択する。続いて、本方法はステップ510に続く。しかしながら、ステップ525において、各頂点Pについて反射ベクトルが算出されている場合、本方法は終了する。

10

【0033】

本発明をいくつかの実施形態を参照して説明した。他の実施形態は、本開示の観点から当業者にとって明らかである。本発明は、上述の好ましい実施形態において記述されたもの以外の構成を使用しても容易に実施することができる。例えば、本発明によれば、修正環境反射投影法は、CPU 2 1 2、VP U 2 1 3、GPU 2 1 4または描画エンジン(図示せず)によってその一部または全体を実行することができる。または、例えば、修正環境反射投影法は、マルチプロセッサシステムによって並列的に実施することができる。さらに、本発明は、上述の実施形態に述べたもの以外のシステムとともに効果的に使用することができる。したがって、開示した実施形態についてのこれらのまたは他の変形例は本発明によって包含されるように意図されており、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される。

20

【図面の簡単な説明】

30

【0034】

【図1】オブジェクトのテクスチャ座標を算出する従来技術の直接垂直投影法を説明する図である。

【図2】本発明による電子エンタテインメントシステムの一実施形態のブロック図である。

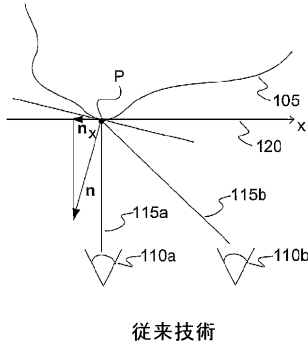
【図3】本発明の一実施形態にしたがった、図2のメインメモリ210に格納された修正反射投影法を説明する図である。

【図4】本発明の一実施形態にしたがってテクスチャ座標に基づいた反射オブジェクトの画像を表示する方法ステップのフローチャートである。

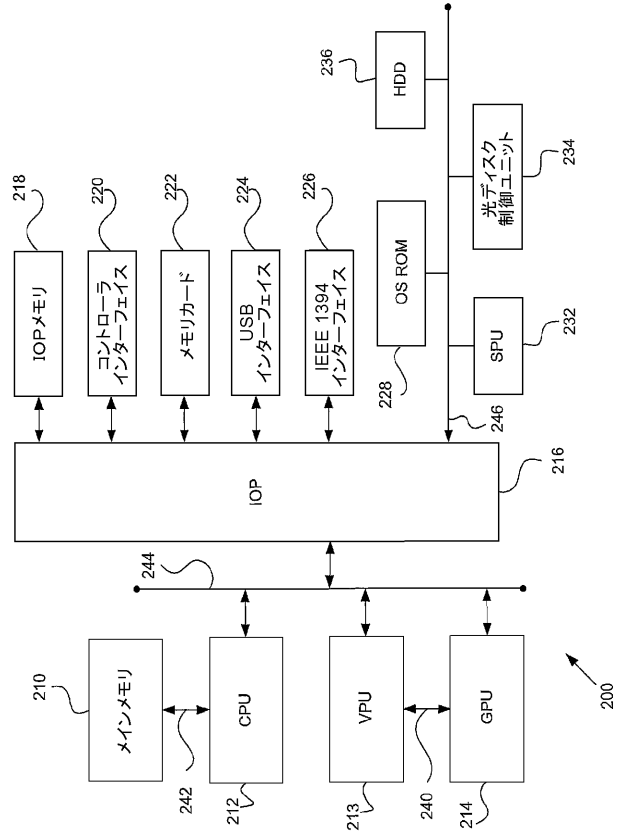
【図5】本発明の一実施形態にしたがって反射オブジェクトの反射ベクトルを生成する、図4のステップ415の方法ステップのフローチャートである。

40

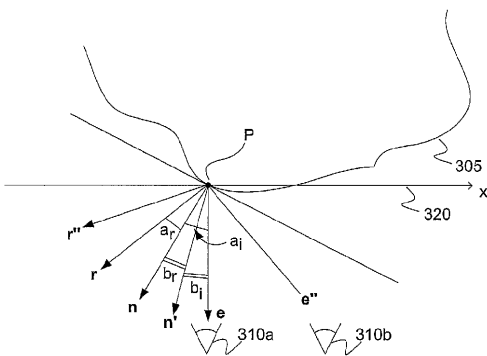
【図1】



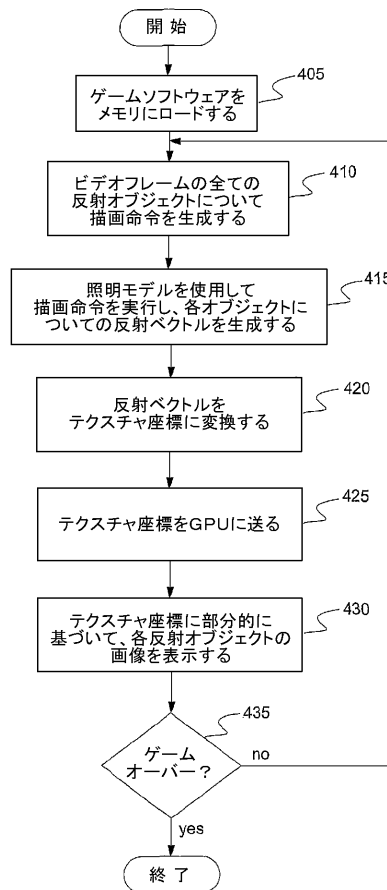
【図2】



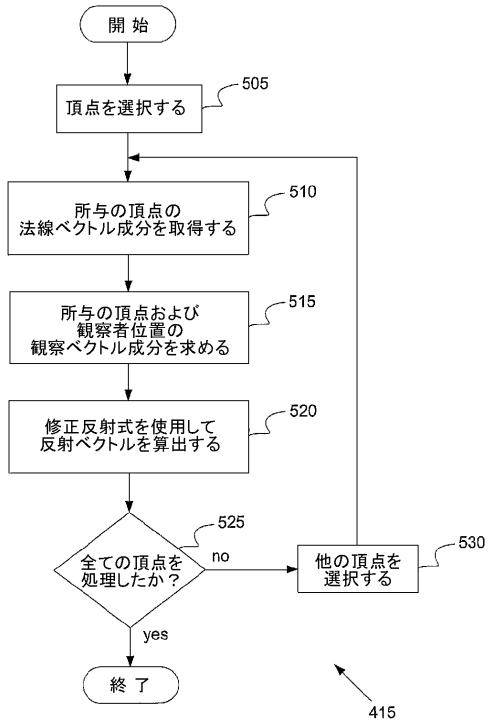
【図3】



【図4】



【 図 5 】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
17 April 2003 (17.04.2003)

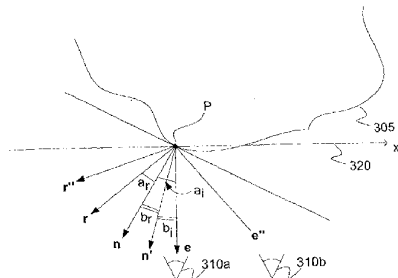
PCT

(10) International Publication Number
WO 03/032253 A2

- (51) International Patent Classification: **G06T** Hillsdale Blvd., Second Floor, Foster City, CA 94404-2175 (US).
- (21) International Application Number: PCT/US02/32421
- (22) International Filing Date: 8 October 2002 (08.10.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 60/328,490 10 October 2001 (10.10.2001) US
- (71) Applicant: **SONY COMPUTER ENTERTAINMENT AMERICA INC.** [US/US]; 919 E. Hillsdale Blvd., Second Floor, Foster City, CA 94404-2175 (US).
- (72) Inventors: **CERNY, Mark**; Sony Computer Entertainment America Inc., 919 E. Hillsdale Blvd., Second Floor, Foster City, CA 94404-2175 (US). **ENGSTAD, Pal-Kristian**; Sony Computer Entertainment America Inc., 919 E.
- (74) Agents: **SCHLEPLER, Wendi et al.**; Carr & Ferrell LLP, 2225 E. Bayshore Road, Suite 200, Palo Alto, CA 94303 (US).
- (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GR, 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, NO, NZ, OM, PI, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IT, LU, MC, NL, PT, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CI, CG, CL, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continued on next page]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR ENVIRONMENT MAPPING



(57) Abstract: A system and method for environment mapping determines a computer-generated object's reflective appearance, based upon position and orientation of a camera with respect to the object's location. The present invention is implemented as a real-time environment mapping for polygon rendering, however, the scope of the invention covers other rendering schemes. According to one embodiment of the present invention, a vector processing unit (VPU) (213) uses a modified reflection formula to compute reflective properties of an object. The modified reflection formula is: $r = e - (e \cdot (n + c_n)) / (n + c_n) \cdot (1 - nz) = e - (e \cdot [n_x, n_y, n_z - 1]) / [n_x, n_y, n_z - 1] \cdot (1 - nz)$, where $c_n = [0, 0, 1]$, and $n_x, n_y,$ and n_z are the components of the surface normal vector n .

WO 03/032253 A2

WO 03/032253 A2 

Published:
— without international search report and to be republished upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 03/032253

PCT/US02/32421

SYSTEM AND METHOD FOR ENVIRONMENT MAPPING

CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATION

5

This application claims the benefit of U.S. Provisional Patent Application Serial No. 60/328,490, entitled "Environment Mapping," filed on October 10, 2001, which is incorporated herein by reference.

10

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

This invention relates generally to computer generated images and more particularly to a system and method for environment mapping.

15

2. Description of the Background Art

Typically, the illumination of a computer-generated object by discrete light sources, continuous light sources, and ambient light is described by an illumination model. The object is illuminated by the reflection of ambient light and the reflection of light source light from the surface of the object. Generally, the illumination model is a mathematical expression that operates on a set of variables to generate reflection properties, such as color and intensity of reflected light and an object's texture as viewed by an observer. Given ambient light and light sources positioned about the object, the illumination model defines the reflection properties of the object. The illumination model is considered to be accurate if the illuminated object appears realistic to an observer.

Typically, the illumination model is incorporated in a software program executed by a vector processing unit, a central processing unit, or a rendering engine of a computer system. The program must be capable of computing the illumination of the object when the light sources change position with respect to the object, when the observer views the illuminated object from a different angle, or when the object is rotated. Furthermore, an efficient illumination model is needed for the processing unit to compute the illumination in real-

WO 03/032253

PCT/US02/32421

time, for example, if the observer (i.e., a camera) is moving with respect to the object. Therefore, it is desired to incorporate terms in the illumination model that are computationally cost effective, while at the same time generating an image of the illuminated object that is aesthetically pleasing to the observer.

5 Computing texture (i.e., environment mapping) is important when rendering a realistic image of the illuminated object that closely resembles a real physical object. Typically, texture coordinates for each point of the object's surface are computed, and a texture map comprising the texture coordinates is generated.

10 FIG. 1 illustrates a prior art direct normal projection method for computing an object's texture coordinates. FIG. 1 includes an object's surface 105, a point P on surface 105, a normal vector \mathbf{n} to surface 105 at point P, an observer 110a, a line-of sight 115a between observer 110a and the point P, and a projection of the normal vector \mathbf{n} onto an x-axis 120, referred to as \mathbf{n}_x . In
15 general, a z-axis (not shown) is perpendicular to x-axis 120 and is in the plane of FIG. 1, and a y-axis (not shown) is perpendicular to x-axis 120 and the z-axis and is out of the plane of FIG. 1. For simplicity of illustration, the FIG. 1 embodiment of object's surface 105 is a line, however, surface 105 is typically any 2-D surface, and hence in general, the normal vector \mathbf{n} may have a vector
20 component \mathbf{n}_y along the y-axis.

In operation, the direct normal projection method computes the projected components \mathbf{n}_x and \mathbf{n}_y of the normal vector \mathbf{n} for each point P on object's surface 105. The central processing unit or vector processing unit then maps
25 (i.e., transforms) the projected components \mathbf{n}_x and \mathbf{n}_y into texture coordinates (s,t) using one or more mapping algorithms known in the art. The vector processing unit then uses the computed texture coordinates (s,t) for each point P, as well as other reflection variables, in an illumination model to generate a reflection pattern of object's surface 105. Although the direct normal projection method of the prior art may be fast, the method generates a reflection pattern
30 that appears "painted-on" as observer 110a moves to different locations. In other words, the reflection pattern of object's surface 105 does not change with respect to rotation or translation of observer 110a, since the method depends upon the x and y components of the normal vector \mathbf{n} , independent of the

WO 03/032253

PCT/US02/32421

position of observer 110a with respect to the point P. For example, the vector processing unit computes the same projected components ($\mathbf{n}_x, \mathbf{n}_y$) and texture coordinates (s,t) for an observer 110b viewing point P as observer 110a viewing point P.

5 It would be useful to implement a system and method of environment mapping that depends upon an observer's location with respect to an object's location and orientation to generate a more realistic reflection pattern, and that is consistent with results of the direct normal projection method for particular object-observer geometries.

10

WO 03/032253

PCT/US02/32421

SUMMARY OF THE INVENTION

In accordance with the present invention, a system and method for environment mapping of a reflective object is disclosed. In one embodiment of the invention, the method includes constructing a surface normal vector \mathbf{n} at a point P on a surface of the reflective object, constructing an observation vector \mathbf{e} from the point P to an observer, and using a modified reflection formula to compute a reflection vector \mathbf{r} based on the surface normal vector \mathbf{n} and the observation vector \mathbf{e} . The modified reflection formula is based on reflection about a pseudo-normal vector \mathbf{n}' at the point P on the surface.

According to the present invention, the pseudo-normal vector \mathbf{n}' bisects an angle subtended by the surface normal vector \mathbf{n} and a reference observation vector \mathbf{e}_0 , where the reference observation vector \mathbf{e}_0 is directed from the point P to an observer located directly in front of the point P.

The modified reflection formula is:

$\mathbf{r} = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot (\mathbf{n} + \mathbf{e}_0))(\mathbf{n} + \mathbf{e}_0) / (1 - n_z) = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot [n_x, n_y, n_z - 1])[n_x, n_y, n_z - 1] / (1 - n_z)$, where $\mathbf{e}_0 = [0, 0, -1]$, and n_x, n_y , and n_z are the components of the surface normal vector \mathbf{n} . Each computed reflection vector \mathbf{r} may be processed to generate a pair of texture coordinates (s,t). The reflective object is then rendered based in part on the texture coordinates (s,t) associated with each point P on the surface of the reflective object. The scope of the present invention covers all types of rendering schemes, such as a polygon rendering where each point P on the surface of the reflective object is located at the vertex of a polygon.

In another embodiment of the invention, the system includes a memory configured to store a modified reflection model, a vector processing unit configured to compute reflection vectors using the modified reflection model, and a graphics processor configured to render the reflective object in an image. The quality of the image is dependent upon the texture coordinates that are derived from the computed reflection vectors.

WO 03/032253

PCT/US02/32421

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 illustrates a prior art direct normal projection method for computing an object's texture coordinates;

FIG. 2 is a block diagram of one embodiment of an electronic
5 entertainment system according to the invention;

FIG. 3 illustrates a modified reflection projection method stored in main memory 210 of FIG. 2, according to one embodiment of the invention;

FIG. 4 is a flowchart of method steps for displaying an image of a reflective object based upon texture coordinates, according to one embodiment
10 of the invention; and

FIG. 5 is a flowchart of method steps for step 415 of FIG. 4 to generate reflection vectors for a reflective object, according to one embodiment of the invention.

WO 03/032253

PCT/US02/32421

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The system and method for environment mapping described herein allow a computer-generated object's reflective appearance to change, based upon position and orientation of a camera with respect to the object's location. A
5 position of the camera may be defined by a lateral location of the camera with respect to the object's location. Lateral camera movement is defined as motion to the right, left, up, or down with respect to the object's location. Camera orientation may be defined by rotation angles with respect to a given, fixed coordinate system.

10 An exemplary embodiment of the invention is implemented as a real-time environment mapping for polygon rendering. However, the scope of the invention covers other applications, such as environment mapping for other rendering schemes. Other rendering schemes may include, but are not limited to, point-based and non-polygon volume-based primitives. Various
15 embodiments of the invention may be enabled in software, hardware, or firmware.

According to one embodiment of the invention, a central processing unit (CPU) and/or one or more vector processing units (VPUs) use illumination models to compute reflective properties of an object. The
20 object's reflective properties are associated with the objects' appearance. Reflective properties include color and intensity of light reflected by the object, and texture of the reflective object. The texture of an object is associated with reflective properties such as the object's shininess and overall surface appearance. Typically, the object's texture is specified by
25 texture coordinates (s,t) computed by the VPU. Texture coordinates may be incorporated into a texture map which is wrapped (i.e., mapped) around the object. For example, a VPU may execute environment mapping instructions that operate on variables stored in a VPU random access memory (RAM) or on variables stored in a CPU register to compute the texture coordinates.
30 Typically the texture coordinates and the other computed reflective properties (also referred to as illumination terms) such as color and intensity are passed to a graphics processing unit (GPU) for further processing.

WO 03/032253

PCT/US02/32421

Subsequently, the GPU prepares the reflective object for display on a display device such as a computer monitor.

FIG. 2 is a block diagram of one embodiment of an electronic entertainment system 200 according to the invention. System 200 includes, but is not limited to, a main memory 210, a CPU 212, a VPU 213, a GPU 214, an input/output processor (IOP) 216, an IOP memory 218, a controller interface 220, a memory card 222, a Universal Serial Bus (USB) interface 224, and an IEEE 1394 interface 226. System 200 also includes an operating system read-only memory (OS ROM) 228, a sound processing unit (SPU) 232, an optical disc control unit 234, and a hard disc drive (HDD) 236, which are connected via a bus 246 to IOP 216.

CPU 212, VPU 213, GPU 214, and IOP 216 communicate via a system bus 244. CPU 212 communicates with main memory 210 via a dedicated bus 242. VPU 213 and GPU 214 may also communicate via a dedicated bus 240.

CPU 212 executes programs stored in OS ROM 228 and main memory 210. Main memory 210 may contain pre-stored programs and may also contain programs transferred via IOP 216 from a CD-ROM or DVD-ROM (not shown) using optical disc control unit 234. IOP 216 controls data exchanges between CPU 212, VPU 213, GPU 214 and other devices of system 200, such as controller interface 220.

Main memory 210 includes, but is not limited to, a program having game instructions including an illumination model. The program is preferably loaded from a DVD-ROM via optical disc control unit 234 into main memory 210. CPU 212, in conjunction with VPU 213, GPU 214, and SPU 232, executes game instructions and generates rendering instructions using inputs received from a user via controller interface 220. The user may also instruct CPU 212 to store certain game information on memory card 222. Other devices may be connected to system 200 via USB interface 224 and IEEE 1394 interface 226.

In one embodiment of the invention, VPU 213 executes instructions from CPU 212 to generate texture coordinates associated with an illuminated object by using the illumination model. SPU 232 executes instructions from CPU 212 to produce sound signals that are output on an audio device (not shown). GPU 214 executes rendering instructions from CPU 212 and VPU 213 to produce

WO 03/032253

PCT/US02/32421

images for display on a display device (not shown). That is, GPU 214, using the texture coordinates and other illumination terms generated by VPU 213, and rendering instructions from CPU 212, renders the illuminated object in an image.

5 FIG. 3 illustrates a modified environment reflection projection method stored in main memory 210 of FIG. 2, according to the present invention. In one embodiment of the invention, the modified reflection projection method is used by the illumination model. In another embodiment of the invention, the modified reflection projection method is incorporated into the illumination
10 model. FIG. 3 includes an object's surface 305, a point P on the surface 305, a normal vector \mathbf{n} to the surface 305 at point P (also referred to as a surface normal vector), an observer 310a, an observation vector \mathbf{e} directed from the point P to observer 310a, and an x-axis 320. In one embodiment of the invention, surface 305 is composed of polygon primitives (not shown), and at
15 each vertex of each polygon, a point P is specified on surface 305. For future reference, the z-axis (not shown) is perpendicular to x-axis 320 and is in the plane of FIG. 3, and the y-axis (not shown) is perpendicular to x-axis 320 and the z-axis and is out of the plane of FIG. 3. For simplicity of illustration, the FIG. 3 embodiment of surface 305 is a line, however, any point P on any two-
20 dimensional surface is within the scope of the invention. For example, the FIG. 3 embodiment of surface 305 may be the intersection of a two-dimensional surface (not shown) with the x-z plane, and thus the normal vector \mathbf{n} may have a vector component \mathbf{n}_y along the y-axis.

According to one embodiment of the invention, the modified environment
25 reflection projection method uses a modified version of a standard reflection formula to calculate a reflection vector \mathbf{r} for each point P on surface 305. The method then processes the reflection vector \mathbf{r} to generate texture coordinates (s,t) for each point P. The standard reflection formula is $\mathbf{r} = \mathbf{e} - 2(\mathbf{e} \cdot \mathbf{n})\mathbf{n}$. For each point P specified on surface 305 with a given normal \mathbf{n} , the standard
30 reflection formula gives a reflection vector \mathbf{r} based upon a given observer position specified by the observation vector \mathbf{e} . The standard reflection formula is a vector relationship that satisfies Snell's law of reflection, where the angle of incidence α_i (FIG. 3) is equal to the angle of reflection α_r (FIG. 3).

WO 03/032253

PCT/US02/32421

According to one embodiment of the invention, VPU 213 (FIG. 2) uses a modified version of the standard reflection formula to compute reflection vectors. For the point P on surface 305 located directly in front of observer 310a (i.e., observation vector \mathbf{e} intersects x-axis 320 at a right angle), the standard reflection formula is modified such that a reflection vector \mathbf{r}' given by the modified reflection formula is equal to the normal vector \mathbf{n} . That is, $\mathbf{r}' = \mathbf{n}$. Thus, the modified reflection projection method produces the same result as the direct normal projection method when the point P on surface 305 is located directly in front of observer 310a.

In order to modify the standard reflection formula, a pseudo-normal vector \mathbf{n}' is defined that bisects the angle of incidence a_i subtended by the observation vector \mathbf{e} and the normal vector \mathbf{n} . That is, $\mathbf{n}' = (\mathbf{e} + \mathbf{n}) / (|\mathbf{e} + \mathbf{n}|)$ where $|\mathbf{e} + \mathbf{n}|$ is the magnitude of $\mathbf{e} + \mathbf{n}$, and angle b_i is equal to angle b_r . When the pseudo-normal vector \mathbf{n}' is substituted for the normal vector \mathbf{n} in the standard reflection formula, the resultant modified reflection vector \mathbf{r}' is equal to the normal vector \mathbf{n} , since the modified reflection formula is based on the principle of Snell's law, where angle $b_i = \text{angle } b_r$. Thus, the modified reflection formula is expressed as $\mathbf{r}' = \mathbf{n} = \mathbf{e} - 2(\mathbf{e} \cdot \mathbf{n}')\mathbf{n}'$.

A simplification of the modified reflection formula is straightforward. Assuming that point P is located at $(x,y,z) = (0,0,z)$, then the unit normal vector \mathbf{n} has components $[nx, ny, nz]$ and the unit observation vector \mathbf{e} has components $[0,0,-1]$, where brackets $[\]$ are used to specify vector quantities. For example, $[nx, ny, nz]$ is another way of writing vector \mathbf{n} . Now, substituting the components of \mathbf{n} and \mathbf{e} into the expression for \mathbf{n}' , one obtains $\mathbf{n}' = (\mathbf{e} + \mathbf{n}) / (|\mathbf{e} + \mathbf{n}|) = [nx, ny, nz-1] / (\sqrt{nx^2 + ny^2 + (nz-1)^2})$. Expanding the argument of the square root in the denominator, one obtains $nx^2 + ny^2 + (nz-1)^2 = nx^2 + ny^2 + nz^2 + 1 - 2nz = 1 + 1 - 2nz = 2(1 - nz)$, since the normal vector \mathbf{n} is a unit vector of magnitude one. If $k = 1/\sqrt{2(1 - nz)}$, then $\mathbf{n}' = k[nx, ny, nz-1]$.

Now, substituting \mathbf{n}' into the modified reflection formula, one obtains $\mathbf{r}' = \mathbf{n} = \mathbf{e} - 2(\mathbf{e} \cdot \mathbf{n}')\mathbf{n}' = \mathbf{e} - 2k^2(\mathbf{e} \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1] = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1] / (1 - nz)$. That is, $\mathbf{r}' = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1] / (1 - nz)$ for any given observation vector \mathbf{e} . In other words, the modified reflection

WO 03/032253

PCT/US02/32421

formula is valid for any given observation vector $\mathbf{e} = [ex, ey, ez]$, and any point P on surface 305 with an associated unit normal vector $\mathbf{n} = [nx, ny, nz]$. For example, if observer 310b views point P along an observation vector \mathbf{e}'' , then VPU 213 uses the modified reflection formula to compute a reflection vector \mathbf{r}'' , where $\mathbf{r}'' = \mathbf{e}'' - (\mathbf{e}'' \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1]/(1 - nz)$.

The modified reflection formula may be simplified further, and expressed by a more compact mathematical relationship. For example, if the unit observation vector $\mathbf{e} = [0,0,-1]$ is relabeled as a constant reference observation vector \mathbf{e}_0 , then the modified reflection formula may be written as $\mathbf{r}' = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot [nx, ny, nz-1])[nx, ny, nz-1]/(1 - nz) = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot (\mathbf{n} + \mathbf{e}_0))(\mathbf{n} + \mathbf{e}_0)/(1 - nz)$.

FIG. 4 is a flowchart of method steps for displaying an image of a reflective object based upon texture coordinates, according to one embodiment of the invention. In step 405, a user loads video software into memory 210 (FIG. 2) via optical disc control unit 234 (FIG. 2), for example, and CPU 212 (FIG. 2) executes the video software. The video software may be an interactive or non-interactive video, and in an exemplary embodiment of the invention, the video software is a video game. In step 410, CPU 212 generates rendering instructions for all reflective objects of a video frame. The rendering instructions may be generated in response to user input received via controller interface 220 (FIG. 2). In step 415, VPU 213 (FIG. 2) executes the rendering instructions using an illumination model, and generates reflection vectors for each reflective object of the video frame. For example, a reflection vector is generated for each vertex point P (FIG. 3) of surface 305 (FIG. 3). Step 415 is further discussed below in conjunction with FIG. 5.

In step 420, VPU 213 transforms the reflection vectors associated with each object to texture coordinates. The transformation may be a reflection vector mapping method, or may be configured using other known methods in the art. In addition, VPU 213 may compute a texture map composed of the texture coordinates for each reflective object. Next, in step 425, VPU 213 sends the texture coordinates and/or texture maps to GPU 214. In step 430, GPU 214 prepares an image of each reflective object for display on a display device (not shown), based in part on the texture coordinates or texture map associated with each reflective object. GPU 214 may use other illumination terms

WO 03/032253

PCT/US02/32421

generated by VPU 213 or CPU 212 in conjunction with the texture coordinates to prepare each reflective object for display as an image.

Next, in step 435, CPU 212 determines if execution of the video game has been terminated. If execution has not terminated, then the method continues with the next video frame at step 410. However, if in step 435, CPU 212 ascertains that execution of the video game has terminated, then the method ends.

FIG. 5 is a flowchart of method steps for generating reflection vectors for a reflective object, according to one embodiment of the invention. In step 505, VPU 213 (FIG. 2) selects a vertex point P (FIG. 3) on surface 305 (FIG. 3) of the reflective object. Next, in step 510, VPU 213 obtains vector components $[n_x, n_y, n_z]$ of a normal vector \mathbf{n} (FIG. 3) to the surface 305 of the reflective object at the selected vertex point P. In one embodiment of the invention, the vector components are stored in registers (not shown) associated with CPU 212. In another embodiment of the invention, the vector components are stored in a memory (not shown) associated with VPU 213.

In step 515, VPU 213 determines components $[e_x, e_y, e_z]$ of the observation vector \mathbf{e} (FIG. 3), for example, directed from the point P to observer 310b (FIG. 3). VPU 213 may compute the components $[e_x, e_y, e_z]$ or may receive the components from VPU 213 memory (not shown) or CPU 212 registers (not shown). Next, VPU 213 uses a modified reflection formula, the components (e_x, e_y, e_z) of the observation vector \mathbf{e} , and the vector components (n_x, n_y, n_z) of the normal vector \mathbf{n} to compute a reflection vector \mathbf{r} (FIG. 3), in step 520. In step 525, VPU 213 determines whether a reflection vector for each vertex point P associated with the reflective object has been computed. If a reflection vector for each vertex point P has not been computed, then in step 530, VPU 213 selects another vertex point P on surface 305 of the reflective object. The method then continues at step 510. However, if in step 525, a reflection vector for each vertex point P has been computed, then the method ends.

The invention has been explained above with reference to several embodiments. Other embodiments will be apparent to those skilled in the art in light of this disclosure. The present invention may readily be implemented

WO 03/032253

PCT/US02/32421

using configurations other than those described in the embodiments above.
For example, the modified environment reflection projection method, according
to the invention, may be executed in part or in whole by CPU 212, VPU 213,
GPU 214, or a rendering engine (not shown). Or, for example, the modified
5 environment reflection projection method may be implemented in parallel by a
multiprocessor system. Additionally, the present invention may effectively be
used in conjunction with systems other than those described in the
embodiments above. Therefore, these and other variations upon the disclosed
embodiments are intended to be covered by the present invention, which is
10 limited only by the appended claims.

WO 03/032253

PCT/US02/32421

WHAT IS CLAIMED IS:

- 1 1. A method for environment mapping, comprising the steps of:
2 determining a surface normal vector \mathbf{n} at a point P on a surface of a
3 reflective object;
4 determining an observation vector \mathbf{e} from the point P to an observer;
5 and
6 using a modified reflection formula to compute a reflection vector \mathbf{r}
7 based on the surface normal vector \mathbf{n} and the observation vector
8 \mathbf{e} , the modified reflection formula based on reflection about a
9 pseudo-normal vector \mathbf{n}' at the point P on the surface.

- 1 2. The method of claim 1, wherein the pseudo-normal vector \mathbf{n}' bisects an
2 angle subtended by the surface normal vector \mathbf{n} and a reference observation
3 vector \mathbf{e}_0 , the reference observation vector \mathbf{e}_0 directed from the point P to the
4 observer located directly in front of the point P.

- 1 3. The method of claim 1, wherein the modified reflection formula is
2 $\mathbf{r} = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot [\mathbf{n}_x, \mathbf{n}_y, \mathbf{n}_z - 1])[\mathbf{n}_x, \mathbf{n}_y, \mathbf{n}_z - 1] / (1 - \mathbf{n}_z)$, where \mathbf{n}_x , \mathbf{n}_y , and \mathbf{n}_z are the
3 components of the surface normal vector \mathbf{n} .

- 1 4. The method of claim 1, wherein the point P on the surface of the
2 reflective object is located at a vertex of a polygon.

- 1 5. The method of claim 1, further comprising the step of transforming the
2 reflection vector \mathbf{r} to texture coordinates (s,t).

- 1 6. The method of claim 5, further comprising the step of rendering the
2 reflective object based on the texture coordinates (s,t) associated with each
3 point P on the surface of the reflective object.

WO 03/032253

PCT/US02/32421

- 1 7. An electronic-readable medium having embodied thereon a program, the
 2 program being executable by a machine to perform method steps for
 3 environment mapping, the method steps comprising:
 4 determining a surface normal vector \mathbf{n} at a point P on a surface of a
 5 reflective object;
 6 determining an observation vector \mathbf{e} from the point P to an observer;
 7 and
 8 using a modified reflection formula to compute a reflection vector \mathbf{r}
 9 based on the surface normal vector \mathbf{n} and the observation vector
 10 \mathbf{e} , the modified reflection formula based on reflection about a
 11 pseudo-normal vector \mathbf{n}' at the point P on the surface.
 1
- 1 8. The electronic-readable medium of claim 7, wherein the pseudo-
 2 normal vector \mathbf{n}' bisects an angle subtended by the surface normal vector \mathbf{n}
 3 and a reference observation vector \mathbf{e}_0 , the reference observation vector \mathbf{e}_0
 4 directed from the point P to the observer located directly in front of the point
 5 P.
 1
- 1 9. The electronic-readable medium of claim 7, wherein the modified
 2 reflection formula is $\mathbf{r} = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot [\mathbf{n}_x, \mathbf{n}_y, \mathbf{n}_z - 1])[\mathbf{n}_x, \mathbf{n}_y, \mathbf{n}_z - 1] / (1 - \mathbf{n}_z)$, where \mathbf{n}_x ,
 3 \mathbf{n}_y , and \mathbf{n}_z are the components of the surface normal vector \mathbf{n} .
- 1 10. The electronic-readable medium of claim 7, wherein the point P on the
 2 surface of the reflective object is located at a vertex of a polygon.
- 1 11. The electronic-readable medium of claim 7, further comprising the step of
 2 transforming the reflection vector \mathbf{r} to texture coordinates (s, t) .
- 1 12. The electronic-readable medium of claim 11, further comprising the step
 2 of rendering the reflective object based on the texture coordinates (s, t)
 3 associated with each point P on the surface of the reflective object.

WO 03/032253

PCT/US02/32421

1 13. A system for environment mapping of a reflective object, comprising:
2 a memory configured to store a modified reflection model, the modified
3 reflection model based on reflection about pseudo-normal vectors
4 located at points on a surface of the reflective object;
5 a vector processing unit configured to compute reflection vectors using
6 the modified reflection model; and
7 a graphics processing unit configured to render the reflective object in an
8 image, the quality of the image dependent upon the computed
9 reflection vectors.

1 14. The system of claim 13, wherein the modified reflection formula is
2 $\mathbf{r} = \mathbf{e} - (\mathbf{e} \cdot [\mathbf{n}_x, \mathbf{n}_y, \mathbf{n}_z - 1])[\mathbf{n}_x, \mathbf{n}_y, \mathbf{n}_z - 1] / (1 - \mathbf{n}_z)$, where \mathbf{n}_x , \mathbf{n}_y , and \mathbf{n}_z are
3 components of a surface normal vector \mathbf{n} at a point P on the reflective surface,
4 and \mathbf{e} is an observation vector directed from the point P to an observer.

1 15. The system of claim 13, wherein a pseudo-normal vector \mathbf{n}' bisects an
2 angle subtended by a surface normal vector \mathbf{n} at a point P on the reflective
3 surface and a reference observation vector \mathbf{e}_0 , the reference observation vector
4 \mathbf{e}_0 directed from the point P to an observer located directly in front of the point
5 P.

1 16. The system of claim 13, wherein the vector processing unit is further
2 configured to process each computed reflection vector to generate texture
3 coordinates (s,t).

1 17. The system of claim 16, wherein the graphics processing unit uses the
2 texture coordinates to render the reflective object as an image.

WO 03/032253

PCT/US02/32421

- 1 18. A system for environment mapping, comprising:
2 means for determining a surface normal vector \mathbf{n} at a point P on a
3 surface of a reflective object;
4 means for determining an observation vector \mathbf{e} from the point P to an
5 observer; and
6 means for using a modified reflection formula to compute a reflection
7 vector \mathbf{r} based on the surface normal vector \mathbf{n} and the
8 observation vector \mathbf{e} , the modified reflection formula based on
9 reflection about a pseudo-normal vector \mathbf{n}' at the point P on the
10 surface.

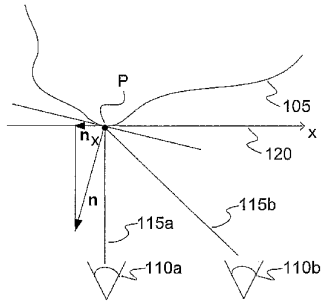


FIG. 1
Prior Art

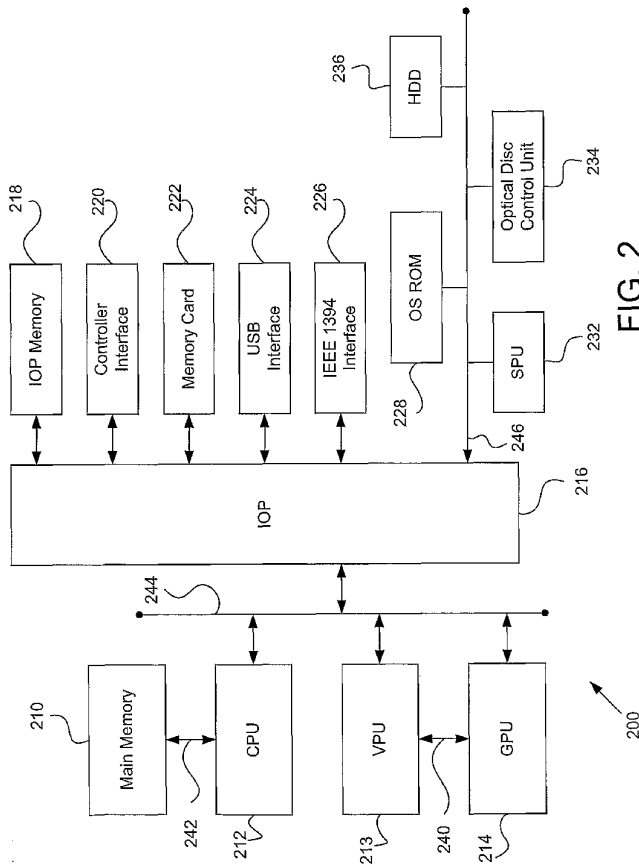


FIG. 2

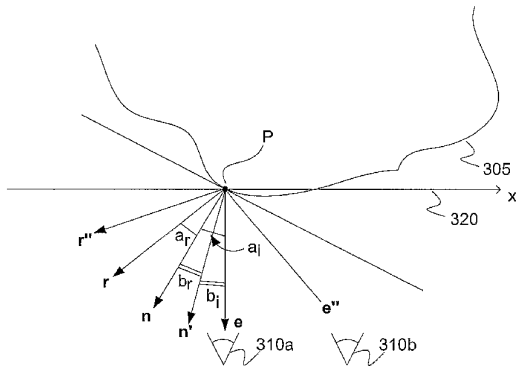


FIG. 3

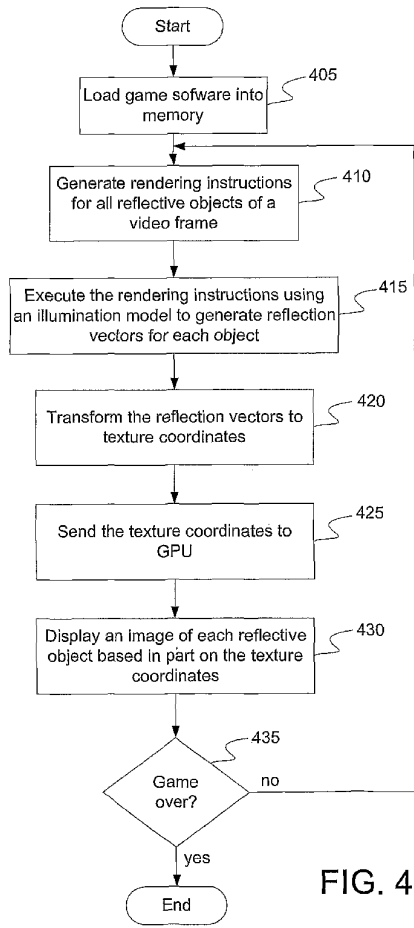


FIG. 4

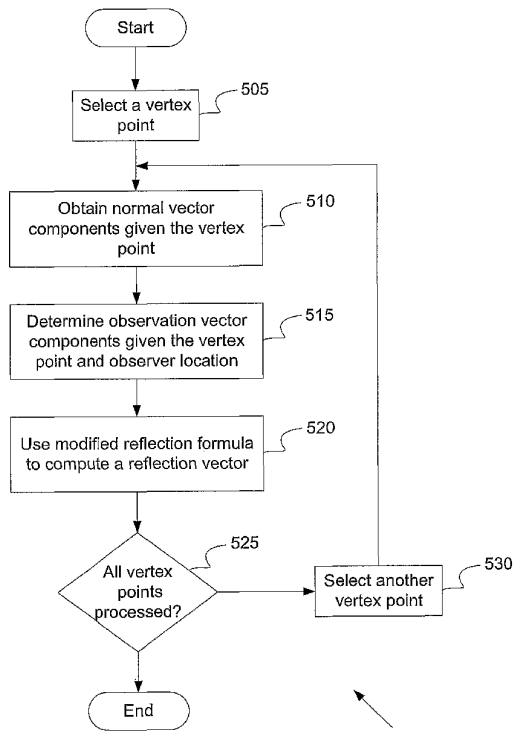


FIG. 5

415

【国際公開パンフレット(コレクトバージョン)】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization International Bureau



(43) International Publication Date 17 April 2003 (17.04.2003)

PCT

(10) International Publication Number WO 2003/032253 A3

(51) International Patent Classification: G06F 17/00, G06T 1/00, 15/00, 17/00, 15/20, 15/40, 15/30, 15/50, 17/20, 11/40 (74) Agents: SCHEPLER, Wendi et al.; Carr & Ferrell LLP, 2225 E. Bayshore Road, Suite 200, Palo Alto, CA 94303 (US).

(21) International Application Number: PCT/US2002/032421 (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, 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, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22) International Filing Date: 8 October 2002 (08.10.2002) (25) Filing Language: English (26) Publication Language: English (30) Priority Data: 60/528,490 10 October 2001 (10.10.2001) US (71) Applicant: SONY COMPUTER ENTERTAINMENT AMERICA INC. [US/US]; 919 E. Hillsdale Blvd., Second Floor, Foster City, CA 94404-2175 (US).

(72) Inventors: CERNY, Mark; Sony Computer Entertainment America Inc., 919 E. Hillsdale Blvd., Second Floor, Foster City, CA 94404-2175 (US). ENGSTAD, Pal-Kristian; Sony Computer Entertainment America Inc., 919 E. Hillsdale Blvd., Second Floor, Foster City, CA 94404-2175 (US). (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW); Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM); European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR); OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

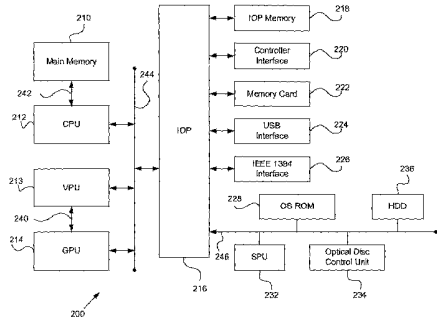
Published:

with international search report

(88) Date of publication of the international search report: 4 March 2004

[Continued on next page]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR ENVIRONMENT MAPPING



(57) Abstract: A system and method for environment mapping determines a computer-generated object's reflective appearance, based on position and orientation of a camera with respect to the object's location. The present invention is implemented as a real-time environment mapping for polygon rendering (fig. 3), however, the scope of the invention covers other rendering schemes. According to one embodiment of the present invention, a vector processing unit [VPU] (213) uses a modified reflection formula to compute reflective properties of an object. The modified reflection formula is: $r = e - (e \cdot n + eo)(n + eo)(1 - nz) - e - (e \cdot n_x, n_y, n_z - 1)(1 - nz)$, where $eo = [0, 0, -1]$, and $n_x, n_y,$ and n_z are the components of the surface normal vector n .

WO 2003/032253 A3

WO 2003/032253 A3



For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		International application No. PCT/US02/32421												
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER														
IPC(7) :Please See Extra Sheet. US CL :Please See Extra Sheet. 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)														
U.S. : 346/418, 149, 490, 426, 427, 428, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 591, 608														
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 practicable, search terms used)														
West 2.1; East 1.9														
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT														
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
Y	US 5,704,024 A (VOORHIES et al.) 30 December 1997, see figs. 1-10, col. 8, lines 1-50, col. 11, line 1 to col. 18, line 35.	1-2, 4-8, 10-13, 15-18												
Y	US 5,949,424 A (CABRAL et al.) 07 September 1999, figs. 1-4, col. 10 to col. 13, line 66.	1-2, 4-8, 10-13, 15-18												
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.														
* Special categories of cited documents: <table border="0" style="width:100%"> <tr> <td style="width:33%"> "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance </td> <td style="width:33%"> "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 </td> <td style="width:33%"> "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 </td> </tr> <tr> <td> "E" earlier document published on or after the international filing date </td> <td> "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 </td> <td></td> </tr> <tr> <td> "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) </td> <td> "G" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means </td> <td></td> </tr> <tr> <td> "O" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td> "F" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td> "S" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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	"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	"E" earlier document published on or after the international filing date	"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		"L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"G" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		"O" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"F" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"S" document member of the same patent family
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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	"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												
"E" earlier document published on or after the international filing date	"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													
"L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"G" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means													
"O" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"F" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"S" document member of the same patent family												
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report													
11 JANUARY 2003	28 FEB 2003													
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 805-6280	Authorized officer WESNER SAJOUS Telephone No. (703) 805-5577													

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US02/32421

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:
IPC (7)

G06F17/00; G06T 1/00, 15/00, 17/00, 15/20, 15/40, 15/50, 17/20, 11/40

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:
US CL :

545/418, 140, 490, 496, 497, 498, 581, 582, 583, 584, 585, 596, 597, 598, 599, 600

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US02/39421
Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)		
This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:		
1.	<input type="checkbox"/>	Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2.	<input type="checkbox"/>	Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3.	<input type="checkbox"/>	Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).
Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)		
This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:		
1.	<input type="checkbox"/>	As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.	<input type="checkbox"/>	As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.	<input type="checkbox"/>	As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.	<input type="checkbox"/>	No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Remark on Protest	<input type="checkbox"/>	The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
	<input type="checkbox"/>	No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(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, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, 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, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, 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, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 マーク サーニー

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94404 - 2175、フォスター・シティー、セカンド・フロアー、イースト・ヒルズデイル・ブルバード 919、ソニー・コンピュータ・エンタテインメント・アメリカ・インク内

(72) 発明者 パル・クリスチャン イングスタッド

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94404 - 2175、フォスター・シティー、セカンド・フロアー、イースト・ヒルズデイル・ブルバード 919、ソニー・コンピュータ・エンタテインメント・アメリカ・インク内

Fターム(参考) 5B080 AA13 CA01 FA00 GA02 GA22