(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 06 985 B4** 2005.03.17

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 06 985.5**
(22) Anmeldetag: **19.02.1998**
(43) Offenlegungstag: **03.12.1998**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.03.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G06T 15/00**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
865757 30.05.1997 US

(71) Patentinhaber:
Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US

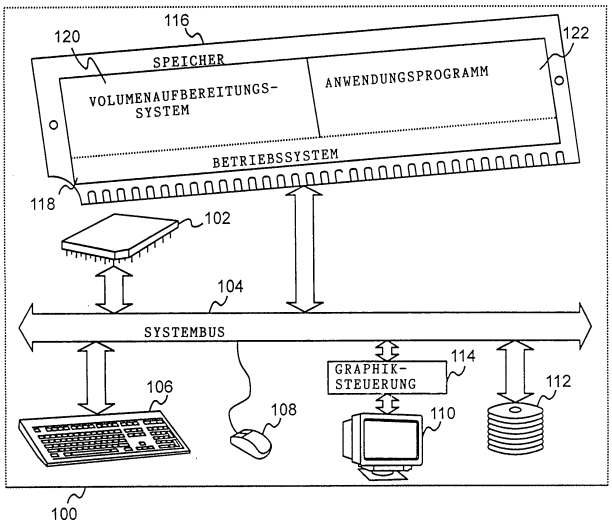
(74) Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(72) Erfinder:
Lichtenbelt, Barthold, Fort Collins, Col., US;
Naqvi, Hasan Shahzad, Fort Collins, Col., US;
Malzbender, Tom, Palo Alto, Calif., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
GB 22 86 071 A
US 55 57 711
US 51 87 660

(54) Bezeichnung: **Organisationsverfahren für volumetrische Daten, das effiziente Cache-Aufbereitungsbeschleunigungen und einen effizienten Graphik-Hardwareentwurf ermöglicht**

(57) Hauptanspruch: Cache-effizientes Organisationsverfahren für volumetrische Daten zur aufbereiteten Anzeige eines Volumendatensatzes (302) auf einer zweidimensionalen Graphikanzeige (110) eines Computersystems (100) mit folgenden Schritten:
(a) Wiedergewinnen (202) des Volumendatensatzes (302) von einem Speichermedium (112);
(b) Auswählen (206) eines gesamten Teilvolumens (304) aus dem Volumendatensatz (302);
(c) Umwandeln (212) jeder Adresse eines Voxel-Tupels des gesamten Teilvolumens (304) in eine lineare Adresse;
(d) Verarbeiten (212, 214, 216) des Teilvolumens (304) durch ein Volumenaufbereitungssystem (120); und
(e) Wiederholen der Schritte (b) bis (d) für jedes Teilvolumen (304) des Volumendatensatzes (302).



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf Computersysteme und insbesondere auf die graphische Anzeige von diskreten Objekten in Computersystemen. Noch spezieller bezieht sich die Erfindung auf eine Volumenaufbereitung für eine Graphikanzeige, die ein Organisationsverfahren für volumetrische Daten verwendet, das zur Volumenaufbereitung Cache-effizient und effizient für einen Hardware-Entwurf und eine -Verwendung ist.

[0002] Die Volumenaufbereitung ist ein wichtiger Zweig von Computergraphiken, der hinter der Entwicklung der geometrischen Aufbereitung und der Pixelaufbereitung folgt. Volumenaufbereitung bezieht sich auf die direkte Aufbereitung eines Volumendatensatzes, der auch als ein "Volumen" bezeichnet wird, um die Charakteristika des Inneren eines körperlichen Objekts zu zeigen, wenn dasselbe auf einer zweidimensionalen Graphikvorrichtung angezeigt wird. Ein Volumendatensatz ist ein dreidimensionales Array von Voxeln. Diese Voxel sind typischerweise auf einem Gitter mit regelmäßigen Abständen organisiert. Voxel wurden als Abtastpunkte definiert, die durch einen finiten Abstand getrennt sind. Jedes Voxel besitzt eine Position und einen Wert. Die Voxel-Position ist ein Drei-Tupel, das eine x-, y- und z-Position in dem dreidimensionalen Voxelarray (3D-Voxelarray) spezifiziert. Der Voxelwert hängt von seinem Format ab. Beispielsweise kann ein Voxel ein Intensitätselement und ein Indexelement aufweisen. Diese Elemente werden bei dem Volumenaufbereitungsprozeß üblicherweise unterschiedlich behandelt. Die Sammlung der Werte für alle Punkte in dem Volumen wird als Skalarfeld des Volumens bezeichnet.

[0003] Volumendatensätze können durch zahlreiche Einrichtungen erzeugt werden, jedoch am üblichsten durch bestimmte Verfahren einer dreidimensionalen Abtastung oder Stichprobenentnahme und durch eine numerische Modellierung. Beispielsweise kann ein Volumendatensatz durch eine Magnetresonanzbilderzeugung (Magnetic Resonance Imaging), oder MRI, erzeugt werden, bei der die Dichte von menschlichem oder tierischem Gewebe an jedem Punkt eines dreidimensionalen Gitters berechnet wird. Eine Anzeige dieser Informationen könnte die Grenzen der verschiedenen Gewebetypen, wie sie durch Dichteänderungen angezeigt sind, anzeigen. Die Volumenaufbereitung ist das Verfahren des Anzeigens dieser Daten auf einer zweidimensionalen Graphikvorrichtung.

[0004] Das Koordinatensystem des Volumens wird als der Quellenraum bezeichnet. Das allererste Voxel in einem Volumendatensatz in dem Quellenraum besitzt die Koordinaten (x_0, y_0, z_0), wobei x_0, y_0 und z_0 den untersten Wert aller x-, y- und z-Positionen in dem Volumendatensatz darstellen, wobei diese Koordinaten als der Ursprung des Volumendatensatzes betrachtet werden. Normalerweise sind die Koordinaten für dieses Ursprung-Voxel auf (0,0,0) eingestellt. Die drei Koordinaten entsprechen der Reihe nach der Spalte, der Zeile und dem Schnitt des Bilds in dem Volumendatensatz. Das letzte Voxel in einem Volumendatensatz befindet sich in der diagonalen entgegengesetzten Ecke bezüglich des Ursprungsquellen-Voxels des Volumendatensatzes. Die Koordinaten desselben sind mit (x_u, y_u, z_u) bezeichnet, wobei x_u, y_u und z_u die obersten Werte aller x-, y- und z-Positionen in dem Volumendatensatz darstellen.

[0005] Volumendatensätze können ziemlich groß sein und können folglich die Betriebsmittel des Computersystems belasten. Beispielsweise kann ein typischer Volumendatensatz von einer MRI-Abtasteinrichtung 6,7 Millionen Voxel oder mehr enthalten, wohingegen Polygon-Datensätze für eine geometrische Aufbereitung typischerweise weniger als eine halbe Million Polygone enthalten. Folglich existiert ein viel größerer Bedarf nach einer Spezialzweckhardwarebeschleunigung, wenn Volumen aufbereitet werden. Spezielle Graphikhardware ist entworfen, um Graphikalgorithmen sehr schnell auszuführen, viel schneller als der Prozessor in einer typischen Computer-Workstation. Ein chipinterner Cache (on chip cache) ist ein RAM, der sich physikalisch auf dem Graphikhardwarechip oder dem Prozessorchip befindet. Ein chipinterner RAM ist viel billiger als ein externer RAM und arbeitet viel schneller.

[0006] Bei der Volumenaufbereitung ist es häufig notwendig, in der Lage zu sein, das aufbereitete Bild von verschiedenen Projektionen zu betrachten. Das Koordinatensystem des Betrachters wird als der Betrachtungsraum oder Bildraum bezeichnet. Dasselbe beschreibt, von welcher Richtung der Volumendatensatz betrachtet und aufbereitet wird. Folglich ist ein Schlüsselschritt bei dem Volumenaufbereitungsverfahren die dreidimensionale räumliche Volumentransformation des ursprünglichen Volumendatensatzes von dem Quellenraum in den Betrachtungsraum. Typische erforderliche Transformationstypen können ein Zoomen, ein Schwenken, eine Drehung und ein gerader Schnitt des Eingangsvolumens für eine Projektion in eine Ausgangsrastertyp-Anzeigevorrichtung sein. Sobald eine Transformation durchgeführt wurde, müssen verschiedene Umtasttechniken (Resampling Techniques) angewendet werden, beispielsweise eine Interpolation des nächstliegenden Nachbarn oder eine trilineare Interpolation, zusätzlich zu anderen Schritten in der Volumenaufbereitungspipeline, um Pixelwerte zur Aufbereitung zu bestimmen.

[0007] Ein Strahl ist eine imaginäre Linie, die von einem Pixel auf einer Bildebene ausgeht und durch das Volumen verläuft. Auf diesem Strahl werden diskrete

Schritte verwendet, wobei an jedem Schritt Abtastpunkte entlang des Strahls interpoliert werden. Abtastpunkte entlang des Strahls von der Bildebene zu dem Volumen tragen nicht zu dem aufbereiteten Bild bei, ebenso wie Abtastpunkte entlang des Strahls, nachdem der Strahl das Volumen verlassen hat. Abhängig von der Ansicht, die durch den Benutzer gewünscht ist, ist es möglich, daß einige Strahlen überhaupt nicht durch das Volumen verlaufen und somit nichts zu dem aufbereiteten Bild beitragen. Herkömmliche Volumenaufbereitungsimplementierungen verarbeiten typischerweise alle Abtastpunkte entlang eines Strahls ungeachtet dessen, ob der Strahl durch das Volumen verläuft oder nicht, oder ungeachtet dessen, ob die Abtastpunkte entlang des Strahls innerhalb des Volumens liegen oder nicht. Diese Implementierungen erfordern, um die Aufbereitungszeit zu verringern, häufig spezielle Hardwarelösungen, um zu überprüfen und zu verfolgen, wohin die Abtastpunkte fallen. Folglich wird eine große Menge von Zeit- und System-Betriebsmitteln bei dem Aufbereitungsverfahren durch die Überprüfung und Verfolgung der Abtastpunkte, die zum Aufbereiten des Bilds nicht benötigt werden, verschwendet. Dies verlangsamt das Aufbereitungsverfahren stark und erfordert kostspielige Aufwendungen für die Hardware.

[0008] Die Volumenaufbereitung ist eine sehr rechenintensive Technik. Nur die heutigen leistungsstärksten Supercomputer sind in der Lage, vernünftige Aufbereitungsgeschwindigkeiten zu erreichen. Einer der Flaschenhälse beim Erreichen vernünftiger Aufbereitungsgeschwindigkeiten ist die Organisation und die Wiedergewinnung des Volumendatensatzes in dem Hauptspeicher. Volumendatensätze werden als eine Datenstruktur betrachtet, die aus einem Stapel von Schnitten, oder Bildern, besteht, die zweidimensional sind. Die normale und natürliche Art des Arbeitens mit einem Volumendatensatz ist auf einer Schnitt-Um-Schnitt-Basis.

[0009] Jedoch enthält jeder Schnitt eine große Anzahl von Voxeln. Ein typischer Volumenaufbereitungsalgorithmus wird mindestens mit drei Schnitten gleichzeitig arbeiten müssen. Dies ist der Fall, da sich Voxel, die in dem Volumendatensatz nebeneinander liegen, auf unterschiedlichen Schnitten befinden. Die Voxelmenge in drei Schnitten wird typischerweise jede Datenspeichergröße für einen chipinternen Cache, der heutzutage möglich ist, überschreiten. Diese Voxel, die über aufeinanderfolgende Schnitte nebeneinander liegen, werden nicht linear in dem Speicher gespeichert, was ebenfalls die Cache-Effizienz unterbricht. Zusätzlich macht es das Arbeiten mit Schnitten unzweckmäßig, den Schnitt als erwünschte oder nicht-erwünschte Daten enthaltend auszuwählen, da der Schnitt die gesamte Breite und Höhe des Volumendatensatzes überspannt. In den meisten Fällen wird nahezu jeder Schnitt einige interessierende Voxel enthalten.

[0010] In der Technik existiert ein Bedarf nach einem verbesserten Verfahren zur Volumenaufbereitung, das bezüglich der Datenorganisation Cache-effizient ist. In der Technik existiert ferner ein Bedarf danach, nur erwünschte Daten aus einem Volumendatensatz zu verarbeiten, um die Aufbereitungszeit zu verkürzen. Es existiert ein weiterer Bedarf in der Technik nach einem Verfahren, das keinen externen RAM in der Graphikhardware erfordert, sondern stattdessen den kleinen chipinternen RAM benutzen kann. Ein weiterer Bedarf in der Technik besteht nach einem Verfahren, das Volumendatensätze nicht auf einer Basis Schnitt um Schnitt verarbeitet, was weder Cache-effizient noch Graphikhardware-effizient ist. In der Technik existiert ferner ein Bedarf danach, in der Lage zu sein, Volumendatensätze linear auf einem Speichermedium, beispielsweise in einem Speicher oder auf einer Platte, zu speichern, sowie in ausreichend kleinen Größen, um einen Cache zu benutzen, ohne denselben zu überlasten. Ein weiterer Bedarf in der Technik besteht nach einem Volumenaufbereitungsverfahren, das einen Volumendatensatz von einem Speicher oder einer Platte aufruft und denselben nur einmal verarbeitet, um die Aufbereitungszeit zu verkürzen. Es ist folglich offensichtlich, daß in der Technik ein Bedarf nach einem verbesserten Verfahren zur Datenorganisation für die Volumenaufbereitung besteht, das diese Aufgaben löst. Die vorliegende Erfindung erfüllt diese Bedürfnisse.

Stand der Technik

[0011] Die US-A-5,187,660 betrifft eine Anordnung zum Anzeigen von Volumendaten, welche das Unterteilen von Volumendaten in einer Anzahl von Teilblöcken zeigt. Diese Teilblöcke basieren auf der Anzahl von Prozessoren, die in dem Computerbildverarbeitungssystem vorhanden sind. Die Lehre dieser Schrift ist auf die Darstellung von dreidimensionalen Daten auf einem zweidimensionalen Anzeigegerät innerhalb eines Multi-Prozessor-Computersystems gerichtet. Die Motivation zum Aufteilen des Volumendatensatzes besteht darin, den Vorteil der Mehrzahl von Prozessoren auszunutzen, indem die Volumendaten gleichzeitig in der Mehrzahl von Prozessoren für eine entsprechende Volumenaufbereitung verarbeitet werden. Hierfür wird die Anzahl von Voxeln bestimmt, die in jedem Teilblock enthalten sind, nämlich durch Teilen der Gesamtzahl von Voxeln in dem Volumendatensatz durch die Gesamtanzahl von verfügbaren Prozessoren. Anschließend wird dann eine erste Reihe von Voxeln für einen ersten Teilblock in einen ersten Prozessor, eine zweite Reihe von Voxeln für einen zweiten Teilblock in einen zweiten Prozessor und eine n-te Reihe von Voxeln für einen n-ten Teilblock in einen n-ten Prozessor geladen. Nachdem jeder Prozessor eine erste Reihe von Voxeln für einen Teilblock erhalten hat, wird dieser Prozess für

eine zweite Reihe von Voxeln für einen Teilblock wiederholt und immer wieder wiederholt, bis eine erste Scheibe jedes Teilblocks verarbeitet wurde. Dieser Prozess wird dann für die verbleibenden Scheiben jedes Teilblocks wiederholt. Nachdem jedes Voxel in jeder Reihe eines Teilblocks durch deren zugeordneten Prozessor erhalten wird, wandelt der Prozessor jedes Voxel in x, y und z-Pixelkoordinate um. Ein Intensitätspegel wird dann für jedes Pixel bestimmt, der von dem durch den Anwender ausgewählten Aufbereitungsmodus abhängt.

[0012] Die US-A-5,557,711 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Volumenaufbereitung, wobei hier der Objektraum zwischen einer Mehrzahl von Verarbeitungseinheiten aufgeteilt wird. Jede Verarbeitungseinheit erzeugt eine Ansicht der Daten, die auf einen Abschnitt des Objektraums beschränkt ist. Die so erzeugte Ansicht wird dann durch eine Mehrzahl von Prozessoren kombiniert, um die Ansicht des Objekts zu erzeugen.

[0013] Die GB 2 286 071 A beschreibt ein Cache-Speichersystem für Daten, die in einem mehrdimensionalen Raum Array-artig angeordnet sind. Die gerade genannten Schriften zeigen keine Umwandlung einer Adresse eines Voxel-Tupels eines Teilvolumens in eine lineare Adresse.

Aufgabenstellung

[0014] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Cache-effizientes Verfahren zur volumetrischen Datenorganisation zu schaffen, das bei der aufbereiteten Anzeige ein verbessertes Verhalten ermöglicht.

[0015] Diese Aufgabe wird durch Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 und 8 gelöst.

[0016] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Volumendatensatz durch ein Verfahren zu organisieren, das Blockbildung genannt wird, bei dem der Volumendatensatz in kleinere Teilvolumina unterteilt wird, die auf eine sehr Cache-effiziente Art und Weise durch ein Volumenaufbereitungssystem verarbeitet werden können.

[0017] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß jedes Teilvolumen ausgewählt werden kann, wenn es gewünschte Daten enthält, wobei nur diejenigen Teilvolumen durch das Volumenaufbereitungssystem verarbeitet werden, die gewünschte Daten enthalten.

[0018] Noch ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, die Teilvolumina klein genug zu machen, so daß ein gesamtes Teilvolumen in den Prozessor-Cache paßt, wenn dasselbe aufgerufen wird.

[0019] Noch ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, die Teilvolumina klein genug zu machen, so daß eine spezielle Graphikhardware nur einen kleinen chipinternen RAM benötigt, um das Bild effizient aufzubereiten.

[0020] Ein weiterer Aspekt der Erfindung besteht darin, jedes Voxel-Tupel in einem Teilvolumen in eine lineare Adresse umzuwandeln, so daß die Voxel für eine Cache-Effizienz linear auf einem Speichermedium gespeichert werden können.

[0021] Noch ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, ein Teilvolumen mit gewünschten Daten in dem Volumenaufbereitungsverfahren nur einmal zu verarbeiten.

[0022] Die obigen und weitere Vorteile der Erfindung werden in einem Organisationsverfahren für volumetrische Daten erreicht, das eine Cache-effiziente Volumenaufbereitung und einen effizienten Graphikhardware-Entwurf und eine -Verwendung ermöglicht. Die Erfindung verwendet ein Konzept, das als Blockbildung bezeichnet wird. Die Blockbildung ist das Verfahren des Aufteilens eines Volumendatensatzes in viel kleinere Teilvolumina oder Blöcke. Diese Teilvolumina oder Blöcke können zusammen verwendet werden, um das ursprüngliche Volumen wiederherzustellen.

[0023] Jedes Teilvolumen ist für sich selbst ein dreidimensionaler Volumendatensatz und kann durch ein Volumenaufbereitungssystem als solcher behandelt werden. Jedes Teilvolumen ist auf eine lineare Weise in einem Hauptspeicher oder auf einer Platte gespeichert. Dies wird erreicht, indem jedes Voxel-Tupel in dem Teilvolumen in eine lineare Adresse umgewandelt wird. Das bedeutet, daß alle Voxel in dem Teilvolumen in einem zusammenhängenden Teil des Hauptspeichers gespeichert sind. Wenn die Teilvolumina klein genug gemacht werden, wird das Teilvolumen basierend auf der Konfiguration des eingeschlossenen Computersystems und der verwendeten Anwendungssoftware ohne weiteres in den Cache passen, wenn es aufgerufen wird. Eine typische Teilvolumengröße liegt in der Nachbarschaft von 5% der Cache-Größe.

[0024] Ein Cache ist auf eine solche Weise entworfen, daß derselbe nur für Daten effizient ist, die linear in einem Hauptspeicher gespeichert sind. Das Volumenaufbereitungssystem verarbeitet ein Teilvolumen zu einer Zeit. Da das gesamte Teilvolumen in den Cache paßt, muß der Prozessor niemals darauf warten, daß Daten aus einem Hauptspeicher ankommen, wenn derselbe jedes Teilvolumen verarbeitet. Sobald das Volumenaufbereitungssystem das erste Teilvolumen fertig hat, wird dasselbe das zweite Teilvolumen aufrufen und die Bearbeitung desselben beginnen. Somit muß jedes Teilvolumen nur einmal zur Verar-

beitung aufgerufen werden, was die Aufbereitungszeit stark reduziert.

[0025] Die Verwendung von Blöcken oder Teilvolumen weist den zusätzlichen Vorteil auf, die Belastung zu verringern, die auf einer speziellen Graphikhardware plaziert wird. Die kleinen Teilvolumina ermöglichen, daß sich der Cache für eine solche Graphikhardware auf dem Chip befindet, und nicht extern, was den Chipentwurf vereinfacht, wobei der RAM für den chipinternen Cache nicht groß sein muß. Die Größe der Teilvolumina kann variiert werden, um zu der spezifischen Konfiguration des Computersystems und der Graphikhardware, die durch ein Anwendungsprogramm verwendet werden, zu passen.

[0026] Die Blockbildung kann durch zwei unterschiedliche Techniken erreicht werden: eine überlappende Blockbildung oder eine nicht-überlappende Blockbildung. Bei der nicht-überlappenden Blockbildung weist jedes Teilvolumen eine Basisgröße auf, die durch sechs Begrenzungs-Ebenen oder -Flächen umrissen ist, die Voxel aufweisen, die sich auf den Flächen befinden, ebenso wie innere Voxel, die durch die Ebenen begrenzt sind. Jedes Teilvolumen enthält einen Satz von Voxeln, die eindeutig für ein jeweiliges Teilvolumen sind. Bei diesem Verfahren existiert keine Vervielfachung von Voxeln zwischen Teilvolumen. Da jedoch Abtastpunkte auf Strahlen, die durch den Volumendatensatz geworfen werden, aus den Grenzen aller nicht-überlappender Teilvolumen fallen können, wird das Volumenaufbereitungssystem gleichzeitig auf mehrere Teilvolumen zugreifen müssen, um eine Interpolation der Abtastpunkte und Gradientenberechnungen durchzuführen. Folglich kann es bei dieser nicht-überlappenden Blockbildungstechnik notwendig sein, das Teilvolumen, das verarbeitet wird, plus bis zu 26 umgebende Teilvolumina aufzurufen und in dem Cache zu plazieren. Diese Technik plaziert verglichen mit der überlappenden Blockbildungstechnik eine größere Belastung auf der Graphikhardware.

[0027] Bei der überlappenden Blockbildungstechnik weist jedes Teilvolumen eine Basisgröße auf, die durch sechs Begrenzungsebenen oder Flächen umrissen ist, die Voxel aufweisen, die auf den Flächen angeordnet sind, ebenso wie innere Voxel, die durch die Ebenen begrenzt sind. Die Grenzebenen und die Voxel, die auf denselben angeordnet sind, werden von benachbarten Teilvolumen gemeinsam verwendet. Jedes Teilvolumen wird dann über seine Basisgröße hinaus ausgedehnt, um die nächstliegenden Voxel von bis zu 26 umgebenden Teilvolumina zu enthalten, die auf sechs neuen Begrenzungsebenen angeordnet sind. Die sechs neuen Begrenzungsebenen verlaufen parallel zu den ursprünglichen sechs Ebenen, befinden sich jedoch in einer Richtung von dem Mittelpunkt des Teilvolumens in sowohl der x-, der y- als auch der z-Richtung weg um ein Voxel entfernt. Die Folge ist, daß jedes Teilvolumen drei Ebenen von Voxeln mit seinem benachbarten Nachbar in sowohl der x-, der y- und der z-Richtung gemeinsam verwendet. Die drei gemeinsam verwendeten Ebenen sind die mittlere gemeinsame Ebene benachbarter Teilvolumina und jede Ebene auf jeder Seite der gemeinsam verwendeten gemeinsamen Ebene. Für Teilvolumina, die an den äußeren Begrenzungen des Volumendatensatzes angeordnet sind, werden weniger Teilvolumina existieren, die Voxel zu der erweiterten Größe des Teilvolumens beitragen.

[0028] Bei der überlappenden Blockbildungstechnik wird nur ein erweitertes Teilvolumen zu einer Zeit von dem Volumenaufbereitungssystem benötigt. Da das erweiterte Teilvolumen alle drei gemeinsam verwendeten Ebenen der unmittelbar umgebenden Voxel sowohl in der x-, der y- als auch der z-Richtung enthält, kann jeder Abtastpunkt auf einem Strahl, der durch das Teilvolumen verläuft, der aus der Basisgröße des Teilvolumens herausfällt, durch die Verwendung der Voxel, die in der erweiterten Größe enthalten sind, interpoliert werden, wobei alle Gradienten berechnet werden können. Diese Technik liefert eine geringere Belastung für die Graphikhardware, erhöht jedoch die Belastung bezüglich der Datenspeicherfähigkeit, da jedes Teilvolumen eine erweiterte Größe besitzt.

[0029] Sobald der Volumendatensatz durch irgendeine Technik in Blöcke unterteilt wurde, kann das Anwendungsprogramm Teilvolumina auswählen, wenn dieselben die gewünschten Daten, die von dem Benutzer benötigt werden um aufbereitet zu werden, enthalten. Die Auswahl findet während des Betriebs durch Parameter statt, die durch das ablaufende Anwendungsprogramm geliefert werden, die in den Teilvolumina gespeichert sind. Teilvolumina, die nicht ausgewählt sind, werden durch das Volumenaufbereitungssystem nicht verarbeitet. Wenn das ablaufende Anwendungsprogramm keine Parameter zur Auswahl von Teilvolumina liefert, wird das Volumenaufbereitungssystem alle Teilvolumina verarbeiten. Die Auswahl von Teilvolumina verringert die Aufbereitungszeit stark, da Daten, die nichts zu dem gewünschten Bild beitragen, nicht durch das Volumenaufbereitungssystem verarbeitet werden. Zusätzlich muß die Blockbildung nur einmal für einen Volumendatensatz durchgeführt werden. Verschiedene Ansichten können dann erzeugt werden, beispielsweise mehrere orthographische oder perspektivische Ansichten, indem ein Anwendungsprogramm das Blockbildungsschema verwendet.

Ausführungsbeispiel

[0030] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0031] **Fig.** 1 ein Blockdiagramm eines Computersystems mit einem Volumenaufbereitungssystem, das die vorliegende Erfindung verkörpert;

[0032] **Fig.** 2 ein Blockdiagramm eines Organisationsverfahrens für volumetrische Daten für ein Volumenaufbereitungssystem der vorliegenden Erfindung;

[0033] **Fig.** 3 graphisch einen Volumendatensatz, der in nichtüberlappende Teilvolumina unterteilt ist;

[0034] **Fig.** 4 graphisch in zwei Dimensionen die nichtüberlappende Blockbildungstechnik;

[0035] **Fig.** 5 graphisch in zwei Dimensionen die überlappende Blockbildungstechnik, die auf **Fig.** 4 angewendet ist; und

[0036] **Fig.** 6 graphisch Abtastpunkte entlang eines Strahls, der durch einen Volumendatensatz, der durch zwei nicht-überlappende Teilvolumina verläuft, geworfen wurde.

[0037] **Fig.** 1 zeigt ein Blockdiagramm eines Computersystems, das ein Volumenaufbereitungssystem enthält, das das Organisationsverfahren für volumetrische Daten gemäß der vorliegenden Erfindung verkörpert. Bezugnehmend nun auf **Fig.** 1 enthält ein Computersystem **100** ein Verarbeitungselement **102** mit einem chipinternen Cache. Das Verarbeitungselement **102** steht mit anderen Elementen des Computersystems **100** über einen Systembus **104** in Verbindung. Eine Tastatur **106** ermöglicht, daß ein Benutzer Informationen in das Computersystem **100** eingibt. Eine Graphiksteuerung **114** mit einem chipinternen Cache und eine Graphikanzeige **110**, die mit dem Systembus **104** verbunden ist, ermöglichen, daß das Computersystem **100** Informationen zu dem Benutzer ausgibt. Ferner ist eine Maus **108** verwendet, um Informationen einzugeben, während eine Speichervorrichtung **112** verwendet ist, um Daten und Programme in dem Computersystem **100** zu speichern. Ein Speicher **116**, der ebenfalls mit dem Systembus **104** verbunden ist, enthält ein Betriebssystem **118**, ein Anwendungsprogramm **122** und ein Volumenaufbereitungssystem **120**, das das Organisationsverfahren für volumetrische Daten gemäß der vorliegenden Erfindung enthält.

[0038] Wenn es durch ein Anwendungsprogramm **122** aufgerufen wird, beginnt das Volumenaufbereitungssystem die Ausführung durch das Aufrufen eines Volumendatensatzes aus der Speichervorrichtung **112** und das Plazieren derselben in dem Speicher **116** über den Systembus **104**. Wenn die Verarbeitung beginnt, wird der Volumendatensatz in Teilvolumina aufgeteilt. Jedes Voxel-Tupel eines Teilvolumens wird in eine lineare Adresse umgewandelt. Nach der Umwandlung der Voxel-Tupel wird jedes Teilvolumen linear in den Speicher **116** zurückgespeichert und kann ferner in die Speichereinrichtung **112** zurückgespeichert werden.

[0039] Wenn dieselben durch ein Anwendungsprogramm **122** aufgerufen werden, werden die Teilvolumina des Volumendatensatzes, die linear in dem Speicher **116** gespeichert sind, über den Systembus **104** in dem Cache planiert, der sich auf dem Verarbeitungselement **102** befindet. Die Ergebnisse, die von der Verarbeitung durch das Volumenaufbereitungssystem **120** erhalten werden, werden über den Systembus **104** zu dem chipinternen Cache, der sich auf der Graphiksteuerung **114** befindet, gesendet. Die Graphiksteuerung **114** sendet dann die verarbeiteten Daten zu der Graphikanzeige **110**.

[0040] **Fig.** 2 zeigt ein Blockdiagramm eines Organisationsverfahrens für volumetrische Daten für ein Volumenaufbereitungssystem der vorliegenden Erfindung. Wie nun in **Fig.** 2 gezeigt ist, gewinnt ein Block **202** einen Volumendatensatz von dem Plattenspeicher wieder. Ein Block **204** bestimmt die Teilvolumen-Blockgröße basierend auf der Computerkonfiguration und dem Anwendungsprogramm. In einem Block **206** wird die Blockbildungstechnik ausgewählt. Wenn die überlappende Blockbildungstechnik ausgewählt ist, springt die Steuerung zu einem Block **208**.

[0041] Der Block **208** teilt den Volumendatensatz in Teilvolumina der Größe, die in dem Block **205** bestimmt wurde. Jedes Teilvolumen wird erweitert, um die nächstliegenden Voxel von den unmittelbar umgebenden Ebenen, Kanten und Ecken der benachbarten Teilvolumina einzuschließen, wie ausführlicher bei der Erläuterung der **Fig.** 5 und 6 erklärt wird. Jedes Teilvolumen überlappt somit jedes benachbarte Teilvolumen um ein Pixel in der x-, der y- und der z-Richtung.

[0042] Beim Erzeugen von Teilvolumina, die sich nahe den peripheren Grenzen des Volumendatensatzes befinden, kann die bestimmte Größe für Teilvolumina eine solche sein, daß sich das Teilvolumen aus den Grenzen des Volumendatensatzes heraus erstreckt. Diese Situation kann auf eine von drei Möglichkeiten gehandhabt werden. Zuerst können alle Teilvolumina kleiner gemacht werden als die gewünschte Größe, so daß alle Teilvolumina in die Grenzen des Volumendatensatzes fallen werden. Dies ist die am wenigsten bevorzugte Option. Zweitens können nur die Teilvolumina, die nicht passen, kleiner als die bestimmte Größe gemacht werden. Zuletzt können Tupel-Positionen, die aus den Volumendatensatzgrenzen fallen, mit Nullen oder einem anderen unwichtigen Wert gefüllt werden. Dies ist die bevorzugte Option für das bevorzugte Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0043] Wenn in dem Block **206** die nicht-überlappende Blockbildungstechnik ausgewählt wird, springt die Steuerung zu einem Block **210**. Der Block **210** unterteilt den Volumendatensatz in Teilvolumina der Größe, die in dem Block **204** bestimmt wurde. Jedes Teilvolumen überlappt kein anderes Teilvolumen. Folglich enthält jedes Teilvolumen einen eindeutigen Satz von Voxeln.

[0044] Ein Block **212** wandelt jedes (x-,y-,z-)-Voxel-Tupel in eine lineare Adresse k um. Dies wird durch Verwendung der folgenden Gleichung erreicht:

$$k = x + (y \cdot \text{Block_x_Größe}) + (z \cdot \text{Block_x_Größe} \cdot \text{Block_y_Größe})$$

[0045] Block_x_Größe ist die Anzahl von Voxeln in der x-Richtung des Teilvolumens (Breite), während Block_y_Größe die Anzahl von Voxeln in der y-Richtung des Teilvolumens (Höhe) ist. Wenn ein Teilvolumen beispielsweise in der x-Richtung 16 Voxel breit war, in der y-Richtung 16 Voxel hoch war und in der z-Richtung 16 Voxel tief war, würden ein Voxel mit den Koordinaten (3, 2, 1) und ein Voxel mit den Koordinaten (4, 2, 1) die folgenden unten gezeigten linearen Adressen aufweisen:
für (3,2,1) $k = 3 + (2 \cdot 16) + (1 \cdot 16 \cdot 16) = 3 + 32 + 256 = 291$
für (4,2,1) $k = 4 + (2 \cdot 16) + (1 \cdot 16 \cdot 16) = 4 + 32 + 256 = 292$

[0046] Fachleute werden erkennen, daß durch die Verwendung der obigen Gleichung sichergestellt ist, daß jedes Voxel in einem Teilvolumen eine eindeutige Adresse k aufweist, wobei eine lineare Beziehung zwischen Voxeln festgelegt wird.

[0047] Ein Block **214** speichert die Teilvolumina mit den Adressen k für jedes Voxel in dem Speicher **116** (**Fig.** 1) oder auf einer Speichervorrichtung **112** (**Fig.** 1). Die Voxel in einem Teilvolumen werden eine lineare Beziehung aufweisen, wenn dieselben auf diese Weise gespeichert werden. Wenn das Volumenaufbereitungssystem ein Teilvolumen zur Verarbeitung aufruft, macht es die lineare Beziehung ideal, das Teilvolumen in dem Cache zu plazieren, was die Verarbeitungszeit stark verringert.

[0048] In einem Block **216** wird jedes Teilvolumen während des Betriebs mit Parametern, die durch das Anwendungsprogramm **122** (**Fig.** 1) geliefert werden, die anzeigen, ob das Teilvolumen entweder erwünschte oder nicht-erwünschte Daten aufweist, ausgewählt. Dies kann erreicht werden, indem ein oder mehrere Bits mit bestimmten Werten eingestellt werden, die anzeigen, daß die Daten in einem Teilvolumen erwünscht sind oder von einem bestimmten Typ sind. Alternativ kann eine separate Datenstruktur verwendet werden, um Informationen über den Inhalt der Teilvolumina zu halten. Nach der Auswahl können die verwendeten Parameter gespeichert und für eine neue Aufbereitung wiederverwendet werden. Wenn das Anwendungsprogramm **122** (**Fig.** 1) keine Auswahlparameter liefert, verarbeitet das Volumenaufbereitungssystem **120** (**Fig.** 1) alle Teilvolumina.

[0049] **Fig.** 3 zeigt graphisch einen Volumendatensatz, der in nicht-überlappende Teilvolumina aufgeteilt ist. Bezugnehmend auf **Fig.** 3 enthält ein Volumendatensatz **302** Voxel, die auf einem Gitter mit regelmäßigem Gitterabstand organisiert sind. Die äußeren Grenzen des Volumendatensatzes **302** sind als gerade Linien dargestellt, die acht Grenzvoxel verbinden. Ein Grenzvoxel **306** ist veranschaulichend. Ein Teilvolumen **304** ist veranschaulichend für alle dargestellten Teilvolumina, die ebenfalls durch gerade Linien dargestellt sind, die acht Grenzvoxel verbinden. Die Größe des Teilvolumens **304** wird basierend auf der Konfiguration des Computersystems und/oder des Anwendungsprogramms, das verwendet wird, bestimmt. Das Teilvolumen **304** wird eine bestimmte Anzahl von Pixeln breit mal eine bestimmte Anzahl von Pixeln hoch mal eine bestimmte Anzahl von Pixeln tief sein. Der Volumendatensatz **302** ist in Teilvolumina aufgeteilt, für die das Teilvolumen **304** veranschaulichend ist. Das Teilvolumen **308** fällt teilweise aus dem Volumendatensatz **302**. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden Tupelpositionen, die aus dem Volumendatensatz **302** fallen, mit Nullen oder einem bestimmten anderen unwichtigen Wert gefüllt.

[0050] **Fig.** 4 zeigt graphisch in zwei Dimensionen die nichtüberlappende Blockbildungstechnik. Bezugnehmend nun auf **Fig.** 4 ist ein Voxel **402** veranschaulichend für alle dargestellten Voxel, welche nur einen Teil aller Voxel, die in einem Volumendatensatz enthalten sind, darstellen. Jedes Voxel-Tupel weist eindeutige (x,y,z)-Koordinaten auf. Die Tiefe in der z-Richtung erstreckt sich senkrecht aus der Papierebene, wie durch das Bezugszeichen **422** gezeigt ist. Teilvolumina **404**, **406**, **408**, **410**, **412**, **414**, **416**, **418** und **420** weisen äußere Grenzen auf, die als gerade Linien, die die vier Grenzvoxel, die bei dieser zweidimensionalen Ansicht sichtbar sind, verbinden, dargestellt sind. Jedes Teilvolumen **404** bis **420** ist sechs Voxel breit mal sechs Voxel hoch mal sechs Voxel tief und enthält einen eindeutigen Satz von Voxeln, derart, daß kein Teilvolumen irgendwelche Voxel mit irgendeinem anderen Teilvolumen gemeinsam hat.

[0051] **Fig.** 5 zeigt graphisch in zwei Dimensionen die überlappende Blockbildungstechnik. Bezugnehmend nun auf **Fig.** 5 werden bei der überlappenden Blockbildungstechnik anfänglich Teilvolumina derart strukturiert, daß die Grenzebenen jedes Teilvolumens mit benachbarten Teilvolumina gemeinsam verwendet sind. Teilvolumen **502**, **504**, **506**, **508**, **510**, **512**, **514**, **516**, **518**, **520**, **522** und **524** sind jeweils sechs Voxel breit mal sechs Voxel hoch mal sechs

Voxel tief. Die Tiefe in der z-Richtung erstreckt sich senkrecht aus der Papierebene, wie durch das Bezugszeichen **558** gezeigt ist. Jedes dieser Teilvolumen muß überlappt werden, um ein erweitertes Teilvolumen zu werden. Beispielsweise werden die Teilvolumina **512** und **514** überlappt, indem jede der sechs Grenzebenen, die die Teilvolumina **512** und **514** aufweisen, verwendet wird, und jede Ebene um ein Voxel nach außen erweitert wird, in eine Richtung von dem Mittelpunkt des jeweiligen Teilvolumens weg, wobei sechs neue benachbarte Ebenen gebildet werden, die zusätzliche Voxel enthalten. Alle Voxel, die in den sechs Ebenen liegen, einschließlich der Voxel, die entlang der zwölf Kanten und acht Ecken, die durch den Schnitt der sechs neuen benachbarten Ebenen gebildet sind, sind in den erweiterten Teilvolumina **538** und **540** enthalten.

[0052] Das erweiterte Teilvolumen **538** ist durch die Punkte **542**, **544**, **546** und **548** begrenzt, die Linien in der z-Richtung darstellen, die in dieser zweidimensionalen Ansicht als Punkte erscheinen. Die Ebenen **526** und **528** sind benachbarte Ebenen in der x-Richtung. Die Ebenen **530**, **532**, **534** und **536** sind benachbarte Ebenen in der y-Richtung. Die Ebenen **526**, **528**, **530**, **532**, **534** und **536** erscheinen in **Fig.** 5 als Kanten. Voxel von den Teilvolumina **502**, **504** und **506**, die auf der Ebene **526** liegen und durch die Ebenen **530** und **534** begrenzt sind, sind in dem erweiterten Teilvolumen **538** enthalten. Voxel von den Teilvolumina **506**, **514** und **522**, die auf der Ebene **534** liegen und durch die Ebenen **526** und **528** begrenzt sind, sind in dem erweiterten Teilvolumen **538** enthalten. Voxel von den Teilvolumina **518**, **520** und **522**, die auf der Ebene **528** liegen und durch die Ebenen **530** und **534** begrenzt sind, sind in dem erweiterten Teilvolumen **538** enthalten. Voxel von den Teilvolumina **502**, **510** und **518**, die auf der Ebene **530** liegen und durch die Ebenen **526** und **528** begrenzt sind, sind in dem erweiterten Teilvolumen **538** enthalten. Fachleute werden erkennen, daß für die zwei benachbarten Ebenen in der z-Richtung, die in **Fig.** 5 nicht gezeigt sind, der gleiche Voxeleinschluß stattfindet. Auf eine gleichartige Weise umfaßt das erweiterte Teilvolumen **540** die Voxel, die auf Ebenen **526**, **528**, **532** und **536** liegen und durch Punkte **550**, **552**, **554** und **556** begrenzt sind, die Linien in der z-Richtung darstellen, die in dieser zweidimensionalen Ansicht als Punkte erscheinen.

[0053] **Fig.** 6 zeigt graphisch Abtastpunkte entlang eines Strahls, der durch einen Volumendatensatz geworfen wurde, welcher durch zwei nicht-überlappende Teilvolumina verläuft. Bezugnehmend nun auf **Fig.** 6 sind Teilvolumina **602** und **604** benachbart zueinander. Ein Strahl **606** wurde von einem Pixel auf einer Bildebene durch einen Volumendatensatz geworfen und verläuft durch die Teilvolumina **602** und **604**. Der Strahl **606** betritt das Teilvolumen **604** an einem Eintrittspunkt **608** und verläßt das Teilvolumen **604** an einem Austrittspunkt **610**. Der Strahl **606** betritt das Teilvolumen **602** an einem Eintrittspunkt **612** und verläßt das Teilvolumen **602** an einem Austrittspunkt **614**. Abtastpunkte **616** und **618** auf dem Strahl **606** fallen in das Teilvolumen **604**. Wenn das Teilvolumen **604** als gewünschte Daten enthaltend ausgewählt wurde, wird das Volumenaufbereitungssystem ferner die Abtastpunkte **616** und **618** verarbeiten, um die Aufbereitung des Pixels, von dem der Strahl **606** ausgeht, zu unterstützen. Wenn das Teilvolumen **604** nicht als gewünschte Daten enthaltend ausgewählt wurde, wird das Teilvolumen **604** ignoriert.

[0054] Abtastpunkte **626** und **628** auf dem Strahl **606** fallen in das Teilvolumen **602**. Wenn das Teilvolumen **602** als gewünschte Daten enthaltend ausgewählt wurde, wird das Volumenaufbereitungssystem auch die Abtastpunkte **626** und **628** verarbeiten, um die Aufbereitung des Pixels, von dem der Strahl **606** ausgeht, zu unterstützen. Wenn das Teilvolumen **602** nicht als gewünschte Daten enthaltend ausgewählt wurde, wird das Teilvolumen **602** ignoriert.

[0055] Ein Abtastpunkt **620** auf dem Strahl **606** liegt weder innerhalb des Teilvolumens **602** noch des Teilvolumens **604**. Wenn eines oder beide der Teilvolumen **602** oder **604** als gewünschte Daten enthaltend ausgewählt wurden, dann müssen beide Teilvolumina aus dem Speicher aufgerufen und in dem Cache plaziert werden, damit das Volumenaufbereitungssystem in der Lage ist, den Abtastpunkt **620** zu verarbeiten, einschließlich des Berechnens beliebiger Gradienten.

[0056] Wenn die Teilvolumina **602** und **604** durch die überlappende Blockbildungstechnik in Blöcke gebildet wurden, wie in **Fig.** 5 gezeigt und erläutert ist, und die Ebene **624** die gemeinsam verwendete Ebene zwischen den Teilvolumina **602** und **604** wäre, fällt ein Punkt **624** in das Teilvolumen **602**. Das Teilvolumen **602** wäre in der Lage, den Abtastpunkt **620**, einschließlich des Berechnens beliebiger Gradienten, zu verarbeiten, nachdem dasselbe aus dem Speicher aufgerufen und in dem Cache plaziert worden ist. Dies ist der Fall, da das Teilvolumen **602** in seiner erweiterten Größe die Voxel enthält, die in einer parallelen Ebene enthalten sind, die ein Voxel über die Ebene **624** hinaus in eine Richtung weg von dem Mittelpunkt des Teilvolumens **602** angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Cache-effizientes Organisationsverfahren für volumetrische Daten zur aufbereiteten Anzeige eines Volumendatensatzes (**302**) auf einer zweidimensionalen Graphikanzeige (**110**) eines Computersystems (**100**) mit folgenden Schritten:
(a) Wiedergewinnen (**202**) des Volumendatensatzes (**302**) von einem Speichermedium (**112**);
(b) Auswählen (**206**) eines gesamten Teilvolumens

(**304**) aus dem Volumendatensatz (**302**);
(c) Umwandeln (**212**) jeder Adresse eines Voxel-Tupels des gesamten Teilvolumens (**304**) in eine lineare Adresse;
(d) Verarbeiten (**212**, **214**, **216**) des Teilvolumens (**304**) durch ein Volumenaufbereitungssystem (**120**); und
(e) Wiederholen der Schritte (b) bis (d) für jedes Teilvolumen (**304**) des Volumendatensatzes (**302**).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Größe des Teilvolumens (**304**) kleiner ist als ein Prozessor-Cache, der auf dem Computersystem (**100**) angeordnet ist, und bei dem der Prozessor-Cache kleiner ist als ein Graphiksteuerungs-Cache, der auf dem Computersystem angeordnet ist.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Größe des Teilvolumens (**304**) kleiner ist als ein Graphiksteuerungs-Cache, der auf dem Computersystem (**100**) angeordnet ist, und bei dem der Graphiksteuerungs-Cache kleiner ist als ein Prozessor-Cache, der auf dem Computersystem angeordnet ist.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Schritt (c) ferner folgenden Schritt (c1) aufweist:
(c1) Speichern (**214**) von Daten des Voxel-Tupels des Teilvolumens (**304**) in einem Speichermedium (**112**) an der linearen Adresse.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Schritt (c) ferner folgenden Schritt (c1) aufweist:
(c1) Speichern von Parametern, die durch ein Anwendungsprogramm (**122**) geliefert werden, zusammen mit den Daten jedes Voxel-Tupels des Teilvolumens (**304**), wobei das Anwendungsprogramm die Parameter verwendet, um das Teilvolumen für die weitere Verarbeitung (**216**) durch das Volumenaufbereitungssystem (**120**) auszuwählen.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Schritt (b) ferner folgende Schritte (b1) und (b2) aufweist:
(b1) Auswählen (**206**) des Teilvolumens (**304**) des Volumendatensatzes (**302**), wobei das Teilvolumen sechs Flächen besitzt; und
(b2) Einschließen (**208**) einer Gruppe von zusätzlichen Voxeln, die das Teilvolumen unmittelbar umgeben, in das Teilvolumen (**304**), um ein erweitertes Teilvolumen (**538**, **540**) zu erzeugen, wobei die Gruppe von zusätzlichen Voxeln in einer Gruppe von sechs Ebenen enthalten ist, wobei jede aus der Gruppe von sechs Ebenen durch eine Schnittlinie mit einer weiteren aus der Gruppe von sechs Ebenen begrenzt ist, wobei eine jeweilige aus der Gruppe der sechs Ebenen parallel zu einer jeweiligen entsprechenden der sechs Flächen des Teilvolumens ist, und wobei ferner eine jeweilige aus der Gruppe von sechs Ebenen benachbart zu der jeweils entsprechenden der sechs Flächen des Teilvolumens angeordnet und in einer Richtung von einem Mittelpunkt des Teilvolumens weg angeordnet ist.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, bei dem der Schritt (b2) ferner folgenden Schritt (b2a) aufweist:
(b2a) Speichern (**214**) von Daten jedes Voxel-Tupels des erweiterten Teilvolumens (**538**, **540**) auf ein Speichermedium (**112**) an der linearen Adresse.

8. Cache-effizientes Organisationsverfahren für volumetrische Daten zur aufbereiteten Anzeige eines Volumendatensatzes (**302**) auf einer zweidimensionalen Graphikanzeige (**110**) eines Computersystems (**100**) mit folgenden Schritten:
(a) Wiedergewinnen (**202**) des Volumendatensatzes (**302**) von dem Speichermedium (**112**);
(b) Teilen (**208**, **210**) des Volumendatensatzes (**302**) in eine Mehrzahl von Teilvolumina (**304**), wobei jedes der Mehrzahl von Teilvolumina einen eindeutigen Satz von Voxeln enthält;
(c) Umwandeln (**212**) jeder Adresse eines Voxel-Tupels von jedem der Mehrzahl von Teilvolumina (**304**) in eine lineare Adresse; und
(c) Verarbeiten (**212**, **214**, **216**) der Mehrzahl von Teilvolumina (**304**) durch ein Volumenaufbereitungssystem (**120**), wobei jedes Teilvoulmen (**304**) in seiner Gesamtheit verarbeitet wird, bevor eine Verarbeitung eines nachfolgendes Teilvolumens beginnt.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, bei dem der Schritt (c) ferner folgende Schritte (c1) und (c2) aufweist:
(c1) Speichern (**214**) von Daten von jedem Voxel-Tupel von jedem der Mehrzahl von Teilvolumina (**304**) in ein Speichermedium (**112**) an der linearen Adresse; und
(c2) Speichern von Parametern, die durch ein Anwendungsprogramm (**112**) geliefert werden, zusammen mit den Daten jedes Voxel-Tupels von jedem der Mehrzahl von Teilvolumina (**304**), wobei das Anwendungsprogramm (**122**) die Parameter verwendet, um eine bestimmte Anzahl aus der Mehrzahl von Teilvolumina zur weiteren Verarbeitung (**216**) durch das Volumenaufbereitungssystem auszuwählen.

10. Verfahren gemäß Anspruch 8, bei dem der Schritt (b) ferner folgende Schritte (b1) und (b2) aufweist:
(b1) Teilen (**208**, **210**) des Volumendatensatzes (**302**) in die Mehrzahl von Teilvolumina (**304**), wobei jedes der Mehrzahl von Teilvolumina sechs Flächen aufweist, und wobei ferner jedes der Mehrzahl von Teilvolumina, das benachbart zu einem weiteren der Mehrzahl von Teilvolumina ist, eine der sechs Flächen bei jeder auftretenden Nachbarschaft gemeinsam verwendet; und
(b2) Einschließen (**208**) einer Gruppe von zusätzlichen Voxeln, die jedes der Mehrzahl von Teilvolumi-

na unmittelbar umgibt, in jedes der Mehrzahl von Teilvolumina (**304**), um eine Mehrzahl von erweiterten Teilvolumina (**538**, **540**) zu erzeugen, wobei jedes aus der Gruppe von zusätzlichen Voxeln für jedes der Mehrzahl von Teilvolumina in einer Gruppe von sechs Ebenen enthalten ist, wobei jede aus der Gruppe von sechs Ebenen durch einen Schnitt mit einer weiteren aus der Gruppe von sechs Ebenen begrenzt ist, wobei eine jeweilige aus der Gruppe von sechs Ebenen parallel zu einer jeweils entsprechenden der sechs Flächen von jeweils einem der Mehrzahl von Teilvolumina ist, und wobei ferner eine jeweilige aus der Gruppe von sechs Ebenen benachbart zu einer jeweiligen der sechs Flächen eines jeweiligen der Mehrzahl von Teilvolumina und in einer Richtung von einem Mittelpunkt des jeweiligen der Mehrzahl von Teilvolumina weg angeordnet ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

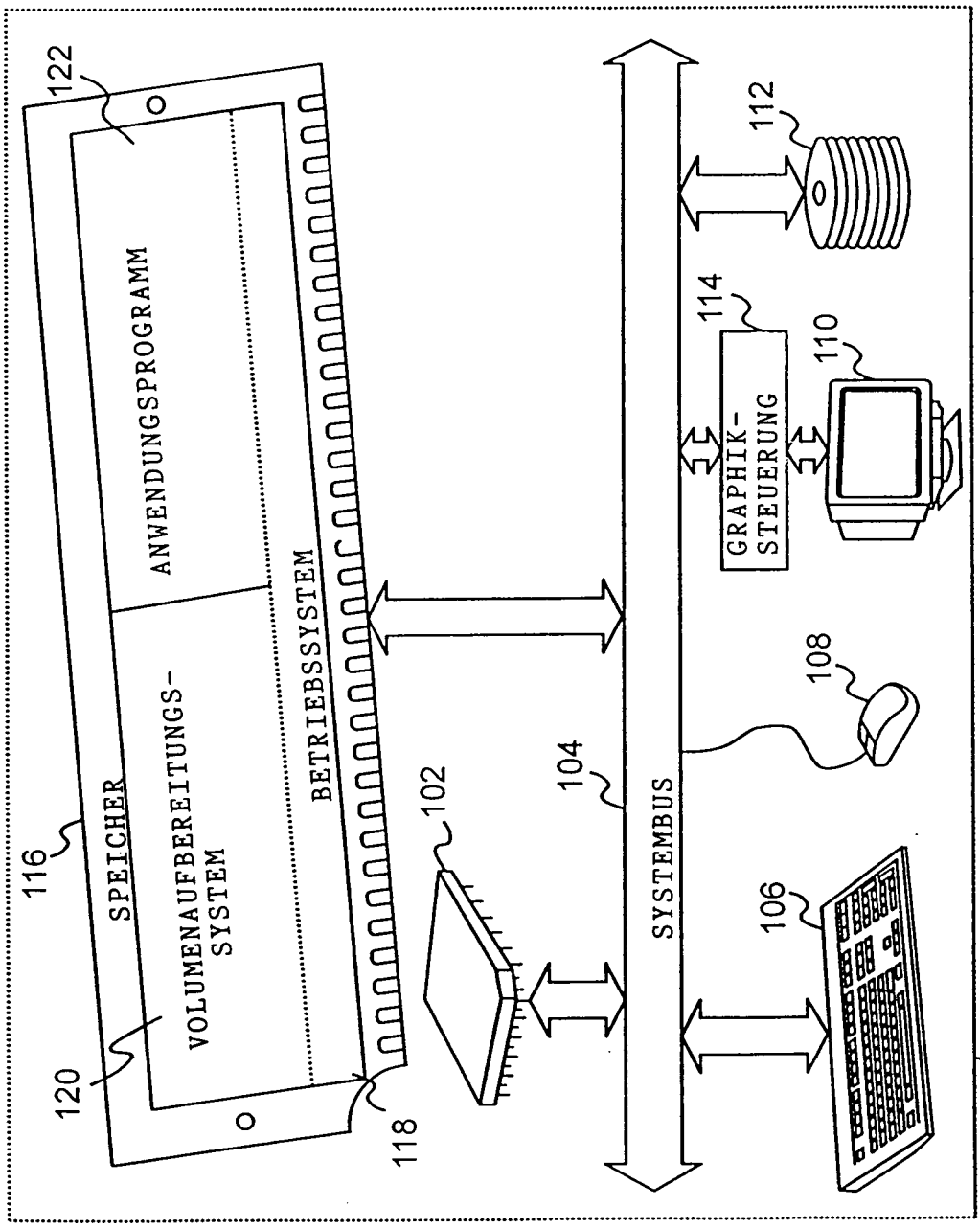


FIG. 1

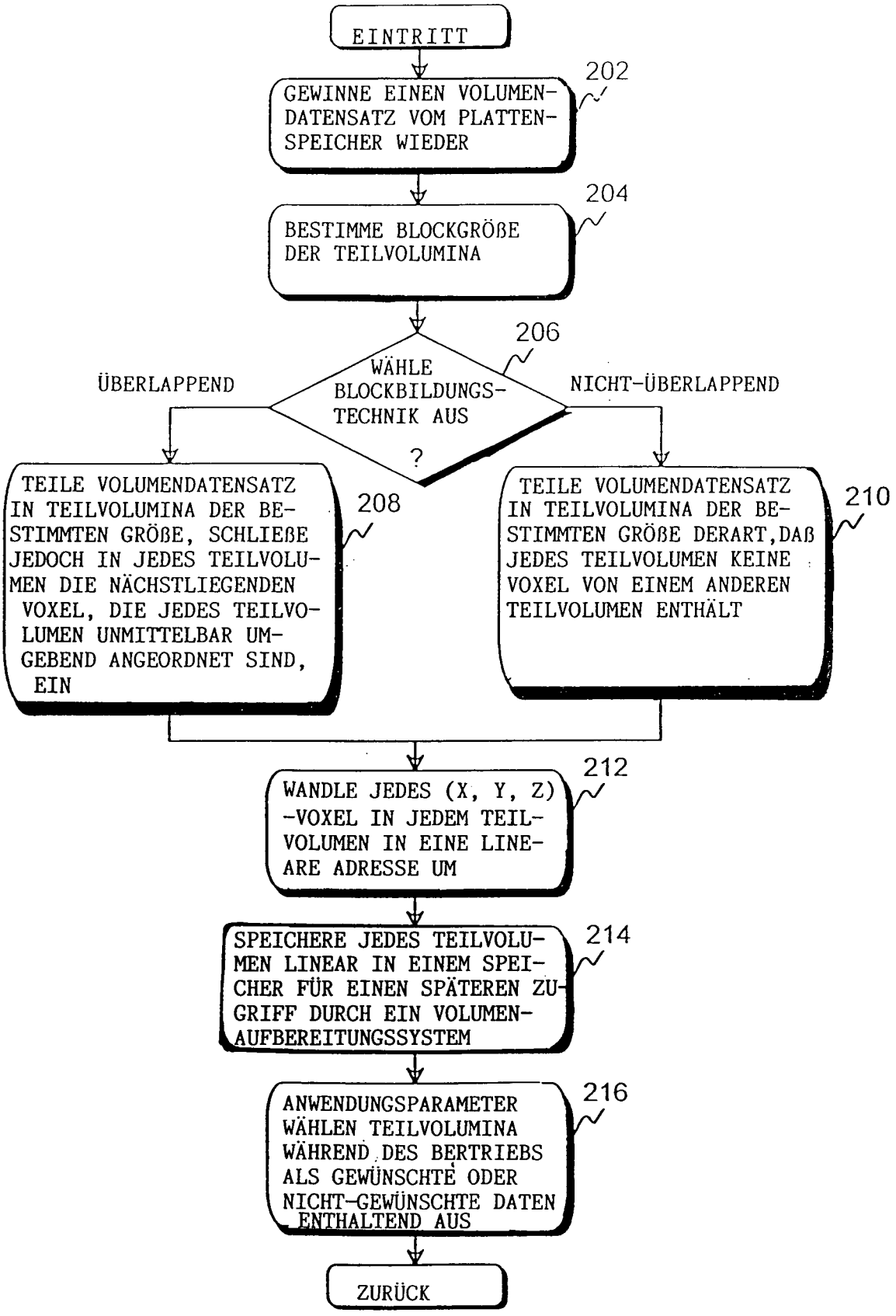

EINTRITT
GEWINNE EINEN VOLUMEN-DATENSATZ VOM PLATTEN-SPEICHER WIEDER
202
BESTIMME BLOCKGRÖßE DER TEILVOLUMINA
204
WÄHLE BLOCKBILDUNGS-TECHNIK AUS ?
206
ÜBERLAPPEND
NICHT-ÜBERLAPPEND
TEILE VOLUMENDATENSATZ IN TEILVOLUMINA DER BESTIMMTEN GRÖßE, SCHLIEßE JEDOCH IN JEDES TEILVOLUMEN DIE NÄCHSTLIEGENDEN VOXEL, DIE JEDES TEILVOLUMEN UNMITTELBAR UMGEBEND ANGEORDNET SIND, EIN
208
TEILE VOLUMENDATENSATZ IN TEILVOLUMINA DER BESTIMMTEN GRÖßE DERART, DAß JEDES TEILVOLUMEN KEINE VOXEL VON EINEM ANDEREN TEILVOLUMEN ENTHÄLT
210
WANDLE JEDES (X, Y, Z) -VOXEL IN JEDEM TEILVOLUMEN IN EINE LINEARE ADRESSE UM
212
SPEICHERE JEDES TEILVOLUMEN LINEAR IN EINEM SPEICHER FÜR EINEN SPÄTEREN ZUGRIFF DURCH EIN VOLUMEN-AUFBEREITUNGSSYSTEM
214
ANWENDUNGSPARAMETER WÄHLEN TEILVOLUMINA WÄHREND DES BERTRIEBS ALS GEWÜNSCHTE ODER NICHT-GEWÜNSCHTE DATEN ENTHALTEND AUS
216
ZURÜCK

FIG. 2

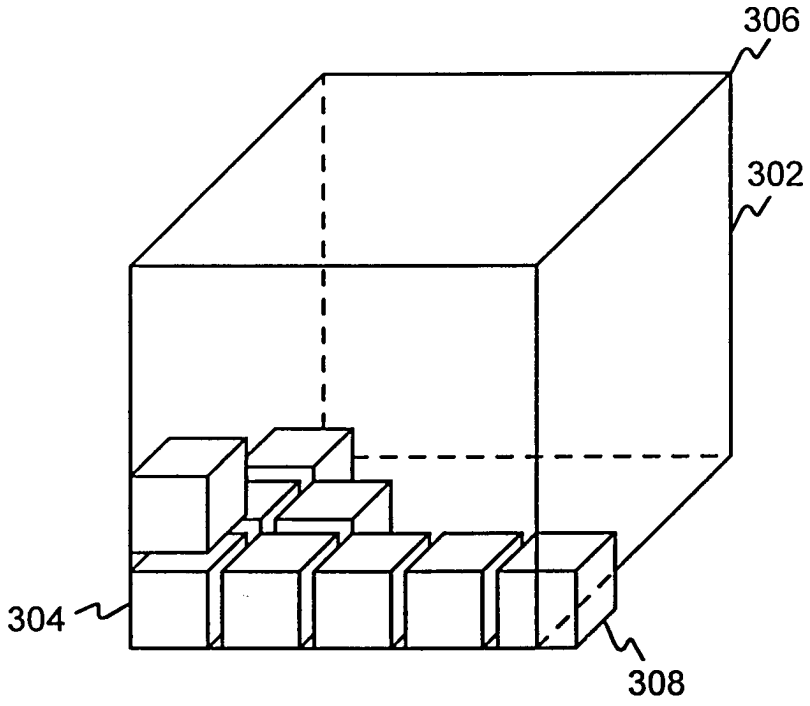


FIG. 3

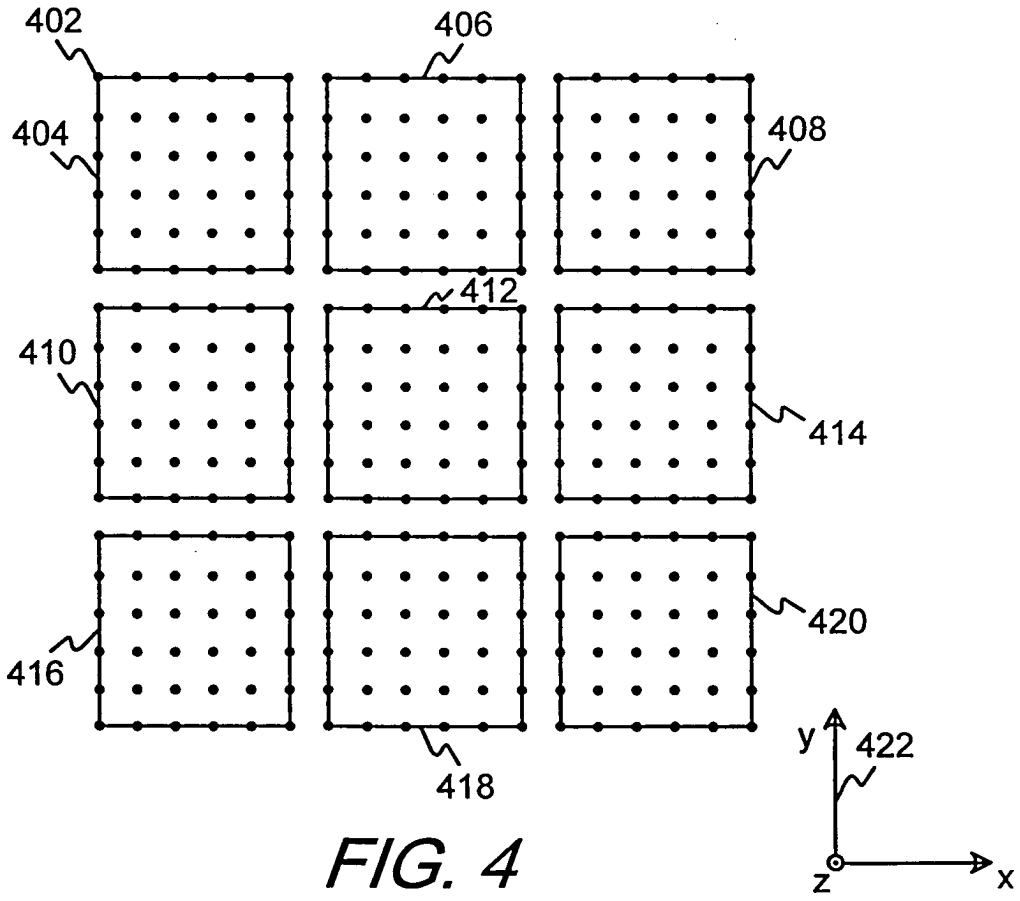


FIG. 4

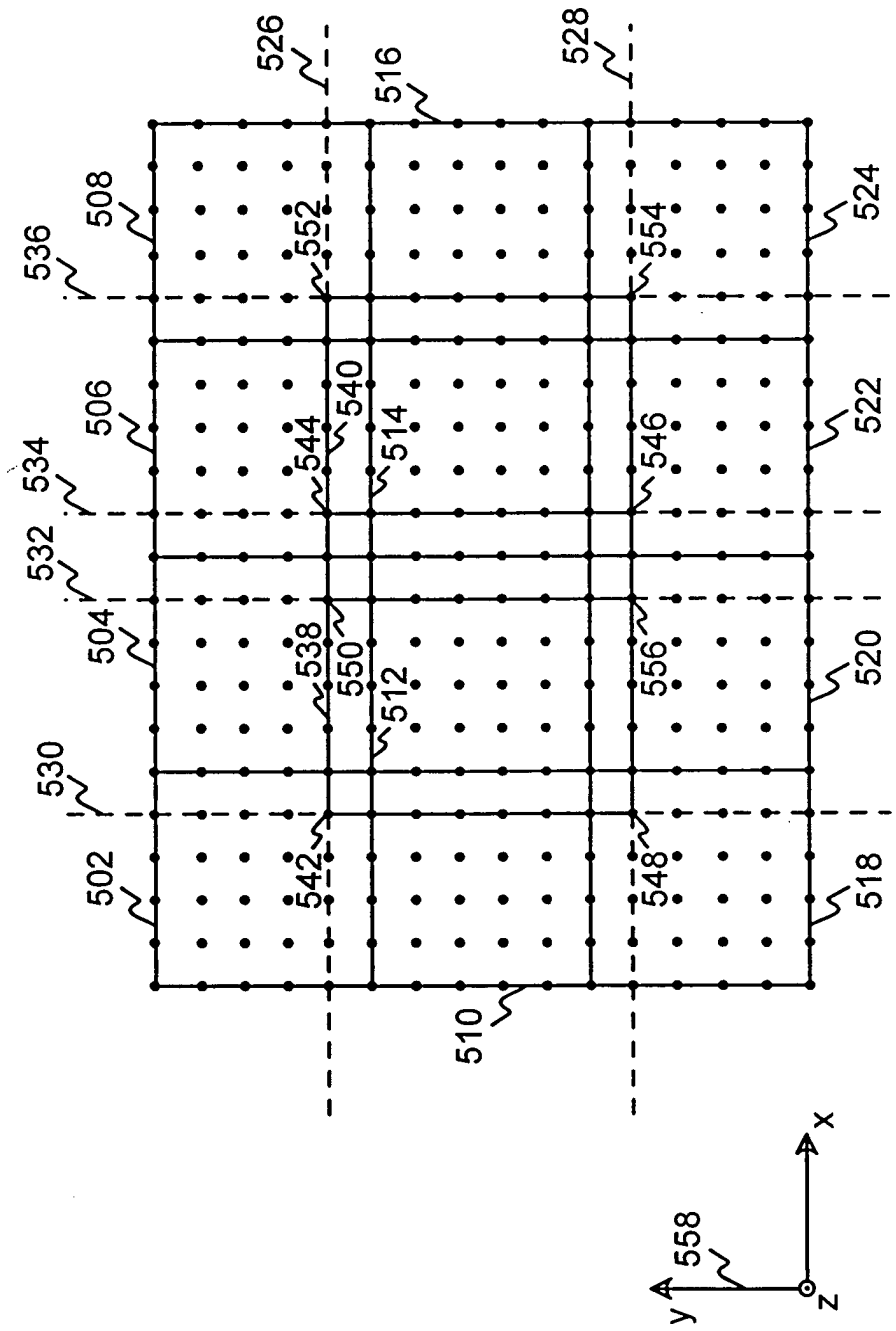

526
516
528
508
524
536
552
554
506
540
514
522
534
544
546
532
504
538
550
512
556
520
530
502
542
548
518
510
x
y
z
558

FIG. 5

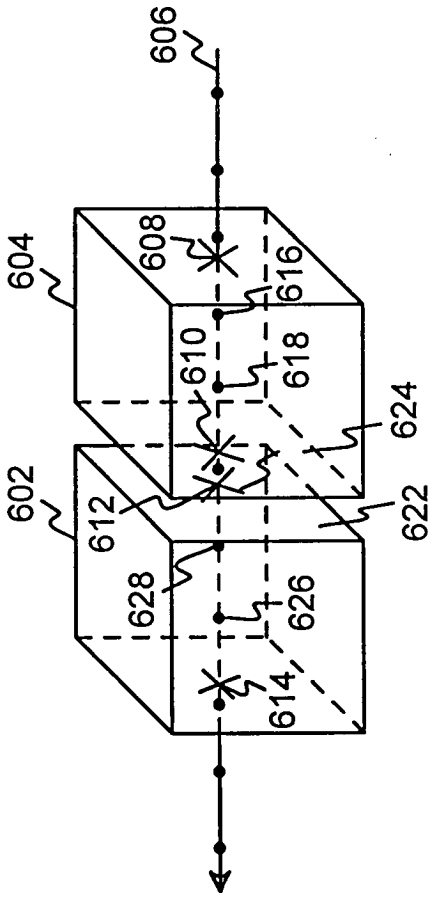


FIG. 6