



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 220 154.1**

(22) Anmeldetag: **13.11.2017**

(43) Offenlegungstag: **16.05.2019**

(51) Int Cl.: **H04N 19/00 (2014.01)**

(71) Anmelder:
Siemens Healthcare GmbH, München, DE

(72) Erfinder:
**Jürgens, Markus, Dr., 91325 Adelsdorf, DE; Meyer,
Quirin, Dr., 91301 Forchheim, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:
US 2015 / 0 374 313 A1

**DUDA, Jarek: Asymmetric numeral systems:
entropy coding combining speed of Huffman**

**coding with compression rate of arithmetic
coding. 06.01.2014 S. 1-24. URL: <https://arxiv.org/pdf/1311.2540> [abgerufen am 16.05.2018].**

**GIESEN, Fabian: Interleaved entropy coders.
14. Feb.2014. S. 1-16. URL: <https://arxiv.org/pdf/1402.3392> [abgerufen am 17.05.2018].**

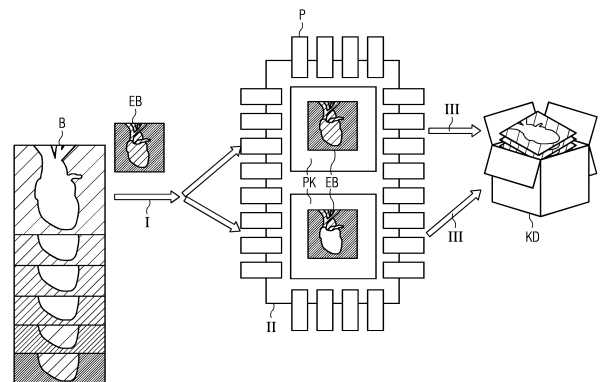
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kompressions-Verfahren zum Komprimieren einer medizin-technischen Bildaufnahme**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Kompressions-Verfahren zum Komprimieren von Daten (D) einer medizintechnischen Bildaufnahme (B), umfassend die Schritte: Bereitstellung der Daten (D) der medizintechnischen Bildaufnahme (B), und Komprimieren der Daten mittels eines parallelen und vektorisierten Kompressionsalgorithmus. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein entsprechendes Dekompressions-Verfahren umfassend die Schritte: Bereitstellung der komprimierten Daten (D) und Dekomprimieren der Daten mittels eines parallelen und vektorisierten Dekompressionsalgorithmus.

Die Erfindung betrifft des Weiteren eine (De-)Kompressions-einheit (6, 7), eine Steuereinrichtung (10) zur Steuerung eines medizintechnischen bildgebenden Systems (1) und ein solches bildgebendes medizinisches System (1).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kompressions-Verfahren zum Komprimieren von Daten einer medizintechnischen Bildaufnahme, insbesondere zur parallelen Kompression und Dekompression diesbezüglicher Voxeldaten, ein entsprechend ausgebildetes Dekompressions-Verfahren, eine (De-)Kompressionseinheit, eine Steuereinrichtung mit einer solchen (De-)Kompressionseinheit sowie ein bildgebendes medizinisches System mit einer solchen Steuereinrichtung.

[0002] Im Rahmen von medizintechnischen bildgebenden Verfahren fallen oftmals große Datenmengen an Bilddaten an, insbesondere wenn die medizintechnische Bildaufnahme Volumendaten umfasst. Beispielsweise belegen Schichtbilder im Rahmen einer Computer-Tomographie („CT“) oder Magnetresonanztomographie („MRT“) einen vergleichsweise großen Speicherplatz in der Größenordnung von mehreren Gigabyte (GB). So kann für eine Aufnahme des gesamten Körpers im DICOM-Format (DICOM = Digital Imaging and Communications in Medicine = Digitale Bildverarbeitung und Kommunikation in der Medizin) durchaus eine Datenmenge von 4 GB oder mehr benötigt werden, wobei die Datenmenge bei hochauflösenden Aufnahmen auch mehr als 10 GB betragen kann.

[0003] In einem medizintechnischen System oder Netzwerk muss dabei nicht nur ausreichend Speicherplatz zur Verfügung gestellt werden, sondern auch die Infrastruktur, z.B. die Netzwerkarchitektur, für diese Datenmengen ausgelegt sein.

[0004] Datenkompressionstechniken können die Belegung von Speicherressourcen durch Bilddaten reduzieren. Dies spart Speicherplatz und nutzt die limitierte Bandbreite von Netzwerk- und Festplattendatenbussystemen besser. Derzeit in der Medizintechnik bekannte Kompressions- und Dekompressionstechniken für medizinische Daten sind jedoch sehr rechenintensiv und deshalb langsam.

[0005] Somit bleibt einem Benutzer zurzeit nur die Wahl zwischen einem hohen Datenaufkommen oder einer rechenintensiven Kompression/Dekompression. Dies stellt einen gravierenden Nachteil dar.

[0006] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Kompressions-Verfahren bzw. Dekompressions-Verfahren zum Komprimieren bzw. Dekomprimieren von Daten einer medizintechnischen Bildaufnahme eine entsprechende (De-)Kompressionseinheit sowie eine Steuereinrichtung zur automatischen Steuerung eines medizintechnischen bildgebenden Systems und ein solches System zur Verfügung zu stellen, mit denen die oben beschriebenen Nachteile vermieden oder zumindest reduziert werden und medizinische Daten verbessert komprimiert oder dekomprimiert werden können.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Kompressions-Verfahren gemäß Patentanspruch 1, ein Dekompressions-Verfahren gemäß Patentanspruch 7, eine (De-)Kompressionseinheit gemäß Patentanspruch 11, eine Steuereinrichtung gemäß Patentanspruch 12 sowie ein bildgebendes medizinisches System gemäß Patentanspruch 13 gelöst.

[0008] Ein erfindungsgemäßes Kompressions-Verfahren zum Komprimieren von Daten einer medizintechnischen Bildaufnahme, insbesondere zur parallelen Kompression von Voxeldaten, die mittels eines medizintechnischen bildgebenden Systems, z.B. eines CT, MRT, Röntgensystem, Tomosynthesesystem, Ultraschallsystem, aufgenommen wurden, umfasst die folgenden Schritte.

- Bereitstellung der Daten.

[0009] Hierzu werden Daten, bevorzugt Volumendaten bzw. ein Voxeldatensatz der medizintechnischen Bildaufnahme zur Verfügung gestellt. Da diese Bilder in der Regel digitale Bilder sind, oftmals Schnittbilder, deren Pixel (Bildpunkte) aufgrund des klar definierten Abstandes der Schnittebenen Voxeln (Volumenbildpunkten) entsprechen, könne diese Daten auch als Pixel oder Voxel bezeichnet werden.

[0010] Die Bereitstellung der Daten kann über ein Netzwerk erfolgen oder direkt von einer Bildaufnahmeinheit bzw. Bildrekonstruktionseinheit. Die Daten können also auf einem Speichermedium vorliegen und durch ein Netzwerk oder einen Datenbus abgerufen werden oder direkt von einem bildgebenden medizinischen System aufgenommen worden sein.

- Komprimieren der Daten.

[0011] Das Komprimieren der Daten erfolgt mittels eines parallelen und vektorisierten Kompressionsalgorithmus. Durch Einsatz von parallelen und vektorisierten Verfahren ist eine Kompression und Dekompression schneller als bei existierenden Verfahren möglich. Durch eine solche Kompression und Dekompression von Volumendatensätzen wird das Speichern und Laden von Volumen derart beschleunigt, dass die Rechenzeit für Kompression und Dekompression nicht mehr ins Gewicht fällt. Dadurch wird Festplattenplatz reduziert und die Bandbreite von Netzwerk- und Festplattendatenbussystemen besser ausgenutzt als bei Lösungen ohne Komprimierung.

[0012] „Parallele (De-)Komprimierung“ bedeutet im Rahmen der Erfindung, dass Rechenoperationen zur (De-)Komprimierung parallel, also zeitlich unabhängig (insbesondere zeitgleich oder zeitlich überlappend) zueinander erfolgen können. „Vektorielle (De-)Komprimierung“ bedeutet im Rahmen der Erfindung, dass auf mehreren Datenströmen identische Operationen gleichzeitig ausgeführt werden (SIMD - Single Instruction, Multiple Data). Zum Beispiel kann ein Bild in Zeilen zerlegt werden, wobei jede Zeile als Datenstrom aufgefasst wird. Dann werden N ($N = 4, 8, 16, 32, \dots$) Datenströme mit den gleichen Instruktionen bzw. Folgen von Instruktionen gleichzeitig (de-)komprimiert. Dies ist von Vorteil, da heutige CPUs und GPUs arithmetische und logische Operationen gleichzeitig auf mehreren Datenströmen ausführen können.

[0013] Verfahren zur vektoriellen und parallelen (De-)Komprimierung können auf verschiedenen Prinzipien basieren. Beispielsweise bevorzugt auf dem Prinzip der Asymmetrischen Numerischen Systeme, wie sie weiter unten ausführlicher beschrieben werden.

[0014] Die Daten können nach der Komprimierung ausgegeben werden, weshalb bevorzugt als dritter Verfahrensschritt eine Ausgabe der komprimierten Bilddaten durchgeführt werden kann. Die Daten können aber auch einfach zum Abruf bereitstehen.

[0015] Ein erfindungsgemäßes Dekompressions-Verfahren zum Dekomprimieren von komprimierten Daten einer medizintechnischen Bildaufnahme, welche mittels eines erfindungsgemäßen Kompressions-Verfahrens komprimiert worden sind, umfasst die folgenden Schritte.

- Bereitstellung der komprimierten Daten.

[0016] Die Bereitstellung der komprimierten Daten erfolgt bevorzugt über ein Netzwerk oder einen Datenbus. Die Daten können also auf einem Speichermedium vorliegen und durch ein Netzwerk oder einen Datenbus abgerufen werden.

- Dekomprimieren der Daten.

[0017] Das Dekomprimieren der Daten erfolgt mittels eines parallelen und vektorisierten Dekompressionsalgorithmus. Dieser Algorithmus entspricht im Grunde dem oben beschriebenen Kompressionsalgorithmus, führt nur die umgekehrte Funktion, also eine Dekompression der Daten aus.

[0018] Die Daten können nach der Dekomprimierung ausgegeben werden, weshalb bevorzugt als dritter Verfahrensschritt eine Ausgabe der Bilddaten durchgeführt werden kann. Die Daten können aber auch einfach zum Abruf bereitstehen.

[0019] Die Bilddaten können rekonstruierte Bilddaten sein oder Rohdaten. So ist es theoretisch auch möglich, dass die Rohdaten einer Aufnahmeeinheit vor ihrer Rekonstruktion komprimiert werden, an eine Bildrekonstruktionseinheit gesendet werden, dort dekomprimiert und rekonstruiert werden und die rekonstruierten Bilder ggf. erneut komprimiert werden und dann abgespeichert werden.

[0020] Unabhängig davon, ob es sich um rekonstruierte Bilddaten oder Rohdaten handelt, kann eine erfindungsgemäße Verwendung eines parallelen und vektorisierten Kompressionsalgorithmus zur automatischen Komprimierung und/oder Dekomprimierung von Daten einer medizintechnischen Bildaufnahme, wie erwähnt, zu einer signifikanten Einsparung von Zeit und Speicherplatz führen.

[0021] Eine erfindungsgemäße (De-)Kompressionseinheit zur automatischen Kompression oder Dekompression von Daten einer medizintechnischen Bildaufnahme ist zur Ausführung eines erfindungsgemäßen Kompressions-Verfahrens ausgelegt, beispielsweise dazu programmiert und/oder zur Ausführung eines erfindungs-

gemäß den Dekompressions-Verfahren ausgelegt bzw. dazu programmiert. Ist die Einheit ausschließlich zur Komprimierung gedacht, kann sie auch nur als „Kompressionseinheit“ bezeichnet werden. Ist sie ausschließlich zur Dekomprimierung gedacht, kann sie auch nur als „Dekompressionseinheit“ bezeichnet werden.

[0022] Es wird angemerkt, dass im Folgenden der Ausdruck „ist dazu ausgelegt“ für Elemente, die auch in Form einer Programmierung vorliegen können, insbesondere als „ist dazu programmiert“ verstanden werden kann.

[0023] Eine erfindungsgemäße Steuereinrichtung zur Steuerung eines medizintechnischen bildgebenden Systems umfasst eine erfindungsgemäße Kompressionseinheit. Alternativ oder ergänzend ist diese Steuereinrichtung zur Ausführung eines erfindungsgemäßen Kompressions-Verfahrens und/oder zur Ausführung eines erfindungsgemäßen Dekompressions-Verfahrens ausgelegt.

[0024] Ein erfindungsgemäßes bildgebendes medizinisches System umfasst eine erfindungsgemäße (De-)Kompressionseinheit und/oder eine erfindungsgemäße Steuereinrichtung.

[0025] Ein Großteil der zuvor genannten Komponenten insbesondere die (De-)Komprimierungseinheit, können ganz oder teilweise in Form von Softwaremodulen in einem Prozessor einer entsprechenden Steuereinrichtung oder eines Rechensystems realisiert werden. Eine weitgehend softwaremäßige Realisierung hat den Vorteil, dass auch schon bisher verwendete Steuereinrichtungen bzw. Rechensysteme auf einfache Weise durch ein Software-Update nachgerüstet werden können, um auf die erfindungsgemäße Weise zu arbeiten. Insofern wird die Aufgabe auch durch ein entsprechendes Computerprogrammprodukt mit einem Computerprogramm gelöst, welches direkt in eine Speichereinrichtung einer Steuereinrichtung bzw. eines Rechensystems ladbar ist, mit Programmabschnitten, um alle Schritte der erfindungsgemäßen Verfahren auszuführen, wenn das Programm ausgeführt wird. Ein solches Computerprogrammprodukt kann neben dem Computerprogramm gegebenenfalls zusätzliche Bestandteile wie z. B. eine Dokumentation und/oder zusätzliche Komponenten auch Hardware-Komponenten, wie z.B. Hardware-Schlüssel (Dongles etc.) zur Nutzung der Software, umfassen.

[0026] Zum Transport zur Steuereinrichtung bzw. zur Rechereinheit und/oder zur Speicherung an oder in der Steuereinrichtung bzw. der Rechereinheit kann ein computerlesbares Medium, beispielsweise ein Memorystick, eine Festplatte oder ein sonstiger transportabler oder fest eingebauter Datenträger dienen, auf welchem die von einer Rechereinheit einlesbaren und ausführbaren Programmabschnitte des Computerprogramms gespeichert sind. Die Rechereinheit kann z.B. hierzu einen oder mehrere zusammenarbeitende Mikroprozessoren oder dergleichen aufweisen.

[0027] Weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung, wobei die Ansprüche einer Anspruchskategorie auch analog zu den Ansprüchen und Beschreibungsteilen zu einer anderen Anspruchskategorie weitergebildet sein können und insbesondere auch einzelne Merkmale verschiedener Ausführungsbeispiele bzw. Varianten zu neuen Ausführungsbeispielen bzw. Varianten kombiniert werden können. Insbesondere kann die erfindungsgemäße (De-)Komprimierungseinheit auch analog zu den abhängigen Verfahrensansprüchen oder Beschreibungsteilen weitergebildet sein.

[0028] Bevorzugt wird vor der Komprimierung eine (geeignete) Transformationen der Daten durchgeführt, welche die Entropie der Daten im informationstheoretischen Sinn reduziert. Die Reduktion der Entropie soll im Wesentlichen ohne Verlust von Bildinformation erfolgen. Je nach Fall kann es vorteilhaft sein, eine Entropiereduktion mit kontrolliertem Fehler durchzuführen, d.h. dass bei der Entropiereduktion ein maximaler Fehler, z.B. 2 HU Abweichung pro Pixel, vorgegeben ist und daraufhin die Entropie so weit wie möglich reduziert wird, ohne diese Fehlerschranke zu verletzen.

[0029] Ein bevorzugtes Verfahren um die Entropie zu reduzieren wird im Folgenden beschrieben. Zunächst wird das Volumen in Schnittebenen („Scheiben“) unterteilt. Jede Scheibe ist z.B. ein 2D-Bild mit Abmessungen der Breite w und der Höhe h , d.h. Die Bilddomäne ist $[0..w-1] \times [0..h-1]$. Zudem wird jede Scheibe in quadratische, nicht überlappende Blöcke unterteilt. Die Blöcke haben eine konfigurierbare Breite und Höhe von $d = 2^n$ Voxel mit $n \geq 1$. Beispielsweise kann eine gemeinsame Blockgröße d für alle Scheiben des Volumens verwendet werden.

[0030] Für ein Voxel (x, y) innerhalb eines Blocks (i, j) wird ein Prädiktorwert $P_{x,y}$ wie folgt berechnet:

$$P_{x,y} = (1 - \beta_{i,j} - \gamma_{i,j}) \cdot I_{u-1,v} + \beta_{i,j} \cdot I_{u-1,v-1} + \gamma_{i,j} \cdot I_{u,v-1}, \quad (1)$$

wobei $I_{x,y}$ die Intensität eines Voxels ist und $\beta_{i,j}$ und $\gamma_{i,j}$ Gewichtungsfaktoren sind. Falls die Indizes x, y außerhalb der Bilddomäne liegen, werden sie auf den nächstliegenden Wert in der Bilddomäne gesetzt. Mit dem Prädiktorwert wird der Korrektorwert $C_{x,y}$ berechnet

$$C_{x,y} = I_{x,y} - P_{x,y}, \quad (2)$$

und das Bild mit den Korrektorwerten an den Entropie-Encoder übergeben.

[0031] Auf der Decodierungsseite muss die obige Gleichung wie folgt invertiert werden: Zunächst werden die Voxel in der Abtastlinienordnung verarbeitet und die Intensität $I_{x,y}$ aus dem gegebenen Korrekturwert $C_{x,y}$ und der vorhergesagten Intensität $P_{x,y}$ berechnet.

[0032] Die Berechnungen von $C_{x,y}$ werden bevorzugt im Zahlenformat der Voxel-Intensität durchgeführt, die typischerweise eine vorzeichenlose 16-Bit-Ganzzahl ist. Dies kann zwar zu Überläufen und Unterläufen führen, die das Komprimierungsverhältnis leicht verschlechtern können, aber sie beeinflussen nicht die Korrektheit des Algorithmus.

[0033] Während der Komprimierung werden die Gewichtungsfaktoren $\beta_{i,j}$ und $\gamma_{i,j}$ für jeden Block während der Komprimierung wie folgt berechnet:

$$\begin{bmatrix} \beta_{i,j} \\ \gamma_{i,j} \end{bmatrix} = \arg \min \left\| \sum_{u=i \cdot d}^{\min((i+1)d,w)} \sum_{v=j \cdot d}^{\min((j+1)d,h)} \left(I_{u,v} - (1 - \beta_{i,j} - \gamma_{i,j}) \cdot I_{u-1,v} - \beta_{i,j} \cdot I_{u-1,v-1} - \gamma_{i,j} \cdot I_{u,v-1} \right) \right\|^2. \quad (3)$$

[0034] Dadurch werden die absoluten Werte $C_{x,y}$ gegen Null verschoben. Die obige Gleichung (3) ist ein überbestimmtes lineares Gleichungssystem, das numerisch stabil mit Hilfe der QR-Zerlegung für jeden Block gelöst werden kann. Die Werte $\beta_{i,j}$ und $\gamma_{i,j}$ werden für jeden Block in ein vorbestimmtes Festkommaformat konvertiert.

[0035] Während die obige Minimierung Werte erzeugt, die sich gut komprimieren lassen, erfordert dies eine rechenintensive QR-Zerlegung. Für den Fall, dass ein Benutzer die Komprimierungsgeschwindigkeit gegenüber der Komprimierungsgröße bevorzugt, wird vorgeschlagen, auf die QR-Zerlegung zu verzichten und die Werte $\beta_{i,j} = -1$ und $\gamma_{i,j} = 1$ global zu fixieren.

[0036] Im komprimierten Dateiformat werden die Festkommawerte $\beta_{i,j}$ und $\gamma_{i,j}$ für jeden Block und die entropiekomprimierte Darstellung von $C_{x,y}$ abgespeichert.

[0037] Bevorzugt weisen die Daten Bildinformationen und weitere Informationen auf, wobei die weiteren Informationen insbesondere Dual- oder Multi-Energy-Informationen und/oder physikalische Informationen zur Bildrekonstruktion oder Bildauswertung umfassen. Die weiteren Informationen können beispielsweise Metadaten, Energieinformationen, Kontrastmittelinformationen oder Objektklassifikationen umfassen. Das Merkmal, dass die weiteren Informationen insbesondere Dual- oder Multi-Energy-Informationen umfassen, heißt bevorzugt, dass diese Daten nicht nur Informationen darüber umfassen, dass solche Daten vorliegen, sondern dass die zusätzlichen Informationen zusätzliche Messinformationen dieser Verfahren umfassen, z.B. zusätzliche Bild- oder Absorptionsspektren.

[0038] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform werden die Daten vor der Komprimierung dermaßen angepasst, dass sie dem DICOM-Standard genügen. Entsprechend ist das Dekompressions-Verfahren bevorzugt dazu ausgelegt, dass die Daten dermaßen dekomprimiert werden, dass sie dem DICOM-Standard genügen.

[0039] Vorzugsweise ist das Kompressions-Verfahren und/oder das Dekompressions-Verfahren dazu ausgelegt, auf Mehrkern- Prozessorarchitekturen („Multicore CPUs“) und/oder Vektor-Prozessorarchitekturen, z.B. Manycore, SIMD, GPUs, ausgeführt zu werden.

[0040] Bevorzugt umfasst das Komprimieren der Daten eine Kompression basierend auf dem Prinzip der Asymmetrischen Numerischen Systeme. Bevorzugt umfasst entsprechend das Dekomprimieren der Daten eine Dekompression basierend auf dem Prinzip der Asymmetrischen Numerischen Systeme.

[0041] Ein möglicher Aufbau und die Funktionsweise von Asymmetrischen Numerischen Systemen ist beispielsweise in der Veröffentlichung „Asymmetric numeral systems: entropy coding combining speed of Huffman coding with compression rate of arithmetic coding“ von Jarek Duda (Center for Science of Information, Purdue University, W. Lafayette, IN 47907“oder der darauf aufbauenden Schrift „Interleaved entropy coders“ von Fabian Giesen (arXiv:1402.3392v1 [cs.IT] 14 Feb 2014) beschrieben, deren Offenbarungen vollumfänglich in diese Beschreibung aufgenommen werden.

[0042] Betrachtet man das oben ausgeführte Beispiel zur Verringerung der Entropie und der dazu erläuterten numerischen Größen ist es bevorzugt, dass im Rahmen einer ANS-Kompression ein Histogramm der Werte $C_{x,y}$ abgespeichert vorliegt, die z.B. als 16-Bit-Ganzzahlen dargestellt werden. Dieses Histogramm könnte beispielsweise 2^{16} Einträge enthalten, was die zwei Hauptnachteile hat, dass es eine beträchtliche Menge an Speicher erfordert, und sich die ANS-Leistung bei großen Histogrammen verschlechtert.

[0043] Vorteilhaft ist diesbezüglich die folgende Vorgehensweise: Anstatt die Zahlen im Zweierkomplement darzustellen, ist eine sogenannte „Swizzle-Transformation“ S bevorzugt. Diese Swizzle-Transformation führt die folgende Abbildung durch:

$$0 \mapsto 0, -1 \mapsto 1, 1 \mapsto 2, -2 \mapsto 3, 2 \mapsto 4, \dots \quad (4)$$

[0044] Diese Zuordnung stellt sicher, dass kleine absolute Werte auf kleine ganzzahlige Werte abgebildet werden. Es ist dabei bevorzugt, dass die Swizzle-Transformation S und ihre inverse Operation „Deswizzle“ (ausschließlich) mit schnellen Bit-Operationen durchgeführt werden. Unter Verwendung dieser Vorgehensweise werden die Werte von $S(C_{x,y})$ in zwei 8-Bit-Ströme aufgeteilt. Im Fall $S(C_{x,y}) < 255$ wird $S(C_{x,y})$ direkt in einem Low-Byte-Strom gespeichert. Im anderen Fall $S(C_{x,y}) \geq 255$, wird eine 255 im Low-Byte-Strom abgespeichert gefolgt von dem Low-Byte von $S(C_{x,y})$. Im zweiten Strom, dem High-Byte-Strom, wird das High-Byte von $S(C_{x,y})$ abgespeichert.

[0045] Die inverse Operation einer solchen Aufteilung (engl.: „Split“) wird als Zusammenführung (engl.: „Merge“) bezeichnet. Dabei werden Low- und High-Byte-Strom mit zwei verschiedenen ANS-Kontexten codiert. Jeder Kontext benötigt dann lediglich ein 8-Bit-Histogramm, was sowohl für die Speicheranforderungen als auch für die ANS-Komprimierungs- und - Dekompressionsgeschwindigkeit von Vorteil ist.

Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Dabei sind in den verschiedenen Figuren gleiche Komponenten mit identischen Bezugsziffern versehen. Die Figuren sind in der Regel nicht maßstäblich. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Übertragung medizinischer Bilddaten gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Übertragung medizinischer Bilddaten mit der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines bevorzugten Kompressions-Verfahrens auf einer parallelen Recheneinheit,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines bevorzugten Dekompressions-Verfahrens auf einer parallelen Recheneinheit,

Fig. 5 eine grob schematische Darstellung eines medizintechnischen bildgebenden Systems mit einem Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Steuereinrichtung und erfindungsgemäßen (De-)Kompressionseinheiten.

[0046] Bei den folgenden Erläuterungen wird davon ausgegangen, dass es sich bei den medizintechnischen Bilddaten um Aufnahmen eines Computertomographiesystems handelt. Grundsätzlich ist das Verfahren aber auch für medizintechnische Bilddaten anderer bildgebender Anlagen einsetzbar.

[0047] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer Übertragung medizinischer Bilddaten B gemäß dem Stand der Technik wie sie in der Praxis ablaufen könnte. Die Bilddaten B werden zunächst von einem medizintechnischen bildgebenden System **1** aufgenommen. Nach der Aufnahme, der ggf. eine Bildrekonstruktion

folgt, werden die Bilddaten B an eine Rechenvorrichtung **8** gesendet, auf der die Bilddaten B von einem Befunder z.B. angesehen werden können. Diese Übertragung kann z.B. über einen Datenbus **21** erfolgen, wie er in **Fig. 5** schematisch gezeigt ist. Zusätzlich werden die Bilddaten B in diesem Beispiel zur dauerhaften Aufbewahrung an eine medizinische Speichervorrichtung **9** gesendet, was ebenfalls über den Datenbus **21** erfolgen kann. Die Bilddaten sind in diesem Beispiel unkomprimiert und die Datenübertragung und die Speicherung dementsprechend aufwändig.

[0048] Die Rechenvorrichtung **8** kann aber auch zur Rekonstruktion oder Aufbereitung der Bilddaten B verwendet werden. In diesem Falle wären die Bilddaten B neben dem medizintechnischen bildgebenden System **1** Rohdaten RD, die an die Rechenvorrichtung **8** gesendet werden, und dort bearbeitet werden. Die rekonstruierten Bildaufnahmen B werden dann zunächst in der Speichervorrichtung **9** abgespeichert und stehen zur weiteren Befundung bereit.

[0049] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung einer Übertragung medizinischer Bilddaten mit der vorliegenden Erfindung. Die Bilddaten B werden auch hier zunächst von einem medizintechnischen bildgebenden System **1** aufgenommen und ggf. rekonstruiert. Nach der Aufnahme werden die Bilddaten **1** gemäß dem erfindungsgemäßen Kompressions-Verfahren komprimiert und erst danach als komprimiertes Datenpaket KD, oder ggf. als eine Gruppe von komprimierten Datenpaketen KD, an die Rechenvorrichtung **7** gesendet. Bevor die Bilddaten B dort von einem Befunder angesehen werden können, wird das komprimierte Datenpaket KD nach einem erfindungsgemäßen Dekompressions-Verfahren dekomprimiert. Daraufhin wird das komprimierte Datenpaket KD in der medizinischen Speichervorrichtung **8** im komprimierten Zustand abgespeichert. Aufgrund der Parallelisierung und Vektorisierung kann die (De-)Komprimierung schritthaltend mit dem Versenden bzw. Speichern der Bilddaten erfolgen. Das heißt, dass während des Versendens bzw. Speicherns eines komprimierten Bildes bereits das nächste Bild komprimiert wird. Durch die parallele Ausführung von Komprimierung und Versenden bzw. Speichern durch zwei unabhängige Einheiten, z.B. CPU und Netzwerkbus/Festplatte, kann insgesamt eine Zeitersparnis erzielt werden, da die komprimierten Daten schneller übertragen bzw. gespeichert werden können als die unkomprimierten Bilder.

Auch hier könnte die Rechenvorrichtung **8** aber auch zur Rekonstruktion oder Aufbereitung der Bilddaten B verwendet werden, z.B. wenn rechenintensive Algorithmen angewendet werden müssen. In diesem Falle wären die Bilddaten B neben dem medizintechnischen bildgebenden System **1** Rohdaten RD, die als komprimiertes Datenpaket KD an die Rechenvorrichtung **8** gesendet werden, und dort dekomprimiert und bearbeitet werden. Nach der Bearbeitung würden die bearbeiteten Bildaufnahmen B wieder komprimiert werden (nicht dargestellt) und dann in der Speichervorrichtung **9** abgespeichert werden, wo sie für eine weitere Befundung bereitstehen.

[0050] **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung eines bevorzugten Kompressions-Verfahrens auf einer parallelen Recheneinheit. Einzelbilder EB der Bildaufnahme B werden in Schritt I zur Komprimierung bereitgestellt. In Schritt II erfolgt ein Komprimieren der Daten der Einzelbilder EB mittels mindestens zweier Prozessorkerne PK eines Prozessors P, von denen hier der Einfachheit halber nur zwei dargestellt sind. Derzeit existieren Prozessoren mit weitaus mehr als zwei Prozessorkernen PK. Jeder verfügbare Prozessorkern KB kann dabei zur parallelen Komprimierung der Daten verwendet werden. Die parallel komprimierten Daten werden in Schritt III in Form eines komprimierten Datenpakets KD ausgegeben.

[0051] **Fig. 4** zeigt eine schematische Darstellung eines bevorzugten Dekompressions-Verfahrens auf einer parallelen Recheneinheit. Einzelbilder EB des komprimierten Datenpakets KD werden in Schritt I zur Dekomprimierung bereitgestellt. In Schritt IIa erfolgt ein Dekomprimieren der Daten der Einzelbilder EB mittels mindestens zweier Prozessorkerne PK eines Prozessors P, von denen auch hier der Einfachheit halber wieder nur zwei dargestellt sind. Auch hier kann in der Praxis jeder verfügbare Prozessorkern KB verwendet werden. Die parallel dekomprimierten Daten werden in Schritt IIIa in Form einer unkomprimierten Bildaufnahme B ausgegeben.

[0052] **Fig. 5** zeigt grob schematisch ein Computertomographiesystem **1** mit einer Steuereinrichtung **10**, welches für eine Komprimierung und Dekomprimierung von Bilddaten ausgestaltet ist.

[0053] Das Computertomographiesystem **1** (CT) weist in üblicher Weise einen Scanner **2** mit einer Gantry auf, in der eine Röntgenquelle **3** rotiert, die einen Patienten durchstrahlt, welcher mittels einer Liege **5** in einen Messraum der Gantry hineingeschoben wird, so dass die Strahlung auf einen der Röntgenquelle **3** jeweils gegenüberliegenden Detektor **4** trifft. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 5** nur um ein Beispiel eines CTs handelt und die Erfindung auch an beliebigen anderen medizintechnischen bildgebenden Systemen genutzt werden kann.

[0054] Ebenso sind bei der Steuereinrichtung **10** nur die Komponenten dargestellt, die für die Erläuterung der Erfindung wesentlich oder für das Verständnis hilfreich sind. Grundsätzlich sind derartige CT-Systeme und zugehörige Steuereinrichtungen dem Fachmann bekannt und brauchen daher nicht im Detail erläutert zu werden. Ebenso kann die Erfindung auch an beliebigen anderen medizintechnischen bildgebenden Systemen genutzt werden.

[0055] Eine Kernkomponente der Steuereinrichtung **10** ist hier ein Prozessor **11**, auf dem verschiedene Komponenten in Form von Softwaremodulen realisiert sind. Die Steuereinrichtung **10** weist weiterhin eine Terminalschnittstelle **14** auf, an die ein Terminal **20** angeschlossen ist, über das ein Bediener die Steuereinrichtung **10** und somit das Computertomographiesystem **1** bedienen kann. Eine weitere Schnittstelle **15** ist eine Netzwerkschnittstelle zum Anschluss an einen Datenbus **21**, um so eine Verbindung zu einem RIS bzw. PACS herzustellen (RIS: Radiologieinformationssystem; PACS: Picture Archiving and Communication System = Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem). Über diesen Bus **21** können beispielsweise Bilddaten von Bildaufnahmen weitergesendet oder Daten (beispielsweise Referenzaufnahme-Sätze) übernommen werden.

[0056] Über eine Steuerschnittstelle **13** kann von der Steuereinrichtung **10** der Scanner **2** angesteuert werden, d. h. es werden z. B. die Rotationsgeschwindigkeit der Gantry, die Verschiebung der Patientenliege **5** und die Röntgenquelle **3** selbst gesteuert. Über eine Akquisitionsschnittstelle **12** werden die Rohdaten RD aus dem Detektor **4** ausgelesen.

[0057] Des Weiteren weist die Steuereinrichtung **10** eine Speichereinheit **16** auf, in der z.B. Steuerdatensätze hinterlegt sind.

[0058] Eine Komponente auf dem Prozessor **11** ist eine Bilddaten-Rekonstruktionseinheit **18**, mit welcher aus den über die Datenakquisitions-Schnittstelle **12** erhaltenen Rohdaten **RD** die gewünschten Bilddaten **B** der Bildaufnahmen **B** eines Objekts **O** rekonstruiert werden.

[0059] In diesem Beispiel werden Rohdaten nach der Aufnahme mit einer Kompressionseinheit **6** komprimiert, und in diesem komprimierten Zustand zur Bildrekonstruktionseinheit **18** gesendet. Auf dem Prozessor **11** werden die komprimierten Rohdaten zunächst mit einer Dekompressionseinheit **7** dekomprimiert, mittels der Bildrekonstruktionseinheit **18** rekonstruiert und danach erneut mit einer weiteren Kompressionseinheit **6'** komprimiert, um über den Datenbus an eine Speichereinrichtung oder eine Einrichtung zur Weiterverarbeitung gesendet zu werden. Die beiden Kompressionseinheiten **6** und **6'** können identisch aber auch unterschiedlich aufgebaut sein.

[0060] Die hier dargestellte Komprimierung/Dekomprimierung der Rohdaten **RD** bietet sich an, wenn die Rohdaten über ein Netzwerk an die Bildrekonstruktionseinheit **18** gesendet werden. Auf eine solche Komprimierung/Dekomprimierung kann aber verzichtet werden, wenn die Übertragung der Rohdaten **RD** zur Bildrekonstruktionseinheit **18** bezüglich der übertragenen Datenmenge unkritisch ist (z.B. auf einem systeminternen Datenbus verläuft) .

[0061] Es wird abschließend noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den vorhergehend detailliert beschriebenen Verfahren sowie bei den dargestellten Vorrichtungen lediglich um Ausführungsbeispiele handelt, welche vom Fachmann in verschiedenster Weise modifiziert werden können, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Weiterhin schließt die Verwendung der unbestimmten Artikel „ein“ bzw. „eine“ nicht aus, dass die betreffenden Merkmale auch mehrfach vorhanden sein können. Ebenso schließen die Begriffe „Einheit“ und „Modul“ nicht aus, dass die betreffenden Komponenten aus mehreren zusammenwirkenden Teil-Komponenten bestehen, die gegebenenfalls auch räumlich verteilt sein können.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- „Asymmetric numeral systems: entropy coding combining speed of Huffman coding with compression rate of arithmetic coding“ von Jarek Duda (Center for Science of Information, Purdue University, W. Lafayette, IN 47907“ [0041]
- „Interleaved entropy coders“ von Fabian Giesen (arXiv:1402.3392v1 [cs.IT] 14 Feb 2014) [0041]

Patentansprüche

1. Kompressions-Verfahren zum Komprimieren von Daten (D) einer medizintechnischen Bildaufnahme (B), umfassend die Schritte:
 - Bereitstellung der Daten (D) der medizintechnischen Bildaufnahme (B),
 - Komprimieren der Daten mittels eines parallelen und vektorisierten Kompressionsalgorithmus.
2. Kompressions-Verfahren nach Anspruch 1, wobei vor der Komprimierung Transformationen der Daten (D) durchgeführt werden, welche die Entropie der Daten (D) im informationstheoretischen Sinn reduziert, wobei bevorzugt vor der Komprimierung eine Fehlerkorrektur der Daten vorgenommen wird.
3. Kompressions-Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Daten (D) Bildinformationen und weitere Informationen aufweisen, wobei die weiteren Informationen insbesondere Dual- oder Multi-Energy-Informationen und/oder physikalische Informationen zur Bildrekonstruktion oder Bildauswertung umfassen.
4. Kompressions-Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Daten (D) vor der Komprimierung dermaßen angepasst werden, dass sie dem DICOM-Standard genügen.
5. Kompressions-Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, welches dazu ausgelegt ist, auf Mehrkern- sowie Vektor-Prozessorarchitekturen ausgeführt zu werden.
6. Kompressions-Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Komprimieren der Daten eine Kompression basierend auf dem Prinzip der Asymmetrischen Numerischen Systeme umfasst.
7. Dekompressions-Verfahren zum Dekomprimieren von komprimierten Daten (D) einer medizintechnischen Bildaufnahme (B), umfassend die Schritte:
 - Bereitstellung der komprimierten Daten (D)
 - Dekomprimieren der Daten mittels eines parallelen und vektorisierten Dekompressionsalgorithmus.
8. Dekompressions-Verfahren nach Anspruch 7, welches dazu ausgelegt ist, auf Mehrkern- sowie Vektor-Prozessorarchitekturen ausgeführt zu werden.
9. Dekompressions-Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 8, wobei die Daten (D) dermaßen dekomprimiert werden, dass sie dem DICOM-Standard genügen.
10. Dekompressions-Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei das Dekomprimieren der Daten eine Dekompression basierend auf dem Prinzip der Asymmetrischen Numerischen Systeme umfasst.
11. (De-)Kompressionseinheit (6, 7) zur automatischen Komprimierung und/oder Dekomprimierung von Daten (D) einer medizintechnischen Bildaufnahme (B), welche zur Ausführung eines Kompressions-Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgelegt ist und/oder welche zur Ausführung eines Dekompressions-Verfahrens nach einem der Ansprüche 7 bis 10 ausgelegt ist.
12. Steuereinrichtung (10) zur Steuerung eines medizintechnischen bildgebenden Systems (1), welche eine (De-) Kompressionseinheit (6, 7) nach Anspruch 11 umfasst und/oder zur Ausführung des Kompressions-Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und/oder des Dekompressions-Verfahrens nach einem der Ansprüche 7 bis 10 ausgelegt ist.
13. Bildgebendes medizinisches System (1) umfassend eine (De-)Kompressionseinheit (6, 7) nach Anspruch 11 und/oder eine Steuereinrichtung (10) nach Anspruch 12.
14. Computerprogrammprodukt mit einem Computerprogramm, welches direkt in eine Speichereinrichtung eines Rechensystems (10) oder einer Steuereinrichtung (10) eines medizintechnischen bildgebenden Systems (1) ladbar ist, mit Programmabschnitten, um alle Schritte des Kompressions-Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und/oder des Dekompressions-Verfahrens nach einem der Ansprüche 7 bis 10 auszuführen, wenn das Computerprogramm in dem Rechensystem (10) oder der Steuereinrichtung (10) ausgeführt wird.
15. Computerlesbares Medium, auf welchem von einer Rechereinheit einlesbare und ausführbare Programmabschnitte gespeichert sind, um alle Schritte eines Kompressions-Verfahrens nach einem der Ansprüche

che 1 bis 6 und/oder des Dekompressions-Verfahrens nach einem der Ansprüche 7 bis 10 auszuführen, wenn die Programmabschnitte von der Rechereinheit ausgeführt werden.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

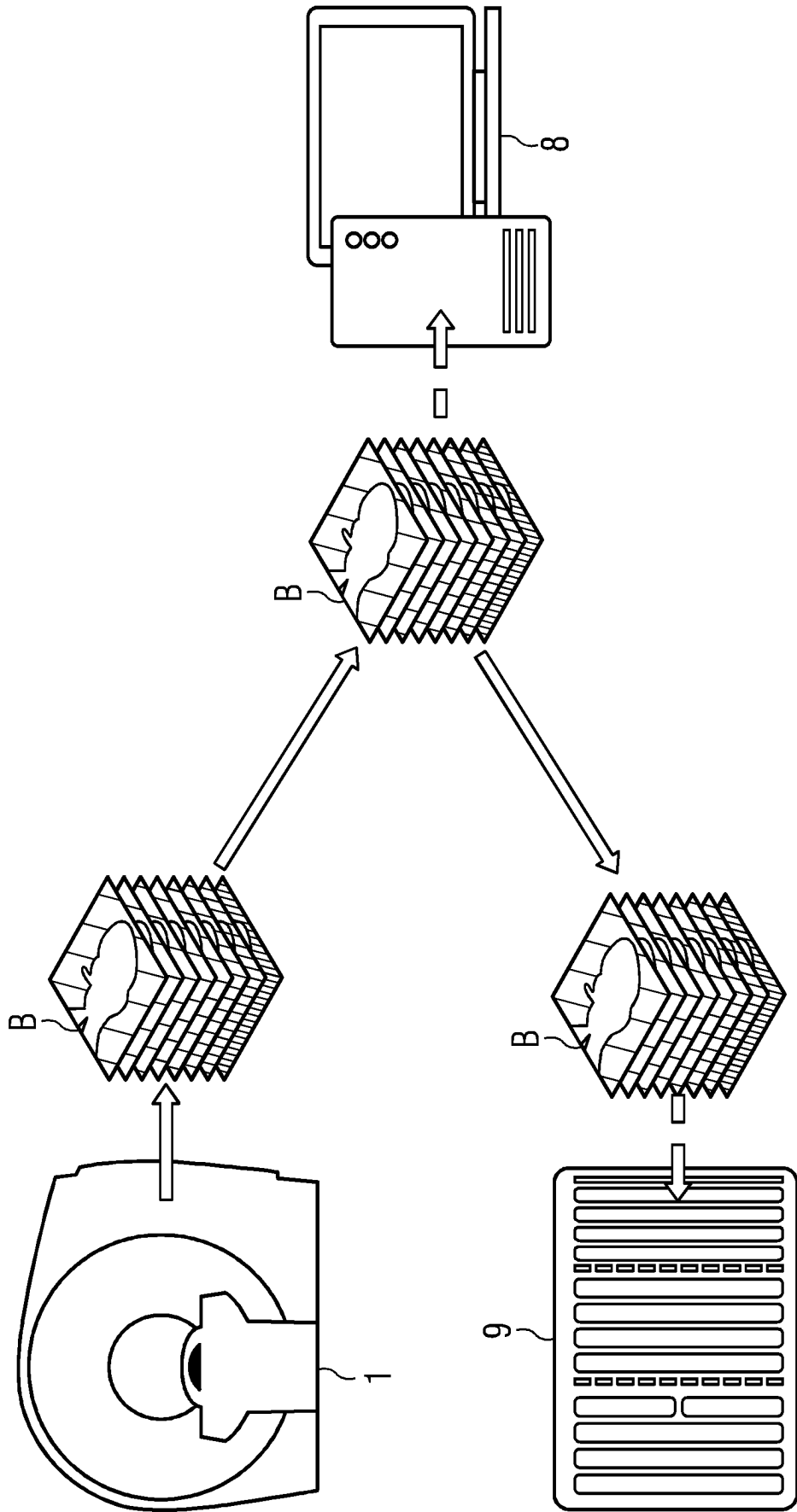
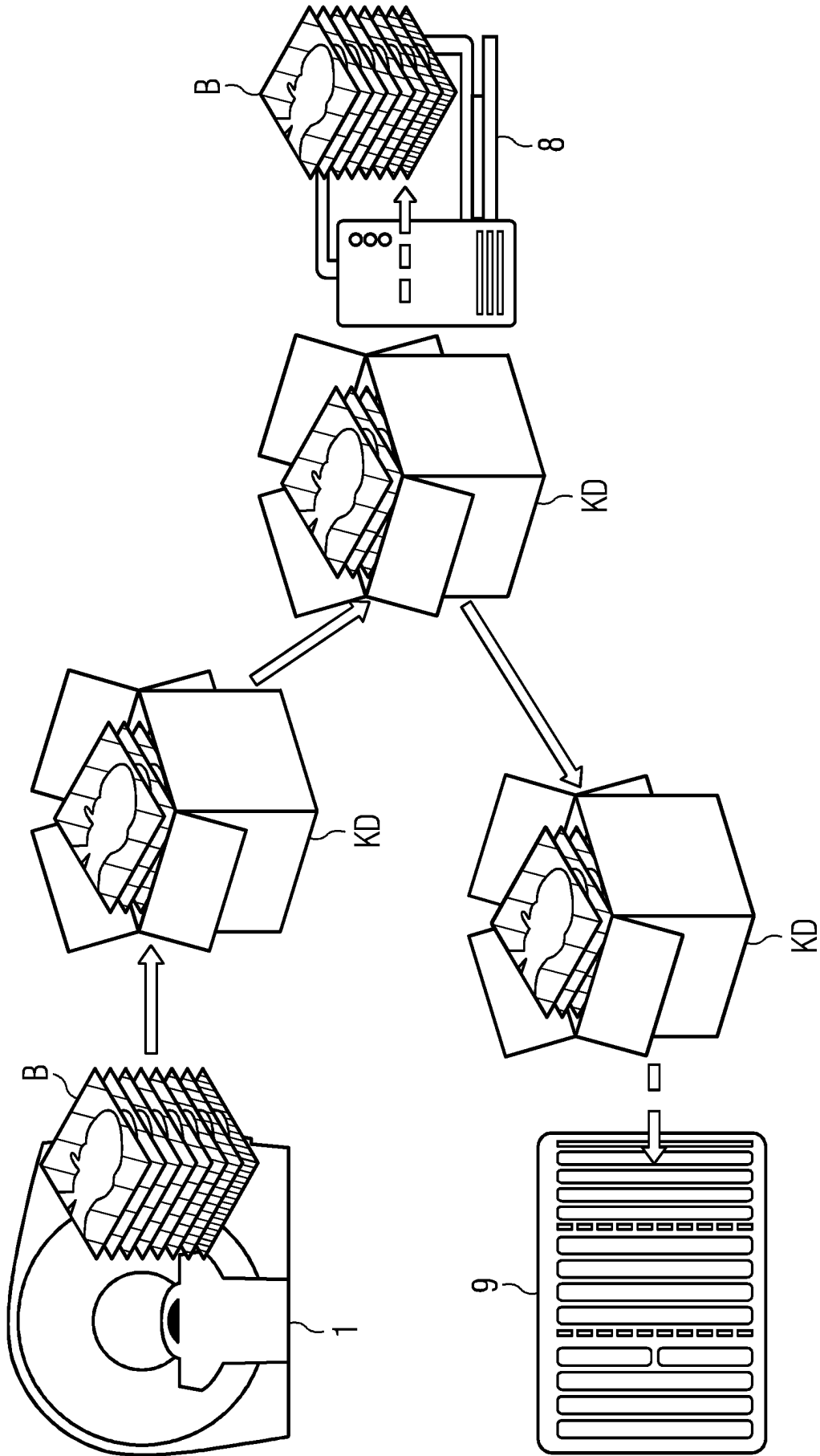


FIG 1 Stand der Technik

FIG 2



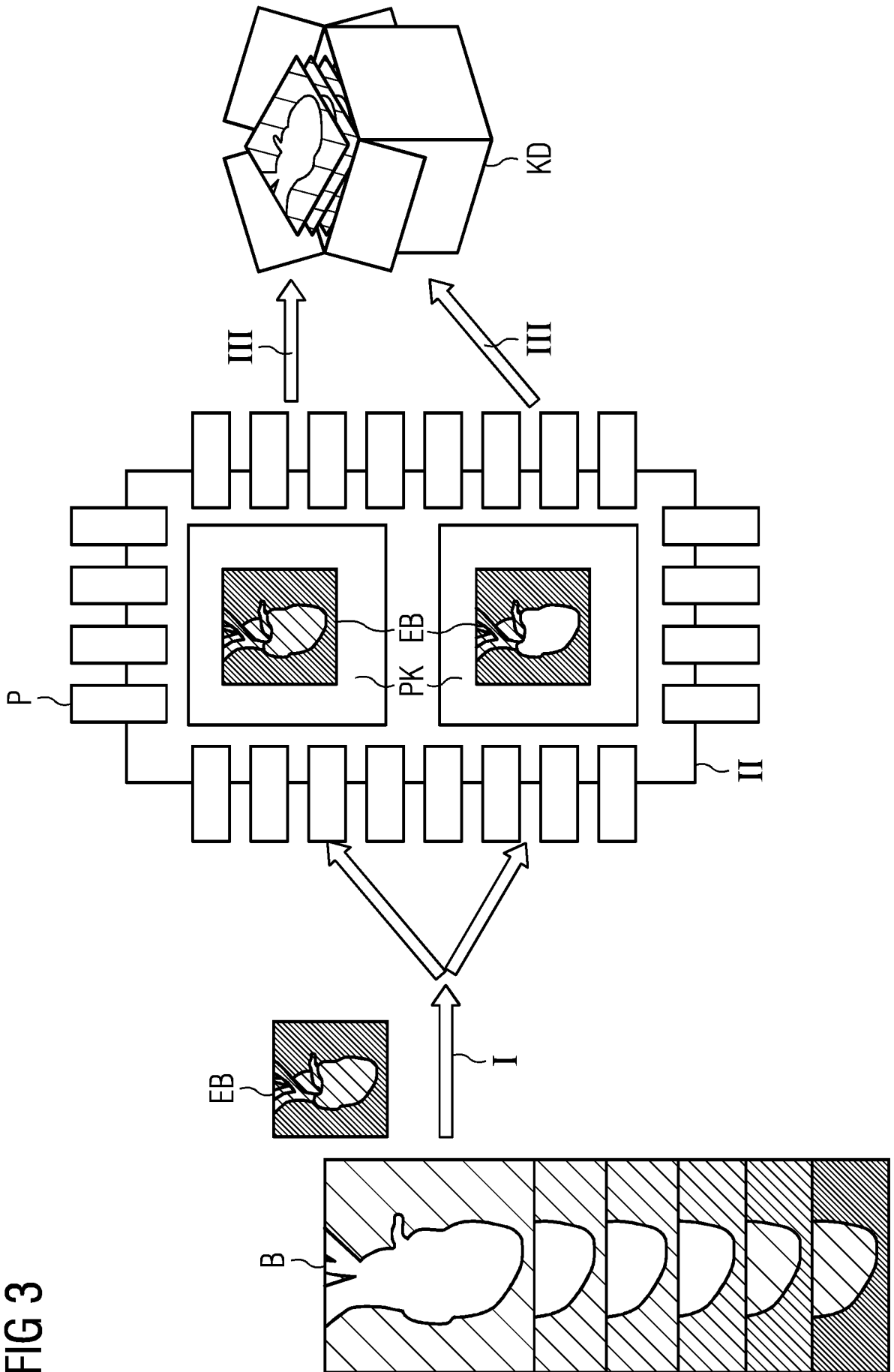


FIG 3

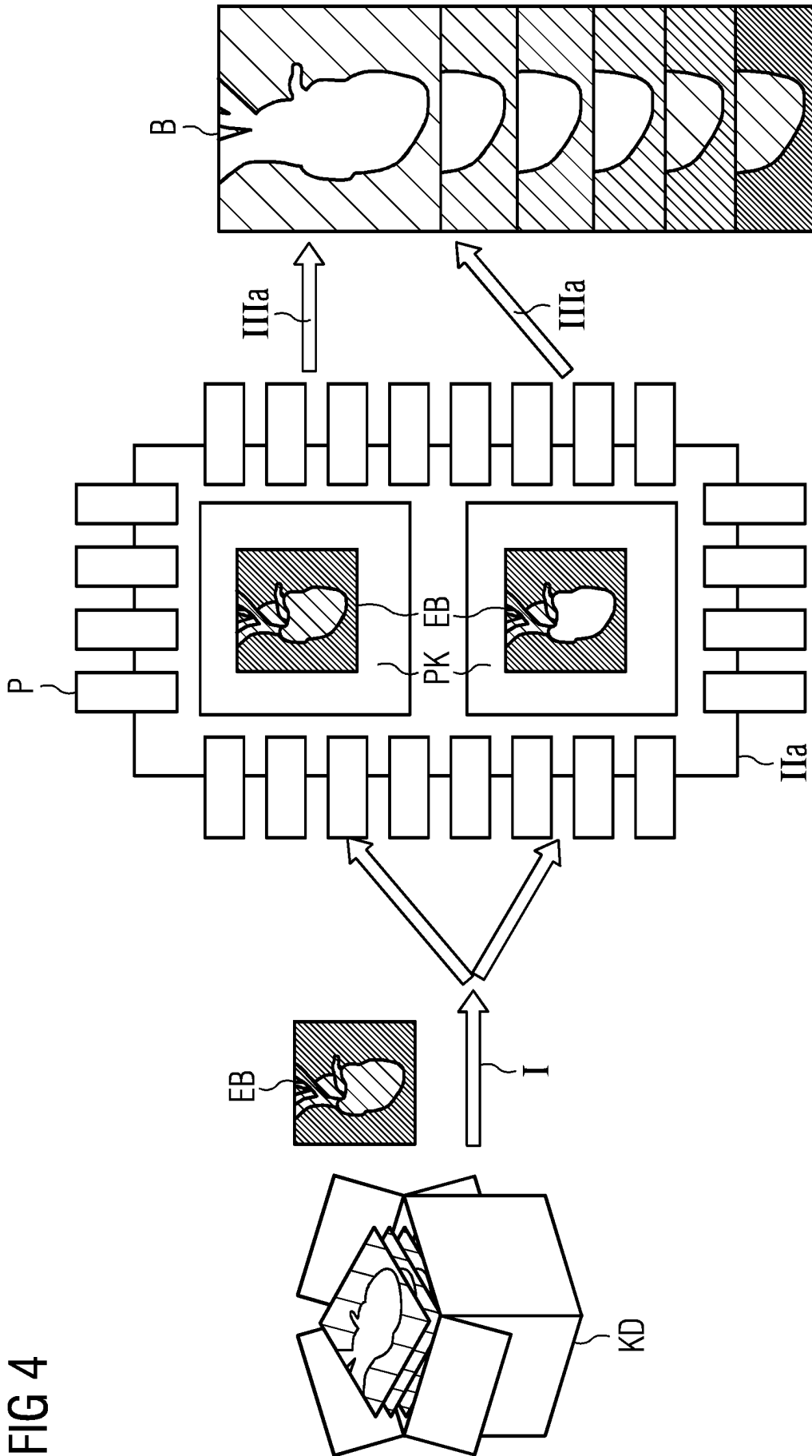


FIG 4

