(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 004 471 B4** 2010.05.20

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2005 004 471.9**
(22) Anmeldetag: **31.01.2005**
(43) Offenlegungstag: **03.08.2006**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **20.05.2010**

(51) Int Cl.[8]: ***H04N 7/26*** (2006.01)
G06F 19/00 (2006.01)
H04N 7/50 (2006.01)
A61B 6/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

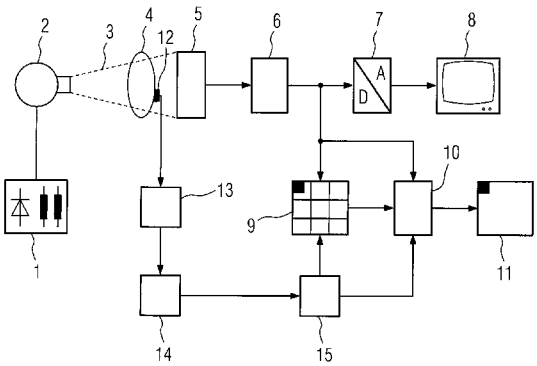
(72) Erfinder:
Eckert, Wieland, Dr., 90765 Fürth, DE; Fischer, Frank, 91186 Büchenbach, DE; Hornegger, Joachim, Prof. Dr., 91090 Effeltrich, DE; Kaup, André, Prof. Dr., 91090 Effeltrich, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	**199 05 047**	**A1**
DE	**101 50 364**	**A1**
DE	**38 14 089**	**A1**
DE	**31 24 583**	**A1**
EP	**01 93 712**	**A1**
US	**2002/00 90 140**	**A1**
US	**47 09 385**	
US	**44 33 428**	

(54) Bezeichnung: **Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung mit einer Vorrichtung zur Komprimierung von Bilddaten**

(57) Hauptanspruch: Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung mit einer Erzeugungsvorrichtung (5) für fortlaufende Bilddaten aufeinander folgender Untersuchungsbilder, mit einer Codierungsvorrichtung (9, 10) der Bilddaten zur Komprimierung nach dem Verfahren der Prädiktion, mit einer Auswertevorrichtung (12 bis 15) von physiologischen, periodischen Daten zur Bestimmung deren Wiederholrate und mit einer Speichervorrichtung (11) für die komprimierten Bilddaten, wobei die Codierungsvorrichtung (9, 10) mit der Auswertevorrichtung (12 bis 15) verbunden ist, die diese derart steuert, dass die Prädiktion sich dadurch dynamisch an die Periodenlänge der physiologischen Daten anpasst, dass
– die Auswertevorrichtung (12 bis 15) die Periodenlänge eines Herzzyklus ermittelt,
– die Codierungsvorrichtung (9, 10) die Prädiktion eines Frames einer Herzschlag-Periode in Abhängigkeit des Frames berechnet, der genau eine Herzschlag-Periode vorher aufgenommen wurde,
– die Codierungsvorrichtung (9, 10) die Differenz der Frames aufeinanderfolgender Herzschlag-Perioden durch die Codierungsvorrichtung (9, 10) ermittelt und
– die Differenz als codierter Frame in der Speichervorrichtung (11) zur Langzeitspeicherung eingelesen...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung mit einer Erzeugungsvorrichtung für fortlaufende Bilddaten aufeinander folgender Untersuchungsbilder, mit einer Auswertevorrichtung von physiologischen, periodischen Daten und mit einer Speichervorrichtung für die Bilddaten.

[0002] In der US 4,709,385 ist eine derartige Röntgendiagnostikeinrichtung beschrieben, bei der in einen Bildspeicher Bilder eines vollständigen Herzzyklus EKG-gesteuert als Maskenszene eingelesen werden. Dadurch lässt sich im Durchleuchtungsbetrieb zum aktuellen Videosignal das zu gleicher Herzphase gehörende, gespeicherte Videosignal des Gefäßsystems überlagern. Eine solche Vorrichtung wird in der Pfadfindertechnik (Road Map) eingesetzt.

[0003] In der Kardiologie wird häufig das schlagende Herz mittels Röntgenstrahlung abgebildet und in elektronischer Form als Bildsequenz gespeichert. Die anfallenden Datenmengen können dabei sehr groß werden. Bei einer durchaus üblichen Ortsauflösung von 1024 × 1024 Bildpunkten und einer Bittiefe von 12 Bits – entsprechend einer Auflösung der Helligkeit in 4096 Graustufen – werden für jedes Bild mindestens 1,5 MB benötigt. Bei einer Bildwiederholfrequenz von bis zu 30 Bildern pro Sekunde in der Kardiologie, oder von bis zu 60 Bildern pro Sekunde in der Kinderkardiologie, und einer Aufnahmedauer von 10 s für eine Sequenz erhält man sehr schnell ein Datenvolumen von 450 MB bzw. 900 MB. Solange diese Datenmenge als „flüchtig" angesehen werden kann, also nur auf der Röntgenanlage selbst zwischengespeichert wird, kann das Volumen mit der derzeitigen Technologie noch gehandhabt werden. Sobald jedoch die Langzeitspeicherung und -archivierung für 20 Jahre oder länger angedacht wird, ergeben sich schnell logistische Probleme, die durch das Volumen der kardiologischen Aufnahmen bedingt sind.

[0004] In der Bildverarbeitung sind Verfahren zur Kompression von Bildern bekannt und weit verbreitet. Dabei ist zwischen „verlustfreier" und „verlustbehafteter" Kompression zu unterscheiden. Bei verlustfreier Kompression ist aus dem komprimierten Material jederzeit die vollständige, bit-identische Bildinformation wieder herstellbar, während bei verlustbehafteter Kompression nur ein annähernd gleiches Bild rekonstruiert werden kann. Zur Verarbeitung und zum Transport medizinischer Bilder ist der Standard „DICOM" sehr weit verbreitet und von den führenden Herstellern von bildgebenden Medizinprodukten akzeptiert, auch in der Übertragung und Speicherung kardiologischer Bildsequenzen. Der DICOM-Standard erlaubt neben der Codierung im Originalformat und der damit verbundenen hohen Datenvolumina auch eine verlustfreie Kompression im Verfahren „JPEG lossless". Dieses Verfahren komprimiert jedes einzelne Bild der Sequenz für sich alleine. Im typischen Einsatz erreicht „JPEG lossless" eine Kompressionsrate von 2:1 bis 3:1, die komprimierten Datensätze benötigen also weniger als die Hälfte des ursprünglichen Platzbedarfs. Verlustbehaftete Kompressionsverfahren sind aus regulatorischen Gründen für den Einsatz auf medizinischem Bildmaterial derzeit noch nicht zugelassen. Es ist zu erwarten, dass in nächster Zukunft auch bestimmte verlustbehaftete Verfahren zugelassen werden.

[0005] Ein weiterer Ansatz ist die Aufzeichnung der Durchleuchtungs- oder Aufnahmesequenzen mit einem konventionellen Videorekorder, traditionell durch die analoge Aufzeichnung eines PAL- oder NTSC-gewandelten und unterabgetasteten Bildsignals. Bei diesem Verfahren ist bereits eine Reduktion der Qualität akzeptiert und eine bit-genaue Reproduktion des Ausgangsmaterials ist nicht mehr möglich. Die digitale Aufzeichnung mit reproduzierbarem Ergebnis ist daher der analogen Aufzeichnung vorzuziehen.

[0006] Traditionell wird eine Videosequenz in einzelne „Frames" unterteilt, wobei jedes Frame die eigentliche Bildinformation für einen bestimmten Zeitpunkt enthält. Die Aneinanderreihung der Frames und das Abspielen mit einer bestimmten, vorgegebenen oder dynamischen Frame-Rate erzeugen im Auge den Eindruck eines bewegten Bildes. Die Codierung von Frames kann nun auf unterschiedliche Weise erfolgen. Im einfachsten Fall wird für jedes Frame die vollständige Bildinformation abgespeichert, d. h. jedes Frame für sich alleine kann dargestellt werden. Diese Art der Codierung ist relativ speicheraufwändig. Bei bewegten Bildern stellt man schnell fest, dass zwischen einem Frame und dem direkten Folgeframe nur relativ geringe Unterschiede bestehen. Indem nun lediglich diese Differenzinformation abgespeichert wird, kann die Datenrate erheblich reduziert werden, ohne aber Information zu verlieren. So werden zum Beispiel in den standardisierten „MPEG"-Verfahren neben den I-Frames (intra-coded), die die vollständige Bildinformation enthalten, auch P-Frames verwendet (predicted Frame, inter-coded), bei denen lediglich Differenzinformationen enthalten sind, so dass die vollständige Bildinformation nur zusammen mit I-Frame rekonstruiert werden kann. Diese Methodik wird allgemein in der Filmindustrie eingesetzt. In der weithin verwendeten Codierung von Spielfilmen mittels MPEG werden in vordefinierten, regelmäßigen Abständen I-Frames benutzt, wie dies der Fig. 1 zu entnehmen ist. Zwischen den I-Frames werden die wesentlich platzsparenderen P-Frames oder auch, wie in Fig. 2 dargestellt, B-Frames mit bidirektionaler Prädiktion verwendet.

[0007] In der DE 38 14 089 A1 ist ein Röntgensystem beschrieben, bei dem Reiheneinzelbilder in Bild-

speichern gespeichert werden, wobei ein Intervall zwischen R-Wellen des Elektrokardiogrammsignals eines Untersuchungsobjekts durch einen Phasendetektor erfasst wird. Bei dieser Anordnung kann jedes ausgelesene Reiheneinzelbild mittels eines Fernseh-Monitors in der gleichen Periode wiedergegeben werden.

[0008] Die DE 101 50 364 A1 betrifft ein Verfahren zur Codierung physiologischer Daten, während die vorliegende Patentanmeldung die Codierung von Bilddaten betrifft. Die Codierung erfolgt dabei gemäß einer MPEG-Codierung.

[0009] Aus der US 2002/0090140 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur klinisch adaptierten Kompression von Bilddaten bekannt, wobei eine Differenzkodierung aufeinander folgender Bilder oder bezüglich eines Referenzbildes besonders vorteilhaft ist, da bei klinischen Diagnostikeinrichtungen die Bilder einer Folge stark korrelieren.

[0010] Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, ein medizinisches bildgebendes System sowie ein Verfahren der eingangs genannten Art derart auszubilden, dass eine optimale Prädiktion zur Komprimierung erfolgt.

[0011] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß für das System dadurch gelöst, dass die Auswertevorrichtung von physiologischen, periodischen Daten deren Wiederholrate bestimmt, wobei das bildgebende System eine Codierungsvorrichtung der Bilddaten zur Komprimierung nach dem Verfahren der Prädiktion aufweist und die Codierungsvorrichtung mit der Auswertevorrichtung verbunden ist, die diese derart steuert, dass die Prädiktion sich dadurch dynamisch an die Periodenlänge der physiologischen Daten anpasst, dass die Auswertevorrichtung die Periodenlänge eines Herzzyklus ermittelt, die Codierungsvorrichtung die Prädiktion eines Frames einer Herzschlag-Periode in Abhängigkeit des Frames berechnet, der genau eine Herzschlag-Periode vorher aufgenommen wurde, die Codierungsvorrichtung die Differenz der Frames aufeinanderfolgender Herzschlag-Perioden durch die Codierungsvorrichtung ermittelt und die Differenz als codierter Frame in der Speichervorrichtung zur Langzeitspeicherung eingelesen wird. Durch die Nutzung der Information beispielsweise aus dem EKG-Signal zur Kompression des Ausgangsmaterials erhält man eine dynamische Frame-Rate sowie die Möglichkeit, die Abhängigkeiten der Prädiktion derart zu steuern, dass sich ein minimaler Speicherbedarf ohne Datenverlust ergibt.

[0012] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Auswertevorrichtung derart umschaltet, dass die Codierungsvorrichtung die Bilder

- in einer ersten Betriebsart innerhalb der ersten Perioden der physiologischen Daten mittels einer Prädiktion des nachfolgenden Frames ausgehend von dem unmittelbar vorausgegangenen Frame und
- in einer zweiten Betriebsart innerhalb der folgenden Perioden der physiologischen Daten mittels einer Prädiktion des nachfolgenden Frames ausgehend von dem korrespondierenden Frame der vorausgegangenen Perioden der physiologischen Daten komprimiert.

[0013] In vorteilhafter Weise kann die Codierungsvorrichtung einen Speicher für Untersuchungsbilder mit einer Kapazität von mindestens einer Periodenlänge der physiologischen Daten aufweisen, der beispielsweise ein Ringpuffer sein kann.

[0014] Alternativ kann die Auswertevorrichtung eine EKG-Auswertevorrichtung sein, die die Herzschlagperiode mittels EKG-Elektroden bestimmt, oder mit Respirations-Sensoren verbunden sein, die die Atmungsperiode erfassen.

[0015] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Komprimierung fortlaufender Bilddaten aufeinander folgender medizinischer Untersuchungsbilder nach dem Verfahren der Prädiktion gelöst, die aufgrund von physiologischen Daten derart steuerbar ist, dass sich eine von der Periodenlänge der physiologischen Daten abhängige dynamische Frame-Rate ergibt, mit folgenden Schritten:

a) Bestimmung der Periodenlänge eines Herzzyklus,
b) Berechnung der Prädiktion eines Frames einer Herzschlag-Periode in Abhängigkeit des Frames, der genau eine Herzschlag-Periode vorher aufgenommen wurde,
c) Codierung eines Frames durch Ermittelung der Differenz der Frames aufeinanderfolgender Herzschlag-Perioden und
d) Speicherung des codierten Frames.

[0016] In vorteilhafter Weise können die physiologischen Daten aus dem EKG-Signal und/oder aus der Atmung abgeleitet werden.

[0017] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn

- die Bilder in der ersten Herzschlagperiode mittels einer Prädiktion des nachfolgenden Frames ausgehend von dem unmittelbar vorausgegangenen Frame und
- die Bilder im eingeschwungenen Zustand der Codierungsvorrichtung mittels einer Prädiktion des nachfolgenden Frames ausgehend von dem korrespondierenden Frame der vorausgegangenen Herzschlagperiode komprimiert werden.

[0018] Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0019] Fig. 1 Erläuterung einer MPEG Codierung mittels IPPP Frames,

[0020] Fig. 2 Erläuterung der MPEG Codierung mittels IBPBP Frames,

[0021] Fig. 3 eine Schaltungsanordnung einer erfindungsgemäßen Röntgendiagnostikeinrichtung,

[0022] Fig. 4 Darstellung eines EKG-Signalverlaufs mit Periodenlänge und zugehöriger Frame-Nummer,

[0023] Fig. 5 Idealisierter Verlauf einer EKG-Periode,

[0024] Fig. 6 Darstellung der ermittelten Periodenlänge, bezogen auf das Signal in Fig. 4 und

[0025] Fig. 7 ein Beispiel für die Prädiktion unter Zuhilfenahme der Periodenlänge des Herzschlags.

[0026] In der Fig. 3 ist eine erfindungsgemäße Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem Hochspannungsgenerator **1** dargestellt, der eine Röntgenröhre **2** speist, in derem Strahlengang **3** sich ein Patient **4** befindet. Im Strahlengang **3** nachfolgend ist ein Röntgendetektor **5** angeordnet, dessen Ausgangssignal über eine Vorverarbeitungsstufe **6** einem Digital/Analog-Wandler (D/A-Wandler **7**) zugeführt wird, dessen analoges Ausgangssignal als aktuelles Röntgenbild auf einem Monitor **8** dargestellt wird.

[0027] Das Ausgangssignal der Vorverarbeitungsstufe **6** wird weiterhin in einen Bildspeicher **9** eingelesen, der eine Speicherkapazität von mehreren Einzelbildern aufweist. An dem Bildspeicher **9** ist ein Videocoder **10** als Codierungsvorrichtung angeschlossen, der das Videosignal zur Langzeitspeicherung in einer Speichervorrichtung **11** nach einem nachfolgend beschriebenen Verfahren mit Prädiktion komprimiert.

[0028] An dem Patienten **4** sind EKG-Elektroden **12** angebracht, die mit einer EKG-Schaltung **13** verbunden sind. Das EKG-Signal der EKG-Schaltung **13** wird einem Diskriminator **14** für die Amplitude und Phase des EKG-Signales zugeführt. Der Diskriminator **14** ist mit einer Steuervorrichtung **15** verbunden, die den Speichervorgang in dem Bildspeicher **9** sowie die Komprimierung in dem Videocoder **10** steuert. Die EKG-Schaltung **13**, der Diskriminator **14** und die Steuervorrichtung **15** können beispielsweise den in der US 4,433,428 beschriebenen Aufbau aufweisen.

[0029] Nach Einschaltung der Durchleuchtung werden die am Ausgang des Röntgendetektors **5** anliegenden digitalen Videosignale über wenigstens einen Herzzyklus in einen Speicherplatz des Bildspeichers **9** eingelesen.

[0030] Nach Auftreten eines Erkennungsmerkmales des EKG's, beispielsweise der R-Zacke, werden nacheinander, zu unterschiedlichen Herzphasen eines Herzzyklus gehörende Aufnahmen in dem Bildspeicher **9** abgespeichert. Nach Beendigung der Einspeicherung werden die in dem Bildspeicher **9** enthaltenen Einzelbilder herzphasensynchron mit dem aktuellen Videosignal ausgelesen und in dem Videocoder **10** Codiert.

[0031] Zur einfacheren Erläuterung wird im Folgenden die Terminologie der MPEG-Codierung verwendet.

[0032] Für die Codierung von derartigen kardiologischen Röntgensequenzen wird die Periodizität des Ausgangsmaterials zunutze gemacht. Die durch den Herzschlag verursachte Änderung in der Bildinformation ist idealerweise periodisch, d. h. nach einer bestimmten Zeit haben die im Bild sichtbaren Objekte wieder eine nahezu identische Lage eingenommen. Mit anderen Worten erwartet man, dass die Differenz zwischen dem aktuellen Frame und dem Frame, das genau eine Herzschlag-Periode vorher aufgenommen wurde, sehr gering sein wird. Die geringen Unterschiede lassen sich nun sehr kompakt und Platz sparend codieren. Damit wird eine hohe Kompressionsrate erreicht.

[0033] Im Gegensatz zur Codierung von Spielfilmen werden also keine vorgegebenen, festen Intervalle für I-Frames, sondern die Informationen über die Periode des Herzschlags des Patienten verwendet. Die Information über den Herzschlag erhält man von einem während der Untersuchung aufgenommenen Elektrokardiogramm (EKG), aus dem sich die Periode sehr gut ablesen lässt. Die Fig. 4 zeigt ein Beispiel eines EKG-Signals und die zugehörigen Frame-Nummern. Weiterhin sind die Periodenlängen dargestellt.

[0034] Die Auswertung des EKGs erfolgt automatisch. Zur Bestimmung der Periodenlänge kommt ein Detektionsverfahren zum Einsatz, das die Zeitpunkte der markantesten Merkmale des EKG-Signals, die so genannten QRS-Komplexe, ermittelt. Die Zeitspanne von einem QRS-Komplex zum nächsten beschreibt dabei genau eine Herzschlag-Periode, die in Fig. 5 wiedergegeben ist. In der Literatur sind seit langem verschiedene Verfahren bekannt, um die Herzfrequenz, also den Abstand aufeinander folgender QRS-Komplexe, zu bestimmen. Solche Verfahren können in der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden.

[0035] Da das aufgenommene EKG-Signal und die Röntgenbildsequenz aufeinander synchronisiert sind, ist eine eindeutige Zuordnung jedes Zeitpunktes des EKG's zu genau einem Frame möglich. Die Fig. 6 stellt nun die berechnete Periodenlänge dar

und zeigt für jedes Frame den Abstand zu demjenigen Frame, das genau eine Periode vorher aufgenommen wurde. Für die erste unvollständige Periode ist noch keine Herzfrequenz bekannt, was mit dem Wert 0 repräsentiert wird.

[0036] Der Kern der Erfindung beruht nun auf der Beobachtung, dass die Differenz der Bildinformation eines Frames zu demjenigen, das genau einen Herzschlag vorher war, minimal ist. Die Bewegung des Herzmuskels wird zu zwei Zeitpunkten betrachtet, zu denen der Muskel jeweils die gleiche Position und den gleichen Raum einnimmt. Daher sollte im Idealfall diese Differenz der Bildinformationen geringer sein, als die Differenz eines Frames zu seinem direkten Vorgängerframe.

[0037] Die durch die EKG-Auswertevorrichtung **12** bis **15** ermittelten Werte der Periodenlänge, ausgedrückt in Frames, fließen nun in den Videocoder **10** ein, der zusätzlich zum unmittelbar vorausgegangenen Frame das korrespondierende Frame der letzten Herzschlag-Periode zur Prädiktion des nächsten P-Frames verwendet. In Fig. 7 wird bis zum Frame Nummer 18 nur der jeweilige Vorgänger zur Prädiktion Pr verwendet. Ab dem Frame Nummer 18 kann die Information der Herzfrequenz genutzt werden und das Frame der jeweiligen vorherigen Periode als Referenzframe zur Prädiktion Pz genutzt werden.

[0038] Der MPEG-4/AVC-Standard erlaubt bereits eine Prädiktion aus mehreren vorausgegangenen Frames („multiple reference frames"-Technologie), wobei allerdings nur die direkten Vorgänger berücksichtigt werden. Durch jedes zusätzliche Referenzframe steigt auch der Rechenaufwand. Im hier beschriebenen Verfahren werden aus Gründen der Rechenzeit zunächst nur zwei Frames zur Prädiktion verwendet, das direkte Vorgängerframe und das entsprechende Frame der letzten Periode. Selbstverständlich können auch noch mehr Kandidaten als Referenz-Frames in Betracht gezogen werden, etwa die Nachbarn des Frames der vorherigen Periode usw.

[0039] Insbesondere ist auch die Entscheidung, ob ein I- oder ein P-Frame codiert wird, nicht von vorne herein bestimmt, sondern wird abhängig vom Datenmaterial während der Codierung ermittelt.

[0040] Das erfindungsgemäße Verfahren ist unabhängig von der Bildwiederholfrequenz des Materials. Es wird nicht die technische Wiederholrate von beispielsweise 30 Frames pro Sekunde (fps) zur Kompression benutzt, sondern die „physiologische Wiederholrate", die durch die Periodizität der Herzschläge gegeben ist und durch das EKG aufgezeichnet wurde.

[0041] Zur Realisierung des Verfahrens wird vorzugsweise ein Bildspeicher **9** eingesetzt, der mindestens eine Periodenlänge und Bilddaten aufnehmen kann, auch wenn jeweils nur ein Frame prädiziert wird. Dieser Bildspeicher **9** kann zum Beispiel als Ringpuffer realisiert werden, bei dem für jedes hinzugekommene neue Frame das jeweils älteste Frame verworfen wird.

[0042] In unserer ersten Implementierung sind die Ergebnisse des in dieser Erfindung beschriebenen Verfahrens sogar konform zum existierenden Standard H.264/AVC, das heißt, die hiermit komprimierten Sequenzen können von beliebigen H.264/AVC kompatiblen Playern dargestellt werden.

[0043] Erfindungswesentlich ist also die Nutzung der Information aus dem EKG-Signal zur Kompression des Ausgangsmaterials.

[0044] In einer weiteren Verwendung des hier vorgestellten Verfahrens kann auch die Periodizität der Atmung genutzt werden. Die Respiration verursacht eine in der Röntgensequenz sichtbare Bewegung des Brustkorbs und der Rippen. Eine Synchronisation mit der Atmungsfrequenz kann also einen ähnlichen Effekt erzielen, wie die Synchronisation mit der Herzfrequenz, wobei allerdings vergleichsweise eine wesentlich längere Aufnahmedauer notwendig ist, um die Periodenlänge zu ermitteln und zu nutzen. Die Periodenlänge der Atmung kann z. B. aus der Hüllkurve des EKG-Signals geschätzt werden, oder durch andere Respirationsmesser synchron zur Röntgensequenz aufgezeichnet werden.

[0045] Weiterhin kann auch die Superposition beider Bewegungen ermittelt und zur Bestimmung eines Referenz-Frames genutzt werden. Da sowohl die Kontraktion des Herzmuskels als auch die Atmung periodisch sind, ist der beste Kandidat für ein Referenzframe sogar derjenige, bei dem sowohl die „Phasenlage" des EKGs als auch die Phasenlage der Respiration mit der Phasenlage des gerade betrachteten Frames übereinstimmen. In der Praxis wird man in dieser speziellen Verwendung allerdings sehr große Entfernungen betrachten müssen und verhältnismäßig viel Aufwand in Rechenzeit und Speicheraufwand investieren müssen.

[0046] Durch das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich bei gleicher Bildinformation ein höherer Kompressionsfaktor erzielen, als mit den bisher eingesetzten Verfahren. Für die beteiligten Systeme ergeben sich verschiedene Vorteile.

- Das kardiologische Röntgensystem erstellt das Ausgangsmaterial. Die notwendigen Datenraten und Volumina können bei erhöhter Kompression entsprechend reduziert werden. Bei einer vorgegebenen Größe des Datenspeichers können so entsprechend mehr Patienten untersucht werden, bevor die Übertragung in ein Archivsystem notwendig ist. Durch die reduzierten Datenraten er-

geben sich auch geringere Anforderungen an die internen Datenwege des Röntgensystems und damit geringere Anschaffungskosten des Aufnahmesystems.

• Das Archivsystem der Klinik muss für die Langzeitarchivierung der Untersuchungsergebnisse sorgen. Der Umfang des Archivs wächst stetig mit der Anzahl der Untersuchungen. Indem die Daten besser komprimiert werden, ist der Wachstumsgradient kleiner, d. h. die nächste Ausbaustufe des Archivsystems erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt als bei unkomprimierter Speicherung. Durch ein kleineres Wachstum vermindern sich die laufenden Kosten der Archivierung.

• Die Übertragung der Daten, z. B. vom Aufnahmesystem zum Archiv oder vom Archiv zur Befundungsstation, wird beschleunigt. Indem die Daten höher komprimiert werden können, wird bei vorgegebener Bandbreite des Kliniknetzwerkes die Übertragungszeit reduziert. Für den klinischen Anwender ergibt sich durch die raschere Reaktion ein verbesserter Workflow. Die kürzere Reaktionszeit erhöht die Akzeptanz beim Anwender.

Patentansprüche

1. Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung mit einer Erzeugungsvorrichtung (**5**) für fortlaufende Bilddaten aufeinander folgender Untersuchungsbilder, mit einer Codierungsvorrichtung (**9**, **10**) der Bilddaten zur Komprimierung nach dem Verfahren der Prädiktion, mit einer Auswertevorrichtung (**12** bis **15**) von physiologischen, periodischen Daten zur Bestimmung deren Wiederholrate und mit einer Speichervorrichtung (**11**) für die komprimierten Bilddaten, wobei die Codierungsvorrichtung (**9**, **10**) mit der Auswertevorrichtung (**12** bis **15**) verbunden ist, die diese derart steuert, dass die Prädiktion sich dadurch dynamisch an die Periodenlänge der physiologischen Daten anpasst, dass

– die Auswertevorrichtung (**12** bis **15**) die Periodenlänge eines Herzzyklus ermittelt,

– die Codierungsvorrichtung (**9**, **10**) die Prädiktion eines Frames einer Herzschlag-Periode in Abhängigkeit des Frames berechnet, der genau eine Herzschlag-Periode vorher aufgenommen wurde,

– die Codierungsvorrichtung (**9**, **10**) die Differenz der Frames aufeinanderfolgender Herzschlag-Perioden durch die Codierungsvorrichtung (**9**, **10**) ermittelt und

– die Differenz als codierter Frame in der Speichervorrichtung (**11**) zur Langzeitspeicherung eingelesen wird.

2. Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertevorrichtung (**12** bis **15**) derart umschaltet, dass die Codierungsvorrichtung (**9**, **10**) die Bilder,

• in einer ersten Betriebsart innerhalb der ersten Periode der physiologischen Daten mittels einer Prädiktion des nachfolgenden Frames ausgehend von dem unmittelbar vorausgegangenen Frame und

• in einer zweiten Betriebsart innerhalb der folgenden Perioden der physiologischen Daten mittels einer Prädiktion des nachfolgenden Frames ausgehend von dem korrespondierenden Frame der vorausgegangenen Perioden der physiologischen Daten komprimiert.

3. Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Codierungsvorrichtung (**9**, **10**) einen Speicher (**9**) für Untersuchungsbilder mit einer Kapazität von mindestens einer Periodenlänge der physiologischen Daten aufweist.

4. Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (**9**) ein Ringpuffer ist.

5. Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertevorrichtung (**12** bis **15**) eine EKG-Auswertevorrichtung ist.

6. Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertevorrichtung (**12** bis **15**) die Herzschlagperiode mittels EKG-Elektroden (**12**) bestimmt.

7. Medizinische bildgebende Diagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertevorrichtung mit Respirations-Sensoren verbunden ist.

8. Verfahren zur Komprimierung fortlaufender Bilddaten aufeinander folgender medizinischer Untersuchungsbilder nach dem Verfahren der Prädiktion, die aufgrund von physiologischen Daten derart steuerbar ist, dass sich eine von der Periodenlänge der physiologischen Daten abhängige dynamische Frame-Rate ergibt gekennzeichnet durch folgende Schritte:

a) Bestimmung der Periodenlänge eines Herzzyklus,

b) Berechnung der Prädiktion eines Frames einer Herzschlag-Periode in Abhängigkeit des Frames, der genau eine Herzschlag-Periode vorher aufgenommen wurde,

c) Codierung eines Frames durch Ermittelung der Differenz der Frames aufeinanderfolgender Herzschlag-Perioden und

d) Speicherung des codierten Frames.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die physiologischen Daten aus dem EKG-Signal abgeleitet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet,

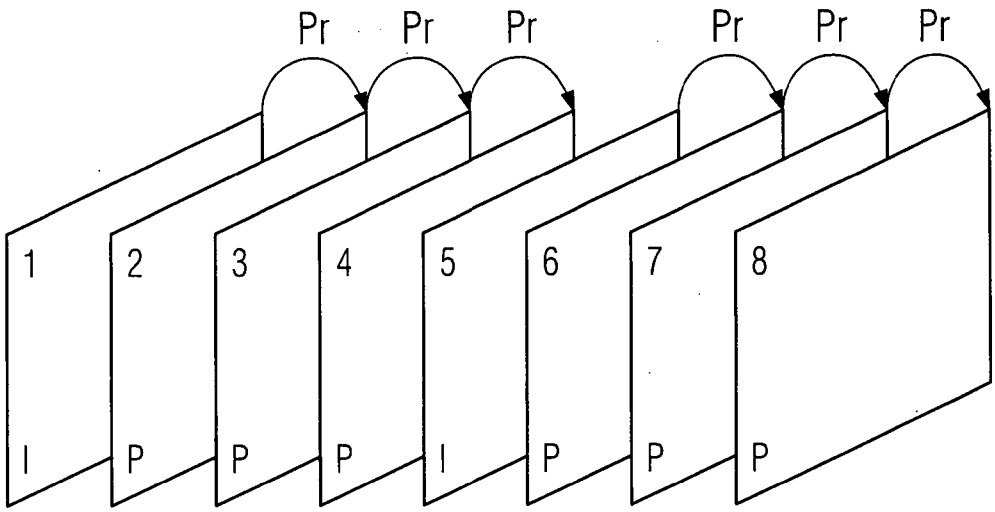
• dass die Bilder in der ersten Herzschlagperiode mittels einer Prädiktion des nachfolgenden Frames ausgehend von dem unmittelbar vorausgegangenen Frame und
• dass die Bilder im eingeschwungenen Zustand der Codierungsvorrichtung mittels einer Prädiktion des nachfolgenden Frames ausgehend von dem korrespondierenden Frame der vorausgegangenen Herzschlagperiode komprimiert werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die physiologischen Daten aus der Atmung bestimmt werden.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

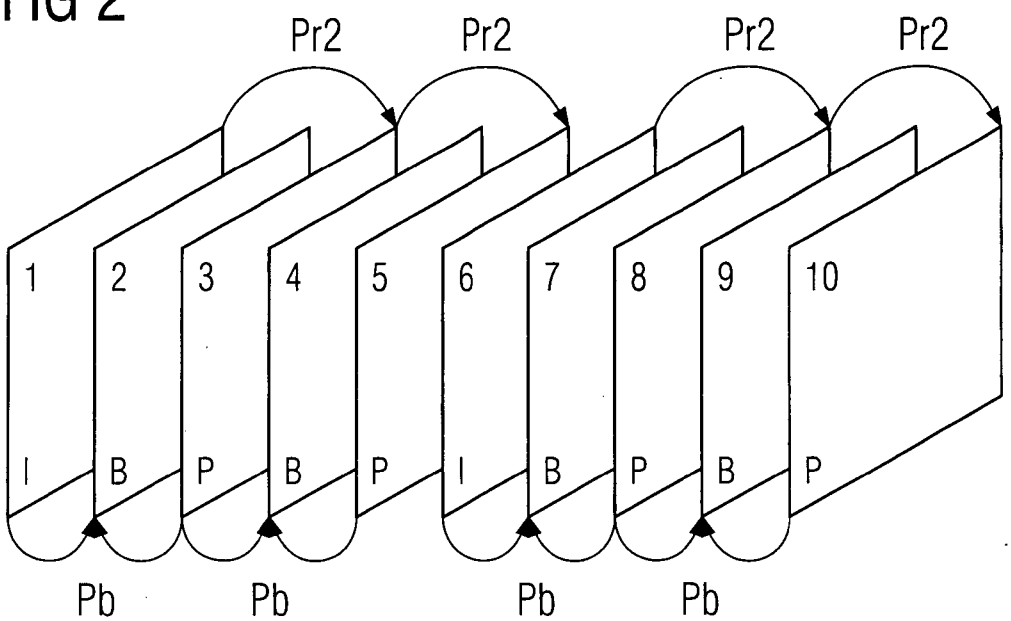
Anhängende Zeichnungen

FIG 1



Stand der Technik

FIG 2



Stand der Technik

FIG 3

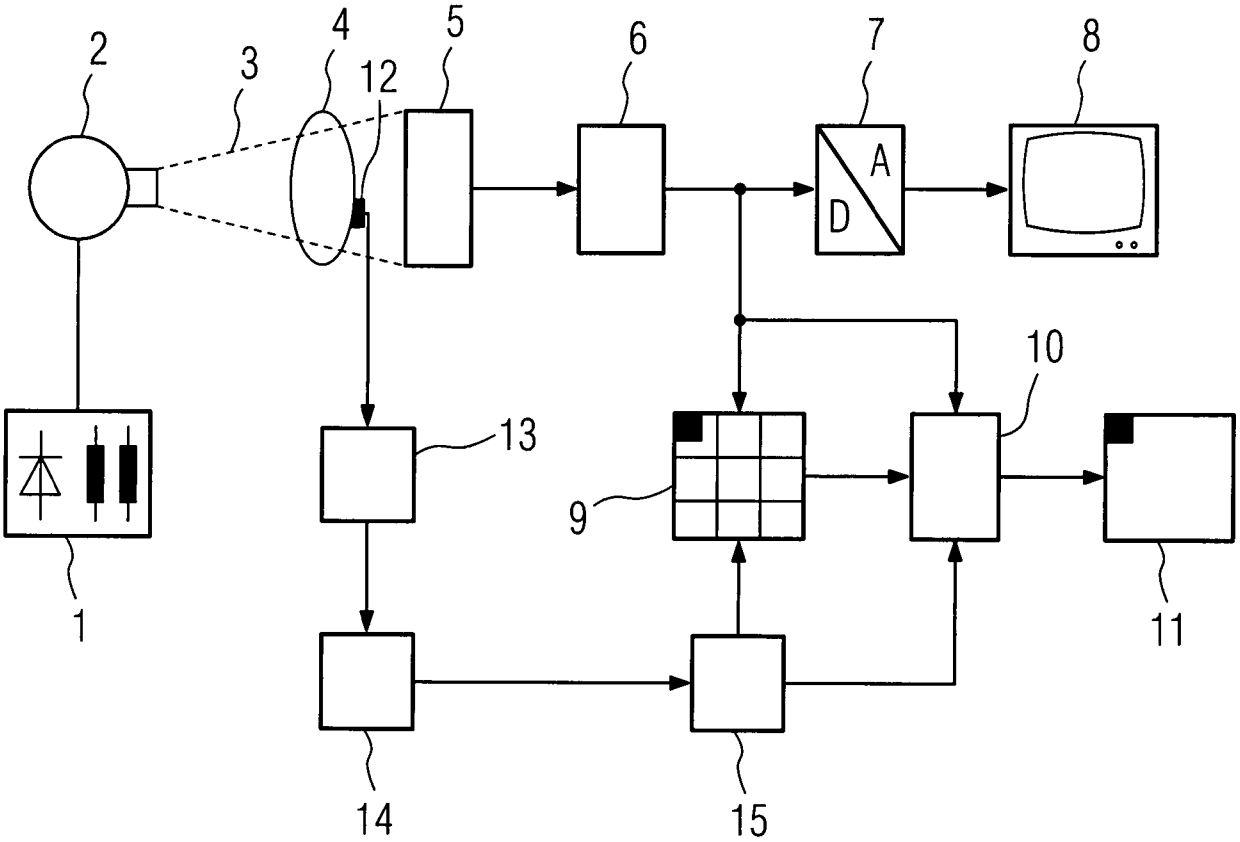


FIG 4

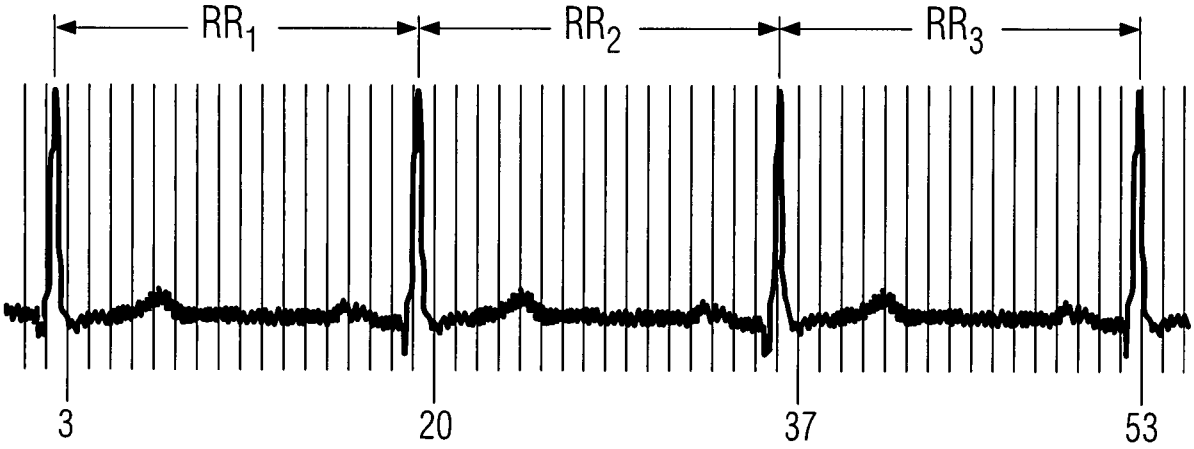


FIG 5

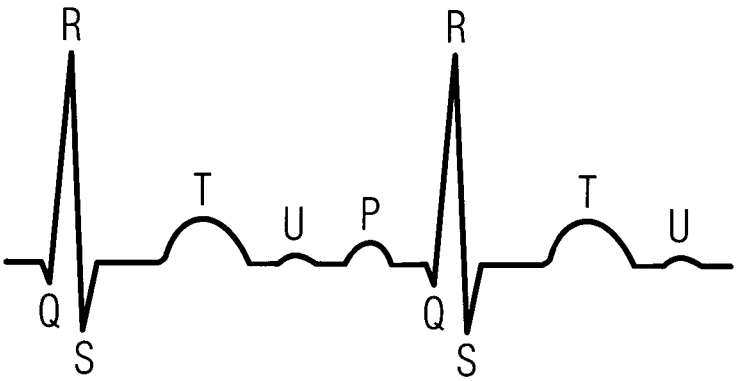


FIG 6

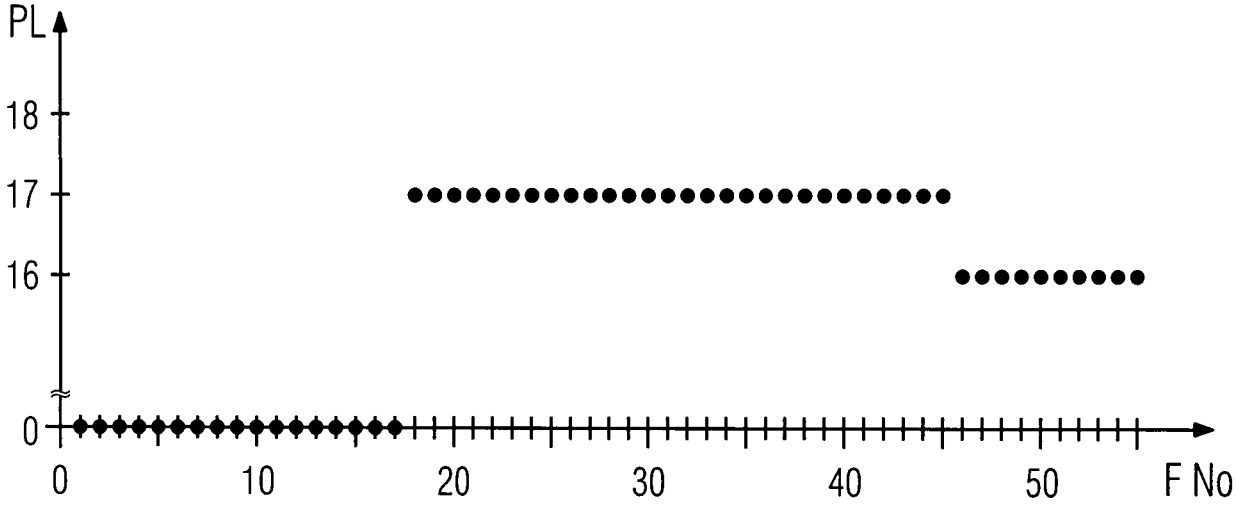
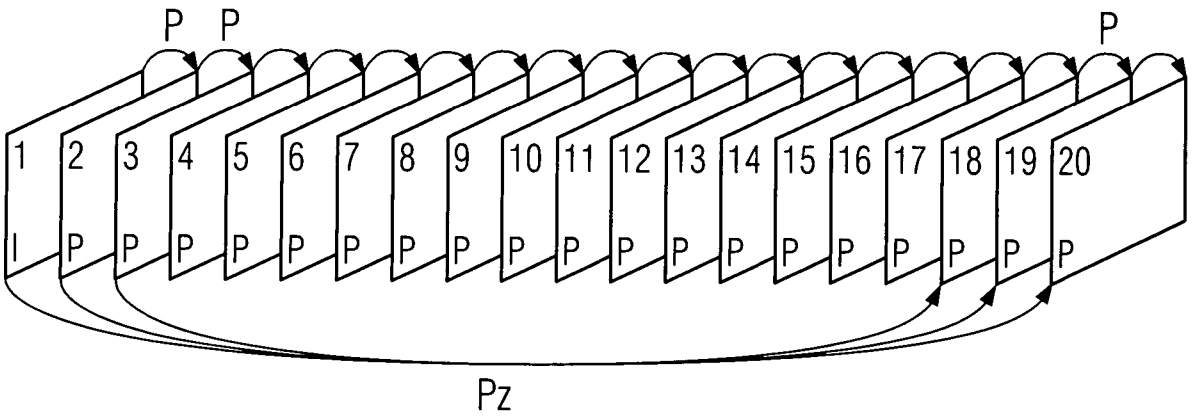

PL
18
17
16
0
0
10
20
30
40
50
F No

FIG 7


P P
P
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
I P P P P P P P P P P P P P P P P P P P
Pz