



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.04.2010 Patentblatt 2010/17

(51) Int Cl.:
G10H 1/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08450164.2**

(22) Anmeldetag: **22.10.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(71) Anmelder: **Oertl, Stefan M.**
1080 Wien (AT)

(72) Erfinder:
• **OERTL, Stefan M.**
A-1080 Wien (AT)
• **Der andere Erfinder hat auf seine Nennung verzichtet.**

(74) Vertreter: **Weiser, Andreas**
Hietzinger Hauptstrasse 4
1130 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Erkennung von Notenmustern in Musikstücken**

(57) Verfahren zur Erkennung ähnlich wiederkehrender Muster von Noten in einem Musikstück, das auf parallele Kanäle (ch) verteilte Notensequenzen (q) enthält, mit den Schritten:

a) wiederholtes Segmentieren jedes Kanals (ch) und, für jede Segmentierungsart, Bestimmen zueinander ähnlicher Segmente (S) und Speichern derselben in Listen (L) von Kandidatenmustern (m) mit ihren jeweiligen Instanzen (i);

b) Berechnen eines Eigenähnlichkeitswerts (E) für jede Liste (L);

c) Berechnen von Koinzidenzwerten (K) für jede Liste (L) jedes Kanals (ch) gegenüber den Listen aller anderen Kanäle; und

d) Verknüpfen der Eigenähnlichkeits- und Koinzidenzwerte (E, K) jeder Liste (L) zu einem Gesamtwert (G) pro Liste und Verwenden der Musterkandidaten (m) der Listen (L) mit dem höchsten Gesamtwert (G) in jedem Kanal (ch) als erkannte Notenmuster des Kanals.

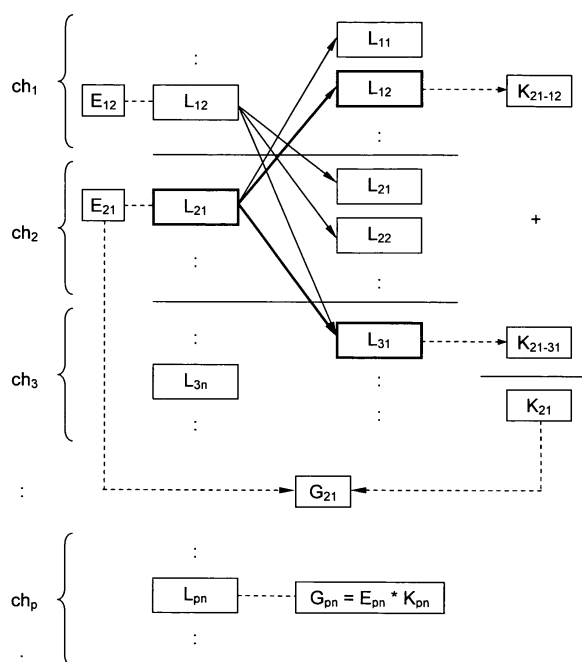


Fig. 18

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung ähnlich wiederkehrender Muster von Noten in einem Musikstück, das auf parallele Kanäle verteilte Notensequenzen enthält.

[0002] Die Erkennung von wiederkehrenden Notenmustern in Musikstücken, z.B. von Loops, Riffs, Phrasen, Motiven, Themen, Strophen, Refrains, Überleitungen, Sätzen usw., ist in den letzten Jahren zu einem umfassenden Forschungsgebiet mit konkreten und vielversprechenden technischen Anwendungen geworden. Als einige Anwendungsbeispiele seien die automatisierte Analyse musikalischer Strukturen von Musikstücken in computerunterstützten Recordingstudio-, Audioworkstation- und Musikproduktionsumgebungen genannt, welche sich für Archivierungs- und Sortierungszwecke sowie zur Resynthese bestehender Notenmuster zu Neukompositionen auf eine verlässliche Mustererkennung stützen müssen. Eine weitere konkrete technische Anwendung ist die Analyse und Indexierung großer Musikdatenbanken, z.B. von Musikarchiven oder Online-Musikshops, nach identifizierbaren Notenmustern für das neue Gebiet des "music information retrieval" (MIR), beispielsweise um unscharfe Benutzerabfragen ("fuzzy queries") automatisiert verarbeiten zu können, Stichwort "query by humming".

[0003] Für die Mustererkennung in einkanaligen Musikstücken wurden in der Vergangenheit bereits verschiedenste Verfahren vorgeschlagen, welche auch Konzepte aus anderen Bereichen der Mustererkennung übernehmen, wie "string matching"-Techniken aus dem Bereich der DNA-Sequenzanalyse, siehe z.B. in Kilian Jürgen, Hoos Holger H.: "Music-BLAST - Gapped Sequence Alignment for MIR", International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR), 2004. "String matching"-Verfahren beruhen häufig auf dem Einsatz von "Dynamic Programming"-Algorithmen zur Ausrichtung und zum Ähnlichkeitsvergleich von Notensubsequenzen, vgl. z.B. Hu Ning, Dannenberg Roger B., Lewis Ann L.: "A Probabilistic Model of Melodic Similarity", Proceedings of the ICMC, 2002.

[0004] Speziell zur Erkennung ident wiederkehrender Notenmuster für Musikanalyse- und MIR-Zwecke wird in Hsu Jia-Lien, Liu Chih-Chin, Chen Arbee L.P.: "Discovering Nontrivial Repeating Patterns in Musical Data", IEEE Transactions On Multimedia, Vol. 3, No. 3, 2001, der Einsatz einer Korrelationsmatrix vorgeschlagen, welche nicht-triviale, d.h. sich nicht gegenseitig enthaltende, in einem Kanal ident wiederkehrende Muster auffinden läßt.

[0005] Alle bislang bekannten Verfahren haben die Eigenschaft, daß sie jeden Kanal eines mehrkanaligen Musikstücks jeweils gesondert analysieren. Die Erfinder des vorliegenden Verfahrens haben erkannt, daß darin ein wesentlicher Nachteil der bekannten Verfahren liegt, weil damit Strukturinformationen, die gerade in der musikalischen Parallelität der Kanäle, d.h. ihrem rhythmischen, melodischen und polyphonen Kontext, enthalten sind, gänzlich unberücksichtigt bleiben, was sich in der wenig zufriedenstellenden Erkennungsrate und -qualität der bekannten Verfahren niederschlägt.

[0006] Es besteht daher ein ungebrochener Bedarf nach einem verbesserten Mustererkennungsverfahren für mehrkanalige Musikstücke. Die Erfindung setzt sich zum Ziel, ein solches Verfahren zu schaffen.

[0007] Dieses Ziel wird mit einem Verfahren der einleitend genannten Art erreicht, das sich durch die folgenden Schritte auszeichnet:

- a) wiederholtes Segmentieren jedes Kanals unter Variierung von Segmentlänge und -beginn und, für jede Segmentierungsart, Bestimmen zueinander ähnlicher Segmente und Speichern derselben in Listen von Kandidatenmustern mit ihren jeweiligen Instanzen, und zwar jeweils einer Liste pro Segmentierungsart und Kanal;
- b) Berechnen eines Eigenähnlichkeitswerts für jede Liste, welcher auf den Ähnlichkeiten der Instanzen jedes Kandidatenmusters einer Liste untereinander basiert;
- c) Berechnen von Koinzidenzwerten für jede Liste jedes Kanals gegenüber den Listen aller anderen Kanäle, welcher jeweils auf den Überlappungen von Instanzen eines Kandidatenmusters der einen Liste mit Instanzen eines Kandidatenmusters der anderen Liste basiert, wenn sich diese zumindest zweimal überlappen; und
- d) Verknüpfen der Eigenähnlichkeits- und Koinzidenzwerte jeder Liste zu einem Gesamtwert pro Liste und Verwenden der Musterkandidaten der Listen mit dem höchsten Gesamtwert in jedem Kanal als erkannte Notenmuster des Kanals.

[0008] Das Verfahren der Erfindung berücksichtigt damit erstmals und in signifikanter Weise die parallelen Strukturinformationen eines mehrkanaligen Musikstücks, die in den zeitlichen Koinzidenzen potentieller Muster ("Kandidatenmuster") verschiedener Kanäle verborgen sein können, und verknüpft diese mit einer Bewertung der Robustheit aufgefundenen Kandidatenmuster aufgrund der Eigenähnlichkeiten ihrer Instanzen, ihrer sogenannten "Fitness". Im Ergebnis wird damit ein wesentlich verlässlicheres, aussagekräftigeres und treffenderes Mustererkennungsergebnis erzielt als mit allen bisher bekannten Verfahren.

[0009] An dieser Stelle sei erwähnt, daß der hier verwendete Begriff "Kanal" für ein mehrkanaliges Musikstück in seiner allgemeinsten Form aufzufassen ist, d.h. sowohl im Sinne einer einzigen (monophonen) Stimme eines mehrstimmigen (polyphonen) Satzes, im Sinne einer (gegebenenfalls auch polyphonen) Instrumentenstimme, wie eines Baß-, Trompeten-, Streicher-, Schlagzeug-, Klavierparts usw., als auch im Sinne eines technischen Kanals wie eines Midi-Channels, welcher sowohl monophone als auch polyphone Stimmen, Parts oder deren Kombinationen enthalten kann,

z.B. ein Drumpattern, eine Akkordfolge, einen Streichersatz usw.

[0010] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß in Schritt a) zusätzlich folgender Schritt ausgeführt wird:

a1) Detektieren der in einem Kanal ident wiederkehrenden Muster, daraus Auswählen der den Kanal bestabdeckenden Muster und Speichern derselben in einer weiteren Liste von Kandidatenmustern mit ihren jeweiligen Instanzen pro Kanal.

[0011] Dadurch kann der Erkennungsgrad noch weiter gesteigert werden. Die kanalbezogene Mustererkennung wird damit auf zwei gleichwertige Grundlagen gestellt, einmal eine Identifierkennung und einmal eine Ähnlichkeitserkennung, für welche Varianten unterschiedliche Verfahren eingesetzt werden können. Durch Einbeziehung der Erkennungsergebnisse beider Varianten in ein und denselben Listensatz von Kandidatenmustern ergibt sich eine implizite Verknüpfung der beiden Verfahren in der anschließenden Listenbewertung mittels der Eigenähnlichkeits- und Koinzidenzwerte, weil die Ergebnisse der beiden Verfahren dort in Konkurrenz stehen. Das Verfahren der Erfindung wird damit "selbstadaptiv" für unterschiedliche Arten von Eingangssignalen, welche auf verschiedene Arten von Erkennungsverfahren unterschiedlich ansprechen.

[0012] Bevorzugt wird in Schritt a1) das Detektieren ident wiederkehrender Muster mittels des Korrelationsmatrix-Verfahrens durchgeführt, wie es an sich aus *Hsu Jia-Lien et al.* (aaO) bekannt ist. Besonders bevorzugt erfolgt in Schritt a1) das Auswählen der bestabdeckenden Muster durch iteratives Auswählen des jeweils häufigsten und/oder längsten Musters aus den detektierten Mustern.

[0013] Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der Erfindung wird in Schritt a) die Segmentlänge in Vielfachen der Takteinheit des Musikstücks variiert, was die Variationsmöglichkeiten auf ein geeignetes Maß begrenzt und Rechenzeit spart. Besonders günstig ist es, wenn die Segmentlänge vom Zweifachen der durchschnittlichen Notendauer des Musikstücks bis zur halben Länge des Musikstücks variiert wird.

[0014] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung erfolgt in Schritt a) das Bestimmen zueinander ähnlicher Segmente durch gegenseitiges Ausrichten der Noten zweier Segmente, Bestimmen eines Übereinstimmungsgrades der beiden Segmente und Erkennen auf Ähnlichkeit, wenn der Übereinstimmungsgrad einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt. Diese Maßnahmen sind mit vertretbarem Rechenaufwand rasch implementierbar.

[0015] Insbesondere erfolgt dabei das Ausrichten der Noten bevorzugt mittels des "Dynamic Programming"-Verfahrens, wie es aus *Kilian Jürgen et al.* (aaO) oder *Hu Ning et al.* (aaO, mit weiteren Nachweisen) an sich bekannt ist.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Berechnen des Eigenähnlichkeitswerts in Schritt b) dadurch, daß für jedes Kandidatenmuster der Liste eine Ähnlichkeitsmatrix seiner Instanzen aufgestellt wird, deren Werte zum Eigenähnlichkeitswert der Liste verknüpft werden, bevorzugt unter Gewichtung durch die Kanalabdeckung der Kandidatenmuster der Liste. Es hat sich gezeigt, daß diese Ausführungsform zu einer raschen und stabilen Implementierung führt.

[0017] Zur weiteren Verbesserung des Erkennungsergebnisses können optional am Ende von Schritt b) jene Listen eines Kanals, deren Eigenähnlichkeitswert einen vorgegebenen Schwellwert nicht erreicht, gelöscht werden. Bevorzugt ist dieser vorgegebene Schwellwert adaptiv, insbesondere ein Prozentsatz des höchsten Eigenähnlichkeitswerts aller Listen des Kanals, besonders bevorzugt mindestens 70%. In einer praktisch besonders geeigneten Ausführungsform beträgt der Schwellwert etwa 85%.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Variante des Verfahrens der Erfindung besteht darin, daß in Schritt c) für ein bestimmtes Kandidatenmuster einer Liste nur die Überlappungen zu jenen Instanzen der anderen Liste berücksichtigt werden, mit welchen die zeitlängsten Überlappungen vorliegen. In praktischen Versuchen hat sich gezeigt, daß dies zu einer zufriedenstellenden Erkennungsrate führt und das Verfahren in diesem Schritt vereinfacht.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Variante der Erfindung wird vorgesehen, daß bei dem Verknüpfen von Schritt e) für jede Liste jedes Kanals nur jene Koinzidenzwerte zu den Listen der anderen Kanäle berücksichtigt werden, die dort den jeweils höchsten Wert darstellen, was die Erkennungsrate noch weiter verbessert.

[0020] Aus demselben Grund wird bevorzugt vorgesehen, daß bei dem Verknüpfen von Schritt e) die für eine Liste berücksichtigten Koinzidenzwerte jeweils aufsummiert und die aufsummierten Koinzidenzwerte besonders bevorzugt mit dem Eigenähnlichkeitswert der Liste zum genannten Gesamtwert multipliziert werden.

[0021] Die Erfindung wird nachstehend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

die Fig. 1 und 2 ein beispielhaftes mehrkanaliges Musikstück als Eingangssignal des vorliegenden Verfahrens in Musiknotation (Fig. 1) und Notensequenzschreibweise (Fig. 2);
Fig. 3 ein globales Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens;
Fig. 4 ein Beispiel einer Korrelationsmatrix für den Schritt a1) des Verfahrens;
Fig. 5 das Ergebnis der Detektionsphase von Schritt a1);

Fig. 6 ein Flußdiagramm für die Auswahlphase für die bestabdeckenden Muster in Schritt a1);
 Fig. 7 das Ergebnis von Schritt a1) in Form einer ersten Liste von Kandidatenmustern und ihren Instanzen für einen Kanal;
 Fig. 8 die Bedeutung der Liste von Fig. 7 in Bezug auf die Kanalabdeckung;
 5 Fig. 9 verschiedene Segmentierungsarten eines Kanals für die Ähnlichkeitsbestimmung in Schritt a) des Verfahrens;
 Fig. 10 ein Beispiel eines "Dynamic Programming"-Algorithmus zur Ausrichtung zweier Segmente;
 Fig. 11 das Ergebnis der Ausrichtung von Fig. 11 für den Ähnlichkeitsvergleich zweier Segmente;
 Fig. 12 ähnliche und transitiv-ähnliche Segmente eines Kanals, welche die Instanzen eines erkannten Kandidaten-
 10 musters darstellen;
 Fig. 13 das Ergebnis von Schritt a) in Form einer weiteren Liste von Kandidatenmustern und ihren Instanzen für
 einen Kanal und eine bestimmte Segmentierungsart dieses Kanals;
 Fig. 14 das gesamte Ergebnis des Schrittes a), dargestellt als Satz von mehreren Listen für einen Kanal;
 Fig. 15 die Bedeutung der Listen von Fig. 14 in Form verschiedener möglicher Abdeckungen eines Kanals mit
 jeweils den Kandidatenmustern seiner Listen;
 15 Fig. 16 eine Ähnlichkeitsmatrix für die Instanzen eines Kandidatenmusters einer Liste als Grundlage für die Berech-
 nung des Eigenähnlichkeitswerts einer Liste gemäß Schritt b);
 Fig. 17 einen Überlappungsvergleich zwischen den Musterinstanzen zweier Listen als Grundlage für die Berechnung
 der Koinzidenzwerte einer Liste gemäß Schritt c);
 Fig. 18 die Verknüpfung der Eigenähnlichkeits- und Koinzidenzwerte und die Berechnung des Gesamtwerts einer
 20 Liste gemäß Schritt d); und
 die Fig. 19 und 20 das Ergebnis der Anwendung des Verfahrens auf das Eingangssignal der Fig. 1 und 2 in Form
 der möglichen (Fig. 19) und der besten (Fig. 20) Kanalabdeckungen, welche letztere die in den Kanälen erkannten
 Notenmuster darstellen.

25 **[0022]** Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Musikstück, das auf parallele Kanäle ch_1 , ch_2 und ch_3 (allgemein ch_p)
 verteilte Notensequenzen q_1 , q_2 und q_3 (allgemein q_p) enthält, die in Fig. 2 schematisch dargestellt sind. Die Kanäle
 ch_p sind beispielsweise gesonderte MIDI-Kanäle für die verschiedenen Instrumente oder Stimmen des Musikstücks,
 auch wenn dies nicht zwingend ist, wie eingangs erläutert.

30 **[0023]** Der Einfachheit halber werden bei den vorliegenden Beispielen in den Notensequenzen q_p nur die Tonhöhen
 und Auftrittszeitpunkte der einzelnen Noten berücksichtigt, nicht jedoch weitere Notenparameter wie z.B. Notendauer,
 Lautstärke, Anschlagsgeschwindigkeit, Hüllkurve, Klang, Tonartenkontext usw. Es versteht sich jedoch, daß alle im
 Folgenden beschriebenen Vergleiche von einzelnen Noten bzw. Notenmustern sich ebensogut auch auf solche Para-
 meter erstrecken können, falls gewünscht, d.h. in diesen Vergleichen dementsprechend auch mehrstufige oder mehr-
 dimensionale Identitäts- oder Ähnlichkeitsvergleiche zwischen mehreren Parametern durchgeführt werden können.

35 **[0024]** Darüber hinaus werden in den vorliegenden Beispielen der Einfachheit halber auch nur monophone Notense-
 quenzen in jedem Kanal betrachtet. Es versteht sich jedoch, daß das hier vorgestellte Verfahren ebensogut für polyphone
 Notensequenzen in den Kanälen geeignet ist, wozu dementsprechend erweiterte Identitäts- bzw. Ähnlichkeitsvergleiche,
 z.B. Akkordvergleiche und Tonarten-Kontextvergleiche usw., angestellt werden können.

40 **[0025]** Wie somit für den Fachmann ersichtlich, ist das hier vorgestellte Verfahren in einfacher Weise auf multiple
 Notenparametervergleiche und polyphone Notensequenzen skalierbar.

[0026] Fig. 3 zeigt den globalen Ablauf des Verfahrens anhand seiner grundlegenden fünf Schritte a1), a), b), c) und
 d), welche im Anschluß im Detail erörtert werden. Diese fünf globalen Schritte sind:

45 a1) Detektieren der in einem Kanal ident wiederkehrenden Muster, daraus Auswählen der den Kanal bestabdek-
 kenden Muster und Speichern derselben in einer Liste von Kandidatenmustern mit ihren jeweiligen Instanzen pro
 Kanal.

50 a) wiederholtes Segmentieren jedes Kanals unter Variierung von Segmentlänge und -beginn und, für jede Segmen-
 tierungsart, Bestimmen zueinander ähnlicher Segmente und Speichern derselben in weiteren Listen von Kandida-
 tenmustern mit ihren jeweiligen Instanzen, und zwar jeweils einer Liste pro Segmentierungsart und Kanal;

b) Berechnen eines Eigenähnlichkeitswerts für jede Liste, welcher auf den Ähnlichkeiten der Instanzen jedes Kan-
 didatenmusters einer Liste untereinander basiert;

55 c) Berechnen von Koinzidenzwerten für jede Liste jedes Kanals gegenüber den Listen aller anderen Kanäle, welcher
 jeweils auf den Überlappungen von Instanzen eines Kandidatenmusters der einen Liste mit Instanzen eines Kan-
 didatenmuster der anderen Liste basiert, wenn sich diese zumindest zweimal überlappen; und

d) Verknüpfen der Eigenähnlichkeits- und Koinzidenzwerte jeder Liste zu einem Gesamtwert pro Liste und Verwen-
 den der Musterkandidaten der Listen mit dem höchsten Gesamtwert in jedem Kanal als erkannte Notenmuster des
 Kanals.

[0027] Die dargestellte Abfolge der Schritte a1) - a) - b) - c) - d) ist nur insoweit zwingend, als manche Schritte das Ergebnis anderer voraussetzen; ansonsten ist die Abfolge beliebig. Beispielsweise könnte die Abfolge der Schritte a1) und a) vertauscht werden, oder die Abfolge der Schritte b) und c), usw.

[0028] In einer vereinfachten Ausführungsform des Verfahrens kann optional auf Schritt a1) verzichtet werden, mit entsprechend eingeschränktem Anwendungsspektrum des Verfahrens, wie eingangs erörtert.

[0029] Die Schritte a1) bis d) werden nun im einzelnen ausführlich beschrieben.

a1) Musterdetektion mittels Korrelationsmatrix

[0030] In Schritt a1) wird zum Detektieren der in einem Kanal ch_p ident wiederkehrenden Notenmuster (identen "Loops") zunächst für jeden Kanal ch_p eine Korrelationsmatrix gemäß *Hsu Jia-Lien et al.* (aaO) aufgestellt. Fig. 4 zeigt ein Beispiel einer solchen Korrelationsmatrix: Die erste Zeile und die erste Spalte enthält jeweils die gesamte Notensequenz eines Kanals, in welcher Muster zu detektieren sind; und nur ein Dreieck der Matrix ist relevant. Der erste Eintrag "1" in einer Zeile bedeutet, daß eine Note in der Sequenz bereits das *zweite Mal* auftritt; ein Eintrag "2" bedeutet, daß das aus dieser und der vorhergehenden Note bestehende Muster der Länge 2 ("2er-Loop") das zweite Mal auftritt; der Eintrag "3", daß das aus dieser, der vorhergehenden und der vorvorhergehenden Noten bestehende Muster der Länge 3 ("3er-Loop") das zweite Mal in dieser Zeile auftritt, usw. Für Details des Korrelationsmatrix-Verfahrens sei auf *Hsu Jia-Lien et al.* (aaO) verwiesen.

[0031] Durch statistische Auswertung der Einträge in der Korrelationsmatrix Fig. 4 läßt sich für jeden Kanal eine vorläufige Liste gemäß Fig. 5 erstellen, in welcher als ident wiederkehrend gefundene Notenmuster m_I , m_{II} , m_{III} , m_{IV} , usw. mit den Positionen ihres Auftretens bzw. Vorkommens in der Notensequenz q_p , d.h. ihren sog. "Instanzen", sowie ihrer Länge und Häufigkeit aufgeführt sind.

[0032] Aus der vorläufigen Liste von Fig. 5 werden nun mit Hilfe des in Fig. 6 skizzierten Suchverfahrens jene Notenmuster als "Kandidatenmuster" für die weitere Verarbeitung herausgesucht, welche den Kanal ch_p möglichst weitgehend und auch überlappungsfrei abdecken. Dazu wird gemäß Fig. 6 in einer Schleife die vorläufige Liste Fig. 5 abgearbeitet und jeweils (i) das "beste" Muster m_I , m_{II} usw. gesucht, (ii) dieses als Kandidatenmuster m_{1a} , m_{2a} usw. in einer ersten Liste L_1 (Fig. 7) mitsamt seinen Instanzen abgespeichert, und (iii) alle mit diesem Kandidatenmuster überlappende Muster werden aus der vorläufigen Liste Fig. 5 gelöscht.

[0033] Das in Schritt (i) "beste" Muster ist dabei jeweils das in der vorläufigen Liste Fig. 5 *häufigste* und/oder *längste* Muster m_I , m_{II} usw. Besonders bevorzugt wird folgendes Kriterium für das "beste" Muster eingesetzt:

Es wird das häufigste Muster ausgewählt, außer es gibt ein längeres Kandidatenmuster, das mehr als 75% des Kanals abdeckt und mindestens 2/3 so oft auftritt.

[0034] Als Ergebnis von Schritt a1) ergibt sich somit pro Kanal ch_p eine erste Liste L_1 von Kandidatenmustern m_{1a} , m_{1b} (allgemein m_{1x}), welche den Kanal ch_p bzw. dessen Notensequenz q_p überlappungsfrei und möglichst weitgehend, d.h. möglichst lückenfrei abdecken, siehe Fig. 8.

a) Musterdetektion mittels Segmentähnlichkeitsvergleich

[0035] In Schritt a) wird ein zweiter Ansatz verfolgt. Jeder Kanal ch_p (bzw. seine Notensequenz q_p) wird wiederholt und jeweils auf verschiedene Arten segmentiert, und zwar unter Variierung von Segmentlänge und -beginn. Fig. 9 zeigt fünf beispielhafte Segmentierungsarten I - V, wobei die Segmentlänge in Vielfachen der Takteinheit des Musikstücks, d.h. der Dauer eines Taktschlags (beat) des Musikstücks, variiert wird; z.B. bei einem 4/4-Takt ist die Takteinheit eine Viertelnote.

[0036] Die gezeigten Segmentierungsarten I und II beruhen auf einer Segmentierung in Segmenten mit einer Länge von zwei Taktschlägen, wobei in der Segmentierung II der Segmentbeginn um einen Taktschlag versetzt wurde.

[0037] Die Segmentierungsarten III - V basieren auf einer Segmentlänge von drei Taktschlägen und einem sukzessivem Versatz des Segmentbeginns um jeweils einen Taktschlag.

[0038] Es versteht sich, daß dieses Konzept entsprechend auf beliebige Segmentierungslängen, -beginne und auch beliebig feine Quantisierungseinheiten (beats) der Notensequenzen erweitert werden kann.

[0039] Bevorzugt wird dabei die Segmentlänge vom Zweifachen der durchschnittlichen Notendauer des Musikstücks bis maximal zur halben Länge des gesamten Musikstücks variiert, da die maximale Länge eines Notenmusters höchstens die halbe Länge des Musikstücks sein kann. Falls gewünscht, könnte zur Verkürzung das Verfahren auch früher abgebrochen werden, d.h. die Segmentlänge beispielsweise nur bis zu einer vorgegebenen Anzahl von Takten variiert werden.

[0040] Für jede mögliche Segmentierungsart I, II, III usw. wird nun die Ähnlichkeit der Segmente S_1 , S_2 usw. untereinander ermittelt, und zwar bevorzugt mit Hilfe des in der Technik bekannten "Dynamic Programming"-Verfahrens.

[0041] Zur Erläuterung dieses Verfahrens sei hier nur kurz auf Fig. 10 verwiesen, in welcher Notensequenzen aus

zwei beispielhaften Segmenten S_s und S_t einander in einer Matrix gegenübergestellt werden. Gemäß den Regeln des "Dynamic Programming"-Algorithmus werden nun Gewichtungen für das Fortschreiten von Zelle zu Zelle vergeben, z.B. in dem vorliegenden Beispiel die "Dynamic Programming"-Gewichtungen $\{0, 0, 0, 1\}$ als {"Strafe für Insert", "Strafe für Delete", "Strafe für Replace", "Punkte für Match"}. Für Details des "Dynamic Programming"-Verfahrens sei hier auf *Kilian Jürgen et al.* (aaO) und *Hu Ning et al.* (aaO) verwiesen, welche auch weitere Literaturnachweise dazu enthalten.

[0042] Mit Hilfe des "Dynamic Programming"-Ausrichtungsverfahrens von Fig. 10 können selbst nicht-identische, d.h. bloß ähnliche und sogar ungleich lange Notensequenzen in den Segmenten zueinander ausgerichtet werden. Fig. 11 zeigt das erhaltene Ausrichtergebnis.

[0043] Die Ähnlichkeit der Segmente S_s und S_t wird anschließend mit Hilfe eines entsprechend gewählten Punktebewertungsschemas zwischen 0% (unähnlich) und 100% (ident) bewertet, beispielsweise anhand der Anzahl identischer Noten, der Anzahl von Lücken, des Tonhöhenabstandes abweichender Noten usw. Zwei Segmente S_s , S_t werden anschließend als "ähnlich" erkannt, wenn ihr derart bestimmter Ähnlichkeitswert über einem vorgegebenen Schwellwert liegt, bevorzugt über 50%.

[0044] Auf diese Weise werden nun alle Segmente S_s mit allen anderen Segmenten S_t einer Segmentierungsart I, II usw. eines Kanals ch_p verglichen. Dies führt beispielsweise für die Segmentierungsart II des Kanals ch_p zu dem Erkennen einer Ähnlichkeit zwischen den Segmenten S_1 , S_3 und S_6 , wie in Fig. 12 gezeigt: Die Segmente S_1 und S_3 sind hier zu 50% ähnlich, die Segmente S_3 und S_6 zu 60% ähnlich, und die Segmente S_1 und S_6 "transitivähnlich" zu 40%.

[0045] Alle zueinander ähnlichen oder auch nur transitivähnlichen Segmente werden nun wieder als Instanzen i_i eines Kandidatenmusters aufgefaßt, das sich aus der Notensequenz eines (z.B. des ersten) dieser Segmente ergibt. Die auf diese Weise für eine Segmentierungsart eines Kanals aufgefundenen Kandidatenmuster werden in Form einer weiteren Liste L_2 von Kandidatenmustern m_{2a} , m_{2b} usw. mit ihren jeweiligen Instanzen i_1 , i_2 usw. gespeichert, siehe Fig. 13.

[0046] Alle Listen L_2 , L_3 usw. für alle möglichen Sequenzierungsarten I, II usw. eines Kanals ch_p , zusammen mit der zuvor erörterten ersten Liste L_1 aus Schritt a1), ergeben einen Satz von Listen L_n für jeden Kanal ch_p , siehe Fig. 14, welcher verschiedene mögliche Abdeckungen des Kanals ch_p mit Kandidatenmustern repräsentiert, siehe Fig. 15.

[0047] Die Listen L_n werden nun in den folgenden Schritten b), c) und d) bewertet.

b) Berechnung der Eigenähnlichkeitswerte

[0048] Zunächst wird in Schritt b) für jede Liste L_n ein Eigenähnlichkeitswert E_n auf Grundlage von Ähnlichkeitsmatrizen für alle Kandidatenmuster m_{na} , m_{nb} usw. (allgemein m_{nx}) der Liste L_n berechnet. Fig. 16 zeigt eine beispielhafte Ähnlichkeitsmatrix für die Instanzen i_1 , i_2 , i_3 und i_4 eines Kandidatenmusters m_n der Liste L_n : Die Zellen der Matrix geben den Ähnlichkeitsgrad, beispielsweise wie nach dem "Dynamic Programming"-Schritt von Schritt a) ermittelt, wieder; z.B. beträgt hier die Ähnlichkeit zwischen Instanz i_1 und Instanz i_3 80%.

[0049] Aus allen Werten der Ähnlichkeitsmatrix Fig. 16 wird nun ein Eigenähnlichkeitswert E_{nx} für das Kandidatenmuster m_{nx} ermittelt, beispielsweise durch Aufsummieren in der Form:

$$E_{nx} = \sum_{k,l} \text{Ähnlichkeit zwischen } i_k \text{ und } i_l$$

[0050] Alternativ kann auch ein Bewertungsschema eingesetzt werden, welches die Werte in den Zellen der Ähnlichkeitsmatrix statistisch aus- bzw. bewertet, bevorzugt in der Form:

- wenn mindestens eine Zelle pro Zeile den Eintrag "1" hat, dann wird E_{nx} um 2 inkrementiert d.h.

$$E_{nx} := E_{nx} + 2;$$

- wenn nicht, dann wird E_{nx} nur um den Durchschnittswert aller Zellen dieser Zeile inkrementiert, d.h.

$$E_{nx} := E_{nx} + \text{Zeilendurchschnitt.}$$

[0051] Der Eigenähnlichkeitswert E_{nx} des Kandidatenmusters m_{nx} wird auch als "Loopfitness" des Kandidatenmusters

m_{nx} bezeichnet.

[0052] Der Eigenähnlichkeitswert E_n der Liste L_n ergibt sich anschließend als Summe der Eigenähnlichkeitswerte E_{nx} aller Kandidatenmuster m_{nx} der Liste L_n , multipliziert mit der Kanalabdeckung P , welche alle Instanzen aller Kandidatenmuster m_{nx} der Liste L_n erreichen, d.h.

$$E_n = \sum_x E_{nx} * P_n.$$

[0053] Unter der Kanalabdeckung P_n einer Liste L_n eines Kanals ch_p wird entweder

- die zeitliche Abdeckung des Kanals verstanden, als Summe der Zeitdauern t_{nxi} aller Instanzen i aller Kandidatenmuster m_{nx} des Kanals, bezogen auf die Gesamtdauer T_p des Kanals ch_p ; oder
- die notenmäßige Abdeckung des Kanals, als Summe der Notenanzahlen n_{nxi} in allen Instanzen i aller Kandidatenmuster m_{nx} des Kanals, bezogen auf die Gesamtanzahl N_p von Noten des Kanals ch_p ; oder bevorzugt
- sowohl die zeitliche als auch die notenmäßige Abdeckung in gewichteter Form, beispielsweise gleich gewichtet, d.h.:

$$P_n = \frac{1}{2} \left(\frac{\sum_{x,i} t_{nxi}}{T_p} + \frac{\sum_{x,i} n_{nxi}}{N_p} \right)$$

[0054] In einem optionalen Schritt können nach der Bestimmung der Eigenähnlichkeitswerte E_n der Listen L_n , beispielsweise unmittelbar im Anschluß an Schritt b), für einen bestimmten Kanal ch_p all jene Listen L_n des Kanals ch_p gelöscht werden, deren Eigenähnlichkeitswerte E_n einen vorgegebenen Schwellwert nicht erreichen. Der Schwellwert kann bevorzugt adaptiv bzw. dynamisch vorgegeben werden, beispielsweise als Prozentsatz des höchsten Eigenähnlichkeitswerts E_n aller Listen L_n des Kanals ch_p , z.B. als mindestens 70% oder besonders bevorzugt als etwa 85% des höchsten Eigenähnlichkeitswerts E_n aller Listen L_n des Kanals ch_p .

c) Berechnung der Koinzidenzwerte

[0055] In Schritt c) werden für jede Liste L_n Koinzidenzwerte berechnet, und zwar zwischen jeder Liste L_n jedes Kanals ch_p und jeder Liste L_n jedes anderen Kanals $ch_{p'}$, wie in den Fig. 17 und 18 skizziert.

[0056] Fig. 18 zeigt - stellvertretend für alle diese Koinzidenzwertberechnungen - die erste Liste L_{21} des Kanals ch_2 , welche jeweils mit allen anderen Listen (jedoch nicht mit den Listen des eigenen Kanals ch_2) verglichen wird, um jeweils Koinzidenzwerte K_{21-12} , K_{21-31} usw., allgemein $K_{pn-p'n'}$ (mit $p' \neq p$), zu berechnen, aus denen dann ein Gesamt-Koinzidenzwert K_{pn} für jede Liste L_{pn} ermittelt wird, wie weiter unten noch beschrieben.

[0057] Gemäß Fig. 17 wird ein Koinzidenzwert aus den zeitlichen Überlappungen u der Instanzen i_j zweier miteinander zu vergleichenden Listen - in Fig. 17 der Einfachheit halber nur als L_1 und L_2 bezeichnet - berechnet: Der Koinzidenzwert $K_{pn-p'n'}$ ist die Summe aller Zeitdauern t_i all jener Instanzüberlappungen u , welche wie nachstehend berücksichtigt werden, bezogen auf die Zeitdauer T des gesamten betrachteten Kanals ch_p .

[0058] Dabei werden nur solche Überlappungen u von Instanzen i_j eines Kandidatenmusters m_{1x} der Liste L_1 mit Instanzen i_j der Kandidatenmuster m_{2x} der anderen Liste L_2 berücksichtigt, welche zumindest zweimal auftreten, und auch dann nur jene Überlappungen u , welche die - kandidatenmusterbezogen - längsten Überlappungszeiten t_i erzeugen. In dem Beispiel von Fig. 17 bedeutet dies: Das Kandidatenmuster m_{1b} (d.h. seine drei Instanzen i_1, i_2, i_3) überlappt sich dreimal mit Instanzen ein und desselben Kandidatenmusters der zweiten Liste L_2 , und zwar mit den drei Instanzen i_1, i_2 und i_5 des Kandidatenmusters m_{2a} zu den Überlappungszeiten t_1, t_2 und t_5 ; und nur diese Überlappungszeiten werden für das Kandidatenmuster m_{1b} berücksichtigt.

[0059] Unberücksichtigt bleiben alle weiteren Überlappungen des Kandidatenmusters m_{1b} mit Instanzen anderer Kandidatenmuster, z.B. den Instanzen i_1 und i_4 von m_{2b} , weil diese Überlappungen kürzer sind als die vorgenannten. Auch die nochmalige Überlappung der Instanz i_2 von m_{1b} mit der Instanz i_3 von m_{2a} wird nicht gezählt, sondern nur jeweils eine einzige Doppelüberlappung pro Instanz der ersten Liste L_1 , und zwar die zeitlängste.

[0060] Ebenso bleiben nochmalige Überlappungen v der Instanzen i_1 und i_2 des Kandidatenmusters m_{1a} mit den Instanzen i_1 und i_2 des Kandidatenmusters m_{2b} unberücksichtigt, weil bereits die Überlappungen u der Instanzen i_3 und i_4 von m_{1a} mit den Instanzen i_1 und i_u von m_{2a} berücksichtigt wurden.

[0061] Der Koinzidenzwert $K_{pn-p'n'}$ kann optional für exakt in ihrem Beginn oder Ende zusammenfallende Instanzen - im gezeigten Beispiel von Fig. 17 die zusammenfallenden Beginne der ersten Instanzen i_1 der Kandidatenmuster m_{1b} und m_{2a} sowie das Zusammenfallen der Enden der dritten Instanzen i_3 von m_{1a} und m_{2a} bzw. der Beginne der vierten Instanzen i_4 von m_{1a} und m_{2a} - für jeden Zusammenfall besonders erhöht, z.B. um einen vorgegebenen "Bonuswert" inkrementiert werden.

[0062] Zurückkommend auf die allgemeine Bezeichnungsweise von Fig. 18 ergeben sich damit beispielsweise für die Liste L_{pn} des Kanals ch_p die folgenden Koinzidenzwerte $K_{pn-p'n'}$ gegenüber den Listen aller anderen Kanäle:

$$K_{pn-p'n'} = \frac{\sum_i t_{pn,i}}{T_p} \quad \text{mit } T_p = T_{p'}.$$

d) Verknüpfung der Eigenähnlichkeits- und Koinzidenzwerte

[0063] Die für jede Liste L_{pn} ermittelten Eigenähnlichkeitswerte E_{pn} und Koinzidenzwerte $K_{pn-p'n'}$ werden zu einem Gesamtwert G_{pn} der Liste L_{pn} verknüpft, beispielsweise durch Aufsummieren, Multiplizieren oder andere mathematische Operationen.

[0064] Bevorzugt wird die folgende Verknüpfung angewandt: Wie in Fig. 18 veranschaulicht, werden für eine Liste, beispielsweise die erste Liste L_{21} des zweiten Kanals ch_2 , nur jene Koinzidenzwerte $K_{21-p'n'}$ gegenüber den Listen $L_{p'n'}$ der anderen Kanäle $ch_{p'}$ berücksichtigt, welche dort in jedem Kanal jeweils den höchsten Wert haben. In dem gezeigten Beispiel sind das der Koinzidenzwert K_{21-12} zur zweiten Liste L_{12} des ersten Kanals ch_1 und der Koinzidenzwert K_{21-31} zur ersten Liste L_{31} des dritten Kanals ch_3 .

[0065] Diese kanalmaximalen Koinzidenzwerte werden zu einem Gesamt-Koinzidenzwert K_{pn} für die Liste L_{pn} aufsummiert, d.h.:

$$K_{pn} = \sum_{p'} \max_{in p'} (K_{pn-p'n'}).$$

[0066] Der Gesamt-Koinzidenzwert K_{pn} der Liste L_{pn} wird anschließend mit dem Eigenähnlichkeitswert E_{pn} der Liste L_{pn} multipliziert, um einen Gesamtwert G_{pn} für die Liste L_{pn} zu ergeben:

$$G_{pn} = E_{pn} * K_{pn}$$

[0067] Anschließend wird in jedem Kanal ch_p jeweils jene Liste L_p gesucht, welche den höchsten Gesamtwert G_p

$$G_p = \max_{in p} (G_{pn})$$

hat. In dem in Fig. 19 gezeigten Beispiel, welches auf den Eingangssequenzen der Fig. 1 und 2 beruht, sind das die Liste L_{12} als Ergebnisliste L_1 des ersten Kanals ch_1 , die Liste L_{21} als Ergebnisliste L_2 des zweiten Kanals ch_2 und die Liste L_{33} als Ergebnisliste L_3 des dritten Kanals ch_3 .

[0068] Die Kandidatenmuster m_{px} der Listen L_p stellen damit die für jeden Kanal ch_p - und zwar unter Berücksichtigung seiner Strukturbeziehungen zu allen anderen Kanälen - jeweils besterkannten, ähnlich wiederkehrenden Notenmuster des Kanals dar, wie in Fig. 20 gezeigt.

[0069] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt, sondern umfaßt alle Varianten und Modifikationen, die in den Rahmen der angeschlossenen Ansprüche fallen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung ähnlich wiederkehrender Muster von Noten in einem Musikstück, das auf parallele Kanäle (ch) verteilte Notensequenzen (q) enthält, mit den Schritten:
 - a) wiederholtes Segmentieren jedes Kanals (ch) unter Variierung von Segmentlänge und -beginn und, für jede Segmentierungsart, Bestimmen zueinander ähnlicher Segmente (S) und Speichern derselben in Listen (L) von Kandidatenmustern (m) mit ihren jeweiligen Instanzen (i), und zwar jeweils einer Liste pro Segmentierungsart und Kanal;
 - b) Berechnen eines Eigenähnlichkeitswerts (E) für jede Liste (L), welcher auf den Ähnlichkeiten der Instanzen (i) jedes Kandidatenmusters (m) einer Liste untereinander basiert;
 - c) Berechnen von Koinzidenzwerten (K) für jede Liste (L) jedes Kanals (ch) gegenüber den Listen aller anderen Kanäle, welcher jeweils auf den Überlappungen (u) von Instanzen (i) eines Kandidatenmusters (m) der einen Liste (L) mit Instanzen (i) eines Kandidatenmusters (m) der anderen Liste (L) basiert, wenn sich diese zumindest zweimal überlappen; und
 - d) Verknüpfen der Eigenähnlichkeits- und Koinzidenzwerte (E, K) jeder Liste (L) zu einem Gesamtwert (G) pro Liste und Verwenden der Musterkandidaten (m) der Listen (L) mit dem höchsten Gesamtwert (G) in jedem Kanal (ch) als erkannte Notenmuster des Kanals.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt a) zusätzlich folgender Schritt ausgeführt wird:
 - a1) Detektieren der in einem Kanal (ch) ident wiederkehrenden Muster (m), daraus Auswählen der den Kanal bestabdeckenden Muster und Speichern derselben in einer weiteren Liste (L) von Kandidatenmustern (m) mit ihren jeweiligen Instanzen (i) pro Kanal.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt a1) das Detektieren ident wiederkehrender Muster (m) mittels des an sich bekannten Korrelationsmatrix-Verfahrens durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt a1) das Auswählen der bestabdeckenden Muster (m) durch iteratives Auswählen des jeweils häufigsten und/oder längsten Musters aus den detektierten Mustern erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt a) die Segmentlänge in Vielfachen der Takteinheit des Musikstücks variiert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Segmentlänge vom Zweifachen der durchschnittlichen Notendauer des Musikstücks bis zur halben Länge des Musikstücks variiert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt a) das Bestimmen zueinander ähnlicher Segmente (S) durch gegenseitiges Ausrichten der Noten zweier Segmente, Bestimmen eines Übereinstimmungsgrades der beiden Segmente und Erkennen auf Ähnlichkeit, wenn der Übereinstimmungsgrad einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt, erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Ausrichten der Noten mittels des an sich bekannten "Dynamic Programming"-Verfahrens erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt b) für jedes Kandidatenmuster (m) der Liste (L) eine Ähnlichkeitsmatrix seiner Instanzen (i) aufgestellt wird, deren Werte zum Eigenähnlichkeitswert (E) der Liste (L) verknüpft werden, bevorzugt unter Gewichtung durch die Kanalabdeckung (P) der Kandidatenmuster (m) der Liste (L).
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Ende von Schritt b) jene Listen (L) eines Kanals (ch), deren Eigenähnlichkeitswert (E) einen vorgegebenen Schwellwert nicht erreicht, gelöscht werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der vorgegebene Schwellwert ein Prozentsatz des höchsten Eigenähnlichkeitswerts (E) aller Listen (L) des Kanals (ch) ist, bevorzugt mindestens 70%, besonders bevorzugt etwa 85%.

EP 2 180 463 A1

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt c) für ein bestimmtes Kandidatenmuster einer Liste (L) nur die Überlappungen (u) zu jenen Instanzen (i) der anderen Liste (L) berücksichtigt werden, mit welchen die zeitlängsten Überlappungen vorliegen.
- 5 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei dem Verknüpfen von Schritt e) für jede Liste (L) jedes Kanals (ch) nur jene Koinzidenzwerte (K) zu den Listen (L) der anderen Kanäle (ch) berücksichtigt werden, die dort den jeweils höchsten Wert darstellen.
- 10 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei dem Verknüpfen von Schritt e) die für eine Liste (L) berücksichtigten Koinzidenzwerte (K) jeweils aufsummiert werden.
- 15 15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei dem Verknüpfen von Schritt e) die aufsummierten Koinzidenzwerte (K) mit dem Eigenähnlichkeitswert (E) der Liste (L) zum genannten Gesamtwert (G) multipliziert werden.

15

20

25

30

35

40

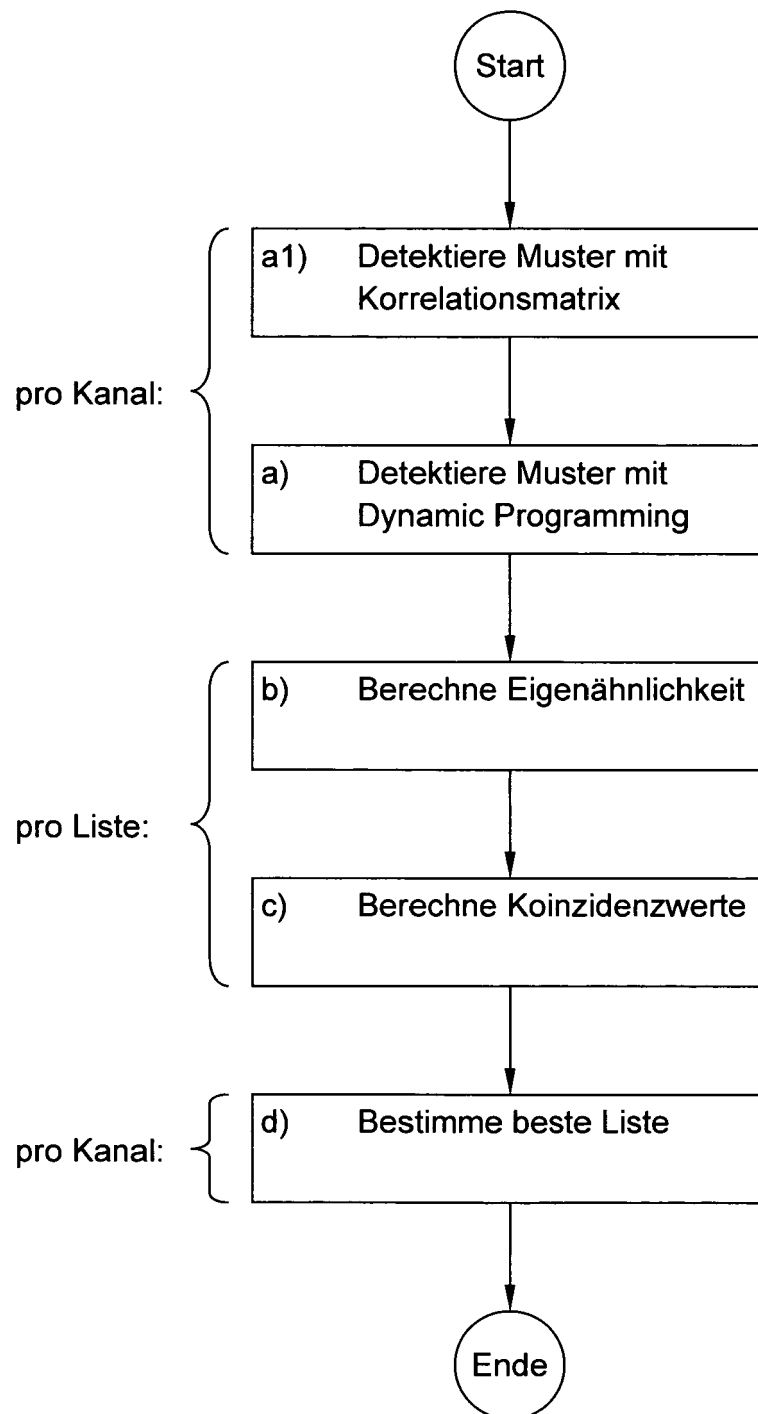
45

50

55



Fig. 2

***Fig. 3***

Pos.		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
	Note	A	C	F	C	B	A	C	F	F	C	B	F	F	A	C
1.	A	-					1								1	
2.	C		-		1			2			1					2
3.	F			-					3	1			1	1		
4.	C				-			1			2					1
5.	B					-						3				
6.	A						-								1	
7.	C							-			1					2
8.	F								-	1			1	1		
9.	F									-			1	2		
10.	C										-					1
11.	B											-				
12.	F												-	1		
13.	F													-		
14.	A														-	
15.	C															-

Fig. 4

Muster		Instanzen				...	Länge	Häuf.
m_I	A – C	1/2	6/7	14/15			2	3
m_{II}	C – F	2/3	7/8				2	2
m_{III}	F – C	3/4	9/10				2	2
m_{IV}	C – B	4/5	10/11				2	2
m_V	F – F	8/9	12/13				2	2
m_{VI}	A – C – F	1/2/3	6/7/8				3	2
m_{VII}	F – C – B	3/4/5	9/10/11				3	2
:	:							

Fig. 5

Bis vorläufige Liste leer:	
(i)	Suche „bestes“ Muster in vorläufiger Liste
(ii)	Abspeichern als Kandidatenmuster in Liste
(iii)	Lösche „überlappende“ aus vorläufiger Liste

Fig. 6

Liste L₁

Muster		Instanzen		
m _{1a}	A – C	1/2	6/7	14/15
m _{1b}	F – C – B	3/4/5	9/10/11	

Fig. 7

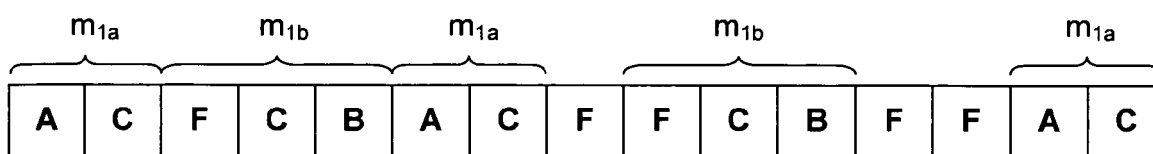


Fig. 8

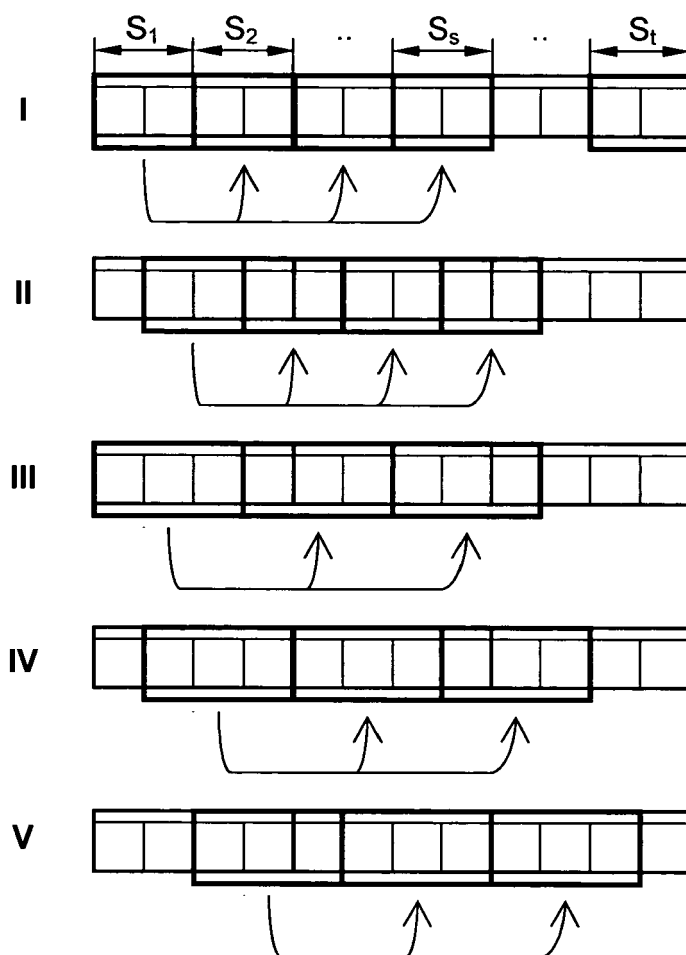


Fig. 9

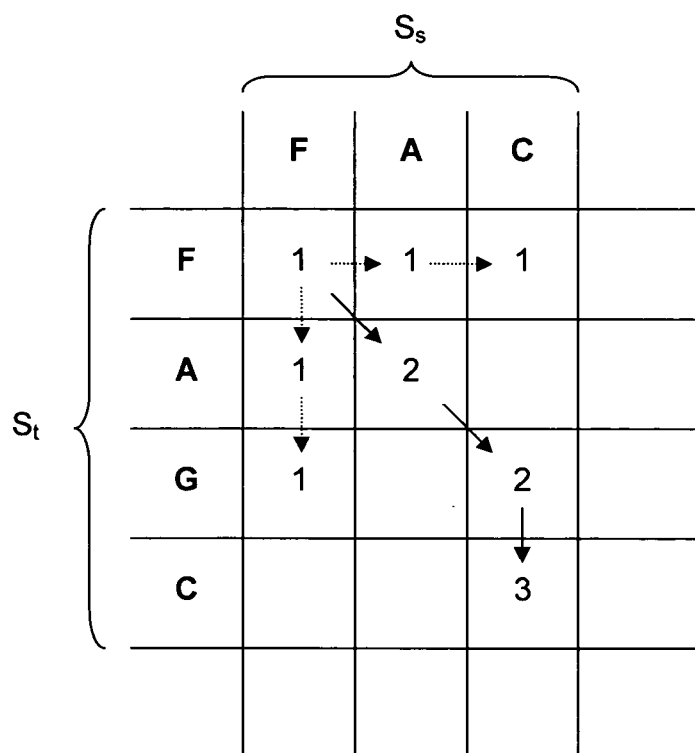


Fig. 10

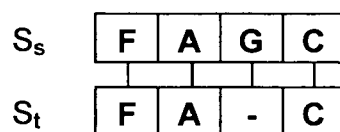


Fig. 11

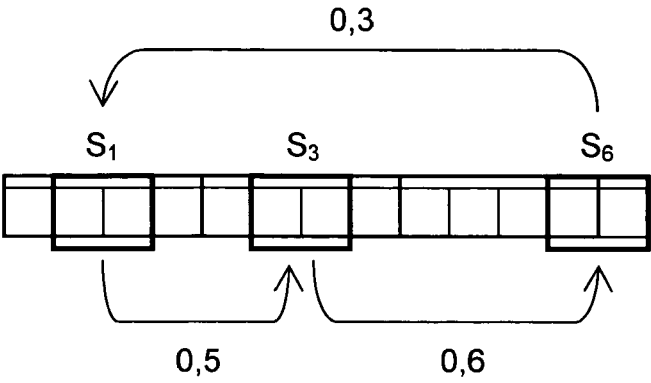


Fig. 12

Liste L ₂		Instanzen				
Muster		i ₁	i ₂	i ₃	i ₄	... i _j ...
m _{2a}	A – C – F	1-3	7-9	14-16		
m _{2b}	C – B – A	4-6	10-12			
:	:					

Fig. 13

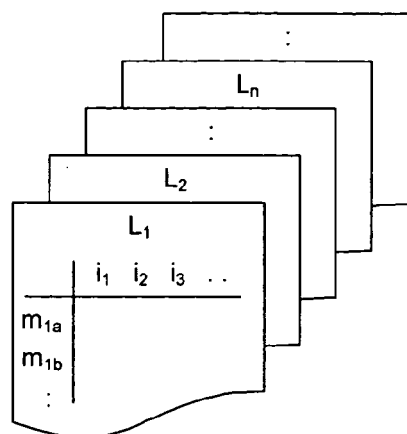


Fig. 14

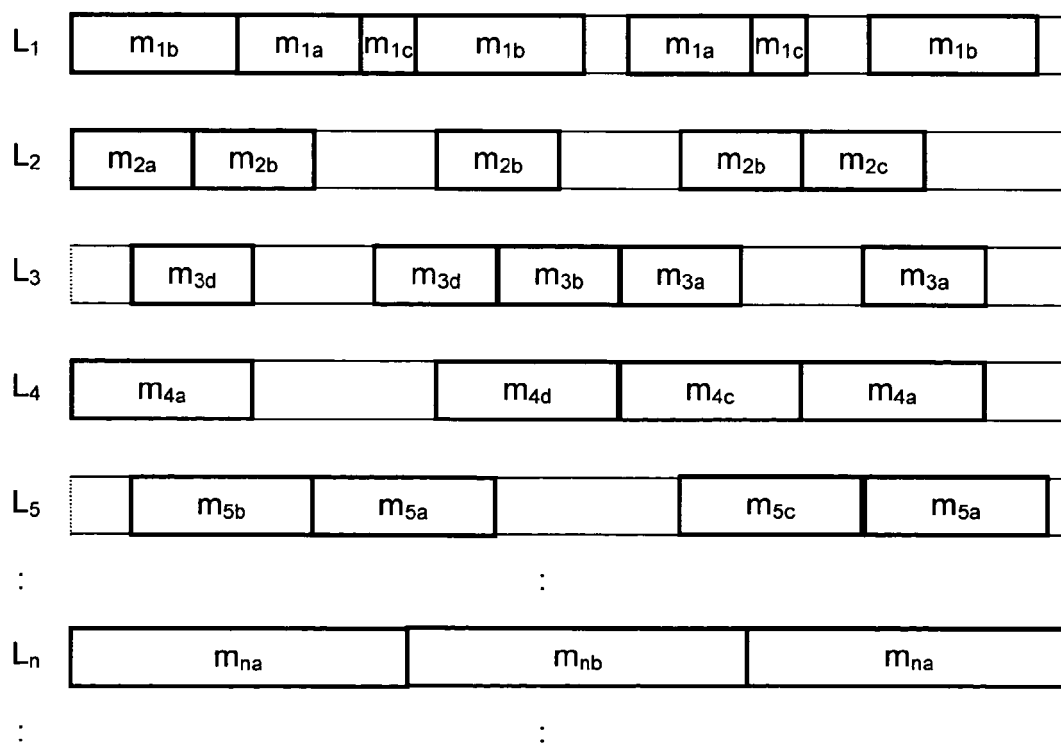


Fig. 15

m_{nx}	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	
i_1	-	0,5	1	0,7	0,8	
i_2		-	0,5	0,3	1	
i_3			-	0,7	0,8	
i_4				-	0,3	
i_5				-	-	

Fig. 16

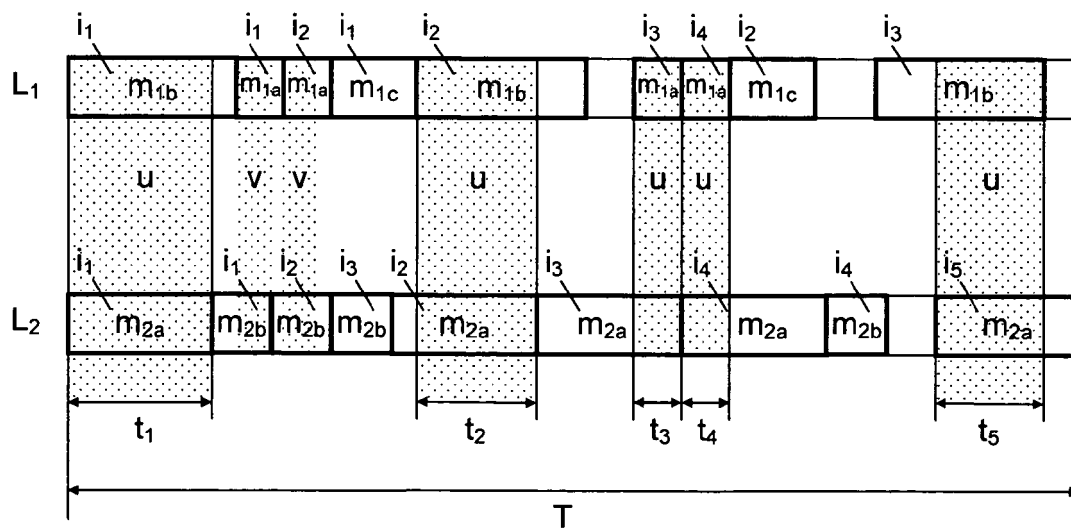


Fig. 17

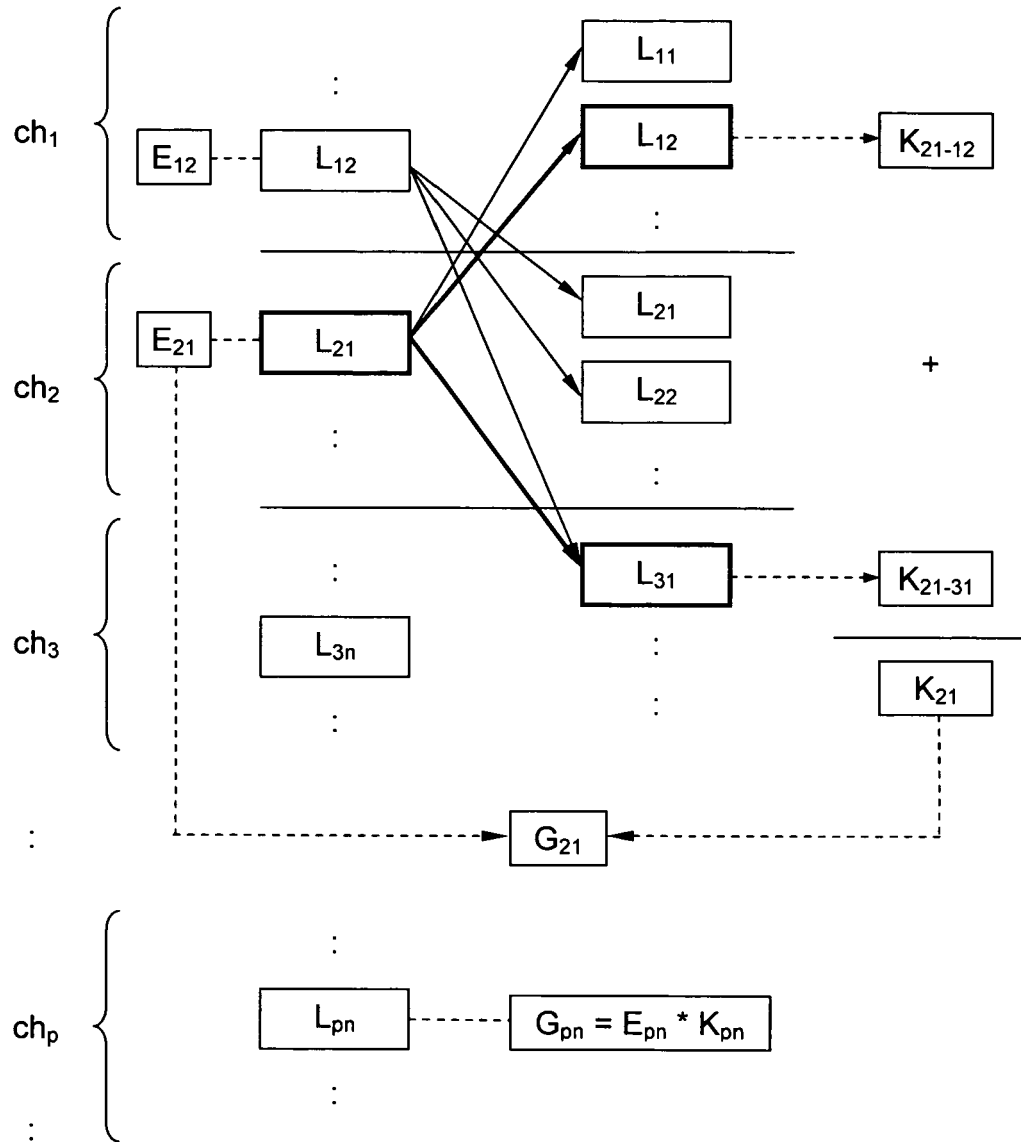


Fig. 18

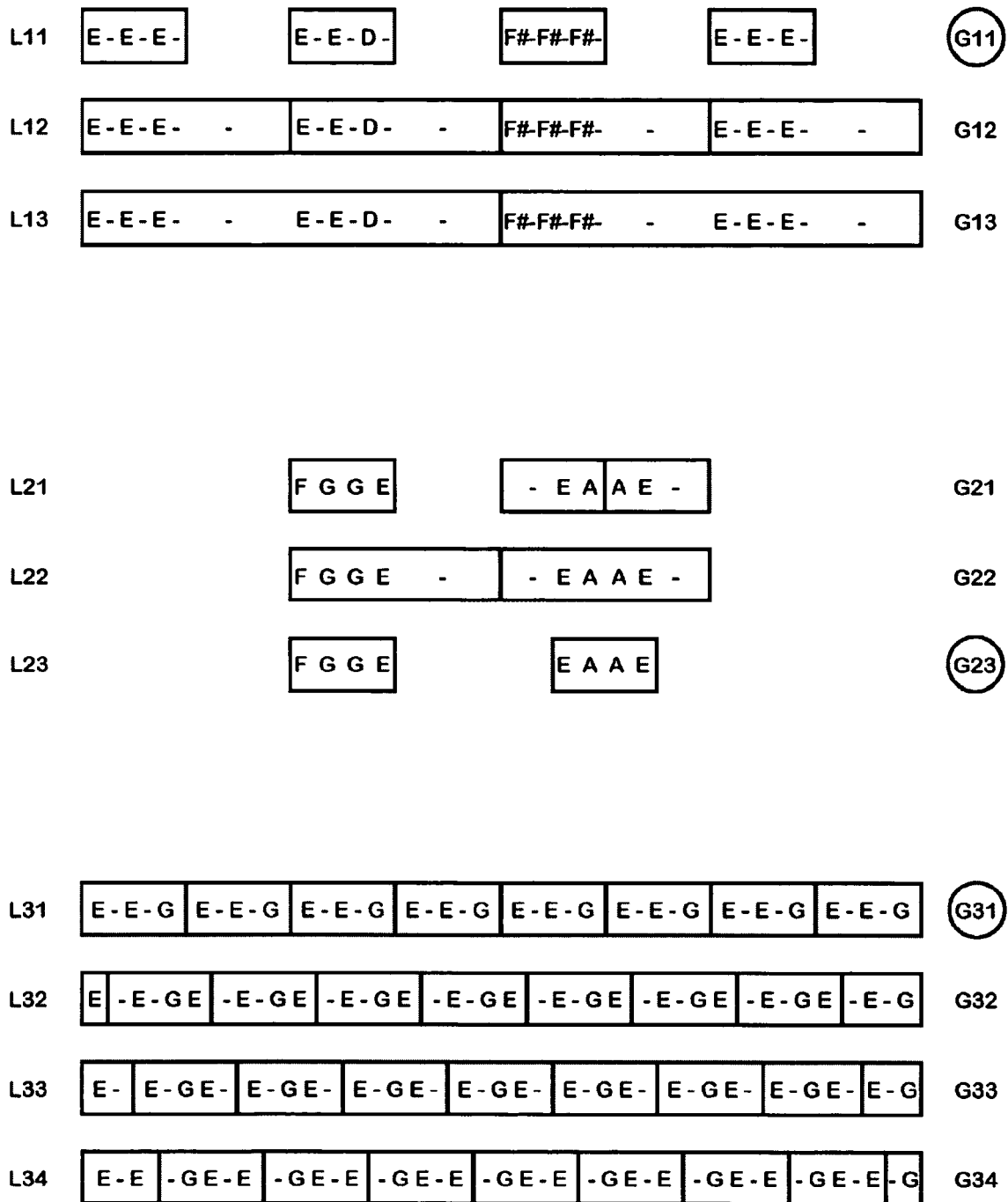


Fig. 19

ch1 E - E - E - E - E - D - F# - F# - F# - E - E - E -

ch2 F G G E E A A E

ch3 E - E - G E - E - G E - E - G E - E - G E - E - G E - E - G E - E - G

Fig. 20



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 08 45 0164

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
D,A	JIA-LIEN HSU ET AL: "Discovering Nontrivial Repeating Patterns in Music Data" IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 3, Nr. 3, 1. September 2001 (2001-09-01), Seiten 311-325, XP011036252 ISSN: 1520-9210 Abschnitte II-III -----	1-15	INV. G10H1/00
A	JOSE R. ZAPATA ET AL: "Efficient Detection of Exact Redundancies in Audio Signals" AUDIO ENGINEERING SOCIETY 125TH CONVENTION (CONVENTION PAPER 7504), [Online] 2. Oktober 2008 (2008-10-02), - 5. Oktober 2008 (2008-10-05) XP002517579 San Francisco, CA, USA Gefunden im Internet: URL:http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14657> [gefunden am 2009-03-03] Abschnitte 2-4 -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G10H
A	GB 2 354 095 A (YAMAHA CORP [JP]) 14. März 2001 (2001-03-14) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 * * Seite 9, Zeile 4 - Seite 17, Zeile 18 * -----	1-15	
A	DE 10 2004 047068 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 6. April 2006 (2006-04-06) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-9 * * Absätze [0034] - [0041] * -----	1-15	
A	US 6 225 546 B1 (KRAFT REINER [US] ET AL) 1. Mai 2001 (2001-05-01) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 * * Spalte 5, Zeile 10 - Spalte 10, Zeile 37 * -----	1	
5	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. März 2009	Prüfer Lecointe, Michael
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 08 45 0164

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-03-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2354095 A	14-03-2001	JP 2001042866 A	16-02-2001
		US 6570080 B1	27-05-2003
DE 102004047068 A1	06-04-2006	EP 1794743 A1	13-06-2007
		WO 2006034743 A1	06-04-2006
		JP 2008515012 T	08-05-2008
US 6225546 B1	01-05-2001	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **Kilian Jürgen, ; Hoos Holger H.** MusicBLAST - Gapped Sequence Alignment for MIR. *International Conference on Music Information Retrieval*, 2004 [0003]
- **Hu Ning ; Dannenberg Roger B. ; Lewis Ann L.** A Probabilistic Model of Melodic Similarity. *Proceedings of the ICMC*, 2002 [0003]
- **Hsu Jia-Lien ; Liu Chih-Chin ; Chen Arbee L.P.** Discovering Nontrivial Repeating Patterns in Musical Data. *IEEE Transactions On Multimedia*, 2001, vol. 3 (3 [0004]