



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 05 762 B4 2006.04.13**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 05 762.1**
 (22) Anmeldetag: **12.02.2002**
 (43) Offenlegungstag: **12.09.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **13.04.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G06N 5/04 (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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
09/790,921 22.02.2001 US

(73) Patentinhaber:
Hewlett-Packard Development Co., L.P., Houston, Tex., US

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

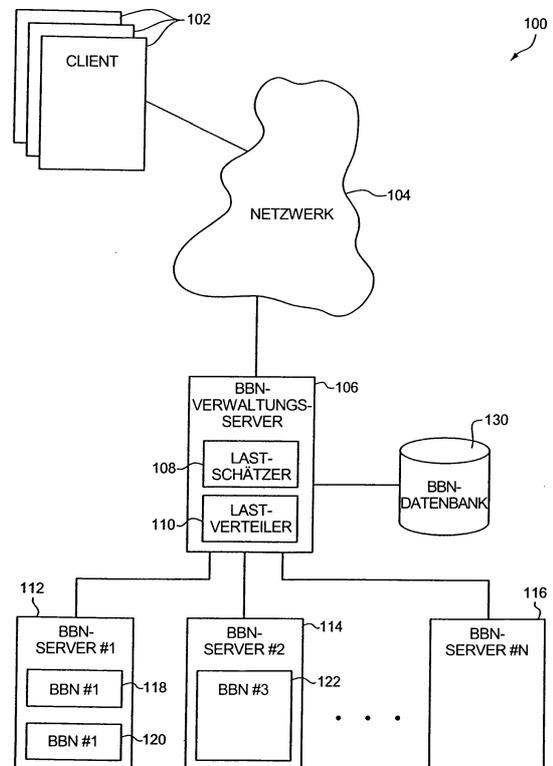
(72) Erfinder:
Skaanning, Claus, Dronninglund, DK; Wright, David W., Fort Collins, Col., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
WO 99/57 622 A2
WO 99/09 507 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Struktur zur Charakterisierung von Bayesianischen Belief-Netzwerken**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Verarbeiten eines begrenzten Bayes-Belief-Netzwerk-Modells (BBN-Modell), das aus einer Mehrzahl von begrenzten BBN-Modellen ausgewählt ist, wobei jedes begrenzte BBN-Modell ein Teilproblem betrifft und durch eine Mehrzahl von Attributen begrenzt ist, mit folgenden Schritten:

- (a) Bestimmen (1112) der dem begrenzten BBN-Modell zugeordneten Attribute;
- (b) Schätzen (1112) der zur Verarbeitung des ausgewählten BBN-Modells erforderlichen Betriebsmittel als eine Funktion der im Schritt (a) bestimmten Attribute gemäß der polynomischen Komplexität; und
- (c) Verarbeiten des ausgewählten, begrenzten BBN-Modells in einem BBN-Server, der die erforderlichen Betriebsmittel aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf die Wahrscheinlichkeitsdiagnose und Wahrscheinlichkeitsprozeduren und insbesondere auf Verfahren und Systeme zum Schätzen des Betriebsmittelbedarfs von Bayesianisches Belief-Netzwerken bzw. Bayes-Glaube-Netzwerken, die bei Diagnosesystemen angewendet werden.

[0002] Diagnosetechniken, die auf eine Vielfalt von Problembereichen angewendet werden, werten allgemein einen speziellen Beweis oder Randbedingungen aus und bestimmen einen geeigneten nächsten Schritt in dem Prozeß basierend auf Wahrscheinlichkeiten, die dem speziellen Beweis oder den speziellen Randbedingungen zugeordnet sind. Menschen führen eine solche Diagnose regelmäßig beim Lösen einer Vielfalt von Problemen durch. Berechnungssysteme werden oftmals angewandt, um ähnliche Probleme unter Verwendung von ähnlichen Wahrscheinlichkeitstechniken basierend auf gesammelten Beweisen und Randbedingungen bzw. Beschränkungen zu lösen.

[0003] Fehlersuch- und Diagnose-„Wizards“ bzw. Fehlersuch- und Diagnose-„Zauberer“ sind Beispiele von bekannten automatisierten Diagnosesystemen. Solche Wizards nehmen in Berechnungssystemen bzw. Computersystemen üblicherweise eine Eingabe von einem Benutzer auf, die die Natur eines Problems, das gelöst werden soll, anzeigt. Durch eine Zahl von Frage- und Antwort-Interaktionen mit dem Benutzer schränkt der Wizard die möglichen Lösungen des Problems ein. Der Wizard diagnostiziert mit anderen Worten das Problem, in dem eine Wahrscheinlichkeitsanalyse unter einer Angabe eines Satzes von Randbedingungen, der durch den Benutzer geliefert wird, angewandt wird. Die Fehlersuch- und Diagnose-Wizards werden häufig verwendet, um eine automatisierte Fehlersuchunterstützung für Endbenutzer von Computersystemen zu liefern, um es Endbenutzern zu ermöglichen, ungelöste Probleme sehr schnell zu diagnostizieren, ohne auf die Interaktion mit Kundenunterstützungsrepräsentanten, die Computersystemen zugeordnet sind, zurückzugreifen.

[0004] Eine Vielfalt von mathematischen Modellen ist angewendet worden, um die Diagnosefähigkeit von solchen Computersystemen zu verbessern, die für eine solche Problemdiagnose verwendet werden. Auf eine beliebtes solches Modell wird oftmals als Bayesianische Belief-Netzwerke („BBN“; BBN = Bayesian Belief Networks) Bezug genommen. Bayesianische Belief-Netzwerke wenden iterativ die Regel von Bayes an, um ein wahrscheinliches Ereignis oder einen nächsten Schritt bei der Problemdiagnose basierend auf einem Beweis oder Randbedingungen und zugeordneten Wahrscheinlichkeiten zu folgern. Ein

Bayesianisches Belief-Netzwerk wird daher oftmals mathematisch als eine Sammlung von Knoten, die spezielle Ereignisse oder Zustände darstellen, die gesammelten Beweisen zugeordnet sind, und Bögen dargestellt, die die Knoten verbinden und eine Wahrscheinlichkeitsabhängigkeit zwischen den verschiedenen Ereignissen, die durch die Knoten dargestellt sind, darstellen. Durch Erweitern der Darstellung eines Bayesianischen Belief-Netzwerkes mit Informationen, wie z. B. des Aufwands bzw. der Kosten von Schritten, von Erklärungen der Schritte und dergleichen, können BBNs nützlich beim Fehlersuchen von Benutzerproblemen angewandt werden.

[0005] Die Verwendung von solchen BBN-Techniken und automatisierten (computerisierten) Problemdiagnosesystemen verursacht eine Anzahl von Komplexitäten aufgrund der Berechnungskomplexität der BBN-Wahrscheinlichkeitsbestimmungen. Die Verwendung einer BBN-Technik erfordert beträchtliche Berechnungsbetriebsmittel, die CPU-Verarbeitungszyklen und Speicher zum Berechnen von möglichen Zuständen und zugeordneten Wahrscheinlichkeiten umfassen. Der Mangel von vorhersagbaren verfügbaren Berechnungsbetriebsmitteln ist beim Durchführen von BBN-Techniken problematisch. Die Berechnungsbetriebsmittel, die beim Anwenden von BBN-Techniken verbraucht werden, werden bisher als sehr unvorhersagbar betrachtet. Es wurde kein genaues Modell vorgeschlagen, um die Betriebsmittel schätzen zu können, die zum Verwenden des BBN-Netzwerkes für eine spezielle Problemlösung unter der Angabe eines Satzes von Randbedingungen erforderlich sind. Aus diesem Grund sind bekannte BBN-Diagnosewerkzeuge aus praktischen Gründen auf den Betrieb in einem zweckgebundenen Berechnungs-Server begrenzt. Ein einzelnes BBN-Diagnosewerkzeug, das betrieben wird, um ein einzelnes Problem im Auftrag eines einzelnen Benutzers/Clients zu lösen, darf mit anderen Worten die gesamten verfügbaren Betriebsmittel in einem einzelnen zweckgebundenen Berechnungs-Server verbrauchen.

[0006] Diese Komplexität und der zugeordnete Bedarf nach zweckgebundenen Berechnungsbetriebsmitteln hat die Nützlichkeit von BBN-Diagnosewerkzeugsystemen vermindert, da dieselben nicht ohne weiteres in einer Client/Server-Berechnungs-Architektur bzw. Client/Server-Computer-Architektur verwaltet werden können, bei der ein einzelner BBN-Diagnose-Server Dienste für eine Mehrzahl von anfordernden Clients liefern kann. Wenn ein einzelner Berechnungs-Server einer BBN-Netzwerkberechnung gewidmet werden muß, kann das BBN-Diagnosewerkzeug nicht ohne weiteres in ein Client/Server-Modell skaliert werden, um es zu erlauben, daß eine größere Zahl von Kunden bedient wird.

Stand der Technik

[0007] Die WO 99/09507 A1 beschreibt ein Verfahren zur Auswahl, Entwicklung und Verbesserung diagnostischer Untersuchungen für schwangerschaftsbezogene Bedingungen unter Verwendung neuronaler Netze. Patientendaten werden durch entscheidungsunterstützte Systeme analysiert, um wichtige Variablen zu identifizieren, wobei die Systeme hinsichtlich der Patientendaten trainiert werden.

[0008] Die WO 99/57622 A2 beschreibt eine Vor- und Nach-Verarbeitung von Daten zur Verbesserung der Wissensbasis unter Verwendung von Vektormaschinen. Allgemein werden in Verbindung von Bayesianischen Netzwerken auch die Möglichkeit der Verwendung von polynomischen Gleichungen angesprochen.

Aufgabenstellung

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verarbeiten eines begrenzten BBN-Modells zum Diagnostizieren eines Teilproblems zu schaffen, wodurch eine bessere Charakterisierung der erforderlichen Betriebsmittel zur Ausführung des BBN-Modells in einer Client/Server-Anwendungsumgebung ermöglicht wird.

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und durch ein System nach Anspruch 8 gelöst.

[0011] Die vorliegende Erfindung sieht ein Polynommodell der Berechnungsbetriebsmittel vor, die für ein BBN-Diagnosewerkzeug erforderlich sind, um ein spezielles mit Randbedingungen versehenes Problem zu lösen. Unter Verwendung einer solchen verbesserten Charakterisierung der BBN-Berechnungskomplexität können Verwaltungstechniken (außerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung) die Verteilung von BBN-Diagnoseberechnungen über einen oder mehrere Berechnungs-Server geeignet verwalten, die im Auftrag einer Mehrzahl von anfordernden Clients bzw. Kunden betrieben werden. Die verbesserte Schätzung von BBN-Berechnungsbetriebsmitteln gemäß der vorliegenden Erfindung ermöglicht mit anderen Worten die effektive Verwaltung von Berechnungsbetriebsmitteln, um ein besseres Skalieren von BBN-Server-Betriebsmitteln zu erlauben, um mehrere Clients zu bedienen.

[0012] Empirische Daten weisen darauf hin, daß die BBN-Diagnoseberechnungen sowohl Speicher- als auch CPU-intensiv sind. Obwohl die CPU-Nutzung ein gut bekanntes handhabbares Problem ist, muß die Speichernutzung sorgfältig verwaltet werden, um schwere Fehler beim Betrieb von BBN-Berechnungsmodellen zu vermeiden. Weitere empirische Daten

zeigen, daß die BBN-Speicherungserfordernisse genau gemäß einer Polynom-Berechnungskomplexität geschätzt werden können. Diese einfach berechnete Schätzung von erforderlichen Betriebsmitteln ermöglicht es, daß gut bekannte Verwaltungstechniken genauer die Last der BBN-Dienste über einen oder mehreren Server, mit dem Zweck mehrere Clients zu bedienen, verteilen.

[0013] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß, indem dieselbe die Verwaltung von mehreren BBN-Diensten erlaubt, die in einem oder mehreren Server-Knoten betreibbar sind, mehrere BBN-Modelle parallel im Auftrag einer einzelnen Client-Anforderung ausgeführt werden können. Ein solcher paralleler Mehr-Modell-Betrieb ermöglicht ein Modellanpassungsverarbeiten. Das Modellanpassen bezieht sich, wie hierin verwendet, auf den Prozeß des Findens eines Modells, das am besten das Problem des Benutzers handhabt. Dies kann beispielsweise durch paralleles Ausführen einer Anzahl von konkurrierenden Modellen durchgeführt werden, bis es offensichtlich wird, welches Modell das geeignetste Modell ist. Das Ausführen von mehreren Modellen für ein solches Modellanpassen ist ein weiterer Vorteil des Verwaltens des Betriebs von mehreren BBN-Modellausführungen, die über ein Netzwerk von Servern verteilt sind.

Ausführungsbeispiel

[0014] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0015] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Systems gemäß der vorliegenden Erfindung, das einen BBN-Verwaltungs-Server zur Schätzung von Berechnungsbetriebsmittellasten zum Verarbeiten von mehreren BBN-Anforderungen umfaßt;

[0016] [Fig. 2](#) ein Flußdiagramm, das zusätzliche Details des Betriebs der Lastschätzerkomponente des BBN-Verwaltungs-Servers von [Fig. 1](#) beschreibt;

[0017] [Fig. 3](#) eine Tabelle, die empirische Daten für mehrere Parameter einer Anzahl von exemplarischen Bayesianischen Netzwerken und die geschätzte Komplexität von jedem Netzwerk hinsichtlich der Speicherungsgrößenanfordernisse liefert;

[0018] [Fig. 4–Fig. 6](#) graphische Darstellungen von Daten in der Tabelle von [Fig. 3](#), die die polynomische oder geringere Komplexität des Schätzens der BBN-Speicherungsgrößenanfordernisse zeigen;

[0019] [Fig. 7](#) eine Tabelle, die empirische Daten für mehrere Parameter eines exemplarischen Bayesianischen Netzwerkes von [Fig. 3](#) liefert und die ge-

schätzte Komplexität von jedem Netzwerk hinsichtlich der Berechnungszeiterfordernisse zeigt;

[0020] [Fig. 8–Fig. 10](#) graphische Darstellungen der Daten in der Tabelle von [Fig. 7](#);

[0021] [Fig. 11](#) ein Flußdiagramm, das die Gesamtbetriebsverfahren des BBN-Verwaltungs-Servers von [Fig. 1](#) beschreibt; und

[0022] [Fig. 12](#) ein Flußdiagramm, das zusätzliche Details der Schritte des Schätzens der Last zum Berechnen eines speziellen BBN-Modells beschreibt.

[0023] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Systems **100**, bei dem die BBN-Betriebsmittelschätzungen der vorliegenden Erfindung vorteilhaft angewendet werden können. Eine Mehrzahl von Clients bzw. Kunden **102** fordern Services bzw. Dienste über ein Netzwerk **104** von einem Server für eine Problem-Lösung/Diagnose an. Die Clients **102** können eine Anwendung oder ein Benutzer-Prozeß sein, die Problemlösungscharakteristika, wie z. B. die Fehlersuch-Führer oder -Wizards, umfassen. Das Netzwerk **104** kann ein verteiltes Verarbeitungskommunikationsnetzwerk sein, das beispielsweise eine Intranet- oder Internet-Kommunikation umfaßt. Eine Zwischenprozeßkommunikation kann allgemein für eine solche Client/Server-Interaktion verwendet werden, wie es in der Technik gut bekannt ist. Die verschiedenen Prozesse, die in [Fig. 1](#) dargestellt sind, können daher physisch über eine Mehrzahl von verbundenen Berechnungssystemen verteilt sein oder können in einem einzigen Berechnungssystem unter Verwendung von Client/Server-Architekturen betrieben werden, um die Zwischenprozeßkommunikationen zu bewirken. Solche Entwurfswahlen sind Fachleuten gut bekannt und sind hier nicht weiter erörtert.

[0024] Solche Anforderungen werden an einen Server-Prozeß **106** gerichtet. Der Server-Prozeß **106** verwaltet gemäß der vorliegenden Erfindung insbesondere solche Diagnoseanforderungen, um die Anforderungen zu beliebigen einer Mehrzahl von Berechnungs-Servern **112** bis **116** zu verteilen, um das BBN für eine Lösung/Diagnose des Problems zu verarbeiten, das durch den Client **102** angefragt wird.

[0025] Gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt der BBN-Verwaltungs-Server-Prozeß **106** eine Lastschätzerkomponente **108**, die die Berechnungsbetriebsmittel schätzt, die erforderlich sind, um das BBN zu verarbeiten, das der Nachfrage des Clients zugeordnet ist. Die Lastschätzerkomponente **108** sucht in der BBN-Datenbank nach Parametern oder Attributen des BBN, die der Anforderung des Clients zugeordnet sind. Die Parameter und Attribute, die derart lokalisiert werden, werden durch die Lastschätzerkomponente **108** verwendet, um die geschätzten Berechnungsbetriebsmittel zu berechnen, die für das

BBN erforderlich sind. Die Datenbank **130** stellt jede Struktur dar, die Parameter und/oder Attribute von jedem BBN-Modell enthält, das dem Server **106** bekannt ist. Die Verwendung des Ausdrucks Datenbank soll nicht eine spezielle komplexe Struktur beinhalten. Jede Datenstruktur, die so einfach wie eine Tabelle in einem Speicher ist, bis zu einer komplexeren indizierten Datenbankstruktur, kann für den Zweck verwendet werden, der durch das Element **130** beabsichtigt ist. Solche Entwurfswahlen sind in der Technik gut bekannt.

[0026] Der BBN-Verwaltungs-Server-Prozeß **106** umfaßt ferner vorzugsweise eine Lastverteilerkomponente **110**, die auf die Lastschätzerkomponente **108** anspricht, um die Anforderung des Clients zu einem geeigneten BBN-Server-Prozeß **112** bis **116** basierend auf den geschätzten Berechnungsbetriebsmitteln zu verteilen, die zum Ausführen des BBN-Modells erforderlich sind, das der Anforderung des Clients zugeordnet ist. Ein Server-Prozeß **112** bis **116**, das ausreichende verfügbare Berechnungsbetriebsmittel aufweist, um das BBN zu verarbeiten, empfängt dann die Anforderung des Clients von dem BBN-Verwaltungs-Server-Prozeß **106**, um tatsächlich die Anforderung des Clients zu verarbeiten, indem das BBN-Modell berechnet wird, das der Anforderung zugeordnet ist. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, verarbeitet ein BBN-Server-Prozeß **112** aktuell zwei BBN-Modelle, nämlich BBN #1 **118** und BBN #2 **120**. Der BBN-Server-Prozeß **114** verarbeitet aktuell ein BBN-Modell im Auftrag eines Clients, nämlich BBN #3 **122**. Der BBN-Server-Prozeß **116** verarbeitet aktuell kein BBN-Modell. Wie es durch die relativen Größen der Kästen vorgeschlagen ist, die die BBN-Modelle **118**, **120** und **122** darstellen, wird jedes BBN-Modell zu einem BBN-Server-Prozeß **112** bis **116** geliefert, der die geschätzten Berechnungsbetriebsmittel liefern kann, die erforderlich sind, um das BBN-Modell zu verarbeiten. Zu einem bestimmten Zeitpunkt besitzt der BBN-Server-Prozeß **112** ausreichende Berechnungsbetriebsmittel, um das Verarbeiten von zwei BBN-Modellen **118** und **120** zu erlauben. Das BBN-Modell **122** erfordert weitere Betriebsmittel und wird daher zu dem BBN-Server-Prozeß **114** gesendet, der ausreichend Betriebsmittel aufweist, um das Modell zu verarbeiten. Die Lastschätzerkomponente **108** des BBN-Verwaltungs-Server-Prozesses **106** liefert die Schätzung der erforderlichen Berechnungsbetriebsmittel, die für jedes BBN-Modell erforderlich sind, das einer Client-Anforderung entspricht. Diese Schätzung ermöglicht es der Lastverteilerkomponente **110**, das BBN-Modell-Verarbeiten im Auftrag von mehreren Clients **102** zu einem geeigneten BBN-Server-Prozeß **112** bis **116** zu verteilen.

[0027] Es wurde bestimmt, daß eine beträchtliche Klasse von Problemen durch begrenzte BBN-Modelle dargestellt werden kann. Hinsichtlich der Grenzen

und Randbedingungen solcher BBNs zeigt die vorliegende Erfindung, daß die Berechnungsbetriebsmittelerfordernisse für ein BBN (d. h. insbesondere die Speichernutzung) einfach als ein einfaches Polynom in verschiedenen Attributen und Parametern des BBN geschätzt werden können. Die Lastschätzerkomponente **108** von [Fig. 1](#) verwendet daher eine solche Polynomberechnung, um die Berechnungsbetriebsmittelerfordernisse des Verarbeitens des BBN zu schätzen, das einer ausgewählten Problemanalyse (d. h. einem speziellen Fehlersuchprozeß) entspricht.

[0028] [Fig. 2](#) ist ein Flußdiagramm, das den Betrieb der Lastschätzerkomponente **108** von [Fig. 1](#) beschreibt, um die Berechnungsbetriebsmittel zu schätzen, die erforderlich sind, um ein gegebenes BBN im Auftrag eines speziellen anfordernden Client-Prozesses zu verarbeiten. Das Element **200** sammelt zuerst die Attribute und Parameter des begrenzten BBN, das durch den Benutzer ausgewählt ist (das ausgewählte zu diagnostizierende Problem). Wie im vorhergehenden erwähnt, werden diese Parameter und Attribute aus einer Tabelle oder einer Datenbankstruktur wiedergewonnen, die die Parameter und Attribute einem BBN für ein spezielles Problem zuordnet, das gemäß der Client/Benutzer-Anforderung gelöst werden soll. Ein Element **202** berechnet dann die geschätzten Berechnungsbetriebsmittel, die zum Verarbeiten des ausgewählten BBN gemäß den Parametern und Attributen, die für das ausgewählte BBN wiedergewonnen werden, erforderlich sind. Die bevorzugte Polynomschätzung ist im folgenden weiter erörtert. Ein Element **204** gibt dann die berechnete Schätzung für eine weitere Verwendung beim Verteilen der Last zum Verarbeiten von mehreren BBN-Modellen im Auftrag einer Mehrzahl von Client-Anforderungen zurück.

[0029] [Fig. 11](#) ist ein Flußdiagramm, das Details der gesamten Betriebsverfahren des BBN-Verwaltungs-Servers zum Schätzen der Lasterfordernisse eines Bayesianischen Netzwerkes und zum Verteilen von mehreren solchen BBN-Anforderungen zu einer Mehrzahl von Servern basierend auf dem Ausgleichen der geschätzten Berechnungsbetriebsmittellasten der BBNs liefert. Ein Element **1110** berechnet zuerst die Wahrscheinlichkeiten von allen BBN-Modellen, die dem Verwaltungsserversystem bekannt sind. Wie im folgenden hierin erwähnt, verbessert dieses Vorberechnen dieser Wahrscheinlichkeiten die Anfangsstartzeit für die BBN-Modellberechnung, um dadurch die Reaktionswahrnehmung des Benutzers zu verbessern. Ein Element **1112** berechnet dann die geschätzte CPU-Zeit und die Speicherungsgrößen-erfordernisse für jedes BBN, das dem System bekannt ist. Ein Element **1114** bestimmt dann die CPU- und Speicherungsraum-Betriebsmittel, die in jedem Server in dem System verfügbar sind, um für die BBN-Berechnungen verwendet zu werden. Ein Ele-

ment **1116** speichert dann alle Parameter, die durch den Betrieb der Elemente **1110** bis **1112** bestimmt sind, in einer Konfigurationsdatei in dem Verwaltungs-Server. Elemente **1118** verarbeiten dann iterativ jede BBN-Anforderung, die von einem Client-Prozeß empfangen wird.

[0030] Das Verarbeiten der Anforderungen ist mit dem Auswählen eines geeigneten Servers basierend auf den geschätzten Lasterfordernissen des identifizierten BBN und der aktuellen Last in jedem Server verbunden. Das Verarbeiten einer neuen Anforderung ist mit dem asynchronen Empfang einer Anforderung von einem Client verbunden. Die Anforderung wird dann zu einem ausgewählten Server verteilt. Wenn der Server das Verarbeiten der Anforderung beendet, wird ein asynchrones Ereignis zu dem Verwaltungs-Server weitergeleitet, um zu erlauben, daß andere Anforderungen verarbeitet werden. Der Verwaltungs-Server verfolgt die Belastung von jedem Server und verteilt neue Anforderungen basierend auf der aktuellen Last und den Lasterfordernissen des identifizierten BBN.

[0031] Elemente **1100** bis **1108** stellen das Verwaltungsserververarbeiten ansprechend auf einen asynchronen Empfang einer neuen BBN-Anforderung von einem Client dar. Das Element **1100** wählt zuerst den besten Server zum Verarbeiten des identifizierten BBN-Modells des Clients aus. Der beste Server wird gemäß der Last in jedem Server und der geschätzten Lasterfordernisse des identifizierten BBN-Modells des Clients ausgewählt. Dort, wo mehrere Server ausreichende Betriebsmittel aufweisen, um das identifizierte Modell zu verarbeiten, kann eine einfache Ring- bzw. Round-Robin-Technik oder eine andere Zeitplantechnik verwendet werden, um die Modellberechnungen über mehrere Server zu verteilen.

[0032] Das Element **1102** bestimmt dann, ob ein Server durch den Betrieb des Elements **1100** ausgewählt wurde. Wenn alle Server aktuell mit BBN-Modellberechnungen beschäftigt sind, derart, daß keinem Server ausreichende Betriebsmittel zur Verfügung stehen, um die neue Client-Anforderung zu verarbeiten, dann wird die Verteilung der neuen Anforderung verzögert. Die Verzögerung einer solchen Anforderung kann durch einfaches Warten auf einen Server, der das Verarbeiten beendet, und dann Auswählen dieses Servers implementiert sein. Wie in [Fig. 11](#) gezeigt, können solche verzögerten Anforderungen für ein späteres Verarbeiten in eine Warteschlange gestellt werden, wenn frühere Anforderungen schließlich beendet sind. Wenn kein Server aktuell die Kapazität zum Verarbeiten der neuen Client-Anforderung besitzt, stellt das Element **1104** die Anforderung für ein späteres Verarbeiten in eine Warteschlange, und das Verfahren ist beendet, bis ein Server zum Verarbeiten der Anforderung zur Verfü-

gung steht.

[0033] Wenn ein Server aktuell, wie es durch das Element **1102** bestimmt wird, verfügbar ist, dann ist das Element **1106** betreibbar, um die Client-BBN-Anforderung zu dem ausgewählten Server zu übertragen. Das Element **1108** erhöht dann die aktuelle Laststatistik in der Konfigurationsdatei, um die neue Last in dem ausgewählten Server wiederzuspiegeln, die aufgrund des Verarbeitens der neuen Client-Anforderung erhöht ist.

[0034] Elemente **1120** bis **1126** stellen das Verarbeiten des Verwaltungs-Servers ansprechend auf den Empfang eines asynchronen Ereignisses dar, das die Beendigung der Berechnungen für eine BBN-Modell-Anforderung eines Clients anzeigt. Das Element **1120** verringert zuerst die aktuelle Laststatistik des Servers in der Konfiguration, um die Beendigung der BBN-Modell-Verarbeitungslast wiederzuspiegeln. Der Server, der gerade das Verarbeiten eines speziellen BBN-Modells eines Clients beendet hat, besitzt dann verfügbare Betriebsmittel zum Verarbeiten von neuen zusätzlichen Client-BBN-Modell-Anforderungen. Das Element **1122** bestimmt dann, ob jegliche frühere Client-Anforderungen in eine Warteschlange gestellt wurden, die auf die Verfügbarkeit eines geeigneten Servers warten. Wenn dies der Fall ist, ist das Element **1126** betreibbar, um die nächste in die Warteschlange gestellte Anforderung aus der Warteschlange zu nehmen, und das Verarbeiten fährt dann bei dem Element **1100** (Etikett „A“) fort, um einen geeigneten Server zu lokalisieren.

[0035] Fachleuten ist es offensichtlich, daß das Flußdiagramm von [Fig. 11](#) lediglich exemplarisch ein Ausführungsbeispiel eines Verwaltungs-Servers darstellen soll, der programmiert ist, um Lasterfordernisse für ein BBN-Modell zu schätzen und BBN-Modell-Anforderungen zu mehreren Servern auf eine Art und Weise zu verteilen, um die Last zum Verarbeiten der BBN-Anforderungen über die Server auszugleichen. Viele äquivalente Strukturen und Verfahren des Verwendens solcher Lastschätzungen und Lastverteilungen sind Fachleuten offensichtlich.

[0036] Mathematische Beweise (nicht gezeigt) sowie empirische Daten zeigen, daß die Berechnungsbetriebsmittel bezüglich der Größe gemessen für ein begrenztes BBN mit einer polynomischen Komplexität berechenbar sind. [Fig. 3](#) ist eine Tabelle, in der jede Spalte ein exemplarisches tatsächliches BBN („Netzwerk“-Spalte) zur Lösung eines speziellen zugeordneten Problems und damit zusammenhängende Parameter und Attribute dieses Netzwerkes darstellt. Die zweite Spalte („# Ursachen“) zeigt die Zahl der bekannten möglichen Ursachen für das zu diagnostizierende zusammenhängende Problem. Die dritte Spalte („# Handlungen“) zeigt die Zahl der möglichen Handlungen, die vorgenommen werden, um

das entsprechende Problem zu lösen (um allgemeiner weiter das entsprechende Problem zu diagnostizieren). Die vierte Spalte zeigt die Zahl der Fragen, die dem Client gestellt werden können, um weiter das Problem für eine Diagnose einzuschränken. Die fünfte und sechste Spalte zeigen die Verzweigungsbaum- („JT,“; JT = Junction Tree) Größe und die Gruppengröße der BBN-Struktur zum Diagnostizieren dieses Problems. Wie es in der Technik bekannt ist, wird ein Bayesianisches Netzwerk, das auf eine Störung angewendet wird, in eine Struktur umgewandelt, auf die als der Verzweigungsbaum für eine effizientere Berechnung Bezug genommen wird. Der Verzweigungsbaum ist ein Baum von Gruppen, wobei eine Gruppe ein Satz von Variablen von dem Bayesianischen Netzwerk ist, die alle miteinander verbunden sind. Die Gruppengröße, wie hierin verwendet, bezieht sich daher auf die Speicherungsgröße der Gruppe, die als die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsverteilung der Variablen der Gruppe gespeichert ist, oder mit anderen Worten auf das Produkt der Zahl von Zuständen für alle Variablen in der Gruppe. Berechnungen verwenden drei Strukturen, da es Schleifen in dem zugrunde liegenden Bayesianischen Netzwerk jedoch nicht in der Verzweigungsbaumdarstellung des Netzwerkes geben kann. Die letzte Spalte („D-Maschinen-Datenstrukturgröße“) ist die Größe (in Kilobytes) der Datenstruktur, die bei einem speziellen Ausführungsbeispiel einer BBN-Verarbeitungsmaschine verwendet wird, um das BBN für dieses spezielle Problem darzustellen. Fachleuten ist es offensichtlich, daß jede Implementation diese letzte Größe etwas dahingehend variieren kann, daß variierende Datenstrukturdarstellungen des BBN einen etwas größeren oder geringeren Speichermehraufwand aufweisen, der der Struktur zugeordnet ist. Der dominante Faktor in der Größe der Struktur bleiben jedoch die Parameter und Attribute des BBN, nämlich die Zahl der Ursachen, Handlungen und Fragen.

[0037] Die speziellen Daten in der Tabelle von [Fig. 3](#) stellen eine Auswahl von typischen Problemen dar, die bei einem Betrieb eines gewöhnlichen Laserdruckers gelöst werden sollen. Beispielsweise besitzt ein gewöhnliches Papierstapupblem, das gelöst werden soll, ein zugeordnetes BBN mit dem Namen „13_2pjam“ in der fünften Zeile der Tabelle. Dieses spezielle exemplarische BBN weist 17 Ursachen, 19 Handlungen und 2 Fragen auf, um weiter die Problemdefinition für die Lösung zu verfeinern. Aus diesen Parametern/Attributen besitzt das BBN eine Verzweigungstabellengröße von 29 Kilobyte und eine Gruppengröße von 826 Gleitkommazahlen, (d. h. 826×4 Bytes pro Gleitkommazahl bei typischen 32-Bit-Prozessoren oder etwa 3304 Bytes). Die resultierende Datenstruktur zum Darstellen dieses exemplarischen BBN, das alle Mehraufwandinformationen für eine spezielle Implementation umfaßt, beträgt 248 Kilobyte. Alle Einträge in der Tabelle von [Fig. 3](#) stellen tatsächliche BBN-Implementationen für die

Lösung von speziellen Problemen dar, sollen jedoch lediglich ein Beispiel für typische solche Einträge darstellen. Fachleuten ist es offensichtlich, daß die speziellen Daten in der Tabelle von [Fig. 3](#) nicht den Schutzbereich der Erfindung auf diese speziellen Strukturen oder diese speziellen Probleme begrenzen sollen.

[0038] Aus den Daten in [Fig. 3](#) ist zu sehen, daß die Größe des BBN (wie es durch die Datenstrukturgröße in der letzten Spalte gemessen wird) durch eine Berechnung, die eine polynomische Komplexität oder weniger aufweist, geschätzt werden kann. [Fig. 4](#) ist eine graphische Darstellung der Daten in [Fig. 3](#), die die Größe eines BBN-Modells als eine Funktion der Zahl der Ursachen mal der Zahl der Schritte ($N_C \cdot N_S$) zeigt, wobei die Zahl der Schritte (N_S) die Zahl der Handlungen plus der Zahl der Fragen ($N_S = N_A + N_Q$) ist. Die graphische Darstellung der Datenpunkte zeigt, daß die Komplexität des Modells (gemessen in der Größe des Modells) kleiner als polynomisch ist. [Fig. 5](#) ist eine weitere graphische Darstellung der Daten in [Fig. 3](#), die weiter bestätigt, daß die Komplexität der BBN-Modelle weniger als polynomisch ist. [Fig. 5](#) ist insbesondere eine logarithmische graphische Darstellung der gleichen Datenpunkte.

[0039] Die Daten und graphischen Darstellungen von [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) stellen insbesondere dar, daß die Komplexität des BBN-Modells wie folgt berechnet werden kann:

$$y = 2 \cdot x^{0,8}$$

wobei y die Größe eines BBN-Modells ist und x ist ($N_C \cdot N_S$).

[0040] [Fig. 6](#) ist eine graphische Darstellung der Daten von [Fig. 3](#), die die Komplexität eines BBN-Modells zeigt, die als die Gruppengröße als eine Funktion von ($N_C \cdot N_S$) gemessen wird. Diese graphische Darstellung bestätigt ferner, daß die Komplexität des Modells nicht mehr als eine polynomische Komplexität (d. h. $O(N_C \cdot N_S)$) ist.

[0041] Eine ähnliche Datenanalyse kann angewendet werden, um die Komplexität eines BBN-Modells gemessen bezüglich der Zeit zu bestimmen. Die Komplexität eines Modells kann beispielsweise bezüglich der Zeit gemessen werden, die erforderlich ist, um den besten ersten Schritt bei einer Problemlösung zu finden. Andere Maßeinheiten der Zeitkomplexität eines BBN-Modells umfassen die Startzeit. Die Startzeit eines BBN-Modells, wie hierin verwendet, bedeutet die Zeit, die dafür erforderlich ist, daß sich das Bayesianische Netzwerk derart initialisiert, daß das Modell bereit ist, um den ersten Schritt zu berechnen. Diese Startzeit umfaßt das Laden der Bayes-Netzwerk-Definition, das Initialisieren der zu-

geordneten Datenstrukturen der Implementation und das Durchführen einer Anfangs-Belief-Ausbreitung bzw. Anfangs-Glaube-Ausbreitung, um die korrekten Wahrscheinlichkeiten für alle Variablen zu erhalten.

[0042] [Fig. 7](#) ist eine Tabelle von Daten, die solche zeitbasierten Messungen des gleichen Satzes von BBN-Modellen zeigt, die in [Fig. 3](#) gezeigt sind. Die ersten vier Spalten der Tabelle von [Fig. 7](#) sind identisch zu denselben von [Fig. 3](#), nämlich der Name des Modells (der Problemname), die Zahl der Ursachen, die Zahl der Handlungen und die Zahl der Fragen. Die Spalte 5 zeigt die Zeit (in Sekunden) für das Finden des besten ersten Schritts beim Lösen des entsprechenden Problems. Die Spalte 6 zeigt die „Startzeit“ für das Modell mit vorzusammengestellten Wahrscheinlichkeiten und die Spalte 7 zeigt die gleiche „Startzeit“ ohne vorzusammengestellte Wahrscheinlichkeiten. Die Wahrscheinlichkeiten, auf die Bezug genommen wird, sind dieselben, die während der Hochfahrberechnungen des BBNs benötigt werden, um ein sehr schnelles Verarbeiten von folgenden Schritten sicherzustellen. Sobald das BBN definiert ist, können diese Wahrscheinlichkeiten vorberechnet und als Attribute der BBN-Datenstrukturen gespeichert (zusammengestellt) werden. Mit solchen vorberechneten Wahrscheinlichkeiten, die in BBN-Datenstrukturen zusammengestellt sind, wird die Zeit zum Verarbeiten der Startphase des BBN-Modells sehr stark reduziert, wie es in der Tabelle von [Fig. 7](#) gezeigt ist. Diese reduzierte Zeit übersetzt sich in eine wesentlich schnellere Antwort, die durch den Client-Prozeß, der die BBN-Berechnungsdienste anfordert, wahrgenommen wird.

[0043] Die Tabelle von [Fig. 7](#) und die zugeordneten graphischen Darstellungen der [Fig. 8–Fig. 10](#) stellen dar, daß die Komplexität eines BBN-Modells gemessen bezüglich der Berechnungszeit ebenso für Zwecke des Verwaltens und Verteilens der Last von mehreren BBN-Berechnungen über mehrere Server bestimmt werden kann. Tatsächlich ist das Bestimmen der Startzeit mit vorberechneten Wahrscheinlichkeiten (Spalte 6 der Tabelle von [Fig. 7](#)) mit einer polynomischen Komplexität oder weniger berechenbar, wie es in der graphischen Darstellung von [Fig. 10](#) gezeigt ist. Die graphischen Darstellungen der [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigen ferner, daß die Maßeinheiten der Spalten 5 und 7 von [Fig. 7](#) mit einer polynomischen Komplexität oder weniger berechenbar sind.

[0044] Solche Maßeinheiten der Zeit sind ferner beim Verwalten der Verteilung der Last von mehreren BBN-Berechnungen nützlich. Wenn beispielsweise ein Schwellenparameter darauf hinweist, daß die maximale Zeit, um auf eine Anforderung eines Benutzers für eine Fehlersuche zu antworten, 5 Sekunden beträgt, und geschätzt wird, daß eine einzige BBN-Modellberechnung in einem speziellen Server-System eine Sekunde braucht, dann sollten nicht

mehr als 5 parallele Berechnungen diesem speziellen Server-System zugeordnet sein. Solche Lastverwaltungs-berechnungen können in Verbindung mit den oben erörterten Speicherungsgrößen-bezogenen Lastverwaltungs-Strukturen und -Verfahren oder als eine getrennte Lastverwaltungsfunktion verwendet werden.

[0045] Fachleuten ist es offensichtlich, daß eine wichtige Variable in den Daten von [Fig. 7–Fig. 10](#) nicht berücksichtigt ist. Dies ist nämlich die Geschwindigkeit eines speziellen Systems, das für die BBN-Berechnung sowie für die Schätzungsberechnungen für eine Lastverwaltung verwendet wird. In diesem Sinne können die Daten von [Fig. 7–Fig. 10](#) als auf einen speziellen exemplarischen Standard der Systemleistung normiert betrachtet werden. Die Beziehungen der Messungen skalieren sich am wahrscheinlichsten linear mit der Systemleistung eines speziellen interessierenden Systems.

[0046] Bei einer solchen Normierung auf einen Intel-Pentium-II-Prozessor, der mit 500 MHz getaktet ist, kann die Zeit, um den besten ersten Schritt in dem BBN-Modell (wie es in der Tabelle von [Fig. 7](#) und in der graphischen Darstellung von [Fig. 8](#) gezeigt ist) zu bestimmen, wie folgt geschätzt werden:

$$T = 0,000036 x + 0,046$$

[0047] T ist die Zeit in Sekunden und $x = N_Q \cdot N_A^2$.

[0048] Die Zeit, um die Berechnung eines BBN-Modells mit vorberechneten Wahrscheinlichkeiten (wie in der Tabelle von [Fig. 7](#) und in der graphischen Darstellung von [Fig. 10](#) gezeigt) zu starten, kann wie folgt geschätzt werden:

$$T = 0,000027 x + 0,016$$

[0049] T ist die Zeit in Sekunden und $x = N_C \cdot N_A$

[0050] Schließlich kann die Zeit, um die Berechnung des BBN-Modells ohne vorberechnete Wahrscheinlichkeiten (wie in der Tabelle von [Fig. 7](#) und in der graphischen Darstellung von [Fig. 9](#) gezeigt) zu starten, wie folgt geschätzt werden:

$$T = 0,0000084 x + 0,19$$

[0051] T ist die Zeit in Sekunden und $x = N_A \cdot N_C^2$

[0052] [Fig. 12](#) ist ein Flußdiagramm, das zusätzliche Details des Verarbeitens zeigt, das mit dem Schritt **1112** von [Fig. 11](#) verbunden ist, um die Last für ein spezielles BBN-Modell zu schätzen. Das Element **1200** bestimmt zuerst die quantitativen Attribute des BBN-Modells, das verarbeitet werden soll. Beispiele solcher quantitativen Attribute in einem BBN-Modell eines Problems, das diagnostiziert wer-

den soll, sind N_C (Zahl der Ursachen), N_A (Zahl der Handlungen) N_Q (Zahl der Fragen) und N_S (Zahl der Schritte), wie im vorhergehenden erörtert. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind solche Attribute vorbestimmt und in einer Struktur gespeichert, die dem speziellen BBN-Problemmodell zugeordnet ist. Eine Datenbank oder andere indizierte Dateistrukturen können verwendet werden, bei denen die Zahl der BBN-Modelle größer ist, oder es kann eine einfachere Speicherungsstruktur verwendet werden, bei der die Zahl der BBN-Modelle kleiner ist. Der Schritt des Bestimmens von solchen quantitativen Attributen umfaßt daher vorzugsweise den Schritt des Betrachtens der strukturierten Datei, um solche Attribute zu finden, die zusammen mit dem zu berechnenden identifizierten BBN-Modell gespeichert sind.

[0053] Ein Element **1202** berechnet dann die geschätzte Speicherungslast zum Berechnen des identifizierten BBN-Modells basierend auf den quantitativen Attributen, die oben bei dem Element **1200** bestimmt werden. Die Speicherungslast wird vorzugsweise als geschätzter Speicher in Kilobytes $y = 2 \cdot (N_C \cdot N_S)^{0,8}$ berechnet. Wie hierin erörtert, können andere äquivalente Berechnungen verwendet werden, um die Speicherungslast für ein BBN-Modell zu schätzen, die beispielsweise die Berechnung einer Gruppengröße als eine Schätzung der Speicherungslast umfassen.

[0054] Ein Element **1204** berechnet zuletzt eine Schätzung der CPU-Last für die Berechnung eines identifizierten BBN-Modells. Die CPU-Last wird unter Verwendung von einem der Polynome, die oben erwähnt sind, oder unter Verwendung von Kombinationen von solchen Schätzungen berechnet, um am besten die verfügbaren Berechnungsbetriebsmittel einem ausgewählten BBN-Modell zuzuordnen. Wie oben bemerkt, kann die geschätzte CPU-Last zur Berechnung eines BBN-Modells ferner aus den obigen quantitativen Attributen berechnet werden. Die geschätzte CPU-Last wird jedoch vorzugsweise als ein normierter Wert verwendet und wird durch Skalieren dieses Werts auf die Leistung eines speziellen Berechnungs-Servers, in dem das BBN-Modell verarbeitet werden kann, angewandt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verarbeiten eines begrenzten Bayes-Belief-Netzwerk-Modells (BBN-Modell), das aus einer Mehrzahl von begrenzten BBN-Modellen ausgewählt ist, wobei jedes begrenzte BBN-Modell ein Teilproblem betrifft und durch eine Mehrzahl von Attributen begrenzt ist, mit folgenden Schritten:

- (a) Bestimmen (**1112**) der dem begrenzten BBN-Modell zugeordneten Attribute;
- (b) Schätzen (**1112**) der zur Verarbeitung des ausgewählten BBN-Modells erforderlichen Betriebsmittel

als eine Funktion der im Schritt (a) bestimmten Attribute gemäß der polynomischen Komplexität; und
(c) Verarbeiten des ausgewählten, begrenzten BBN-Modells in einem BBN-Server, der die erforderlichen Betriebsmittel aufweist.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die erforderlichen Betriebsmittel basierend auf der Komplexität des begrenzten BBN-Modells bestimmt werden, wobei die Komplexität des begrenzten BBN-Modells gemäß einer polynomischen Funktion geschätzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Attribute für jedes begrenzte BBN-Modell die Anzahl N_C der möglichen Ursachen für das Teilproblem, die Anzahl N_A der möglichen Handlungen zur Lösung des Teilproblems und die Anzahl N_Q der möglichen Fragen, die an einen Client, der das begrenzte BBN-Modell ausgewählt hat, gerichtet werden können, umfaßt.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem der Schritt des Bestimmens folgende Schritte aufweist: Bestimmen der Anzahl der möglichen Ursachen N_C in dem BBN-Modell (**1200**); und Bestimmen der Anzahl von Schritten N_S in dem BBN-Modell (**1200**), wobei $N_S = N_A + N_Q$.

5. Verfahren gemäß Anspruch 3 oder 4, bei dem der Schritt des Schätzens folgenden Schritt aufweist: Berechnen der erforderlichen Betriebsmittel als eine polynomische Funktion von N_C und N_S (**1202**).

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, bei dem der Schritt des Berechnens folgenden Schritt aufweist: Berechnen der erforderlichen Betriebsmittel y in geschätztem Speicherungsraum (**1202**) als:

$$y = 2 \cdot (N_C \cdot N_S)^{0,8}.$$

7. Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem der Schritt des Schätzens folgenden Schritt aufweist: Berechnen der erforderlichen Betriebsmittel in geschätzten CPU-Erfordernissen als eine Funktion von N_C und N_A oder als eine Funktion von N_Q und N_A .

8. System zum Verarbeiten eines begrenzten Bayes-Belief-Netzwerk-Modells (BBN-Modell), das aus einer Mehrzahl von begrenzten BBN-Modellen ausgewählt ist, wobei jedes begrenzte BBN-Modell ein Teilproblem betrifft und durch eine Mehrzahl von Attributen begrenzt ist, mit folgenden Merkmalen: einem Verwaltungs-Server-Prozeß zum Empfangen des begrenzten BBN-Modells von mindestens einem Client-Prozeß; und einer Mehrzahl von BBN-Server-Prozessen, die mit dem Verwaltungs-Server-Prozeß gekoppelt sind, zum Durchführen von begrenzten BBN-Modellen,

wobei der Verwaltungs-Server-Prozeß folgende Merkmale aufweist:

einen Lastschätzer (**108**) zum Bestimmen (**1112**) der dem begrenzten BBN-Modell zugeordneten Attribute, und zum Schätzen (**1112**) der zur Verarbeitung des ausgewählten BBN-Modells erforderlichen Betriebsmittel als eine Funktion der bestimmten Attribute gemäß der polynomischen Komplexität; und einen Lastverteiler (**110**) zum Verteilen des BBN-Modells zu einem ausgewählten Server-Prozeß der Mehrzahl von BBN-Server-Prozeß gemäß einem aktuellen Lastattribut, das dem ausgewählten Server-Prozeß zugeordnet ist, und gemäß einem geschätzten erforderlichen Betriebsmittel zur Verarbeitung des BBN-Modells.

9. System gemäß Anspruch 8, bei dem der Lastschätzer (**108**) die erforderlichen Betriebsmittel des BBN-Modells gemessen in Speicherungserfordernissen schätzt.

10. System gemäß Anspruch 8 oder 9, bei dem der Lastschätzer (**108**) die erforderlichen Betriebsmittel des BBN-Modells gemessen in CPU-Erfordernissen schätzt.

11. System gemäß Anspruch 8, bei dem der Lastschätzer (**108**) ferner folgende Merkmale aufweist: eine Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl von Ursachen N_C in dem BBN-Modell; und eine Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl von Schritten N_S in dem BBN-Modell (**106, 108, 130**).

12. System gemäß Anspruch 11, bei dem die Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl von Schritten N_S folgendes Merkmal aufweist: eine Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl von Schritten N_S als $N_A + N_Q$, wobei N_A die Anzahl von möglichen Handlungen und N_Q die Anzahl von Fragen in dem BBN ist (**106, 108, 130**).

13. System gemäß Anspruch 11 oder 12, bei dem der Lastschätzer (**108**) ferner folgendes Merkmal aufweist: eine Einrichtung zum Berechnen der erforderlichen Betriebsmittel als eine polynomische Funktion von N_C und N_S (**106, 108**).

14. System gemäß Anspruch 13, bei dem die der Lastschätzer (**108**) ferner folgendes Merkmal aufweist: eine Einrichtung zum Berechnen der erforderlichen Betriebsmittel y in geschätztem Speicherungsraum (**106, 108**) als:

$$y = 2 \cdot (N_C \cdot N_S)^{0,8}.$$

15. System gemäß Anspruch 8, bei dem der Lastschätzer (**108**) ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl von Ursachen N_C in dem BBN-Modell; und
eine Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl von Handlungen N_A in dem BBN-Modell.

16. System gemäß Anspruch 15, bei dem der Lastschätzer (108) ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine Einrichtung zum Berechnen der erforderlichen Betriebsmittel in geschätzten CPU-Erfordernissen als eine Funktion von N_C und N_A .

17. System gemäß Anspruch 8, bei dem der Lastschätzer (108) ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl von Fragen N_Q in dem BBN-Modell; und
eine Einrichtung zum Bestimmen der Anzahl von Handlungen N_A in dem BBN-Modell.

18. System gemäß Anspruch 17, bei dem der Lastschätzer (108) ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine Einrichtung zum Berechnen der erforderlichen Betriebsmittel in geschätzten CPU-Erfordernissen als eine Funktion von N_Q und N_A .

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

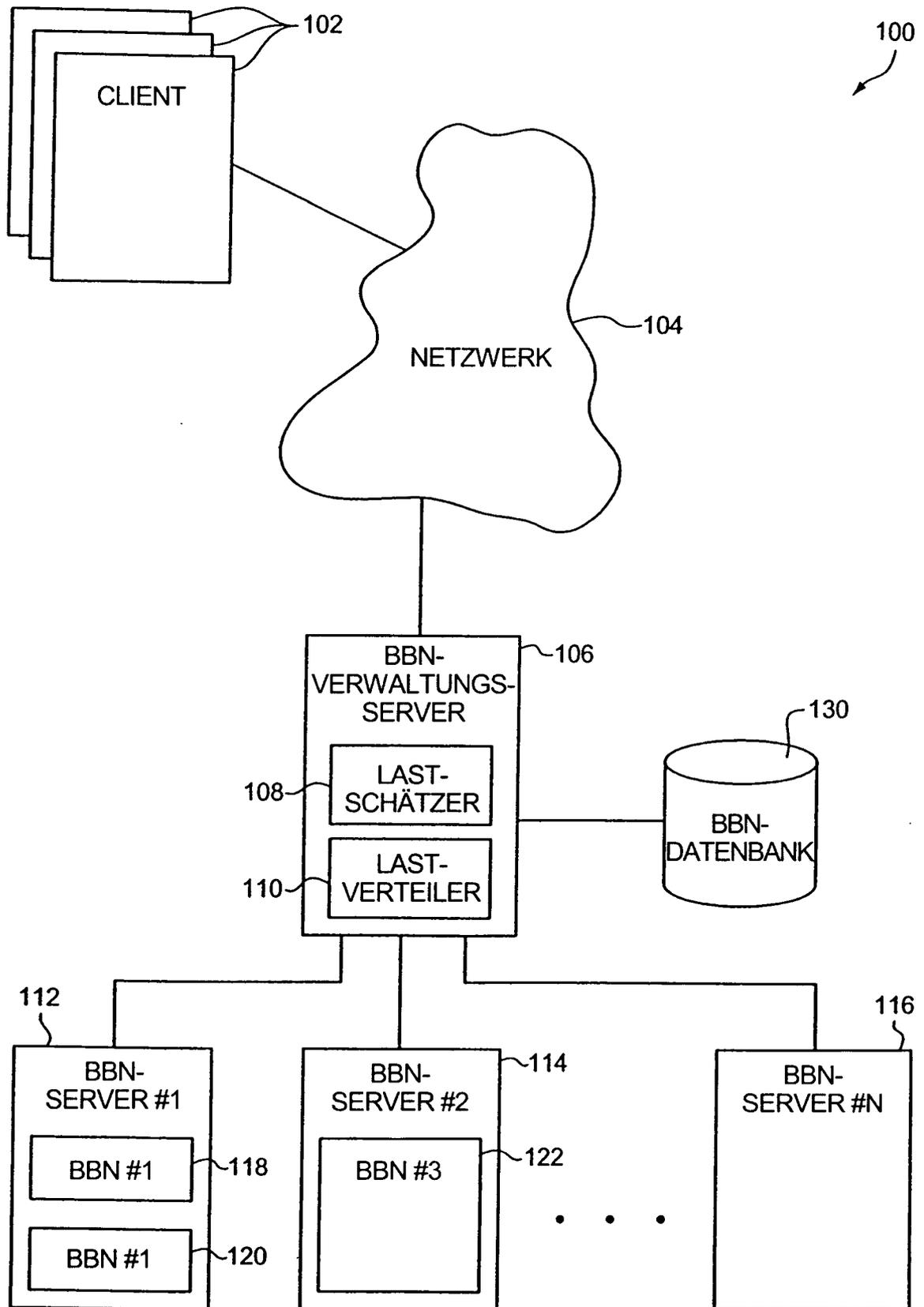


FIG. 2

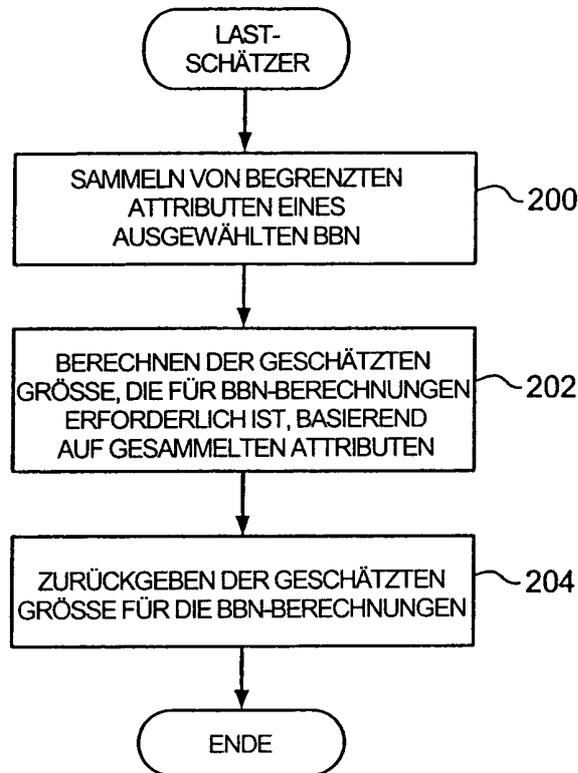


FIG. 3

GRÖSSE DES BBN

Netzwerk	#Ursachen	#Handlungen	#Fragen	JT-Größe (kB)	Gruppengröße	D-Maschinen-datenstrukturgröße (kB)
02 Aufwärmen	6	8	6	15	222	157
13.04.42	5	5	3	9	118	91
13_0pjam	29	28	10	66	2488	600
13_1pjam	13	13	3	21	502	210
13_2pjam	17	19	2	29	826	248
79_service_xxxx	12	18	6	29	674	280
Light print	22	22	5	43	1332	361
Dataflow local	48	34	9	98	4638	970
Dataflow_NW	89	70	16	254	15838	2696
Dataflow_NW_jetdirect	78	61	15	212	12624	2232
Dataflow_NW_parallel	66	49	11	153	8362	1588

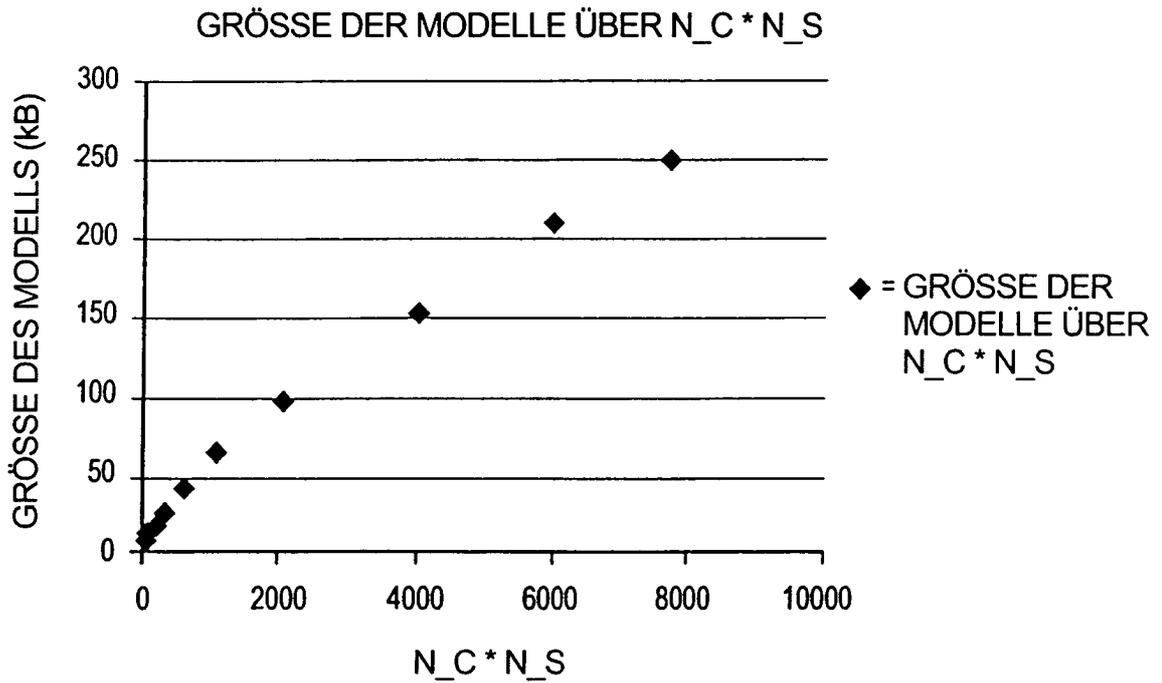


FIG. 4

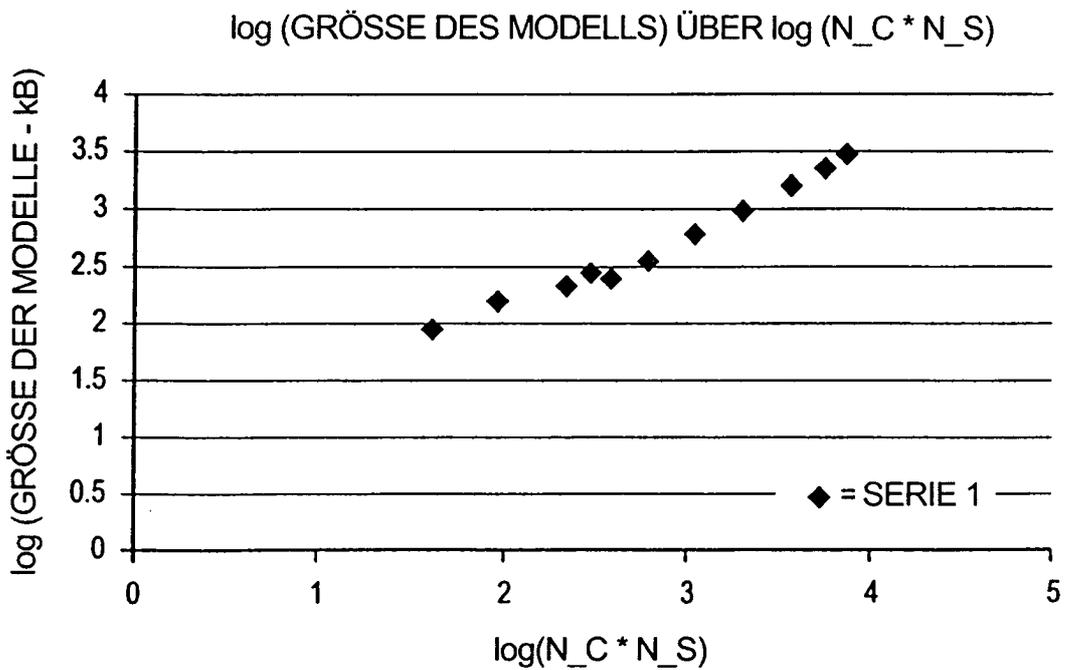


FIG. 5

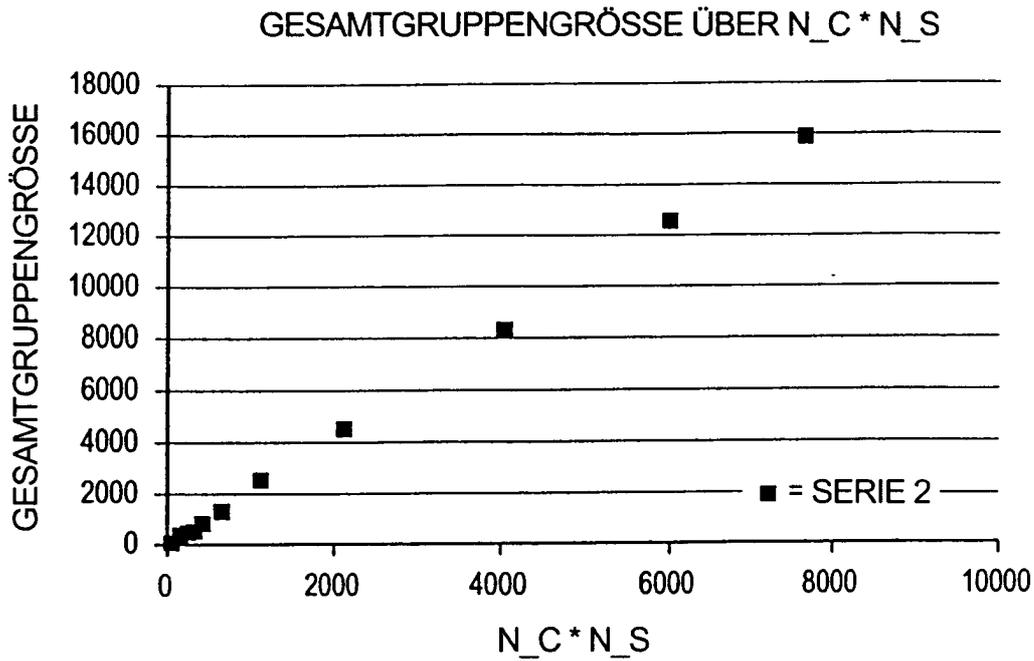


FIG. 6

FIG. 7

GESCHWINDIGKEIT DES FINDENS DES BESTEN NÄCHSTEN SCHRITTS

Netzwerk	#Ursachen	#Handlungen	#Fragen	Zeit für das Finden des besten ersten Schritts (s)	Startzeit mit vorzusammengestellten Wahrscheinlichkeiten (s)	Startzeit ohne vorzusammengestellte Wahrscheinlichkeiten (s)
02 AUFWÄRMEN	6	8	6	0.04256	0.016	0.053
13.04.42	5	5	3	0.01032	0.013	0.038
13_0pjam	29	28	10	0.3634	0.041	0.499
13_1pjam	13	13	3	0.02113	0.019	0.120
13_2pjam	17	19	2	0.01442	0.022	0.186
79_service_xxxx	12	18	6	0.07782	0.023	0.131
Light print	22	22	5	0.05789	0.027	0.288
Dataflow local	48	34	9	0.39998	0.064	1.08
Dataflow_NW	89	70	16	2.86322	0.176	4.62
Dataflow_NW_jetdirect	78	61	15	1.77045	0.147	3.45
Dataflow_NW_parallel	66	49	11	1.46171	0.105	2.23

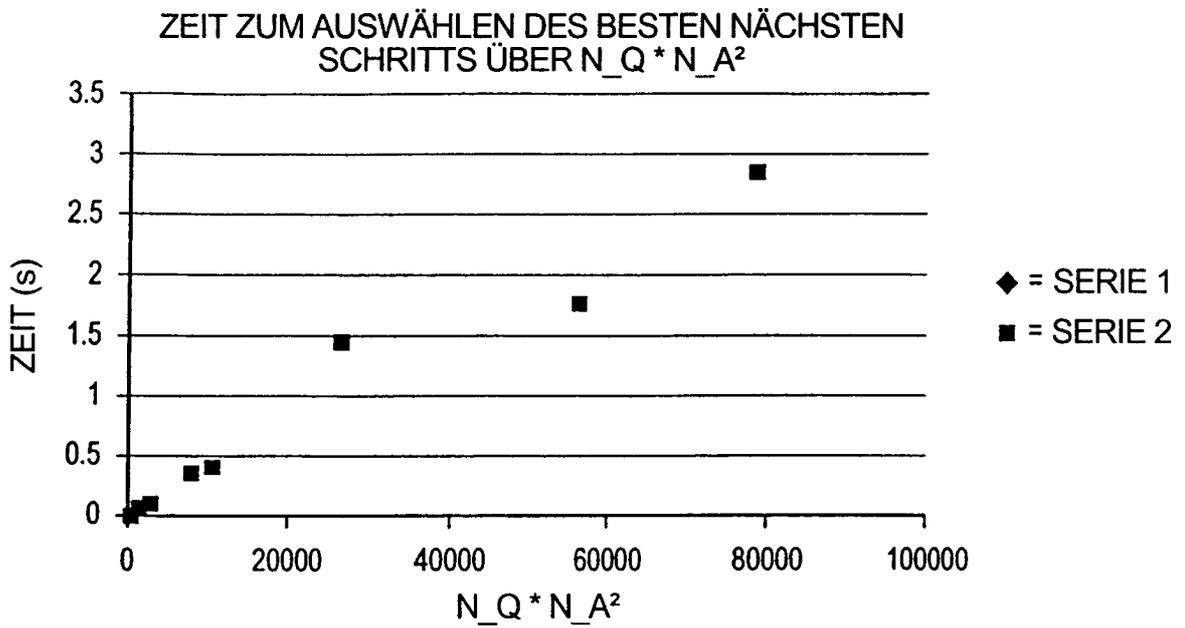


FIG. 8

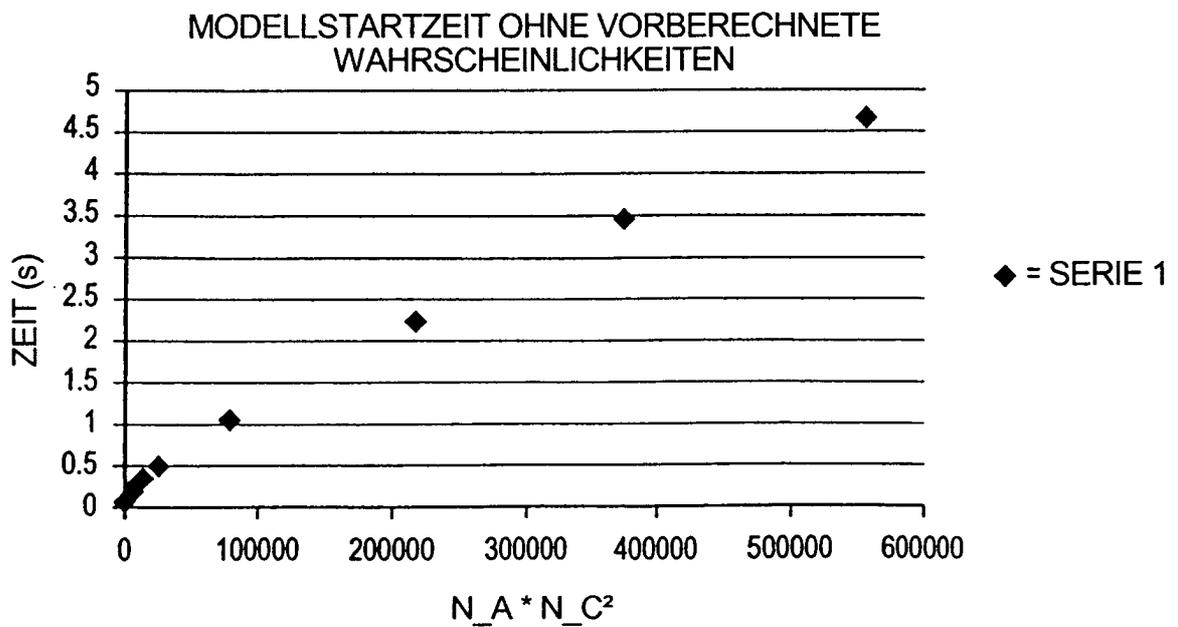


FIG. 9

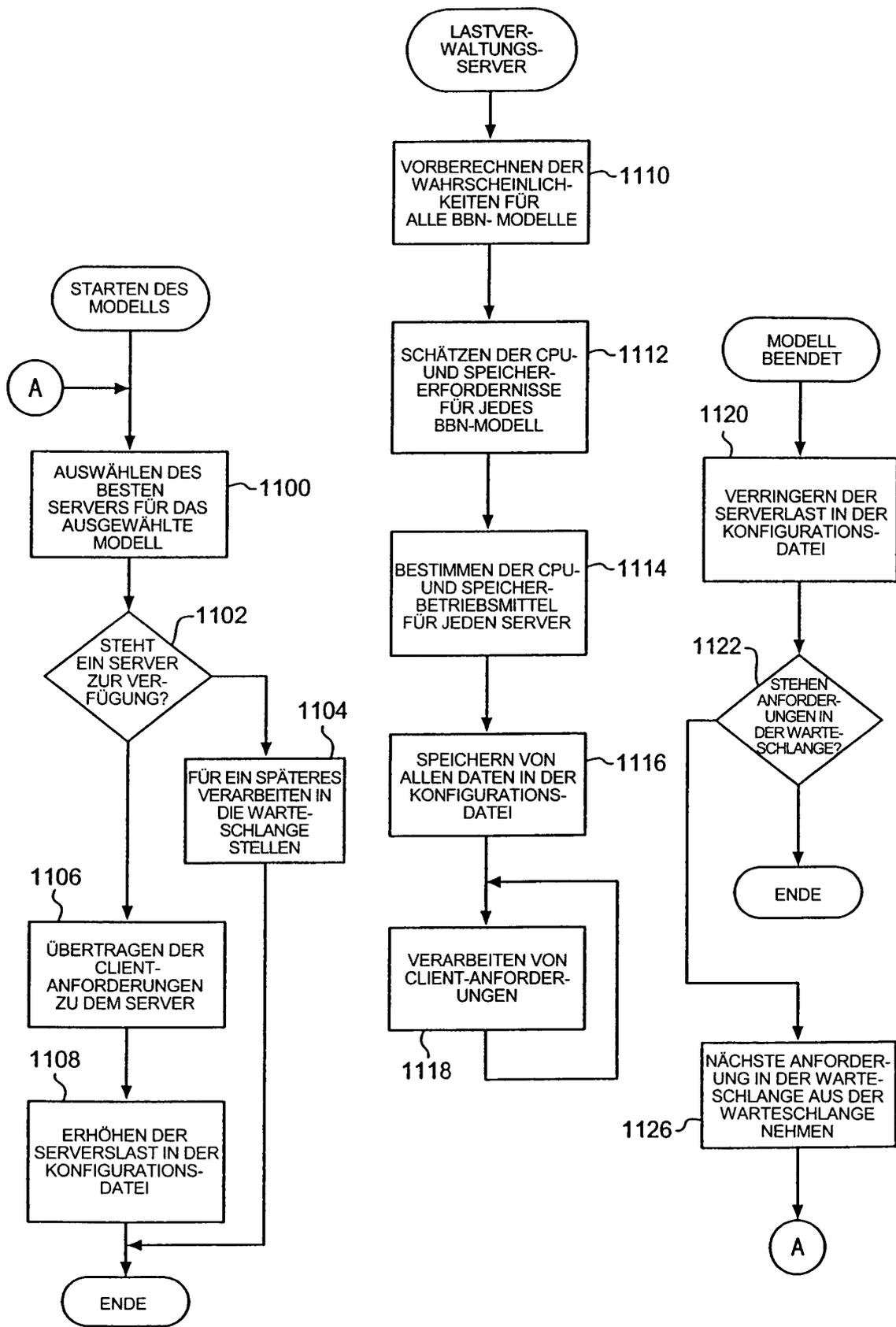


FIG. 11

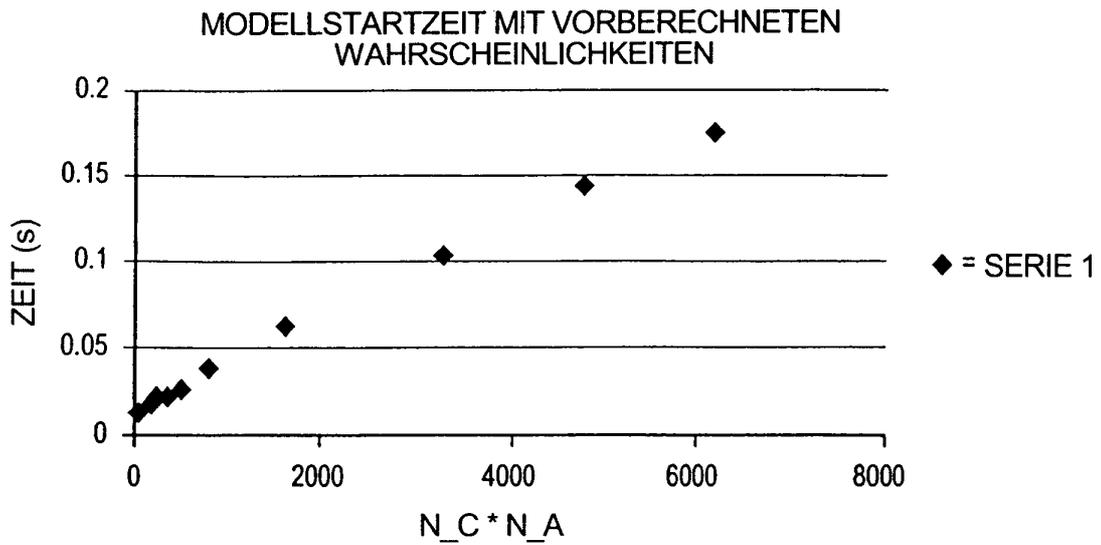


FIG. 10

FIG. 12

