



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 60 190 A1** 2004.07.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 60 190.2**

(22) Anmeldetag: **20.12.2003**

(43) Offenlegungstag: **29.07.2004**

(51) Int Cl.7: **H04L 29/14**
H04L 12/56, H04L 12/26

(30) Unionspriorität:

10/326352 20.12.2002 US

(71) Anmelder:

Zarlink Semiconductor V.N. Inc., Irvine, Calif., US

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

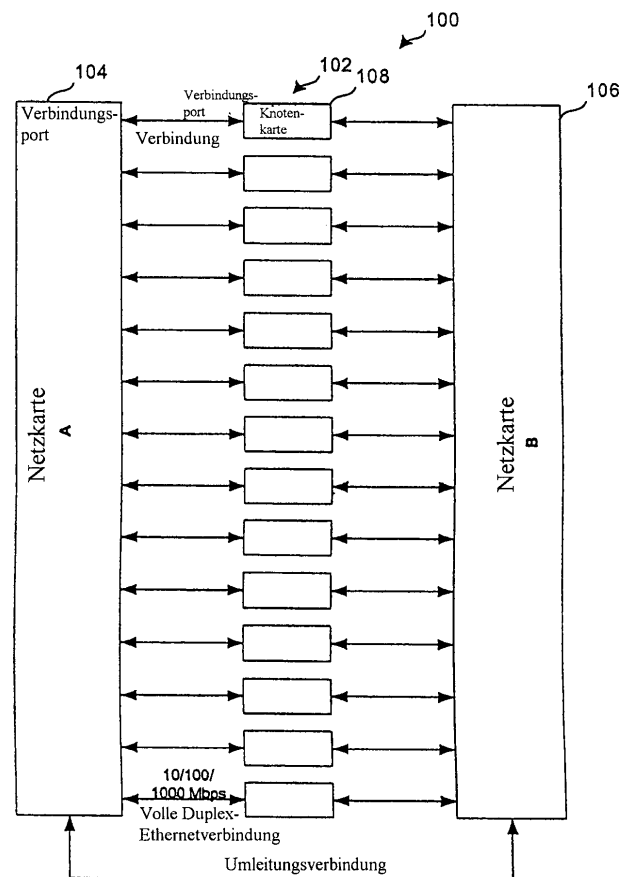
(72) Erfinder:

Wang, Linghsiao, Irvine, Calif., US; Chang, Rong-Feng, Irvine, Calif., US; Lin, Eric (Changhwa), Irvine, Calif., US; Yik, James Ching-Shau, Mission Viejo, Calif., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung für die Erfassung von Verbindungsfehlern auf der Backplane des hochverfügbaren Ethernet**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Verfahren zum aktiven Erfassen von Verbindungsausfällen in einer Backplane-Architektur mit hoher Verfügbarkeit. Das Backplane-System umfaßt redundante Knotenkarten, die operativ mit redundanten Schaltnetzkarten kommunizieren. Aufwärts verbindende Ports der Knotenkarten sind logisch in Leitungsports an einem Ende der Kommunikationsverbindung mit den Schaltnetzkarten gruppiert. Ein Sondierpaket wird geschickt und ein Sondierzeitgeber wird eingestellt, wann immer entweder eine festgelegte Anzahl schlechter Pakete empfangen wird oder ein Leerlauf-Zeitgeber abläuft. Wenn eine Antwort auf das Sondierpaket empfangen wird, bevor der Sondierzeitgeber abläuft, dann wird diese Verbindung als gültig angesehen, ansonsten wird angenommen, daß die Verbindung ausgefallen ist. Bevorzugt sind entweder die Knotenkarten oder die Schaltnetzkarten so konfiguriert, daß sie in geeigneter Weise ein Sondierpaket handhaben, welches bevorzugt identische Adressen für Quelle und Ziel hat.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Netzwerk-Vorrichtungen und genauer auf eine Ethernet-Netzwerk-Vorrichtung mit Backplane-Architektur zum Erfassen eines Verbindungsfehlers und zum Umschalten auf einen guten Port in Antwort darauf.

[0002] Jegliche Geschäftstätigkeit, die auf einer 24/7 Basis kämpft, kann es sich nicht leisten, länger als gerade einige Minuten an einem Ausfall zu leiden, oder vielleicht länger als eine halbe Stunde. Ungeplante Ausfälle können Datenoperationen stark erschweren und können außerordentlich teuer sein, was verlorene Einnahmen und Arbeitsleistung, die aufgebracht werden wird, um solche Situationen zu korrigieren, betrifft. Zwei jüngere Studien aus dem Jahr 1995 zeigten, daß mittlere Geschäftsbetriebe zwischen 80.000 und 350.000 USD pro Stunde aufgrund von ungeplanten Ausfällen verloren haben. Berücksichtigt man diese Verluste an Dollar, wird es schnell offensichtlich, daß das Einrichten einer redundanten Informationstechnologiestruktur billiger kommt als das Risiko selbst eines kurzen Ausfalls. Dies ist insbesondere richtig, wenn man die relativ geringen Preise von Computern betrachtet, die gegen die Kosten solcher Ausfallzeiten laufen. Weiterhin wissen Verwalter genau, wie teuer die zusätzliche Ausrüstung, Software und Schulung der Bediener ist, wohingegen es sehr schwierig sein kann, die Kosten ungeplanter Ausfälle vorab zu quantifizieren.

[0003] Das Ethernet-Netzwerk ist überwältigenderweise wegen seiner geringen Kosten in lokalen Netzwerken (Local Area Networks; LAN), und wegen des einfachen Einsatzes und Aufbaus eingesetzt worden. Nach Jahren der Verbesserungen bei der Ethernet-Technologie ist heute die Anwendung des Ethernet vom LAN auf die beiden WAN/MAN erweitert worden. Vor kurzem ist die Ethernet-Technologie auch in die Backplane von auf Chassis basierenden Systemen eingebaut worden, aufgrund der geringen Kosten, weithin verfügbarer Quellen und eingebetteten Möglichkeiten der Fehlererfassung.

[0004] In dem auf Chassis basierenden System ist es erforderlich, daß die Backplane die zuverlässigen und robusten Verbindungen zwischen Verbindungskarten und Modulen zur Verfügung stellt. Da jedoch das Ethernet-Netzwerk ursprünglich in einer LAN-Umgebung entwickelt wurde, ist das Erfordernis der "Verfügbarkeit" für die LAN-Anwendung recht unterschiedlich von der für die Backplane-Anwendung. Zum Beispiel wird in einer herkömmlichen LAN-Umgebung das "Spanning Tree"-Protokoll verwendet, um eine "Failover"-Funktion (bei Ausfall überschaltende Funktion) zur Verfügung zu stellen, indem die aktive Topologie rekonfiguriert wird, wenn das Netzwerk den Ausfall einer Verbindung oder eines Ports erfaßt. Jedoch ist die Konvergenzzeit relativ lang. Vom Zeitpunkt der Erfassung des Fehlers kann es bis zu zwanzig bis fünfzig Sekunden dauern, um die Änderung in der Topologie fertigzustellen und zum normalen Betrieb zurückzukehren. Selbst wenn ein konventionelles "Verbesserungs"-Protokoll benutzt wird, könnte der schnelle "Spanning Tree" fünfzig msec (Millisekunden) benötigen, um den normalen Betrieb wieder aufzunehmen, nachdem der Ausfall in einem Schalter oder einer Verbindung erfaßt worden ist.

Stand der Technik

[0005] Gemäß dem Standard 802.3 des Institute of Electrical and Electronic Engineers ist eine Verbindungs-Aggregation entwickelt worden, um die Bandbreite und Verfügbarkeit zu vergrößern, indem mehr als eine Verbindung zusammengefaßt worden ist, um eine Verbindungs-Aggregationsgruppe zu bilden. Die Medienzugriffssteuerschicht (Media Access Control; MAC) kann die mehreren Verbindungen als eine einzelne logische Verbindung behandeln. Wenn eine Verbindung in der Aggregationsgruppe ausfällt, kann der Verkehr über die verbleibenden Betriebsverbindungen verteilt (oder umgeleitet) werden. Jedoch bietet die Verbindungsaggregation ein "Failover" nur unter parallelen Verbindungen, wenn die parallelen Verbindungen die gleichen Endknoten gemeinsam nutzen.

[0006] Für die Backplane-Anwendung hat das Ethernet-Netzwerk üblicherweise eine sehr einfache Konfiguration, z.B. eine Sterntopologie, was bedeutet, daß von jedem Kartenschacht ein erster Bus zu einem ersten Schaltnetz verbindet und ein zweiter Bus zu einem zweiten Schaltnetz. Wenn der erste Bus ausfällt, schaltet die Vorrichtung automatisch um, um den zweiten Bus zu verwenden. Jedoch ist die Konvergenzzeit von zwanzig bis fünfzig Sekunden bei einer Wiedergewinnung über den "Spanning Tree" in einer Backplane-Umgebung nicht akzeptabel. Zusätzlich bietet die Verbindungs-Aggregation, wie oben angegeben, "Failover" nur unter parallelen Verbindungen, die dieselben Endknoten gemeinsam nutzen. Das heißt, eine Sicherungsverbindung wird nicht gemeinsam dieselben Enden der ausgefallenen Verbindung benutzen. Somit kann die Verbindungs-Aggregation keine Anwendung bei der Ethernet-Backplane-Umgebung finden.

[0007] Was daher benötigt wird ist eine einfache schnelle und robuste Lösung, um die hohe Verfügbarkeit für die Ethernet-Backplane-Umgebung mit Ausfallerfassung und Failover-Schalten zu erreichen.

Aufgabenstellung

[0008] Angesichts der zuvor genannten Anforderungen betrachtet die vorliegende Erfindung ein Verfahren, computerlesbare Befehle, eine Vorrichtung und ein System, das aktiv Verbindungsausfälle erfaßt.

[0009] Bei einer Ausführungsform weist das Verfahren zum Erfassen eines Ausfalls einer Kommunikationsverbindung die Schritte auf: Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall; Rücksetzen des Zeitgebers auf das vorbestimmte Intervall, wann immer ein gültiges Paket empfangen wird und Senden eines Sondierpaketes und Einstellen eines Sondierzeitgebers, wenn der Zeitgeber abläuft. Der Status der Kommunikationsverbindung wird auf einen Ausfallmodus geändert, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht empfangen worden ist.

[0010] Bei einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren zum Erfassen von Ausfällen bei einer Kommunikationsverbindung die Schritte auf: Senden eines Sondierpaketes und Einstellen eines Sondierzeitgebers, nachdem eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgender ungültiger Pakete empfangen wird, und Ändern des Status der Kommunikationsverbindung auf einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht empfangen worden ist.

[0011] Bei noch einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens zum Erfassen des Ausfalls einer Kommunikationsverbindung wird ein Sondierpaket geschickt, wenn entweder ein Leerlauf-Zeitgeber abläuft oder eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgender ungültiger Pakete empfangen worden ist. Der Status der Kommunikationsverbindung wird auf einen Ausfallmodus geändert, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht empfangen worden ist.

[0012] Die vorliegende Erfindung umfaßt auch ein computerlesbares Medium mit Befehlen, mit einer Einrichtung zum Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall; einer Einrichtung zum Rücksetzen des Zeitgebers auf das vorbestimmte Intervall, wann immer ein gültiges Paket empfangen wird; einer Einrichtung zum Verschicken eines Sondierpaketes und Einstellen eines Sondierzeitgebers, wenn der Zeitgeber abläuft; und einer Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung auf einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht empfangen worden ist.

[0013] Bei einer weiteren Ausführungsform wird hierin offenbart ein computerlesbares Medium mit Befehlen, mit einer Einrichtung zum Schicken eines Sondierpaketes und Einstellen eines Sondierzeitgebers, nachdem eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgender ungültiger Pakete empfangen ist, und einer Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung auf einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht empfangen worden ist. Die computerlesbaren Befehle können weiterhin eine Einrichtung zum Schicken des Sondierpaketes und zum Starten des Sondierzeitgebers, wenn ein Leerlaufzeitgeber abgelaufen ist, aufweisen.

[0014] Die vorliegende Erfindung betrachtet weiter eine Vorrichtung zum Erfassen eines Verbindungsausfalls auf einer Ethernet-Backplane mit hoher Verfügbarkeit, mit einer Einrichtung zum Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall, einer Einrichtung zum Rücksetzen des Zeitgebers auf das vorbestimmte Intervall, wann immer ein gültiges Paket empfangen wird, einer Einrichtung zum Schicken eines Sondierpaketes und Einstellen eines Sondierzeitgebers, wenn der Zeitgeber abläuft, und einer Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung auf einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht empfangen worden ist.

[0015] Bei einer weiteren Ausführungsform wird eine Vorrichtung für das Erfassen eines Verbindungsausfalls auf einer Ethernet-Backplane mit hoher Verfügbarkeit betrachtet, mit einer Einrichtung zum Schicken eines Sondierpaketes und zum Einstellen eines Sondierzeitgebers, wenn eine vorbestimmte Anzahl von Fehlern empfangen worden ist, und einer Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und einen gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht empfangen worden ist. Zusätzlich können bei dieser Ausführungsform auch eine Einrichtung zum Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall verwendet werden, wobei das Sondierpaket geschickt wird und der Sondierzeitgeber gesetzt wird, wenn der Zeitgeber abläuft. Der Zeitgeber würde jedesmal rückgesetzt werden, wenn ein gültiges Paket empfangen wird.

[0016] Die vorliegende Erfindung betrachtet auch ein Backplane-System, welches eine Vielzahl von Knotenkarten (node boards) und eine Vielzahl von Schaltnetzwerken (switch fabric boards) aufweist, wobei jeder Knoten der Vielzahl der Knotenkarten eine einzige Verbindung zu jeder der Vielzahl der Schaltnetzwerken hat. Wenigstens eine aus der Gruppe, die aus der Vielzahl der Knotenkarten und der Vielzahl der Schaltnetzwerke besteht, weist weiterhin eine Einrichtung zum Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall: eine Einrichtung zum Rücksetzen des Zeitgebers auf das vorbestimmte Intervall, wann immer ein gültiges Paket empfangen wird; eine Einrichtung zum Schicken eines Sondierpaketes und zum Einstellen eines Sondierzeitgebers, wenn der Zeitgeber abläuft; und eine Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung auf einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht erhalten worden ist, auf. Das System kann weiterhin eine Einrichtung zum Schicken eines Sondierpaketes und zum Einstellen eines Sondierzeitgebers, nachdem eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgen-

der ungültiger Pakete empfangen worden ist, aufweisen.

[0017] Eine weitere Ausführungsform des Backplane-Systems weist eine Vielzahl von Knotenkarten und eine Vielzahl von Schaltnetzwerken auf, wobei jeder Knoten der Vielzahl der Knotenkarten eine einzelne Verbindung zu jeder der Vielzahl der Schaltnetzwerke hat, und eine Einrichtung zum Schicken eines Sondierpaketes und zum Einstellen eines Sondierzeitgebers, nachdem eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgender ungültiger Pakete empfangen worden ist, und eine Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht erhalten worden ist. Die Einrichtung zum Schicken eines Sondierpaketes und die Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung können mit einem der Knotenkarten, Schaltnetzwerke oder deren Kombination gekoppelt werden.

[0018] Bei noch einer weiteren Ausführungsform der zuvor beschriebenen Backplane-Systeme weisen die Schaltnetzwerke weiterhin eine Umbündelungstabelle auf, und wenn eine Schaltnetzwerk eine ausgefallene Verbindung erfaßt, kommuniziert die Schaltnetzwerk Daten über die ausgefallene Verbindung zu den verbleibenden Schaltnetzwerken, was bewirkt, daß die Schaltnetzwerke ihre Umbündelungstabellen aktualisieren.

[0019] Bei den bevorzugten Ausführungsformen wird das Sondierpaket dadurch unterschieden, daß es eine identische Quell- und Zieladresse hat, und die Empfangsseite des Sondierpaketes wird so konfiguriert, daß sie auf das Sondierpaket antwortet, indem sie es zurück an den Sender schickt.

Ausführungsbeispiel

[0020] Für ein vollständigeres Verständnis der vorliegenden Erfindung und deren Vorteile wird nun auf die folgende Beschreibung Bezug, zusammen mit den beigefügten Zeichnungen, genommen wobei:

[0021] **Fig. 1** ein allgemeines Blockschaubild der Topologie einer Backplane mit doppeltem Schaltnetz für Pakete ist;

[0022] **Fig. 2** ein genaueres Blockschaubild des Backplane-System, gemäß der offenbarten Ausführungsform ist;

[0023] **Fig. 3** ein Ablaufdiagramm des Failover-Prozesses einer Knotenkarte gemäß einer offenbarten Ausführungsform veranschaulicht;

[0024] **Fig. 4** ein Ablaufdiagramm des Failover-Prozesses einer Netzkarte veranschaulicht, gemäß einer offenbarten Ausführungsform;

[0025] **Fig. 5** ein Zustandsdiagramm des Herzschlag-Signals von der Senderseite veranschaulicht;

[0026] **Fig. 6** ein Zustandsdiagramm des Herzschlag-Signals von der Empfängerseite veranschaulicht; und

[0027] **Fig. 7** ein Zustandsdiagramm des Sondierpaketes an der Senderseite veranschaulicht.

GENAUE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0028] Die offenbarte Architektur stellt eine Ethernet-Backplane mit hoher Verfügbarkeit zur Verfügung, indem automatisch ein Verbindungsfehler erfaßt und ein "Failover" zu einer Sicherungsverbindung durchgeführt wird. Failover ist als der Prozeß oder Mechanismus zum "Ausschalten" einer ausgefallenen redundanten Komponente und "Einschalten" der arbeitenden Sicherheitskomponente definiert. Ein Aspekt der Erfindung erleichtert das schnelle und einfache Failover. Zusätzlich wird das Austauschen von Steuernachrichten zwischen Knoten minimiert, um die Verarbeitungslast auf der CPU (Zentrale Verarbeitungseinheit) zu reduzieren.

[0029] Mehrere Schemata sind für die Erfassung von Verbindungsausfällen verfügbar. Ein Schema umfaßt das Senden von "Herzschlag"-Nachrichten an das MAC (Media Access Control; Medienzugriffssteuerung)-Modul. Ein weiteres Schema benutzt eine Rahmenfehlerrate. Eines oder beide der Erfassungsschemata können implementiert werden, um Verbindungsausfälle zu erfassen. Wenn einmal ein Verbindungsausfall erfaßt wird, wird die CPU benutzt, um die Failover-Prozedur durchzuführen. Zusätzlich zu den zwei zuvor beschriebenen Schemata zum Erfassen von Verbindungsfehlern kann ein verallgemeinerteres Schema zum Erfassen von Ausfällen benutzt werden, welches auf der Empfängerseite keine spezielle Hardware-Implementierung erfordert.

[0030] Wenn die logischen Schaltungen einer Knotenkarte einen ausgefallenen Port erfaßt haben, wird der Verkehr der Knotenkarte zu den arbeitenden Ports "failovered" (oder umgeleitet), wobei angenommen wird, daß alle Knoten wenigstens zwei Ports haben und jeder Port mit einem Schaltnetzwerk verbunden ist. Auf dem Schaltnetzwerk gibt es eine Umschaltverbindung, um zwei Schaltnetzwerke zu verbinden. Wenn der Schaltnetzwerk einen ausgefallenen Port erfaßt, wird der Verkehr, der für den ausgefallenen Port bestimmt ist, zu dem Umschalt (oder Sicherungs)-Port umgeschaltet. Dann schaltet der andere Schaltnetzwerk den "Failover"-Verkehr zu seiner Zielvorrichtung.

[0031] Mit Bezug nun auf **Fig. 1** wird ein allgemeines Blockschaubild der Topologie einer Paketschalt-Backplane (PSB) **100** mit doppeltem Netz veranschaulicht. Die Backplane **100** wird benutzt, um mehrere Verbindungskarten oder Module in dem auf Chassis basierenden System zusammenzuschalten. Eine typische Topo-

logie der Backplane **100** ist eine Sterntopologie. Da Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit die kritischen Designanforderungen für Backplane-Systeme sind, werden in einem System mit hoher Verfügbarkeit üblicherweise doppelte Verbindungen eingesetzt. Zum Beispiel definiert die Compact PCI®-Paketschalt-Backplane-Spezifikation (auch als die PICMG® 2.16-Spezifikation) bekannt, hierin durch Bezugnahme aufgenommen, einen Standard für eine Paketschalt-Backplane von bis zu vierundzwanzig Knotenkarten, basierend auf Ethernet-Technologie, und wendet die Sterntopologie an.

[0032] Bei dieser speziellen Ausführungsform besteht die PSB **100** aus vierzehn Knotenkarten **102**, einer ersten Schaltnetzkarte (SFB) **104** und einer zweiten SFB **106**. Jedoch kann die vorliegende Erfindung so erweitert werden, daß sie mit irgendeiner Anzahl von Knotenkarten oder Netzkarten arbeitet. Ähnlich dem Betrieb aller der Knotenkarten **102** ist eine Knotenkarte **108** betriebsmäßig mit der ersten SFB **104** verbunden, um die Übertragung von Paketen durch diese zu kommunizieren. Um die Verfügbarkeit zu vergrößern, wird die zweite SFB betriebsmäßig angeschlossen an die Knotenkarte **108** für die Kommunikation von Paketen durch diese hinzugefügt. Jede Knotenkarte **102** hat zwei Verbindungsports, von denen einer mit der ersten SFB **104** verbunden ist und der andere mit der zweiten SFB **106** verbunden ist. Das Doppelnetz-PSB-System **100** wird als eine Doppelsterntopologie bezeichnet. Der Verbindungsport ist eine volle Duplex-Ethernet-Verbindung, normalerweise mit Geschwindigkeiten von ungefähr 10/100/1000 Mbps. Dieser Verbindungsport kann irgendeine Geschwindigkeit haben, solange der Rahmen das Ethernet ist.

[0033] Die folgende Tabelle 1 definiert die allgemeinen Komponenten des Backplane-Systems **100** mit hoher Verfügbarkeit der Fig. 1.

[0034] Tabelle 1. Allgemeine Komponenten der Backplane mit hoher Verfügbarkeit Knotenkarte Besteht aus einem Untersystem, das Pakete erzeugen und versenken kann.

[0035] Verbindungsport Ein physikalischer Port, welcher der Endpunkt einer Verbindung ist, welcher mit einer Knotenkarte und einer Schaltnetzkarte verbunden ist.

[0036] Verbindung Eine physikalische Verbindung zwischen einer Knotenkarte und einer Schaltnetzkarte.

[0037] Netzkarte (fabric board) Ein Knoten, der aus mehreren Verbindungsports besteht und Schaltfunktionen zwischen Knotenkarten zur Verfügung stellt.

[0038] Umleitungsverbindung Eine Verbindung, die zwei Netzkarten verbindet und verwendet wird, um den "Failover"-Verkehr umzuleiten.

[0039] Mit Bezug nun auf Fig. 2 wird ein genaueres Blockschaubild des Ethernet-Backplane-Systems **100** gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht. Eine erste Knotenkarte **200** umfaßt zwei (oder redundante) aufwärts verbindende Ports (z.B. Ethernet); einen ersten PHY aufwärts verbindenden Port **204** und eine zweiten PHY aufwärts verbindenden Port **206**, von denen jeder jeweilige Kommunikationsverbindungen zwischen der ersten SFB **104** und der zweiten SFB **106** zur Verfügung stellt. Die erste SFB **104** und die zweite SFB **106** sind somit parallel in Bezug auf die erste Knotenkarte **200** geschaltet. Die Knotenkarte **200** umfaßt ein Untersystem **210**, das Funktionen ausführt, einen Controller **208** zum Verteilen des Verkehrs und zwei aufwärts verbindende Port-Schnittstellen **204**, **206**. Der Controller **208** für die Verteilung des Verkehrs führt das Puffern und die Terminplanung durch und schickt dann den Verkehr von dem Untersystem **210**, das Funktionen ausführt, zu einer der aufwärts verbindenden Port-Schnittstellen **204**, **206**, basierend auf dem Algorithmus für das Bündeln der Ports.

[0040] Die PHY aufwärts verbindenden Ports (**204** und **206**) jeder Knotenkarte sind als ein logischer Port gruppiert, der als ein Bündelport **207** bezeichnet wird. Wenn ein Paket in dem Bündelport **207** empfangen wird, unterscheidet das Backplane-System **100** nicht, welcher physikalische aufwärts verbindende Port (**204** oder **206**) das Paket empfangen sollte. Wenn jedoch ein Paket heraus aus dem Bündelport **207** der ersten Knotenkarte **200** übertragen wird, bestimmt der Controller **208** für die Verteilung des Verkehrs, an welchen physikalischen aufwärts verbindenden Port (**204** und **206**) das Paket gesendet werden wird und schickt das Paket an diesen aufwärts verbindenden Port. Die Daten, die zum Auswählen des ausgehenden aufwärts verbindenden Ports (**204** oder **206**) in dem Bündelport **207** benutzt werden, können auf der MAC-Adresse für Quelle und/oder Ziel basiert werden oder auf irgend eine andere Kombination von Paketinformation. Zum Beispiel können sie auf einem Prüfschlüssel von der MAC-Adresse für Quelle und Ziel basieren.

[0041] Die CPU benutzt und wartet eine Bündelungstabelle in dem Controller **208** zum Verteilen des Verkehrs zum Feststellen, welcher der aufwärts verbindenden Ports (**204** oder **206**) für den herausgehenden Paketverkehr verwendet werden soll. Die Bündelungstabelle speichert die gegenwärtige Abbildungsinformation des Bündelports zu den physikalischen aufwärts verbindenden Ports für auslaufende Pakete. Das Backplane-System **100** steuert die Verteilung des Paketverkehrs zwischen der ersten SFB **104** und der zweiten SFB **106**, indem auf die Abbildungsinformation der Bündelungstabelle zugegriffen wird und bestimmt wird, welcher Bündelport und physikalischer aufwärts verbindender Port für den Paketverkehr benutzt werden sollten. Diese Zuweisung in der Bündelungstabelle ändert sich dynamisch entsprechend den Operationen im normalen Modus und Failover-Operationen.

[0042] Das System **100** weist weiterhin eine zweite Knotenkarte **102** auf, welche zwei aufwärts verbindende Ports (z.B. Ethernet) umfaßt: einen ersten aufwärts verbindenden Port **214** und einen zweiten aufwärts verbindenden

denden Port **216**, welche eine Kommunikationsverbindung zwischen der ersten SFB **104** und der zweiten SFB **106** zur Verfügung stellen. Die erste SFB **104** und die zweite SFB **106** sind somit parallel in bezug auf die zweite Knotenkarte **202** verbunden. Die zweite Knotenkarte **202** umfaßt auch einen Controller **218** für die Verteilung des Verkehrs (z.B. bei dieser Ausführungsform eine Ethernet-Umschaltvorrichtung), welcher auswählt, welcher der ersten und zweiten aufwärts verbindenden Ports (**214** und **216**) zu einem Untersystem **220**, das Funktionen ausführt, der zweiten Knotenkarte **202** abwärts verbunden wird. Der erste und zweite aufwärts verbindende Port **214**, **216** sind redundante Systeme.

[0043] Die erste und zweite SFB (**104** und **106**) stellen die Einrichtung für die Kommunikation zwischen den Knotenkarten **102** und **202** zur Verfügung. Die erste SFB **104** umfaßt bei dieser bestimmten Ausführungsform eine Netzschaltvorrichtung **224** und mehrere PHY Portvorrichtungen **226** (z.B. vom Ethernet-Typ). Die Schaltvorrichtung **224** umfaßt ein Umleitungs-Bitmap (auch als ein unerreichbares Bitmap bekannt) **229**, auf das für Umleitungsinformation zugegriffen wird, um Pakete während des Failovers umzuleiten, und eine Bündelungstabelle **231** zum Speichern von Statusinformation von irgendeinem einer Anzahl von Bündelports. Die Schaltvorrichtung **224** über einen AB PHY-Port **230** an die zweite SFB **106** angeschlossen. Die zweite SFB **106** umfaßt bei dieser bestimmten Ausführungsform eine Schaltnetzvorrichtung **232** und mehrere PHY-Portvorrichtungen **234** (z.B. Ethernet-Typ). Die Schaltnetzvorrichtung **232** enthält auch ein Umleitungs-Bitmap **236**, auf das für Umleitungsinformation zugegriffen wird, um Pakete während des Failovers umzuleiten, und eine Bündelungstabelle **233** zum Speichern der Statusinformation von irgendeinem einer Anzahl von Bündelports. Die Schaltvorrichtung **232** ist über einen AB PHY-Port **238** durch eine AB-Verbindung **240** an die erste SFB **104** angeschlossen.

[0044] Bei dieser Ausführungsform verbindet das Backplane-System **100** den ersten PHY aufwärts verbindenden Port **204** der ersten Knotenkarte **200** mit einem PHY-Port **242** der ersten SFB **104** über eine erste Verbindung **209**. Der zweite PHY aufwärts verbindende Port **206** ist mit einem PHY-Port **244** der zweiten SFB **106** über eine zweite Verbindung **211** verbunden. Der erste PHY aufwärts verbindende Port **214** der zweiten Knotenkarte **202** ist mit einem PHY-Port **246** der ersten SFB **104** über eine dritte Verbindung **213** verbunden, während der zweite PHY aufwärts verbindende Port **216** mit einem PHY-Port **248** der zweiten SFB **106** über eine vierte Verbindung **215** verbunden ist.

[0045] Bei einer Ausführungsform werden Knotenkarten-Signale zwischen den Knotenkarten **200** und **202** zwischen dem Untersystem **210**, das Funktionen ausführt, der ersten Knotenkarte **200** und dem Untersystem **220**, das Funktionen ausführt, der zweiten Knotenkarte **202** durch die erste SFB **104** über die jeweiligen ersten aufwärts verbindenden Ports (**204** und **214**) kommuniziert. In ähnlicher Weise, in Antwort auf einen erfaßten Verbindungsausfall der ersten Verbindung **209** tritt Failover auf, und die Knotenkarten-Signale werden zwischen dem Untersystem **210**, das Funktionen ausführt, der ersten Knotenkarte **200** und dem Untersystem **220**, das Funktionen ausführt, der zweiten Knotenkarte **202** durch die zweite SFB **106** über die jeweiligen zweiten aufwärts verbindenden Ports (**206** und **216**) kommuniziert. Wenn einmal der Ausfallfehler der ersten Verbindung **209** geheilt worden ist, nimmt der Betrieb den normalen Modus über die ersten aufwärts verbindenden Ports (**204** und **214**) wieder auf.

[0046] Die Erfassung von Ausfallfehlern kann in unterschiedlichen Ebenen implementiert werden. Zum Beispiel spezifiziert der IEEE 802.3 einen Erfassungsmechanismus für die Ethernet PHY auf der PHY-Ebene. Beim Fehlen von Datenverkehr schickt eine übertragende PHY-Vorrichtung periodisch (z.B. alle 16 ± 8 msec) einen einfachen Herzschlag (HB)-Puls, der Normalverbindungspuls (NLP) genannt wird. Wenn die empfangende PHY-Vorrichtung die Ankunft entweder eines Datenpaketes oder des NLP innerhalb eines vordefinierten Fensters (z.B. 50 – 150 msec) nicht erfaßt, wird die empfangende PHY-Vorrichtung annehmen, daß die Verbindung ausgefallen ist.

[0047] Auf der Systemebene kann eine lokale CPU auf der Knotenkarte oder an einem Schaltnetz angebracht benutzt werden, um die Integrität der Verbindung zu überprüfen, indem periodisch das Herzschlagpaket zu einer CPU auf der anderen Seite des Systems gesendet wird. Dieses Verfahren jedoch benutzt mehr Verarbeitungsleistung und Zeit durch die CPUs für die Nachrichtenverarbeitung, um die Verbindung abzufragen, um zu erfassen, ob der Verbindungsausfall aufgetreten ist. Dieses Verfahren erfordert auch zusätzliche Bandbreite, selbst wenn die Verbindung belegt ist. Das Wiederherstellen von Verbindungen durch dieses Verfahren neigt wegen des langen Entscheidungsweges dazu, langsamer zu sein.

[0048] Bei der vorliegenden Erfindung ist die Erfassung von Verbindungsausfall auf der MAC-Ebene implementiert. Erfassung auf der MAC-Ebene in dem Backplane-System **100** ist aus den folgenden Gründen bevorzugt. In der Backplane-Umgebung muß es nicht sein, daß alle implementierten PHY-Vorrichtungen in der Lage sind, einen Mechanismus für die Erfassung von Verbindungsausfall einzubetten, wie die Ethernet-PHY-Vorrichtung (z.B. können LVDS-Vorrichtungen solche Erfassungstechniken nicht einsetzen). Somit ist es nötig, daß ein MAC-Modul die Erfassung des Verbindungsausfalls bereitstellt. Darüberhinaus erfordert die schnelle Erfassung von Verbindungsausfällen in der PHY-Implementierung ungefähr 50 – 150 msec Verarbeitungszeit, wohingegen das MAC-Modul den Verbindungsausfall viel schneller erfassen kann, abhängig von der Geschwindigkeit des Ports. Für einen Gigabit-Port kann die Erfassung in weniger als einer Millisekunde erfolgen,

wohingegen für einen 100 Mbps-Port die Erfassung in Millisekunden geschieht. Weiterhin kann die Verbindungserfassung in der PHY-Ebene einen Verbindungsausfall aufgrund einer Fehlfunktion des MAC-Moduls nicht erfassen. Es sei jedoch angemerkt, daß das offenbarte Erfassungsschema in der MAC-Ebene das PHY-Erfassungsschema für Verbindungsausfall unterbringen kann, wenn ein solches PHY-Schema implementiert ist.

[0049] Für die Diskussion einer Failover-Operation wird bei dieser bestimmten Ausführungsform angenommen, daß die Backplane-Steuerlogik das Leiten eines Paketes von der ersten Knotenkarte **200** durch den ersten PHY aufwärts verbindenden Port **204**, über die erste Verbindung **209** in den Netzport **242** steuert, geschaltet durch den Netzschalter **228** für die Ausgabe des Netzports **246**, über die dritte Verbindung **213**, in den ersten aufwärts verbindenden Port **214** der zweiten Knotenkarte **202** und geschaltet durch die Schaltvorrichtung **218** in das erste Untersystem **220** der zweiten Knotenkarte **202**. Wenn somit die erste Knotenkarte **202** den Ausfall der ersten Verbindung **209** erfaßt, leitet die Backplane-Steuerlogik das Failover des Paketverkehrs von dem ersten PHY aufwärts verbindenden Port **204** zu dem zweiten aufwärts verbindenden Port **206** durch die zweite SFB **106** ein. Dies wird erreicht, indem die Bündelungstabelle geändert wird und der gesamte Paketverkehr des Bündelport **207**, der ursprünglich den nun ausgefallenen ersten aufwärts verbindenden Port **204** benutzt hat, gezwungen wird, nur den zweiten aufwärts verbindenden Port **206** zu benutzen.

[0050] Anfangs wird angenommen, daß die erste Verbindung **209**, die den ersten aufwärts verbindenden Port **204** der ersten Knotenkarte **200** (der Fig. 2) anschließt, ausgefallen ist. Wenn die erste SFB **104** den Ausfall der ersten Verbindung **209** erfaßt, wird dann der gesamte Paketverkehr von dem ersten aufwärts verbindenden Port **204** umgeleitet, indem er an die Umleitungsverbindung **240** geschickt wird. Dann erhält die zweite SFB **106** die Pakete (oder Rahmen) von dem Umbündelport **238** und schickt die Pakete über die zweite Verbindung **213** an die erste SFB **104**.

[0051] Im Betrieb benutzt die Knotenkarte das Bündeln von Ports, um den Failover durchzuführen. Wie oben angegeben sind die aufwärts verbindenden Ports einer Knotenkarte in einen logischen Bündelport gruppiert. Wenn ein Paket aus dem funktionalen Untersystem **210** ankommt, wird der Controller für die Verteilung des Verkehrs zunächst die MAC-Adresse des Zieles des Paketes in der lokalen MAC-Adresstabelle suchen. Die MAC-Tabelle zeigt die Zuweisung der MAC-Adresse und des Zielports, der einer der aufwärts verbindenden Ports oder der logische Bündelport sein kann. In dem Fall, daß die MAC einem aufwärts verbindenden Port zugewiesen ist, entweder **204** oder **206**, wird der Verkehr immer zu diesem bestimmten Port geschickt, und der Failover wird für diesen bestimmten Verkehr nicht gültig. Wenn das Ziel zu dem aufwärts verbindenden Bündel ist, wird der Controller **208** für die Verteilung des Verkehrs den Bündelverteilungsalgorithmus durchführen, um das Paket zu einem der aufwärts verbindenden Ports **204** oder **206** zu schicken.

[0052] Die Auswahl des physikalischen Ports kann auf dem Prüfschlüssel basieren, der erzeugt wird, indem die MAC-Adressen von Quelle und/oder Ziel überprüft werden.

MAC-Tabelle an der ersten Knotenkarte

MAC-Adresse	Steuerinformation	Status	Port/Bündelport
MAC_b		Bündelport 1
....			

Bündelport-Tabelle für Bündelport 1 auf der ersten Knotenkarte

Prüf Schlüssel	Physikalischer Port
0	Port 1a
1	Port 1b
2	Port 1a
3	Port 1b

[0053] Die CPU der ersten Knotenkarte **200** steuert die Lastverteilung des Paketverkehrs unter den aufwärts verbindenden Ports (**204** und **206**) in dem Bündelport **207**, indem in geeigneter Weise den physikalischen Ports "EIN" in der Bündelungstabelle zugewiesen wird.

[0054] Wenn die CPU der Knotenkarte **200** über einen Verbindungsausfall informiert wird, z.B. der Verbindung **209** des Bündelports **207**, ändert die CPU den Status aller ersten aufwärts verbindenden Ports (**204** und **214**, auch als Ports 1a in der Bündelungstabelle bezeichnet), und zweiter aufwärts verbindender Ports (**206** und **216**) für die beiden redundanten Knotenkarten (**200** und **202**) in der Bündelungstabelle. Daher wird der gesamte Paketverkehr, der den Bündelport **207** benutzt, nun gezwungen werden, die zweiten aufwärts verbindenden Ports (**206** und **216**, in der Bündelungstabelle auch als Ports 1b bezeichnet) zu benutzen. Der Failover ist dann erreicht.

[0055] Wenn der Netzknoten **104** einen Verbindungsausfall bei einem seiner Knoten erfaßt, wird die CPU der Netzkarte benachrichtigt und leitet die Failover-Prozedur ein. Die Netzkarte meldet den Ausfall weiter, um die anderen Netzkartenknoten zu informieren. Zum Beispiel signalisiert die CPU der ersten SFB **104** der zweiten SFB **106** der Knotenkarte, die mit der ausgefallenen Verbindung verbunden ist (d.h. nun ein unerreichbarer Knoten). Es gibt ein Umleitungs-Bitmap **229** in der ersten SFB **104**, das angibt, welcher Port durch den anderen Netzknoten nicht erreicht werden kann. Wenn die Nachricht über den Verbindungsausfall empfangen wird, aktualisiert die CPU das Umleitungs-Bitmap **229** und schickt es zurück an ACK. Das Umleitungs-Bitmap **229** arbeitet als eine verschickende Domäne für Verkehr, der von der Umleitungsverbindung erhalten worden ist, so daß die Knotenkarten, wenn beide Aufwärtsverbindungen arbeiten, nicht zwei Kopien eines gesendeten Paketes erhalten werden.

[0056] Pakete, die von der Umleitungsverbindung erhalten worden sind, können nur zu dem Port geschickt werden, der mit dem Knoten verbunden ist, wie es in dem Umleitungsknoten-Bitmap angegeben ist. Indem das Umleitungs-Bitmap zur Verfügung gestellt wird, kann verhindert werden, daß ein Knoten ein doppeltes Sendepaket erhält. Wenn das Umleitungs-Bitmap nicht zur Verfügung gestellt wird, wird ein Sendepaket zu allen Ports geschickt, einschließlich dem UmBündelport. Die zweite SFB **106** wird auch das Paket senden. Folglich werden alle Knoten, mit der Ausnahme eines aufwärtsverbindenden Ports der Quellknotenkarte **204**, zwei Kopien von Paketen erhalten, ein Paket von jeder Netzkarte. Indem das Umleitungs-Bitmap verwendet wird, schickt die zweite SFB **106** nur Pakete zu den nicht erreichbaren Knoten der ersten SFB **104**, ohne daß an andere Knoten geschickt wird, die Pakete von der ersten SFB **104** erhalten.

[0057] Da der Verkehr von dem Knoten mit der ausgefallenen Verbindung zu der arbeitenden Verbindung umgeleitet werden wird, wird die Schaltnetzkarte mit der ausgefallenen Verbindung die MAC-Adresse der Quelle, die mit dem ausgefallenen Port verbunden ist, nicht länger sehen. Somit wird der MAC-Eintrag auf der Knotenkarte gegebenenfalls ausaltern. Folglich wird das Paket mit dem Ziel nach A geflutet. Daher wird die CPU der Schaltnetzkarte, die die Nachricht über den Verbindungsausfall empfangen hat, den Status für alle MAC-Einträge, die mit dem Port der ausgefallenen Verbindung zusammenhängen, auf "statisch" setzen. Die Tabelleneinträge mit dem Status "statisch" werden nicht ausgealtert.

[0058] Nachdem die erste SFB **104** die Bestätigung (ACK) der Nachricht über den Verbindungsausfall von der zweiten SFB **106** empfängt, beginnt die CPU der ersten SFB **104** Pakete zu dem UmBündelport hinüberschicken, die für den ausgefallenen Port bestimmt waren, indem der ausgefallene Port auf den UmBündelport umgebildet wird.

[0059] Auf der Sendeseite sendet ein Sende-MAC-Modul periodisch eine MAC-Herzschlagnachricht aus, wenn gegenwärtig keine Pakete übertragen werden. Die Dauer der Herzschlagnachricht ist konfigurierbar. Bei der gegenwärtigen Implementierung ist die Einheit der Periode ein Zeitschlitz, 512 Bit Übertragungszeit, d. h. 51.2 µsec für 10 Mbps und 5.12 µsec für 100 Mbps. Wenn die Verbindung aktiv regelmäßigen Paketverkehr sendet, wird das Herzschlag-Nachrichtenpaket der Verbindung nicht übertragen werden, was die optimale Bandbreite für die Verbindung erlaubt, wenn die Verbindung belegt ist. Dies ist ein Vorteil gegenüber der Er-

fassung von Verbindungsausfall, die von der CPU durchgeführt wird, wie das "Spanning Tree"-Verfahren.

[0060] Es sei angemerkt, daß die PHY-Vorrichtungen, die für die aufwärtsverbindenden Ports und die Schaltungskarte verwendet werden, nicht auf Ethernet-Vorrichtungen eingeschränkt sind, sondern andere herkömmliche Backplane-PHY-Vorrichtungen sein können, so wie LVDS (Low Voltage Differential Signaling, Niederspannungs-Differentialsignalgebung). (LVDS ist eine rauscharme Differentialtechnologie mit niedriger Leistung für die Hochgeschwindigkeitsübertragung).

[0061] Mit Bezug nun auf **Fig. 3** ist ein Ablaufdiagramm des Failover-Prozesses einer Knotenkarte gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht. Wenn eine Vorrichtung einen Verbindungsausfall erfaßt, tritt sie sofort in den Failover-Modus ein und leitet den Verkehr auf der ausgefallenen Verbindung zu einer arbeitenden Verbindung um. Der Ablauf beginnt an einem Funktionsblock **300**, wo ein Bündelport aus redundanten PHY aufwärtsverbindenden Ports erzeugt wird. In einem Funktionsblock **302** wird die Prüfung auf Verbindungsintegrität für alle Ports eingeleitet. Der Ablauf geht zu einem Entscheidungsblock **304**, wo, wenn kein Verbindungsausfall erfaßt wird, der Ablauf auf dem "N"-Weg zurück zu dem Eingang des Funktionsblocks **302** geschieht, um die nächste Prüfung auf Verbindungsintegrität durchzuführen. Andererseits, wenn ein Verbindungsausfall erfaßt wird, geht der Ablauf über den "Y"-Weg des Entscheidungsblockes **304** zu einem Funktionsblock **308**, um den Paketverkehr zu einem arbeitenden Port überzuleiten. Der Ablauf geht dann zu einem Entscheidungsblock **310**, um festzustellen, ob die Failover-Bedingung aufgelöst worden ist. Wenn nicht, geht der Ablauf über den "N"-Weg zum Funktionsblock **308**, um das Umleiten des Paketverkehrs fortzuführen. Wenn es der Fall ist, geht der Ablauf über den "Y"-Weg des Entscheidungsblockes **310** zum Funktionsblock **312**, um den normalen Modus wieder aufzunehmen. Der Ablauf geht dann zurück zum Funktionsblock **302**, um die nächste Prüfung auf Integrität durchzuführen.

[0062] Mit Bezug nun auf **Fig. 4** wird ein Ablaufdiagramm des Failover-Prozesses einer Netzkarte gemäß einer weiteren Ausführungsform veranschaulicht. Der Ablauf beginnt bei einem Funktionsblock **400**, wo das Backplane-System **100** normale Funktionen in einem normalen Modus durchführt. In einem Funktionsblock **402** wird eine Prüfung auf Integrität der Verbindung durchgeführt. In einem Entscheidungsblock **404**, wenn kein Verbindungsausfall erfaßt wird, geht der Ablauf über den "N"-Weg zurück zu dem Eingang des Funktionsblocks **402**, um die nächste Prüfung auf Integrität der Verbindung durchzuführen. Wenn ein Verbindungsausfall erfaßt wird, geht der Ablauf über den "Y"-Weg des Entscheidungsblockes **404** zu einem Funktionsblock **406**, um den Failover-Modus freizugeben. Im Failover-Modus werden Daten über den Verbindungsausfall zu anderen Netzkarten übertragen, wie es in einem Funktionsblock **408** angegeben ist. Eine MAC-Tabelle wird dann mit der Statusinformation des ausgefallenen Ports aktualisiert, wie es in einem Funktionsblock **410** angegeben ist. Der Ablauf geht dann zu einem Entscheidungsblock **412**, um festzustellen, ob ein Bestätigungs(ACK)-Signal von den anderen Netzkarten erhalten worden ist. Wenn nicht, geht der Ablauf über den "N"-Weg, um das Überprüfen auf Empfang des ACK-Signals fortzuführen. Wenn das ACK-Signal erhalten worden ist, geht der Ablauf über den "Y"-Weg des Entscheidungsblockes **412** zu einem Funktionsblock **414**, um den ausgefallenen Port auf einen UmBündelport abzubilden, basierend auf Umleitungsinformation, die in dem Umleitungs-Bitmap enthalten ist. Der Paketverkehr wird dann entsprechend umgeleitet, bis das Failover aufgelöst ist. In einem Entscheidungsblock **416** wird eine Überprüfung durchgeführt, um festzustellen, ob das Failover aufgelöst worden ist. Wenn nicht, geht der Ablauf über den "N"-Weg zu einem Funktionsblock **418**, um das Arbeiten im Failover-Modus fortzuführen. Der Ablauf wird dann in einer Schleife zurück zu dem Eingang des Entscheidungsblockes **416** geführt, um die nächste Überprüfung auf Heilen des Failover durchzuführen. Wenn die Wiedergewinnung der Verbindung aufgetreten ist, geht der Ablauf auf dem "Y"-Weg des Entscheidungsblockes **416** zu einem Funktionsblock **420**, wo die Wiedergewinnungsdaten der Verbindung zu der anderen Netzkarte geschickt werden. Die MAC-Tabelle wird dann entsprechend aktualisiert, um die Wiedergewinnung der Verbindung widerzuspiegeln, wie es in einem Funktionsblock **420** angegeben ist. Das Umleitungs-Bitmap wird dann aktualisiert, um die Umleitungsinformation zu dem redundanten Port zu entfernen, wie es in einem Funktionsblock **424** angegeben ist. Das Backplane-System **100** nimmt dann den normalen Betriebsmodus an, wie es in einem Funktionsblock **426** angegeben ist. Der Ablauf wird dann in einer Schleife zurück zum Funktionsblock **400** geführt, um damit zu beginnen, die normalen Betriebsschaltfunktionen durchzuführen.

[0063] Mit Bezug nun auf **Fig. 5** ist ein Zustandsdiagramm des Herzschlagsignals von der Sendeseite veranschaulicht. Der Ablauf beginnt bei einem Funktionsblock **500**, wo die MAC-Verbindungsherzschlag(LHB)-Signalgebung freigegeben wird, und der Status wird als "bereit" bezeichnet. Wenn ein LHB-Signal empfangen worden ist, dann wird der Status als "OK" bezeichnet, wie es in einem Funktionsblock **502** angegeben ist. In einem Funktionsblock **504** wird bestimmt, ob der Verbindungsstatus "anhängig" ist. Wenn ja, geht der Ablauf über den "Y"-Weg zu einem Funktionsblock **506**, um nur CPU-Paketverkehr zu schicken. In einem Entscheidungsblock **508** wird eine Überprüfung auf Verbindungsausfall vorgenommen. Wenn kein Verbindungsausfall festgestellt wird, geht der Ablauf über den "Y"-Weg zu dem Funktionsblock **500**, um damit fortzufahren, das MAC-LHB-Signal freizugeben. Andererseits, wenn ein Verbindungsausfall erfaßt worden ist, geht der Ablauf über den "N"-Weg des Entscheidungsblockes **508** zu einem Endanschluß.

[0064] Wenn eine Verbindungsstatusüberprüfung nicht anhängig ist, geht der Ablauf über den "N"-Weg des

Entscheidungsblockes **504** zu einem Entscheidungsblock **510**, um festzustellen, ob ein Paket für die Übertragung bereit ist. Wenn ja, geht der Ablauf über den "Y"-Weg zu einem Funktionsblock **512**, um das Paket zu verschicken und den LHB-Zeitgeber rückzusetzen. Der Ablauf geht dann in einer Schleife zurück vom Funktionsblock **512** zum Entscheidungsblock **504**, um wiederum festzustellen, ob das System in einem anhängigen Zustand für eine Aktualisierung des Verbindungsstatus ist. Wenn kein Paket für die Übertragung bereit ist, geht der Ablauf über den "N"-Weg des Entscheidungsblockes **510** zu einem Entscheidungsblock **514**, um festzustellen, ob der LHB-Zeitgeber abgelaufen ist. Wenn nicht, geht der Ablauf aus dem "N"-Weg zurück zu dem Funktionsblock **504**, um den Verbindungsstatus zu überprüfen. Wenn der LHB-Zeitgeber abgelaufen ist, geht der Ablauf aus dem "Y"-Weg des Entscheidungsblockes **514** zu einem Funktionsblock **51**, um eines oder mehrere LHB-Pakete zu senden. Der Ablauf wird dann zurück zu dem Funktionsblock **504** geführt, um wiederum den Verbindungsstatus zu überprüfen.

[0065] Das folgende ist ein Format der Verbindungs-Herzschlag(HB)-Nachricht mit 64 Byte (Werte hexadezimal).

Dest_MAC_ address(6)	SRC_MAC_ address(6)	Ethertype(2)	Opcode(2)	Pad (44)	CRC(4)
01-80-C2-00-00-01	Port MAC Address	88-08	00-02	Pad 44 "00"	CRC32

[0066] Wie angegeben, ist das MAC-Adressfeld des Zieles ein Wert mit 6 Byte und beträgt 01-80-C2-00-00-01. Die Adresse der Ablaufsteuernachricht für den IEEE Standard 802.3x für den Voll-Duplex-PAUSE-Betrieb wird gemeinsam genutzt. Das MAC-Adressfeld des Ports wird als die MAC-Adresse der Quelle benutzt, die 6 Byte beträgt. Das Ethertyp-Feld ist 2 Byte lang und beträgt 88-08, was das MAC-Steuerformat angibt. Der 2 Byte lange Opcode-Wert ist ein Wert, der programmierbar sein kann (z. B. ein Wert 00-02), mit Ausnahme des Wertes "00-01", der als der Ablaufsteuerrahmen im IEEE 802.3x definiert worden ist. Sowohl das sendende als auch das empfangende Ende muß denselben Opcode-Wert verwenden. Das 44 Byte lange Pad-Feld fügt 44 Bytes Nullen "00" hinzu, um die minimale Länge des Ethernet-Rahmens von 64 Byte zu erfüllen.

Das Format der HB-Steuernachricht.

0 1 2 3 4 5 6 7

01	80	C2	00	00	01	00	00
00	00	00	00	88	08	00	02
00	00	00	00	00	00	00	00
...				CRC32			

[0067] Mit Bezug nun auf **Fig. 6** ist ein Zustandsdiagramm des Herzschlagsignals von der Empfängerseite veranschaulicht. Um ein MAC-Modul zu initiieren, wird Spannung angelegt, wobei zu diesem Zeitpunkt alle Ports rückgesetzt werden und der Status sich auf VERBINDUNG BEREIT ändert. Die CPU gibt das Herzschlagmerkmal frei, und die MAC beginnt, das MAC LHB-Signal zu senden. Die MAC wartet darauf, daß der Empfänger sein erstes LHB-Signal sendet, das die äquivalente Möglichkeit von der entfernten Vorrichtung zeigt, und ändert dann den Status auf VERBINDUNG OK. Der geschaltete Verkehr wird dann geschickt. Auf der Empfängerseite überwacht ein MAC-Verbindungserfassungsmodul die ankommenden Pakete. Wenn ein gutes Paket innerhalb einer vordefinierten Fensterzeit von dem letzten Empfangsrahmen ankommt (wobei das Zeitfenster als LINK FAIL bezeichnet wird), dann ist die Verbindung in dem arbeitenden Modus. Der WEN des ZINK FAIL-Zeitfensters ist konfigurierbar und wird üblicherweise auf ungefähr das Zweifache der Übertragungsdauer der LHB-Nachricht gesetzt. Ein gutes Paket gibt an, daß ein guter Datenrahmen oder Steuerrahmen einschließlich einer MAC-Herzschlagnachricht kommuniziert worden ist. Es sei angemerkt, daß das MAC LHB-Signal an dem MAC-Modul absorbiert wird und nicht zu der CPU oder an andere Ports verschickt werden kann. Wenn einmal die MAC keinen Rahmen innerhalb des LINK FAIL-Fensters erfassen wird, wird sie in den VERBINDUNG ANHÄNGIG-Status eintreten und eine HERZSCHLAG VERLOREN-Nachricht an die CPU

schicken. Wenn die MAC N aufeinanderfolgende schlechte Rahmen empfängt, tritt sie auch in den VERBINDUNG ANHÄNGIG-Status ein. In dem VERBINDUNG ANHÄNGIG-Status beendet das MAC-Modul, geschalteten Verkehr zu übertragen. Jedoch werden das CPU-Paket und das LHB-Paket kontinuierlich in diesem Zustand übertragen. Die CPU kann den endgültigen Status der Verbindung verifizieren, indem versucht wird, mit der entfernten Vorrichtung zu kommunizieren. Wenn die Verbindung nicht wieder aufgenommen werden kann, tritt dieser Port in den Zustand des Verbindungsausfalls ein.

[0068] Der Ablauf beginnt an einem Entscheidungsblock **600**, um festzustellen, ob die LHB freigegeben worden ist. Wenn nicht, geht der Ablauf über den "N"-Weg an einen Endabschluß. Ansonsten geht der Ablauf über den "Y"-Weg an einen Funktionsblock **602**, um das erste LHB-Paket zu empfangen. Der Status der Verbindung wird dann auf "OK" gesetzt. Der Ablauf führt zu einem Funktionsblock **604**, um sowohl den Zeitgeber als auch den Fehlerzähler rückzusetzen. In einem Entscheidungsblock **606** stellt das System fest, ob ein Rahmenende erhalten worden ist. Falls dies der Fall ist, geht der Ablauf über den "Y"-Weg zu einem Entscheidungsblock **608**, um festzustellen, ob der empfangene Rahmen ein guter Rahmen war. Wenn ja, geht der Ablauf über den "Y"-Weg zu dem Funktionsblock **604**, um sowohl den Zeitgeber als auch den Zähler in Vorbereitung auf das nächste Paket (oder Rahmen) rückzusetzen. Wenn der empfangene Rahmen nicht gut war, geht der Ablauf über den "N"-Weg des Entscheidungsblockes **608** zu einem Funktionsblock **610**, um den Fehlerzählwert zu erhöhen. Wenn der Fehlerzählwert nicht größer oder gleich einem vorbestimmten Wert N ist, geht der Ablauf über den "N"-Weg zu dem Eingang des Entscheidungsblockes **606**, um festzustellen, ob das nächste Rahmenende erhalten worden ist. Wenn der Fehlerzählwert des Fehlerzählers größer oder gleich einem vorbestimmten Wert N ist, geht der Ablauf über den "Y"-Weg zu einem Funktionsblock **614**, um den Status auf "anhängig" zu ändern. Der Ablauf geht dann zu einem Entscheidungsblock **616**, um festzustellen, ob die Verifikation der CPU ausgefallen ist. Falls ja, geht der Ablauf über "Y" zu dem Endanschluß. Wenn die CPU-Verifikation nicht ausgefallen ist, geht der Ablauf über den "N"-Weg zu dem Funktionsblock **604**, um sowohl den Zeitgeber als auch den Fehlerzähler rückzusetzen.

[0069] Wenn eine Ende des Rahmens nicht empfangen worden ist, geht der Ablauf über den "N"-Weg des Entscheidungsblockes **606** zu einem Entscheidungsblock **618**, um festzustellen, ob der LHB-Zeitgeber abgelaufen ist. Falls nicht, geht der Ablauf über den "N"-Weg zu dem Eingang des Entscheidungsblockes **606**. Wenn der LHB-Zeitgeber abgelaufen ist, geht der Ablauf über den "Y"-Weg des Entscheidungsblockes **618** zu einem Entscheidungsblock **620**, um zu bestimmen, ob das Empfangen von Paketen im Prozeß ist. Falls nicht, geht der Ablauf zu dem Funktionsblock **614**, um den Status auf "anhängig" zu ändern, und zu dem Entscheidungsblock **616**, um festzustellen, ob die Verifikation der CPU ausgefallen ist. Wenn das Empfangen von Paketen im Prozeß ist, geht der Ablauf über den "Y"-Weg des Entscheidungsblockes **620** zu einem Entscheidungsblock **622**, um festzustellen, ob ein guter Rahmen (oder Paket) empfangen worden ist. Falls dies der Fall ist, geht der Ablauf den "Y"-Weg hinaus zu dem Funktionsblock **604**, um sowohl den LHB-Zeitgeber als auch den Fehlerzähler rückzusetzen. Wenn kein gutes Paket empfangen worden ist, geht der Ablauf zu dem Funktionsblock **614**, um den Status in "anhängig" zu ändern, und zu dem Entscheidungsblock **616**, um festzustellen, ob die Verifikation der CPU ausgefallen ist.

[0070] Zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Schemata zur Erfassung von Verbindungsausfällen basierend auf MAC-Herzschlagnachrichten, wie oben beschrieben, wird hiernach ein weiteres Schema beschrieben, um aktiv den Ausfall einer Verbindung zu erfassen. Dieses Schema benutzt eine gemeinsame Einstellung, bei der, wenn ein Paket mit identischen MAC-Adressen in Quelle und Ziel empfangen wird, das Paket an seine empfangende Karte geworfen wird. Eine Knotenkarte kann dieses Merkmal benutzen, um den Verbindungsausfall zu erfassen.

[0071] Der Prozeß, der bei diesem Schema eingesetzt wird, wird beispielhaft wie folgt dargestellt. Der Controller für die Verteilung des Verkehrs auf der Knotenkarte muß die Empfangsaktivitäten aller Zugriffspoints überwachen. Ein Leerlaufzeitgeber wird jedesmal rückgesetzt und gestartet, wenn ein gutes Ende des Paketes empfangen worden ist. Wenn der Controller kein gutes Paket empfängt, bevor der Leerlaufzeitgeber abgelaufen ist, wird der Controller ein speziell formatiertes Sondierpaket zu der Schaltnetz Karte schicken, um die Integrität der Verbindung zu sondieren. Wenn man das Zurückwerfmerkmal benutzt, das zuvor erwähnt worden ist, sollte die Schaltnetz Karte das Paket zurück zu der Knotenkarte schicken. Ein Zeitgeber wird gestartet, nachdem das Sondierpaket geschickt ist. Wenn das Sondierpaket oder irgendein anderes gutes Paket empfangen wird, bevor der Zeitgeber abläuft, wird angenommen, daß die Verbindung arbeitet, und der Leerlaufzeitgeber wird neu gestartet. Wenn jedoch der Zeitgeber abläuft, dann wird die Verbindung in einen Failover-Zustand eintreten. Die Wartedauer für das zurückgeworfene Paket kann sehr kurz sein, da die Empfangsseite gegenwärtig ruhig ist, was bedeutet, daß die Ausgangsschlange auf der Schaltnetz Karte leer ist. Die Wartezeit sollte nur aus der Übertragung und den Schaltungszeiten bestehen.

[0072] Das Einfügen des speziellen Sondierpaketes ist nicht auf irgendeine bestimmte Schicht des Controllers für die Verteilung des Verkehrs beschränkt. Das Sondierpaket kann innerhalb des MAC-Moduls sein oder in dem Verteilungsmodul auf dem MAC. Darüberhinaus kann das Sondierpaket die verschiedenen Paketformate verwenden, basierend darauf, welches Modul das Sondierpaket zurückwerfen wird. Einige mögliche Pa-

ketformate umfassen, sind jedoch nicht beschränkt auf:

- 1) Benutze das Format des PAUSE RAHMENS (wie es in der US-Anmeldung 0/284,856, angemeldet am 31. Oktober 2002, beschrieben ist, von der diese Anmeldung die Priorität beansprucht und die hierdurch durch Bezugnahme aufgenommen ist). Das MAC-Modul kann diesen Typ des Sondierpaketes zurückwerfen.
- 2) Mache die MAC-Adresse der Quelle gleich der MAC-Adresse des Zieles, wie es hierin oben beschrieben ist.
- 3) Benutze das allgemeine MAC-Steuerformat, wobei die MAC-Adresse des Zieles in dem Bereich von 01-80-C2-00-00-00 bis 01-80-C2-00-00-FF ist. Es sollte angemerkt werden, daß die MAC-Adresse des zuvor genannten PAUSE RAHMENS 01-80-C2-00-00-01 ist, ein Spezialfall dieses Formates. Die meisten der MAC-Steuerpakete werden an die CPU geschickt, daher kann die CPU diese An von Paket zurückwerfen, mit Ausnahme des PAUSE RAHMEN-Paketes, welche in dem MAC-Modul verarbeitet wird.
- 4) Sende das Sondierpaket mit einer vordefinierten MAC-Adresse für das Ziel aus. Auf der Empfangsseite kann das System die vordefinierte MAC-Adresse in der MAC-Adresstabelle setzen, damit sie dem CPU-Port zugewiesen werden kann. Somit kann die CPU das Sondierpaket zurück zu dem Quellport werfen. Es ist möglich, daß der Controller **208** für die Verteilung des Verkehrs das Sondierpaket zurückwerfen kann, indem die MAC-Adresstabelle derart gesetzt wird, daß diese vordefinierte MAC-Adresse für das Ziel demselben Quellenport zugewiesen wird.

[0073] Die Leerlauf-Ablaufzeit ist der Hauptfaktor, der die Leistungsfähigkeit beeinflußt. Um schnell tatsächliche Verbindungsausfälle zu erfassen, sollte die Leerlaufdauer, bevor das Sondierpaket gesendet wird, so kurz wie möglich sein. Durch Einstellen einer kurzen Leerlaufdauer jedoch wird dies die Anzahl von Sondierpaketen erhöhen, die auf der Sendeseite geschickt werden, ungeachtet des Volumens des Verkehrsstroms. Um somit die Sendegesamtbelastung zu minimieren, sollte der Zeitgeber so gesetzt werden, daß die Zeitdauer so lang wie möglich ist.

[0074] Die Implementierung des Schemas zum Erfassen von Verbindungsausfällen kann auch umgekehrt werden. Bei einer anderen Ausführungsform kann die Schaltnetzkarte Sondierpakete schicken, und die Knotenkarten würden dann das Zurückwerfen der Pakete handhaben. Bei noch einer anderen Ausführungsform kann die Implementierung symmetrisch sein, wobei beide Seiten die Verbindung sondieren können. Jedoch würde eine symmetrische Implementierung die Gesamtbelastung bei der Sendung vergrößern, insbesondere im Vergleich zu dem Verbindungs-Herzschlagverfahren, das oben beschrieben ist.

[0075] Der Nutzen dieses Schemas ist, daß keine zusätzliche Hardware auf der Seite erforderlich ist, die dieses Schema nicht benutzt. Nur eine Seite benötigt das eingebettete Modul zum Erzeugen der Nachricht, und die andere Seite fordert keine spezielle Hardware, um diese Nachricht zu erfassen. Statt dessen wirft die andere Seite nur die Nachricht an ihren Empfangsport über den regulären Weg zurück, ohne daß irgendein spezielles MAC-Modul hilft. Wenn beispielsweise die Knotenkarte dieses Schema nutzt, ist keine Modifikation bei den Schaltnetzkarten erforderlich.

[0076] Mit Bezug nun auf **Fig. 7** wird ein Verfahren 700 mit einem Sondierpaketschema betrachtet. Es sollte angemerkt werden, daß, wie es in **Fig. 7** gezeigt ist, das Verfahren 700 sowohl einen Leerlauf-Zeitgeber und einen Fehlerzähler benutzt, wie es hierin oben diskutiert worden ist. Wie die Fachleute leicht verstehen werden, kann das Verfahren der vorliegenden Erfindung entweder mit dem Leerlauf-Zeitgeber und dem Fehlerzähler getrennt oder in Kombination benutzt werden, wie es in **Fig. 7** gezeigt ist.

[0077] Der Prozeß beginnt im Schritt 702. Im Schritt 704 wird bestimmt, ob das Sondierpaket freigegeben ist, das heißt, ob das System in geeigneter Weise ein Sondierpaket behandeln kann. Wenn nicht, dann wird, wie im Schritt 706 gezeigt, der Prozeß verlassen.

[0078] Wenn im Schritt 704 festgestellt wird, daß das Sondierpaket freigegeben wird, dann werden, wie im Schritt 708 gezeigt, der Leerlauf-Zeitgeber und der Fehlerzähler rückgesetzt. Als nächstes wird im Schritt 710 bestimmt, ob das Ende eines Rahmens empfangen worden ist. Wenn ein Ende des Rahmens empfangen worden ist, dann geht die Verarbeitung zum Schritt 712, wo bestimmt wird, ob ein guter Rahmen empfangen worden ist. Wenn im Schritt 712 ein guter Rahmen empfangen worden ist, dann werden der Leerlauf-Zeitgeber und der Fehlerzähler zurückgesetzt.

[0079] Wenn jedoch im Schritt 712 ein schlechter Rahmen empfangen worden ist, dann geht die Verarbeitung weiter zum Schritt 714, in dem der Fehlerzählwert erhöht wird. Dann wird im Schritt 716 der Fehlerzählwert mit einem Schwellenwert (N) verglichen. Wenn im Schritt 716 der Fehlerzählwert geringer ist als der Schwellenwert, dann kehrt die Verarbeitung zum Schritt 710 zurück. Wenn jedoch im Schritt 716 festgestellt wird, daß der Fehlerzählwert oberhalb des Schwellenwertes liegt, geht die Verarbeitung zum Schritt 724, in dem ein Sondierpaket geschickt wird, und ein Sondierzeitgeber gesetzt wird.

[0080] Wenn im Schritt 710 das Ende eines Rahmens nicht erreicht worden ist, dann beginnt die Verarbeitung im Schritt 718. Wenn im Schritt 718 festgestellt wird, daß der Leerlauf-Zeitgeber nicht abgelaufen ist, dann kehrt die Verarbeitung zurück zum Schritt 710. Wenn im Schritt 718 festgestellt wird, daß der Leerlauf-Zeitgeber

ber abgelaufen ist, dann, wie es im Schritt 720 gezeigt wird, wird festgestellt, ob das Empfangen fortschreitet. Wenn ein guter Rahmen empfangen wird, dann kehrt die Verarbeitung zum Schritt 708 zurück, und der Leerlauf-Zeitgeber und der Rücksetzzähler werden rückgesetzt. Wenn im Schritt 720 nichts empfangen wird oder wenn im Schritt 722 festgestellt wird, daß ein schlechtes Paket erhalten worden ist, nachdem der Leerlauf-Zeitgeber abgelaufen ist, dann geht die Verarbeitung zum Schritt 724, wobei ein Sondierpaket ausgelöst und ein Sondier-Zeitgeber gestartet wird.

[0081] Der Schritt 724 kann erreicht werden entweder vom Schritt 722, nachdem ein schlechter Rahmen empfangen worden ist und der Leerlauf-Zeitgeber abgelaufen ist, vom Schritt 720, wenn der Leerlauf-Zeitgeber abläuft und kein Paket in dem Empfangsprozess ist, oder vom Schritt 716, in dem der Fehlerzählerwert einen vorbestimmten Schwellenwert überschritten hat. Nachdem das Sondierpaket geschickt worden ist und der Sondierzeitgeber gestartet worden ist, wird im Schritt 726 festgestellt, ob eine Antwort für das Sondierpaket innerhalb einer vorbestimmten Zeit empfangen worden ist. Wenn eine Antwort innerhalb der zugewiesenen Zeit erhalten wurde, dann geht die Verarbeitung vom Schritt 726 zum Schritt 708, in dem der Leerlauf-Zeitgeber und ein Fehlerzähler zurückgesetzt werden. Wenn jedoch im Schritt 726 festgestellt wird, daß eine Antwort auf das Sondierpaket nicht innerhalb der zugewiesenen Zeit empfangen worden ist, geht die Verarbeitung zum Schritt 728. Wenn im Schritt 728 die Verifikation der CPU nicht ausgefallen ist, dann kehrt die Verarbeitung zum Schritt 708 zurück, in dem der Leerlaufzeitgeber und der Fehlerzähler rückgesetzt werden, ansonsten endet die Verarbeitung, wie es durch den Block 706 angezeigt ist.

[0082] Obwohl die bevorzugte Ausführungsform in Einzelheiten beschrieben worden ist, sollte verstanden werden, daß verschiedene Änderungen, Substitutionen und Modifikation hierin getroffen werden können, ohne daß man sich vom Gedanken und Umfang der Erfindung entfernt, wie sie durch die angefügten Ansprüche definiert ist.

[0083] Die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Feststellen des Ausfalls einer Kommunikationsverbindung, mit den Schritten:
Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall;
Rücksetzen des Zeitgebers auf das vorbestimmte Intervall, wann immer ein gültiges Paketempfangen wird;
und
Senden eines Sondierpaketes und Setzen eines Sondierzeitgebers, wenn der Zeitgeber abläuft.
2. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin das Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus umfaßt, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und keine gültige Antwort auf das Sondierpaket empfangen worden ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin das Senden eines Sondierpaketes und das Einstellen eines Sondierzeitgebers umfaßt, nachdem eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgender ungültiger Pakete empfangen worden sind.
4. Verfahren nach Anspruch 3, das weiterhin das Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus umfaßt, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht erhalten worden ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zieladresse des Sondierpaketes gleich der Quelladresse ist.
6. Computerlesbares Medium mit Befehlen, mit:
einer Einrichtung zum Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall;
einer Einrichtung zum Rücksetzen des Zeitgebers auf das vorbestimmte Intervall, wann immer ein gültiges Paket empfangen wird; und
einer Einrichtung zum Senden eines Sondierpaketes und zum Setzen eines Sondierzeitgebers, wenn der Zeitgeber abläuft.
7. Computerlesbares Medium mit Befehlen nach Anspruch 6, weiterhin mit einer Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht erhalten worden ist.
8. Computerlesbares Medium mit Befehlen nach Anspruch 6, weiter mit einer Einrichtung zum Senden ei-

nes Sondierpaketes und Einstellen eines Sondierzeitgebers, nachdem eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgender ungültiger Pakete empfangen worden ist.

9. Computerlesbares Medium mit Befehlen nach Anspruch 8, weiter mit einer Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht erhalten worden ist.

10. Vorrichtung für die Erfassung eines Verbindungsausfalls in einer Ethernet-Backplane mit hoher Verfügbarkeit, mit:
einer Einrichtung zum Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall;
einer Einrichtung zum Rücksetzen des Zeitgebers auf das vorbestimmte Intervall, wann immer ein gültiges Paket empfangen wird; und
einer Einrichtung zum Senden eines Sondierpaketes und zum Einstellen eines Sondierzeitgebers, wenn der Zeitgeber abläuft.

11. Vorrichtung für die Erfassung eines Verbindungsausfalls in einer Ethernet-Backplane mit hoher Verfügbarkeit nach Anspruch 10, die weiterhin eine Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus aufweist, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht empfangen worden ist.

12. Vorrichtung für die Erfassung eines Ausfallfehlers in einer Ethernet-Backplane mit hoher Verfügbarkeit nach Anspruch 10, die weiterhin eine Einrichtung zum Senden eines Sondierpaketes und zum Einstellen eines Sondierzeitgebers aufweist, nachdem eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgender ungültiger Pakete empfangen worden ist.

13. Vorrichtung für die Erfassung eines Verbindungsausfalls in einer Ethernet-Backplane mit hoher Verfügbarkeit nach Anspruch 12, die weiterhin eine Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht erhalten worden ist, aufweist.

14. Backplane-System, mit:
einer Vielzahl von Knotenkarten;
einer Vielzahl von Schaltnetzkarten;
wobei jeder Knoten der Vielzahl von Knotenkarten eine einzige Verbindung zu jeder der Vielzahl der Schaltnetzkarten hat;
wobei wenigstens einer ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus der Vielzahl der Knotenkarten und der Vielzahl der Schaltnetzkarten weiter aufweist
eine Einrichtung zum Einstellen eines Zeitgebers auf ein vorbestimmtes Intervall;
eine Einrichtung zum Rücksetzen des Zeitgebers auf das vorbestimmte Intervall, wann immer ein gültiges Paket empfangen wird; und
eine Einrichtung zum Senden eines Sondierpaketes und zum Setzen eines Sondierzeitgebers, wenn der Zeitgeber abläuft.

15. Backplane-System nach Anspruch 14, bei dem die wenigstens eine, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus der Vielzahl der Knotenkarten und der Vielzahl der Schaltnetzkarten, weiterhin eine Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht erhalten worden ist, aufweist.

16. Backplane-System nach Anspruch 14, bei dem die wenigstens eine, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus der Vielzahl der Knotenkarten und der Vielzahl der Schaltnetzkarten, weiterhin eine Einrichtung zum Senden eines Sondierpaketes und zum Einstellen eines Sondierzeitgebers, nachdem eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgender ungültiger Pakete empfangen worden ist, aufweist.

17. Backplane-System nach Anspruch 16, bei dem die wenigstens eine, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus der Vielzahl der Knotenkarten und der Vielzahl der Schaltnetzkarten, weiterhin eine Einrichtung zum Ändern des Status der Kommunikationsverbindung in einen Ausfallmodus, wenn der Sondierzeitgeber abläuft und eine gültige Antwort auf das Sondierpaket nicht erhalten worden ist, aufweist.

18. Backplane-System nach Anspruch 14, bei dem jede Schaltnetzkarte weiterhin eine Umleitungstabelle aufweist und bei dem, wenn eine Schaltnetzkarte eine ausgefallene Verbindung erfaßt, die Schaltnetzkarte Da-

ten über die ausgefallene Verbindung zu den verbleibenden Schaltnetzkarten kommuniziert, was bewirkt, daß die anderen Schaltnetzkarten ihre Umleitungstabellen aktualisieren.

19. Backplane-System nach Anspruch 14, bei dem der Sondierzeitgeber auf ein minimales Intervall eingestellt wird, das eine Sende- und eine Schaltlatenzzeitdauer aufweist.

20. Backplane-System nach Anspruch 14, bei dem das Sondierpaket in ein Verteilungsmodul auf einer Mediumzugriffssteuerschicht (Media Access Controller Layer) eingefügt ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

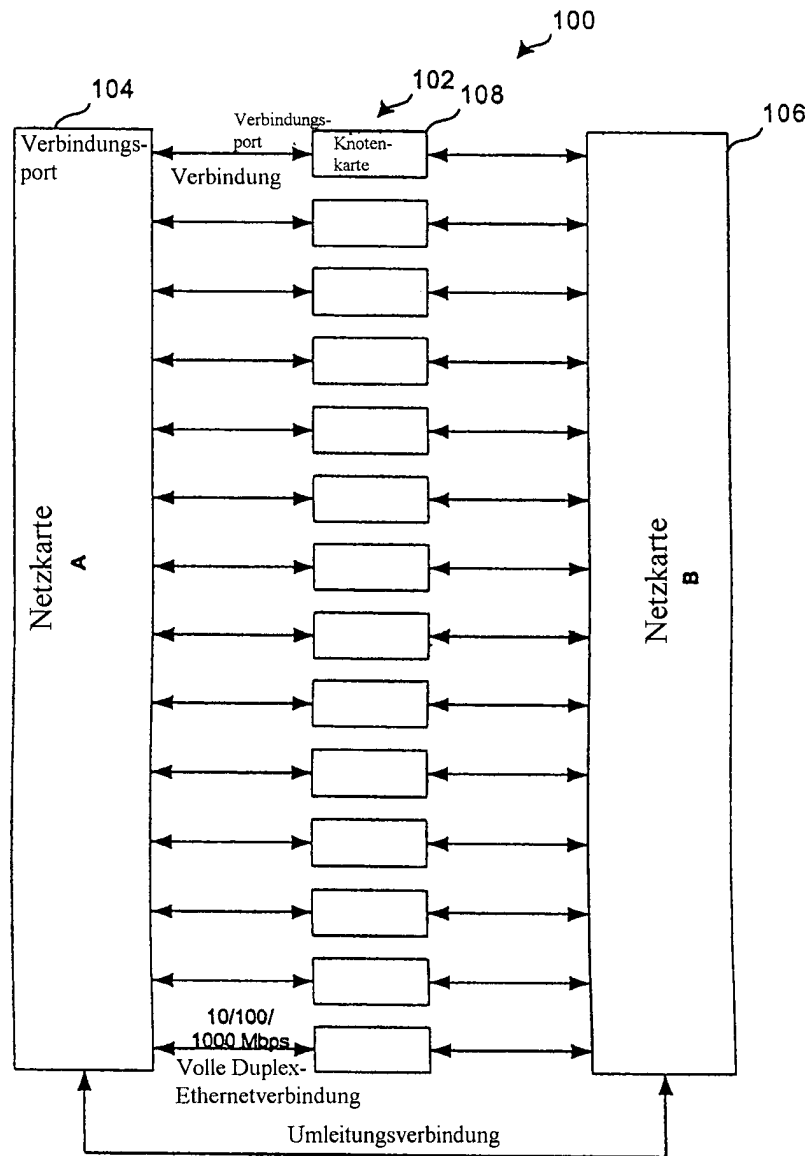


FIG. 1

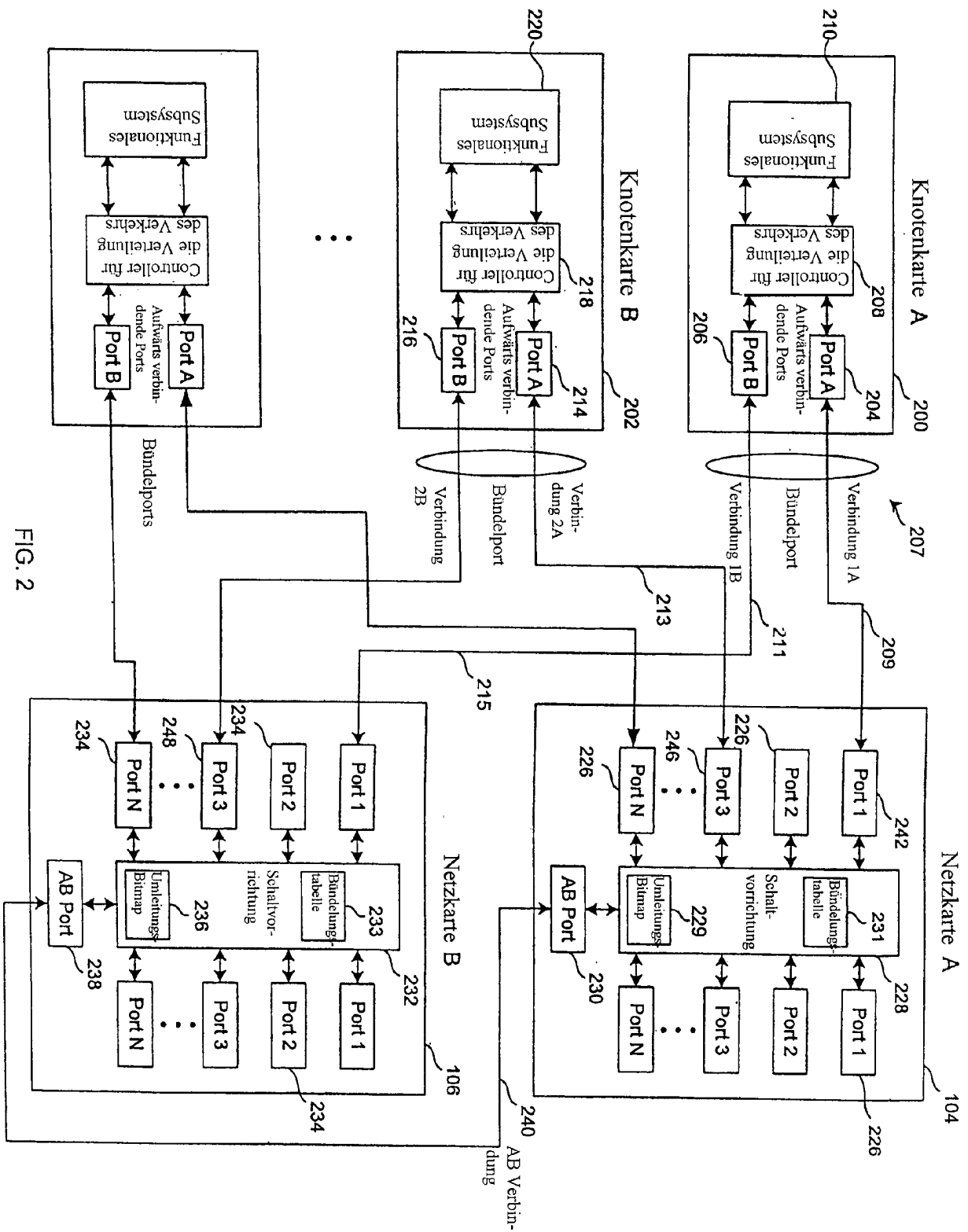


FIG. 2

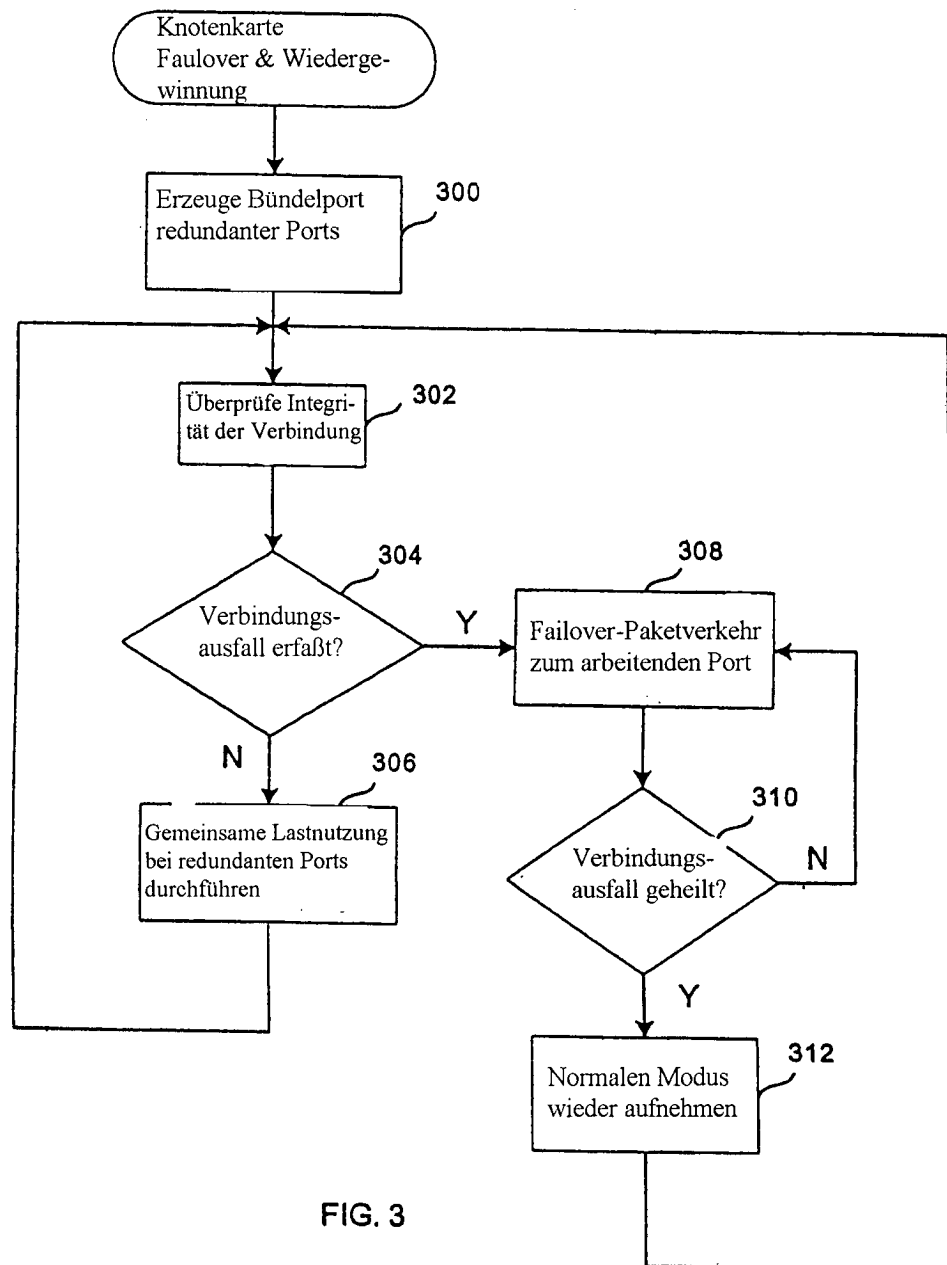


FIG. 3

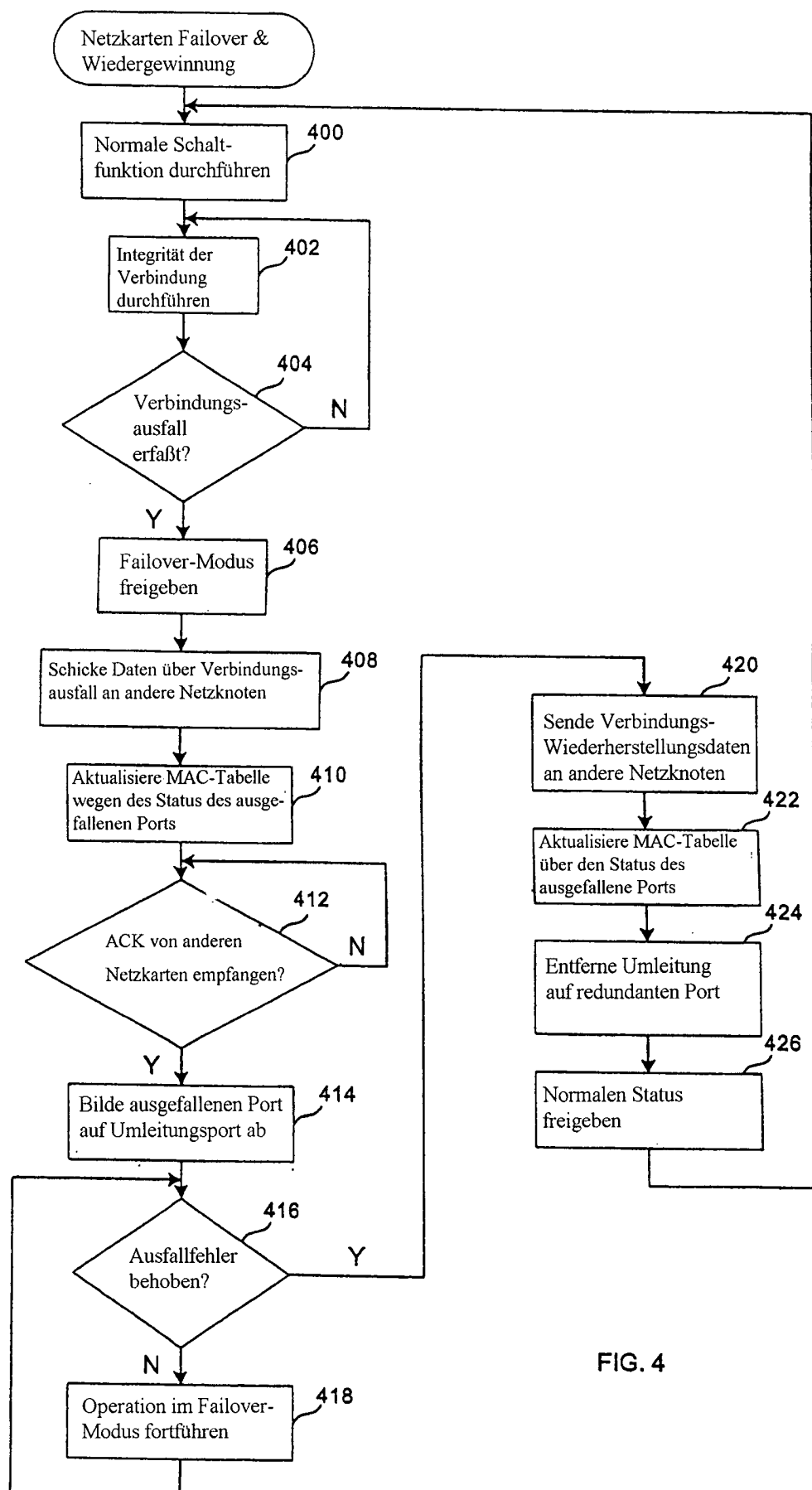


FIG. 4

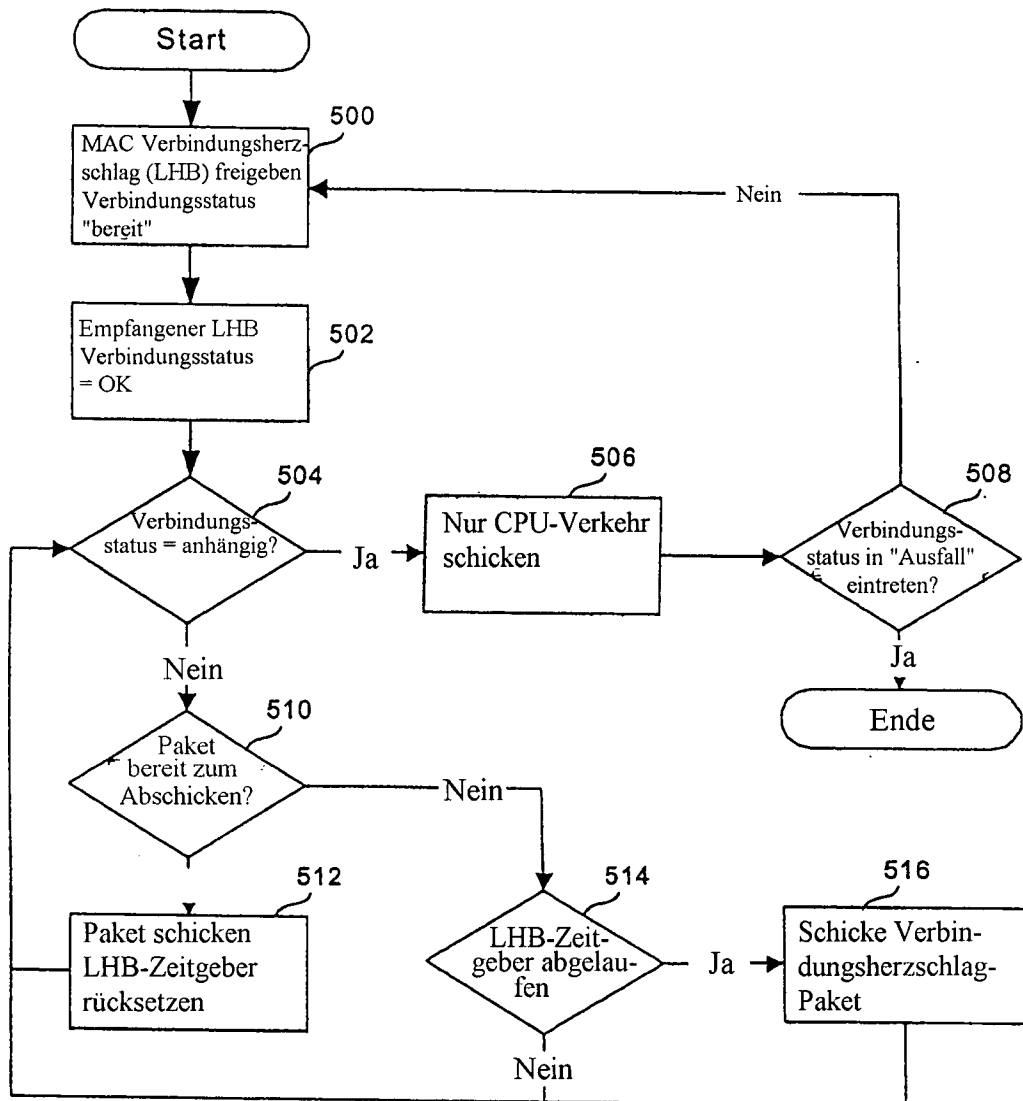


FIG. 5

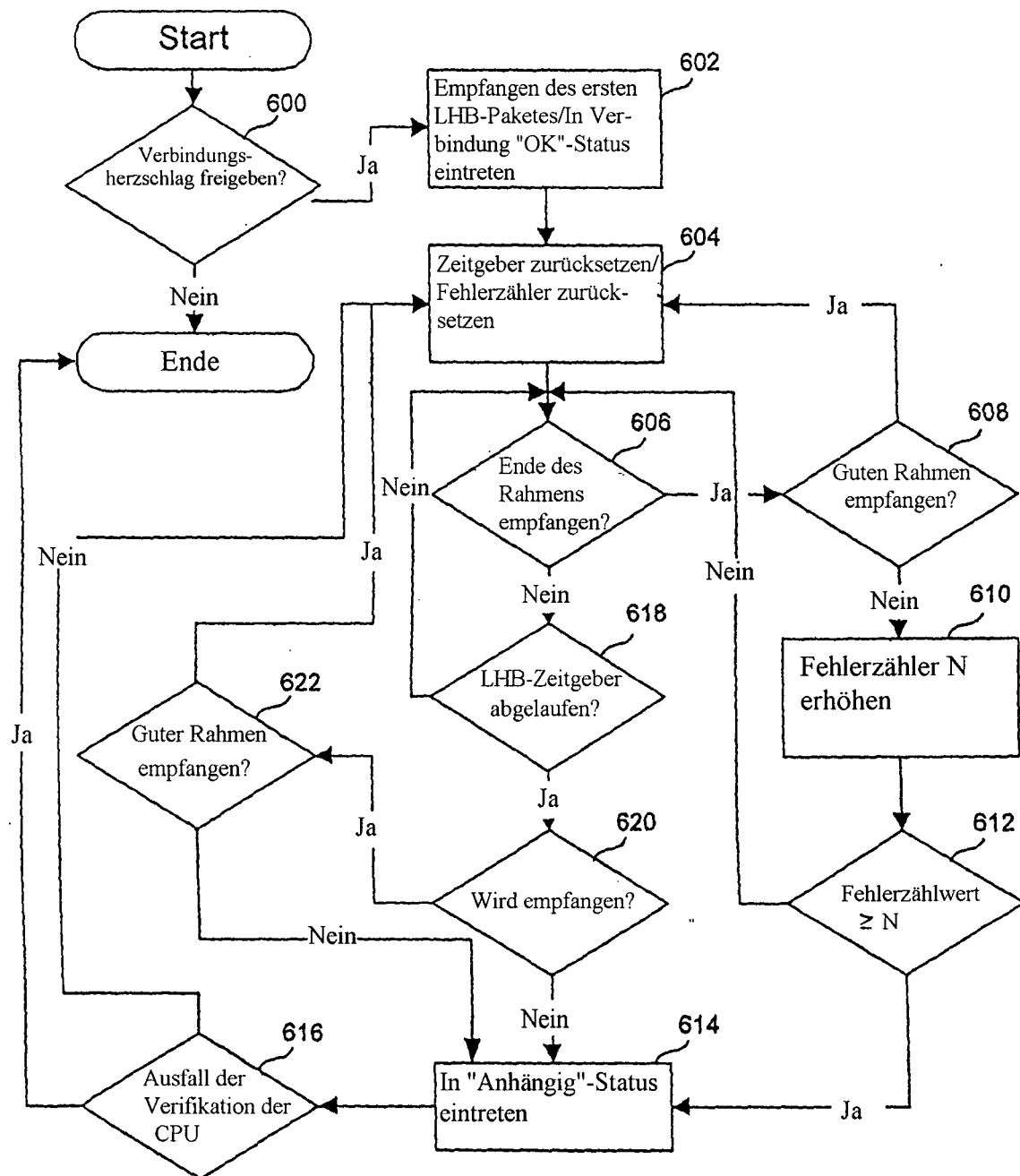


FIG. 6

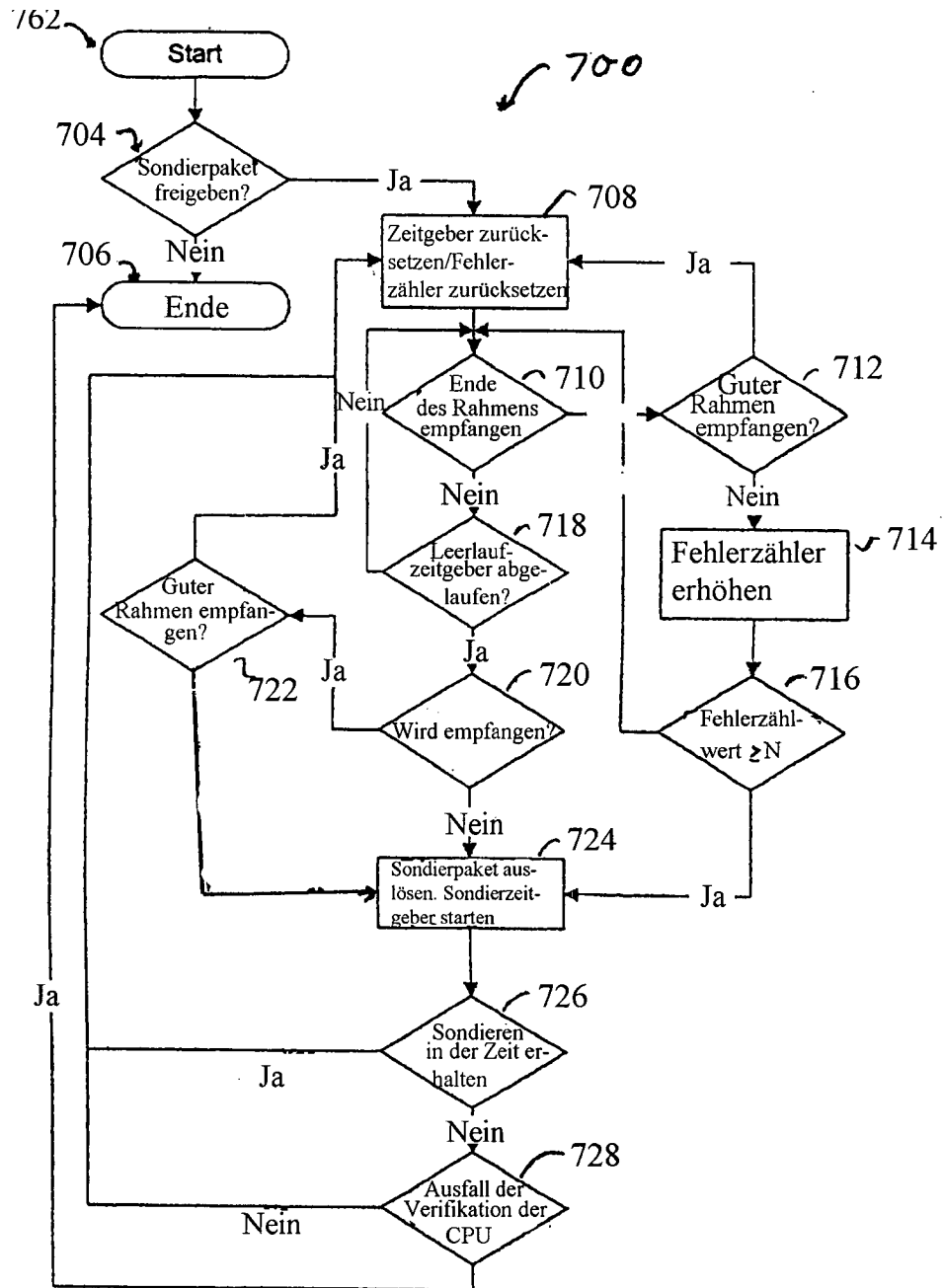


Fig. 7