

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4592800号  
(P4592800)

(45) 発行日 平成22年12月8日(2010.12.8)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl.	F I		
HO 4 L 12/56 (2006.01)	HO 4 L 12/56	1 O O A	
HO 1 L 21/822 (2006.01)	HO 1 L 27/04	F	
HO 1 L 27/04 (2006.01)	HO 1 L 27/04	U	

請求項の数 12 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2009-59519 (P2009-59519)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成21年3月12日 (2009.3.12)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2010-213183 (P2010-213183A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成22年9月24日 (2010.9.24)	(74) 代理人	100109210
審査請求日	平成22年7月12日 (2010.7.12)		弁理士 新居 広守
早期審査対象出願		(72) 発明者	山口 孝雄
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	吉田 篤
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	石井 友規
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 経路選択装置、経路選択方法、およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のN o C (Network-on-Chip) ルータを介して送信バスマスターから受信バスマスターまでデータを伝送するための経路を選択する経路選択装置であって、

前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでデータを伝送するための複数の経路を示す経路情報を生成する経路情報生成部と、

前記経路情報で示される各経路に少なくとも1つずつ定められる監視候補となるN o C ルータにおいて、所定の送信元から所定の宛て先へ伝送される1つ以上のフリットの列であるフローの個数を、各N o C ルータにおける伝送品質の劣化および負荷の上昇を含む異常の発生しやすいさを表す異常生起確度値として収集し、収集した前記異常生起確度値を用いて各N o C ルータにおける前記異常を予測する経路異常予測部と、

監視候補としての前記N o C ルータの1つ以上において前記異常が予測された場合に、前記経路情報によって示される前記複数の経路の中から、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択する迂回経路選択部とを備える経路選択装置。

【請求項2】

前記経路異常予測部は、前記各N o C ルータが中継するフローのうち、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターへのフロー以外のフローの個数を、前記異常生起確度値として収集する

請求項1に記載の経路選択装置。

## 【請求項 3】

前記経路異常予測部は、前記各N o Cルータが中継するフローのうち、受信のためのネットワークの伝送帯域よりも、送信のためのネットワークの伝送帯域のほうが小さいフローの個数を、前記異常生起確度値として収集する

請求項 1 に記載の経路選択装置。

## 【請求項 4】

前記経路異常予測部は、

前記監視候補としての前記各N o Cルータの異常生起確度値を監視すべき頻度を表す監視頻度値を記憶している監視頻度値記憶部と、

前記各N o Cルータについて所定の確率値である選択確率値を生成する選択確率値生成部と、

前記監視頻度値および前記選択確率値に従って、前記各N o Cルータの中から異常生起確度値の監視の対象となるN o Cルータを選択する監視対象選択部と、

前記監視対象選択部によって選択されたN o Cルータから異常生起確度値を取得する異常生起確度値取得部と、

前記取得された異常生起確度値を記憶する異常生起確度値記憶部と、

前記記憶された異常生起確度値を用いて、前記監視頻度値記憶部に記憶されている前記監視頻度値の妥当性を表す活性度を算出する活性度算出部と、

前記活性度に基づき、前記監視頻度値記憶部に記憶されている前記監視頻度値を更新する監視頻度値更新部と

を有する請求項 1 に記載の経路選択装置。

## 【請求項 5】

前記迂回経路選択部は、

前記監視候補としての前記各N o Cルータについて、伝送品質を表す伝送品質値を決定し、

決定された前記伝送品質値によって表される伝送品質が予め定められた基準よりも悪いN o Cルータを含む経路をさらに除いた経路の中から、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択する

請求項 1 に記載の経路選択装置。

## 【請求項 6】

前記迂回経路選択部は、

前記監視候補としての前記各N o Cルータから、N o Cルータにおける負荷の大きさを表す負荷値を収集し、

収集した前記負荷値によって表される負荷の大きさが予め定められた基準よりも小さいN o Cルータを含む経路をさらに除いた経路の中から、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択する

請求項 5 に記載の経路選択装置。

## 【請求項 7】

前記迂回経路選択部は、

監視候補としての前記N o Cルータの1つ以上において前記異常が予測された場合に、前記異常が予測された各N o Cルータの周囲で発生している異常の規模を示す異常発生規模情報を取得し、

取得された前記異常発生規模情報によって示される異常の規模が予め定められた基準よりも小さいN o Cルータを含む経路は、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき前記経路の選択対象から除外しない

請求項 1 に記載の経路選択装置。

## 【請求項 8】

前記経路選択装置は、前記送信バスマスターか、または半導体システムを構成する前記複数のN o Cルータの1つに設けられる

請求項 1 に記載の経路選択装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 9】

複数のN o Cルータを介して送信バスマスターから受信バスマスターまでデータを伝送するための経路を選択する経路選択装置であって、

各N o Cルータは、所定の送信元から所定の宛て先へ伝送される1つ以上のフリットの列であるフローの個数を、各N o Cルータにおける伝送品質の劣化および負荷の上昇を含む異常の発生しやすいさを表す異常生起確度値として求め、前記異常生起確度値が予め定められた閾値を超えた場合に、前記経路選択装置に前記異常生起確度値を通知する経路異常検出部を備え、

前記経路選択装置は、

前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでデータを伝送するための複数の経路を示す経路情報を生成する経路情報生成部と、

前記N o Cルータから送信される前記異常生起確度値を用いて、前記N o Cルータにおける前記異常を予測し、前記N o Cルータの1つ以上において前記異常が予測された場合に、前記経路情報によって示される前記複数の経路の中から、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択する迂回経路選択部とを備える経路選択装置。

10

## 【請求項 10】

複数のN o Cルータをネットワークで相互に接続してなる半導体システムにおいて、前記半導体システムに接続された送信バスマスターから受信バスマスターまでデータを伝送するための経路を選択する経路選択方法であって、

20

前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでデータを伝送するための複数の経路を示す経路情報を生成する経路情報生成ステップと、

所定の送信元から所定の宛て先へ伝送される1つ以上のフリットの列を1つのフローと数えるとき、前記経路情報で示される各経路に少なくとも1つずつ定められる監視候補としてのN o Cルータから、各N o Cルータが中継する特定のフローの個数を、各N o Cルータにおける伝送品質の劣化または負荷の上昇を含む異常の発生しやすいさを表す異常生起確度値として収集し、収集した前記異常生起確度値を用いて各N o Cルータにおける異常を予測する経路異常予測ステップと、

監視候補としての前記N o Cルータの1つ以上において前記異常が予測された場合に、前記経路情報によって示される前記複数の経路の中から、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択する迂回経路選択ステップと

30

を含む経路選択方法。

## 【請求項 11】

複数のN o Cルータをネットワークで相互に接続してなる半導体システムにおいて、前記半導体システムに接続された送信バスマスターから受信バスマスターまでデータを伝送するための経路を選択するためのコンピュータ実行可能なプログラムであって、

前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでデータを伝送するための複数の経路を示す経路情報を生成する経路情報生成ステップと、

所定の送信元から所定の宛て先へ伝送される1つ以上のフリットの列を1つのフローと数えるとき、前記経路情報で示される各経路に少なくとも1つずつ定められる監視候補としてのN o Cルータから、各N o Cルータが中継する特定のフローの個数を、各N o Cルータにおける伝送品質の劣化または負荷の上昇を含む異常の発生しやすいさを表す異常生起確度値として収集し、収集した前記異常生起確度値を用いて各N o Cルータにおける異常を予測する経路異常予測ステップと、

40

監視候補としての前記N o Cルータの1つ以上において前記異常が予測された場合に、前記経路情報によって示される前記複数の経路の中から、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択する迂回経路選択ステップと

をコンピュータに実行させるプログラム。

50

**【請求項 1 2】**

複数の N o C ルータを介して送信バスマスターから受信バスマスターまでデータを伝送するための経路の異常を予測する装置であって、

前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでデータを伝送するための複数の経路を示す経路情報を生成する経路情報生成部と、

前記経路情報で示される各経路に少なくとも 1 つずつ定められる監視候補となる N o C ルータにおいて、所定の送信元から所定の宛て先へ伝送される 1 つ以上のフリットの列であるフローの個数を、各 N o C ルータでの異常発生の尺度として用いることで、各 N o C ルータにおける異常を予測する経路異常予測部と

を備える装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、複数の伝送経路が利用可能な半導体システムのネットワークにおける最適経路選択装置、最適経路選択方法、およびプログラムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来から、半導体デバイスの大規模化のバス設計の難しさを、複数のプロセッサ間や、複数のバスマスター間を、ネットワーク技術を用いて解決するアプローチである N o C (Network-on-Chip) の研究開発が行われている。従来からのクロスバスイッチにより、複数のプロセッサやバスマスターを集中管理的に制御するのではなく、N o C ルータ(ルータ)を介して、複数のチップ間や、複数のバスマスター間を相互接続することで、バスをネットワーク化する。これにより、半導体システムでの機能の追加や削除が容易になり、トラヒックの分散化も可能になる。一方、制御も分散化されるため、制御が複雑化する。これに対し、トラヒック制御を自動的に最適化する仕組みを実現することで、バスの利用効率を最大限に高めることができ、これによりバスの動作クロックを下げ、不要な処理を減らすことで低消費電力化を図る。さらに、バスの利用効率を半導体デバイス自身が自律協調的に高めることで、半導体デバイス開発者の開発負担を低減することが可能となる。バスのトラヒック制御の難しさは、処理対象のコンテンツや、ユーザ操作、処理方式の切替えなどにより、トラヒックが変動することに起因する。トラヒック変動の難しさを回避するために、現行の半導体デバイスでは最悪値を想定する。このため、バスの利用効率が低くなり、半導体デバイスの低消費電力化を図りにくい。また、最悪値の見積もりも容易ではない。この課題は、バスが分散化した N o C では一層、深刻化する。本発明では、バスのトラヒック制御を自動的に最適化し、バスの動作クロックを下げ、不要な処理を減らす機能を新たに設けることで低消費電力化と半導体デバイス開発者の開発負担を低減する。バスの利用効率を高める方法として、バスの分散化により、目的のバスマスター(DSP、プロセッサ、I O、メモリなど半導体デバイスの構成要素である)に対して複数経路ができる。本発明では、伝送品質の高いバスを選択し、経路を切替えることでトラヒック制御の最適化を図る方法を対象とする。

**【0003】**

特許文献 1 では、現在、伝送中のエラーが発生時、エラーに対する応答がない場合に、予め設定された複数経路から、新たな経路を選択し、伝送を継続する技術を開示している。

**【特許文献 1】特許第 3 8 1 6 5 3 1 号公報****【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、従来の技術では、データの伝送に使用している経路に、伝送品質が劣化したこと、または、負荷が上昇するような異常が発生したことを、再送回数の情報を用いて事後に検出している。そのため、経路をすばやく切り替えることができないという第 1

10

20

30

40

50

の課題がある。

【0005】

また、少ないリソース（例えば、通信量、消費電力、所要時間）で、かつ異常を適時に発見できる経路情報を収集するための好適な方法が開示されていないという第2の課題がある。

【0006】

例えば、リソースを抑えるために所定のしきい値に達しない程度の異常を示す経路情報は収集しないという単純な方法では、しきい値に応じたリソースの抑制効果と異常を見逃す危険性が相反する。そのため、好適なしきい値を見出せないことが多い。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、N o Cにおいて経路切り替えをすばやく行うことができる経路制御技術の提供を第1の目的とする。

【0008】

また、経路情報の収集に必要なリソースを抑え、かつ起こり得る異常も見落としにくい経路制御技術の提供を第2の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の目的を達成するために、本発明のある局面に係る最適経路選択装置は、複数のN o C (Network-on-Chip) ルータを介して送信バスマスターから受信バスマスターまでデータを伝送するための経路を選択する最適経路選択装置であって、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでデータを伝送するための複数の経路を示す経路情報を生成する経路情報生成部と、前記経路情報で示される各経路に少なくとも1つずつ定められる監視候補となるN o Cルータにおいて、同一の送信元から同一の宛て先へ伝送される1つ以上のフリットの列であるフローの個数を、各N o Cルータにおける伝送品質の劣化および負荷の上昇を含む異常の発生のしやすさを表す異常生起確度値として収集し、収集した前記異常生起確度値を用いて各N o Cルータにおける前記異常を予測する経路異常予測部と、監視候補としての前記N o Cルータの1つ以上において前記異常が予測された場合に、前記経路情報によって示される前記複数の経路の中から、前記異常が予測された前記N o Cルータを含む経路を除外して、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択する迂回経路選択部とを備える。

【0010】

また、前記経路異常予測部は、前記各N o Cルータが中継するフローのうち、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターへのフロー以外のフローの個数を、前記異常生起確度値として収集してもよい。

【0011】

また、前記経路異常予測部は、前記各N o Cルータが中継するフローのうち、受信のためのネットワークの伝送帯域よりも、送信のためのネットワークの伝送帯域のほうが小さいフローの個数を、前記異常生起確度値として収集してもよい。

【0012】

また、前記経路異常予測部は、前記監視候補としての前記各N o Cルータの異常生起確度値を監視すべき頻度を表す監視頻度値を記憶している監視頻度値記憶部と、前記各N o Cルータについて所定の確率値である選択確率値を生成する選択確率値生成部と、前記監視頻度値および前記選択確率値に従って、前記各N o Cルータの中から異常生起確度値の監視の対象となるN o Cルータを選択する監視対象選択部と、前記監視対象選択部によって選択されたN o Cルータから異常生起確度値を取得する異常生起確度値取得部と、前記取得された異常生起確度値を記憶する異常生起確度値記憶部と、前記記憶された異常生起確度値を用いて、前記監視頻度値記憶部に記憶されている前記監視頻度値の妥当性を表す活性度を算出する活性度算出部と、前記活性度に基づき、前記監視頻度値記憶部に記憶されている前記監視頻度値を更新する監視頻度値更新部とを有してもよい。

【0013】

10

20

30

40

50

また、前記迂回経路選択部は、前記監視候補としての前記各N o C ルータについて、伝送品質を表す伝送品質値を決定し、決定された前記伝送品質値によって表される伝送品質が予め定められた基準よりも悪いN o C ルータを含む経路をさらに除いた経路の中から、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択してもよい。

【0014】

また、前記迂回経路選択部は、前記監視候補としての前記各N o C ルータから、N o C ルータにおける負荷の大きさを表す負荷値を収集し、収集した前記負荷値によって表される負荷の大きさが予め定められた基準よりも小さいN o C ルータを含む経路をさらに除いた経路の中から、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択してもよい。

10

【0015】

また、前記迂回経路選択部は、監視候補としての前記N o C ルータの1つ以上において前記異常が予測された場合に、前記異常が予測された各N o C ルータの周囲で発生している異常の規模を示す異常発生規模情報を取得し、取得された前記異常発生規模情報によって示される異常の規模が予め定められた基準よりも小さいN o C ルータを含む経路は、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき前記経路の選択対象から除外しなくてもよい。

【0016】

また、前記最適経路選択装置は、前記送信バスマスターか、または半導体システムを構成する前記複数のN o C ルータの1つに設けられていてもよい。

20

【0017】

本発明の他の局面に係る最適経路選択装置は、複数のN o C ルータを介して送信バスマスターから受信バスマスターまでデータを伝送するための経路を選択する最適経路選択装置であって、各N o C ルータは、同一の送信元から同一の宛て先へ伝送される1つ以上のフリットの列であるフローの個数を、各N o C ルータにおける伝送品質の劣化および負荷の上昇を含む異常の発生のしやすさを表す異常生起確度値として求め、前記異常生起確度値が予め定められた閾値を超えた場合に、前記最適経路選択装置に前記異常生起確度値を通知する経路異常検出部を備え、前記最適経路選択装置は、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでデータを伝送するための複数の経路を示す経路情報を生成する経路情報生成部と、前記N o C ルータから送信される前記異常生起確度値を用いて、前記N o C ルータにおける前記異常を予測し、前記N o C ルータの1つ以上において前記異常が予測された場合に、前記経路情報によって示される前記複数の経路の中から、前記異常が予測された前記N o C ルータを含む経路を除外して、前記送信バスマスターから前記受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき経路を選択する迂回経路選択部とを備える。

30

【0018】

なお、本発明は、このような特徴的な処理部を備える最適経路選択装置として実現することができるだけでなく、最適経路選択装置に含まれる特徴的な処理部をステップとする最適経路選択方法として実現することができる。また、最適経路選択方法に含まれる特徴的なステップをコンピュータに実行させるプログラムとして実現することもできる。そして、そのようなプログラムは、CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory) 等の記録媒体やインターネット等の通信ネットワークを介して流通させることができるのは、言うまでもない。

40

【発明の効果】

【0019】

以上のように、本発明の最適経路選択装置によれば、特定のフローの個数を異常生起確度値として用いてN o C ルータの異常を予測し、異常が予測されたN o C ルータを含む経路を除外して、新たにデータの伝送に用いるべき経路を選択する。そのため、所定の統計量に反映されるような伝送品質の劣化や負荷の上昇が実際に生じる前に、すばやい迂回処

50

理が可能になる。

【0020】

また、異常の発生のしやすさに応じた監視頻度に従って確率的に選ばれたN o Cルータから異常生起確度値を収集して異常の予測に用いる。そのため、監視コスト（監視フリットの量、消費電力、観測所要時間）を抑え、かつ異常の見落としも確率的に回避可能になる。

【0021】

さらに、トラヒック変動が頻繁に発生する場合、経路の切り替え処理が頻繁に発生するため、発明の効果は高くなり、特に、伝送品質が大きく改善される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明の実施の形態にかかる最適経路選択装置および最適経路選択方法について、図面を参照しながら説明する。

【0023】

（経路制御の概要）

図1は、本発明の最適経路選択方法に従って伝送経路の制御が行われるN o Cの一例を模式的に示す図である。N o Cの通信方式として、規定の時間長の伝送スロットを設け、伝送スロットに同期して対象情報を伝送してもよいし、非同期で対象情報を伝送してもよい。また、N o Cルータではフリットの廃棄は発生せず、伝送が可能になるまでフリットは保持されるものとする。さらに、フロー制御を導入して、送信するフリット間隔を調整してもよい。なお、本発明では、伝送するデータの単位を、パケット又はフリットとよぶ。

【0024】

図2には、一例として、映像符号化装置を、N o Cで構成した場合の例を模式的に示している。チップ内には、複数のバスマスターがあり、バスマスター毎にN o Cルータと結合されている。バスマスターは、DSP、プロセッサ、I O、メモリなど映像符号化処理を行うために必要となる機能要素である。N o Cルータは、内部に行き先毎にメモリを備え、受信データを、対象となるメモリへ一時保存し、経路表に基づき、転送先のN o Cルータへフリットを転送する。ここでは、映像符号化のチップを例に説明したが、発明の用途はこの例に制限されず、S o C ( S y s t e m o n C h i p ) 全体をN o Cで構成する用途を想定してもよい。

【0025】

図1には、一例として、複数のN o Cルータをネットワークで相互に接続してなるN o Cにおいて、送信バスマスターから受信バスマスターまでの3つの経路（1つの主経路および2つの迂回経路）が示されている。各経路には監視候補としてのN o Cルータが少なくとも1つずつ定められる。主経路は現用の経路を示し、迂回経路は待機中の経路を示す。

【0026】

図1に示すN o Cにおいて、監視対象としてのN o Cルータに異常が起きると予測された場合に、前記複数の経路の中から、異常が予測されたN o Cルータを含む経路を除外して、送信バスマスターから受信バスマスターまでのデータの伝送に用いるべき新たな経路が選択される。典型的には、主経路上のN o Cルータに異常が予測された場合に、迂回経路の1つが新たな主経路として選択される。経路の選択基準については、後ほど詳しく説明する。

【0027】

異常とは、N o Cルータが望ましい通信状態から逸脱すること（例えば、伝送品質が劣化すること、および負荷が上昇することを含む）を言う。異常が発生しやすい状況を検出することを、異常を予測すると言う。

【0028】

本発明では、異常を予測するために、従来の異常検出に用いられるリトライ回数、回線

10

20

30

40

50

負荷値、トラフィック量などの、異常が実際に生じている事実を反映する統計量は用いていない。その代わりに、N o C ルータによって中継される特定のフローの個数を、異常の発生しやすいさを表す異常生起確度値として用いる。フローとは、同一の送信元から同一の宛て先へ伝送される1つ以上のフリットの列を言う。どのようなフローの個数を異常生起確度値として数えるかは、後ほど詳しく説明する。

【0029】

異常生起確度値は、監視候補の中から所定の監視頻度に従って監視対象に選ばれたN o C ルータから、周期的に収集される。この監視頻度は、既に収集されている異常生起確度値を用いて、異常が発生しやすいN o C ルータほど高い頻度で監視対象に選ばれ、かつ異常が発生しにくいN o C ルータも低い頻度で監視対象に選ばれるように定められる。監視対象になるべきN o C ルータは、この監視頻度に選択確率値を加えることで、確率的に選択される。

10

【0030】

以上のように実行される経路制御によれば、特定のフローの個数を異常生起確度値として用いて異常を予測する。そのため、所定の統計量に反映されるような伝送品質の劣化や負荷の上昇が実際に生じる前に、主経路における異常を予測して迂回経路への切り替えを行うことができ、すばやい迂回処理が可能になる。

【0031】

また、異常の発生しやすいさに応じた監視頻度に選択確率値を加えることで、確率的に選ばれたN o C ルータから異常生起確度値を収集して異常の予測に用いる。そのため、監視コスト(監視フリットの量、消費電力、観測所要時間)を抑え、かつ異常の見落としも確率的に回避できる。

20

【0032】

(交差フロー数および伝送帯域ギャップ数の定義)

異常生起確度値の一例として、交差フロー数および伝送帯域ギャップ数を定義する。異常生起確度値は、前述したように、N o C ルータが中継する特定のフローの個数であり、N o C ルータにおける異常の発生しやすいさを表す。

【0033】

まず、交差フロー数の定義について説明する。

【0034】

図3(A)~図3(D)は、フローの交差について説明する図である。

30

【0035】

フローとは、前述したように、同一の送信バスマスターから同一の受信バスマスターへ伝送される1つ以上のフリットの列を言う。つまり、同一の送信元アドレスおよびポート番号、ならびに、同一の宛て先アドレスおよびポート番号を持った1つ以上のフリットの列を1つのフローと数える。

【0036】

N o C ルータが複数のフローを中継する場合、ある1つのフローを着目するフローとする。これに対して、送信元アドレスおよびポート番号、ならびに、宛て先アドレスおよびポート番号のうちのいずれか1つでも着目するフローとは異なるフローを、着目するフローに対して交差するフローと定義する。

40

【0037】

図3(A)には、着目するフローとは送信元アドレスおよび宛て先アドレスのいずれも異なる2本の交差するフローが模式的に示されている。なお、アドレスの違いは図中でN o C ルータからの方向の違いで表現される。

【0038】

また、図3(B)には、着目するフローとは送信元アドレスおよび宛て先アドレスのいずれも異なる3本の交差するフローが模式的に示されている。

【0039】

また、図3(C)には、着目するフローとは送信元アドレスが同一でかつ宛て先アドレ

50

スが異なる2本の交差するフローが模式的に示されている。

【0040】

また、図3(D)には、着目するフローに対して交差するフローが3パターンが模式的に図示されている。1つ目は、着目するフローとは送信元アドレスが異なりかつ宛て先アドレスが同一の交差するフローである。2つ目は、着目するフローとは送信元アドレスおよび宛て先アドレスが逆になっている交差するフローである。そして3つ目は、着目するフローとは送信元アドレスおよび宛て先アドレスが一致するが、送信元ポート番号および宛て先ポート番号の少なくともいずれか一方が異なる交差するフローである。

【0041】

本発明では、送信バスマスターから受信バスマスターへ流れるフローを着目するフローとし、各NOCルータにおいて、着目するフローに対して交差するフローの個数を交差フロー数と定義する。

10

【0042】

交差フロー数が多いほど、NOCルータで中継されるべきトラフィック量が多くなりやすく、かつトラフィック量の変化(例えば、コンテンツの変化、ユーザ操作、方式切替など)に対する安定性の余裕が小さくなりやすい。そのため、NOCルータで異常が発生しやすくなると判断する。

【0043】

次に、伝送帯域ギャップ数の定義について説明する。

【0044】

図4(A)、図4(B)は、フローに発生する伝送帯域ギャップについて説明する図である。

20

【0045】

ある種の半導体システムのバスは、省電力化のためにバスの動作クロックを段階的に変化させる。NOCルータが中継する1つのフローに関して、受信側と送信側のそれぞれのリンクの伝送帯域は、一般的には独立して変動する。また、一般にシステムLSIでは様々な速度のバスをNOCルータで収容するため、伝送帯域ギャップは設計時点から発生している。

【0046】

図4(A)には、受信側のリンクの伝送帯域よりも送信側のリンクの伝送帯域のほうが大きい場合が模式的に示されている。

30

【0047】

図4(B)には、受信側のリンクの伝送帯域よりも送信側のリンクの伝送帯域のほうが小さい場合が模式的に示されている。

【0048】

本発明では、フローの受信側のリンクの伝送帯域よりも当該フローの送信側のリンクの伝送帯域のほうが小さい場合を、伝送帯域ギャップが生じていると定義する。そして、NOCルータにおいて、伝送帯域ギャップが生じているフローの個数を伝送帯域ギャップ数と定義する。

【0049】

伝送帯域ギャップ数が大きいほど、NOCルータ内のバッファで残留するフリットが多くなりやすいため、NOCルータで異常が発生しやすくなると判断する。

40

【0050】

(最適経路選択装置を含む半導体システムの構成)

図5は、本実施の形態にかかる最適経路選択装置としてのバスマスター300を含む半導体システム100の構成の一例を示す図である。図5は、異常生起確度値をバスマスター300からNOCルータ200に問い合わせる方式である。

【0051】

図5に示すように、本実施の形態にかかる半導体システム100は、バスマスター300、バスマスター400を含む複数のバスマスターと複数のNOCルータ200とがネッ

50

トワークで接続されてなるN o Cである。バスマスター300およびバスマスター400は、それぞれ上述の送信バスマスターおよび受信バスマスターに対応する。ここで、一部または全てのバスマスターはN o Cルータとしての機能を含んでいてもよい。

【0052】

半導体システム100を、一般的な半導体システムとして考える場合、具体的に、バスマスター300は、プロセッサや演算処理部に対応し、N o Cルータ200はルータやアービターに対応する。

【0053】

また、半導体システム100を、システムLSIにおけるデータ伝送システムとして考えることもできる。その場合、具体的に、バスマスター300は、CPU、DSP、メモリなどの機能ブロックに対応し、N o Cルータ200は、ルータ、アービターなどの機能ブロックに対応する。

10

【0054】

図5において、N o Cルータ200は、フリット受信部206と、経路制御部207と、フリット送信部208と、異常生起確度値決定部209とを備える。

【0055】

フリット受信部206は、フリットを受信し、経路制御部207は、受信したフリットの転送先を判定し、フリット送信部208は、決定された転送先へフリットを送信する。また、異常生起確度値決定部209は、交差フロー数および伝送帯域ギャップ数の一方または両方を異常生起確度値として決定する。

20

【0056】

バスマスター300は、データ送受信部301と、経路情報生成部302と、経路異常予測部303と、迂回経路選択部304と、通信部305とを備える。データ送受信部301は、データの送受信を行う。経路情報生成部302は、主経路と迂回経路とを示す経路情報を生成する。経路異常予測部303は、ルータ200から収集した異常生起確度値（交差フロー数および伝送帯域ギャップ数の一方または両方）を用いて、N o Cルータの異常を予測する。迂回経路選択部304は、主経路上のN o Cルータに異常が予測されたときに迂回経路の1つを新たな主経路として選択する。通信部305は、通信制御を行う。

【0057】

（最適経路選択装置を含む半導体システムの構成 - 2）

図6は、本実施の形態にかかる最適経路選択装置としてのバスマスター320を含む半導体システム120の構成の一例を示す図である。図6は、異常生起確度値をN o Cルータから自動的にバスマスターに通知する方式である。

30

【0058】

図6に示すように、本実施の形態にかかる半導体システム120は、バスマスター320、バスマスター400を含む複数のバスマスターと複数のN o Cルータ220がネットワークで接続されてなるN o Cである。バスマスター320およびバスマスター400は、それぞれ上述の送信バスマスターおよび受信バスマスターに対応する。ここで、一部または全てのバスマスターはN o Cルータとしての機能を含んでいてもよい。

40

【0059】

半導体システム120を、一般的な半導体システムとして考える場合、具体的に、バスマスター320は、プロセッサや演算処理部に対応し、N o Cルータ220はルータやアービターに対応する。

【0060】

また、半導体システム120を、システムLSIにおけるデータ伝送システムとして考えることもできる。その場合、具体的に、バスマスター320は、CPU、DSP、メモリなどの機能ブロックに対応し、N o Cルータ220は、ルータ、アービターなどの機能ブロックに対応する。

【0061】

50

図6において、N o C ルータ 2 2 0 は、受信部 2 0 6 と、経路制御部 2 0 7 と、フリット送信部 2 0 8 と、異常生起確度値決定部 2 2 9 とを備える。フリット受信部 2 0 6 は、フリットを受信し、経路制御部 2 0 7 は、受信したフリットの転送先を判定し、フリット送信部 2 0 8 は、決定された転送先へフリットを送信する。また、異常生起確度値決定部 2 2 9 は、交差フロー数および伝送帯域ギャップ数の一方または両方を異常生起確度値として決定する。異常生起確度値決定部 2 2 9 は、図5に示した異常生起確度値決定部 2 0 9 と異なり、異常生起確度値が予め定めた閾値を超えた場合、その異常生起確度値をバスマスター 3 2 0 へ通知する。

#### 【 0 0 6 2 】

バスマスター 3 2 0 は、データ送受信部 3 0 1 と、経路情報生成部 3 0 2 と、迂回経路選択部 3 0 4 と、通信部 3 0 5 とを備える。データ送受信部 3 0 1 は、データの送受信を行い、経路情報生成部 3 0 2 は、主経路と迂回経路とを示す経路情報を生成する。また、迂回経路選択部 3 0 4 は、N o C ルータ 2 2 0 から通知された異常生起確度値（交差フロー数および伝送帯域ギャップ数の一方または両方）を用いて、主経路上のN o C ルータに異常が起きると予測されたときに迂回経路の1つを新たな主経路として選択する。通信部 3 0 5 は、通信制御を行う。

10

#### 【 0 0 6 3 】

以下では、N o C ルータ 2 0 0 ( 2 2 0 ) およびバスマスター 3 0 0 ( 3 2 0 ) のそれぞれの動作の概要を、従来の技術に属する事項を含めて簡略に説明する。その後、N o C ルータ 2 0 0 ( 2 2 0 ) の特徴的な動作、およびバスマスター 3 0 0 ( 3 2 0 ) の特徴的な構成と動作について詳細に説明する。

20

#### 【 0 0 6 4 】

図7は、通信部 3 0 5 の構成について説明する図である。

#### 【 0 0 6 5 】

通信部 3 0 5 は、バス受信処理部 3 3 1 と、フリット解釈部 3 3 2 と、コア送信処理部 3 3 3 と、コア受信処理部 3 3 4 と、フリット生成部 3 3 5 と、バス送信処理部 3 3 6 と、バスクロック制御部 3 3 7 とを含む。バス受信処理部 3 3 1 は、バスからのデータを受信し、フリット解釈部 3 3 2 は、受信したフリットの内容を解釈し、一連のデータを再構成し、コア送信処理部 3 3 3 は、データ列に再構成された時点でデータをバスマスターの各処理部に渡す。コア受信処理部 3 3 4 は、バスマスターの各処理部からのデータを受信する。フリット生成部 3 3 5 は、受信したデータ列をフリット単位に分割し、フリットを生成する。バス送信処理部 3 3 6 は、生成されたフリットをバスへ送出する。バスクロック制御部 3 3 7 は、フリットの長さやフリットを送信するタイミングの決定を行なう。バスクロック制御部 3 3 7 は、トラヒックに応じて、自動的にバスの動作クロックを制御することで、半導体システムの低消費電力化を図ってもよい。

30

#### 【 0 0 6 6 】

( N o C ルータの動作の概要 )

N o C ルータ 2 0 0 ( 2 2 0 ) の動作の概要について説明する。

#### 【 0 0 6 7 】

図8は、N o C ルータ 2 0 0 ( 2 2 0 ) の動作の一例を示すフローチャートである。

40

#### 【 0 0 6 8 】

フリット受信部 2 0 6 は、ネットワークで接続されたN o C ルータまたはバスマスターからデータを受信する ( S 1 0 1 ) 。

#### 【 0 0 6 9 】

経路制御部 2 0 7 は、経路制御部 2 0 7 が管理する経路情報に基づき、フリットの行き先ごとの送信キューにフリットを格納する ( S 1 0 2 ) 。

#### 【 0 0 7 0 】

フリット送信部 2 0 8 は、各送信キューの残量に基づき、送信キューごとの送信間隔を制御し、フリットを送信する ( S 1 0 3 ) 。

#### 【 0 0 7 1 】

50

異常生起確度値決定部 209 (229) は、異常生起確度値としての交差フロー数および伝送帯域ギャップ数の一方または両方の最新値を、後ほど詳しく述べる手順に従って、周期的に決定する (S104)。

【0072】

異常生起確度値をバスマスター 300 から N o C ルータ 200 に問い合わせる方式の構成の場合 (図 5 に示す N o C ルータ 200 の場合)、異常生起確度値決定部 209 は、バスマスター 300 からの問合せに応じて、決定した異常生起確度値を通知する。異常生起確度値を N o C ルータ 200 から自動的にバスマスター 300 に通知する方式の構成の場合 (図 6 に示す N o C ルータ 220 の場合)、異常生起確度値が閾値を越えた N o C ルータ 220 は、バスマスター 300 へ、異常生起確度値と遅延時間、ジッターなどの伝送品質情報とを通知する (S105)。

10

【0073】

(バスマスターの動作の概要)

最適経路選択装置としてのバスマスター 300 の動作の概要について説明する。

【0074】

図 9 は、バスマスター 300 の動作の一例を示すフローチャートである。図 9 は、異常生起確度値をバスマスター 300 から N o C ルータ 200 に問い合わせる方式の半導体システム 100 における、バスマスター 300 の動作を示す。

【0075】

経路情報生成部 302 は、主経路と迂回経路とを示す経路情報を生成し、主経路を示す経路情報を主経路上の N o C ルータ 200 へ通知する (S201)。

20

【0076】

データ送受信部 301 は、テキスト、映像、音声など様々な種類の情報を含むデータを、主経路を介して伝送する (S202)。

【0077】

通信部 305 は、主経路および迂回経路のそれぞれにおける各 N o C ルータ 200 から、各 N o C ルータ 200 の異常生起確度値決定部 209 にて決定された異常生起確度値を収集する (S203)。

【0078】

経路異常予測部 303 は、各 N o C ルータ 200 から収集された異常生起確度値に従って異常が発生しやすい N o C ルータほど高い頻度で監視対象に選ぶための監視頻度値を決定する。そして、決定された監視頻度値を用いて監視対象になるべき N o C ルータを選択する (S204)。

30

【0079】

経路異常予測部 303 は、通信部 305 を介して、監視対象に選ばれた N o C ルータから最新の異常生起確度値を収集する (S205)。

【0080】

経路異常予測部 303 による N o C ルータの選択および監視のための構成および処理については、後ほど詳細に説明する。

【0081】

迂回経路選択部 304 は、監視対象に選ばれた N o C ルータ 200 について、伝送品質を表す伝送品質値、および負荷の大きさを表す負荷値を取得する (S206)。

40

【0082】

経路異常予測部 303 は、収集された異常生起確度値を用いて、N o C ルータの異常を予測する (S207)。例えば、主経路上の N o C ルータ 200 から、予め定められた良判定の上限値を超える異常生起確度値が取得された場合、経路異常予測部 303 は、主経路上の N o C ルータの異常が予測されたことを迂回経路選択部 304 へ通知する (S207 で Y E S)。

【0083】

迂回経路選択部 304 は、前記通知を受けると (S207 で Y E S)、決定された伝送

50

品質値によって表される伝送品質が予め定められた基準よりも悪いN o C ルータを含まない迂回経路を新たな主経路として選択する。この迂回路は、典型的には、決定された伝送品質値によって示される伝送品質が最も良い迂回経路である。そして、新たな主経路を示す経路情報を新たな主経路上のN o C ルータ 2 0 0 へ通知することにより、新たな主経路を介してデータの伝送を行う ( S 2 0 8 ) 。

【 0 0 8 4 】

迂回経路選択部 3 0 4 による迂回経路選択処理については、後ほど詳細に説明する。

【 0 0 8 5 】

( バスマスターの動作の概要 - 2 )

最適経路選択装置としてのバスマスター 3 2 0 の動作の概要について説明する。

10

【 0 0 8 6 】

図 1 0 は、バスマスター 3 2 0 の動作の一例を示すフローチャートである。図 1 0 は、異常生起確度値を、N o C ルータから自動的にバスマスター 3 2 0 に通知する方式の半導体システム 1 2 0 におけるバスマスター 3 2 0 の動作を示す。

【 0 0 8 7 】

経路情報生成部 3 0 2 は、主経路と迂回経路とを示す経路情報を生成し、主経路を示す経路情報を主経路上のN o C ルータ 2 0 0 へ通知する ( S 2 0 1 1 ) 。

【 0 0 8 8 】

データ送受信部 3 0 1 は、テキスト、映像、音声など様々な種類の情報を含むデータを、主経路を介して伝送する ( S 2 0 2 1 ) 。

20

【 0 0 8 9 】

異常生起確度値決定部 2 2 9 から、通信部 3 0 5 を介して、N o C ルータ 2 0 0 からバスマスター 3 2 0 へ最新の異常生起確度値を送信する ( S 2 0 3 1 ) 。

【 0 0 9 0 】

バスマスター 3 2 0 は、受信した異常生起確度値が、予め決めた閾値を超えた場合 ( S 2 0 4 1 で Y e s ) 、閾値を超えてないN o C ルータ 2 0 0 を含む経路を、選定し、新たな主経路とする ( S 2 0 5 1 ) 。閾値を超えていないN o C ルータ 2 0 0 を含む経路が存在しない場合は ( S 2 0 4 1 で N o ) 、現状の経路を維持する。

【 0 0 9 1 】

( 交差フロー数、伝送帯域ギャップ数の決定処理の詳細 )

30

異常生起確度値決定部 2 0 9 による交差フロー数および伝送帯域ギャップ数の決定処理 ( 図 8 の S 1 0 4 ) について、詳細に説明する。異常生起確度値決定部 2 2 9 も異常生起確度値決定部 2 0 9 と同様の処理を行なう。

【 0 0 9 2 】

まず、異常生起確度値決定部 2 0 9 が交差フロー数を決定し、決定された交差フロー数を異常生起確度値としてバスマスター 3 0 0 へ通知する場合について説明する。

【 0 0 9 3 】

図 1 1 ( A ) は、N o C ルータ 2 0 0 で中継されるフローの一例を示す図である。図 1 1 ( A ) の例では、主経路上で伝送される着目するフロー 1 ( アドレス A からアドレス B へのフリットの列 ) に対して、2 つの交差するフロー 2 およびフロー 3 ( アドレス C からアドレス D へのフリットの列 ) が示されている。

40

【 0 0 9 4 】

図 1 1 ( B ) は、異常生起確度値決定部 2 0 9 に設けられるフロー情報テーブルの一例を示す図である。フロー情報テーブルには、N o C ルータ 2 0 0 が中継する個々のフローについてフロー情報が記録される。フロー情報は、フローを識別する識別番号、フローを構成するフリットの送信元アドレス、送信元ポート番号、宛て先アドレス、宛て先ポート番号、およびフローが最後に確認された時刻である更新時刻からなる。

【 0 0 9 5 】

図 1 1 ( B ) に示されるフロー情報テーブルの内容例は、図 1 1 ( A ) に対応している。例えば、フロー 1 について、識別番号が 1、送信元アドレスが A、送信元ポート番号が

50

1000、宛て先アドレスがB、宛て先ポート番号が2000、更新時刻がT1であるフロー情報が記録されている。

【0096】

図12は、異常生起確度値決定部209によって実行される交差フロー数決定処理の一例を示すフローチャートである。交差フロー数決定処理は、例えば、NoCルータ200が1つのフリットを中継するたびに実行される。

【0097】

経路制御部207は、中継するフリットを解析することにより、フリットのヘッダーから送信元アドレスおよび宛て先アドレスを抽出し、フリットヘッダーから送信元ポート番号および宛て先ポート番号を抽出する(S301)。なお、フリット転送のルーティングの手法として、半導体システム100内で、SoCルータ200(220)間でのフリットの最短経路をX、Y軸の順に求めることにより、フリット転送の最短経路を求める次元順ルーティングを想定する。

【0098】

異常生起確度値決定部209は、送信元アドレス、宛て先アドレス、送信元ポート番号、および宛て先ポート番号の値が抽出されたそれぞれの値と一致するフロー情報をフロー情報テーブルから検索する。当該フロー情報がフロー情報テーブルに存在すれば、フロー情報テーブルにおける当該フロー情報の更新時刻を現在時刻に変更する。当該フロー情報がフロー情報テーブルに存在しなければ、当該フロー情報を、更新時刻を現在時刻として生成して、フロー情報テーブルへ追加する(S302)。

【0099】

更新時刻と現在時刻との比較によって一定期間更新されていないことが示されるフロー情報を、フロー情報テーブルから削除する(S303)。

【0100】

異常生起確度値決定部209は、バスマスター300から異常生起確度値の問合せがあった場合に、フロー情報テーブルに記録されているフロー情報の個数から1減じた数である交差フロー数を異常生起確度値として、バスマスター300へ通知する(S304)。なお、異常生起確度値決定部229の場合には、交差フロー数が所定の閾値を超えた場合に、その交差フロー数を異常生起確度値として、バスマスター320に通知する。

【0101】

次に、異常生起確度値決定部209が伝送帯域ギャップ数を決定し、決定された伝送帯域ギャップ数を異常生起確度値としてバスマスター300へ通知する場合について説明する。

【0102】

図13(A)は、NoCルータ200で生じている伝送帯域ギャップの一例を示す図である。図13(A)の例では、主経路上で伝送される着目するフロー1(アドレスAからアドレスBへのフリット列)に対して、2つの交差するフロー2およびフロー3(アドレスCからアドレスDへのフリット列)が示されている。

【0103】

フロー1について受信側の伝送帯域10Mbpsよりも送信側の伝送帯域5Mbpsのほうが小さく、またフロー2およびフロー3について受信側の伝送帯域10Mbpsよりも送信側の伝送帯域8Mbpsのほうが小さい。つまり、図13(A)の例では、フロー1、フロー2、およびフロー3の全てに伝送帯域ギャップが生じている。

【0104】

ここでは、このようなフローごとの受信側の伝送帯域を示す情報およびフローごとの送信側の伝送帯域を示す情報は、例えばフリット受信部206およびフリット送信部208でそれぞれ記録されているとする。

【0105】

図13(B)は、異常生起確度値決定部209によって管理されるフロー情報テーブルの一例を示す図である。フロー情報テーブルには、NoCルータ200において伝送帯域

10

20

30

40

50

ギャップが生じている個々のフローについて、フロー情報が記録される。フロー情報は、フローを識別する識別番号、フローを構成するフリットの送信元アドレス、送信元ポート番号、宛て先アドレス、宛て先ポート番号、更新時刻からなる。

【 0 1 0 6 】

図 1 3 ( B ) に示されるフロー情報テーブルの内容例は、図 1 3 ( A ) に対応している。例えば、伝送帯域ギャップが生じている識別番号が 1 のフローについて、送信元アドレスとして A、送信元ポート番号として 1 0 0 0、宛て先アドレスとして B、宛て先ポート番号として 2 0 0 0、更新時刻（フロー情報が最後に確認された時刻）として T 1 が記録されている。

【 0 1 0 7 】

図 1 4 は、異常生起確度値決定部 2 0 9 によって実行される伝送帯域ギャップ数決定処理の一例を示すフローチャートである。伝送帯域ギャップ数決定処理は、例えば、N o C ルータ 2 0 0 が 1 つのフリットを中継するたびに実行される。

【 0 1 0 8 】

経路制御部 2 0 7 は、前述のステップ S 3 0 1 と同様にして、中継するフリットから送信元アドレス、送信元ポート番号、宛て先アドレス、および宛て先ポート番号を抽出する（ S 4 0 1 ）。

【 0 1 0 9 】

異常生起確度値決定部 2 0 9 は、中継するフローの受信側の伝送帯域を示す情報、および送信側の伝送帯域を示す情報を、それぞれフリット受信部 2 0 6 およびフリット送信部 2 0 8 から取得する。

【 0 1 1 0 】

取得された情報によって中継するフローに伝送帯域ギャップが生じていると示される場合に、前述のステップ S 3 0 2 と同様にして、中継するフローについてのフロー情報をフロー情報テーブルに追加するか、または当該フロー情報の更新時刻を変更する（ S 4 0 2 ）。

【 0 1 1 1 】

異常生起確度値決定部 2 0 9 は、更新時刻と現在時刻との比較によって一定期間更新されていないことが示されるフロー情報を、フロー情報テーブルから削除する（ S 4 0 3 ）。

【 0 1 1 2 】

異常生起確度値決定部 2 0 9 は、バスマスター 3 0 0 から異常生起確度値の問合せがあった場合に、フロー情報テーブルに記録されているフロー情報の個数である伝送帯域ギャップ数を異常生起確度値として、バスマスター 3 0 0 へ通知する（ S 4 0 4 ）。なお、異常生起確度値決定部 2 2 9 の場合には、伝送帯域ギャップ数が所定の閾値を超えた場合に、その伝送帯域ギャップ数を異常生起確度値として、バスマスター 3 2 0 に通知する。

【 0 1 1 3 】

（経路異常予測部の構成の詳細）

経路異常予測部 3 0 3 の構成について、詳細に説明する。

【 0 1 1 4 】

図 1 5 は、経路異常予測部 3 0 3 の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

【 0 1 1 5 】

経路異常予測部 3 0 3 は、異常生起確度値取得部 1 0 6、異常生起確度値記憶部 1 0 7、活性度算出部 1 0 9、監視頻度値更新部 1 1 0、監視頻度値記憶部 1 1 1、選択確率値生成部 1 1 2、および監視対象選択部 1 1 3 から構成される。

【 0 1 1 6 】

異常生起確度値取得部 1 0 6 は、監視対象選択部 1 1 3 によって監視対象に選ばれた N o C ルータから、異常生起確度値（前述の交差フロー数および伝送帯域ギャップ数）を取得する。

【 0 1 1 7 】

10

20

30

40

50

異常生起確度値の取得は、監視対象のN o C ルータに対して問合せフリットを発行することによって行われる。異常生起確度値の収集は、一定周期で（例えば、現在時刻が計測予定時刻と一致または超過した時点で）行ってもよく、またその他の時間スケジューリングに従って行ってもよい。

【 0 1 1 8 】

異常生起確度値取得部 1 0 6 は、主経路上のN o C ルータから異常生起確度値を取得した場合に、その異常生起確度値が予め定められた良判定の上限値を超えていれば、主経路において異常が発生しやすい状況になっていると判断する。そして、主経路において異常が予測されたことを迂回経路選択部 3 0 4 へ通知する。

【 0 1 1 9 】

異常生起確度値記憶部 1 0 7 は、異常生起確度値取得部 1 0 6 で取得された異常生起確度値をN o C ルータごとに記憶する。

【 0 1 2 0 】

活性度算出部 1 0 9 は、異常生起確度値記憶部 1 0 7 で記憶されている各N o C ルータの異常生起確度値と、監視頻度値記憶部 1 1 1 で記憶されている各N o C ルータの監視頻度値とから、異常生起確度値が大きいN o C ルータほど監視頻度値が高いという傾向の強さを表す活性度を算出する。

【 0 1 2 1 】

監視頻度値更新部 1 1 0 は、算出された活性度に基づいて各N o C ルータの新たな監視頻度値を算出し、監視頻度値記憶部 1 1 1 が記憶している監視頻度値を新たな監視頻度値で更新する。

【 0 1 2 2 】

監視対象選択部 1 1 3 は、監視頻度値記憶部 1 1 1 で記憶されている各N o C ルータの監視頻度値に、選択確率値生成部 1 1 2 が生成する選択確率値を加えることで、監視対象になるN o C ルータを確率的に選択する。

【 0 1 2 3 】

監視対象に選ばれたN o C ルータは、異常生起確度値取得部 1 0 6 が次に異常生起確度値を取得する対象になるとともに、迂回経路選択部 3 0 4 へ通知され、迂回経路選択部 3 0 4 が伝送品質値および負荷値を決定する対象にもなる。

【 0 1 2 4 】

これら一連の処理が繰り返し実行されることにより、各N o C ルータを監視するための頻度に異常の起こりやすさに応じた重み付けを行いつつ、全てのN o C ルータへの監視を行き届かせることができる。

【 0 1 2 5 】

（経路異常予測部におけるN o C ルータの選択および監視処理の詳細）

上述のように構成される経路異常予測部 3 0 3 におけるN o C ルータの選択および監視処理について、さらに詳細に説明する。

【 0 1 2 6 】

まず、各N o C ルータの監視精度の考え方について説明する。なお、ここでは、監視精度とは監視頻度の妥当性のことを意味する。

【 0 1 2 7 】

図 1 6 および図 1 7 は、各N o C ルータの監視頻度値と異常生起確度値の一例を示す図である。図 1 6 および図 1 7 の例では、送信バスマスターから受信バスマスターへの伝送経路として、実線で示される主経路と、点線で示される3つの迂回経路とが示されている。また、主経路および各迂回経路には、それぞれ1つのN o C ルータが監視候補として定められている。監視候補であるこれらの4つのN o C ルータから監視対象になるN o C ルータが確率的に選ばれ、異常生起確度値および伝送品質値が取得される。なお、図 1 6 および図 1 7 では、送信バスマスター、N o C ルータ、受信バスマスターを模式的に示しており、実際の外観構成とは異なる。

【 0 1 2 8 】

10

20

30

40

50

ここで、異常生起確度値は、前述の交差フロー数また伝送帯域ギャップ数である。N o C ルータ 4 の異常生起確度値 5 0 が、N o C ルータ 1 ~ N o C ルータ 3 の異常生起確度値 5 の 1 0 倍であることは、N o C ルータ 4 では、N o C ルータ 1 ~ N o C ルータ 3 に比べて異常が発生しやすいことを示している。

【 0 1 2 9 】

また、監視頻度値は、監視対象として各 N o C ルータが選択される頻度を表す。例えば、N o C ルータ 1 の監視頻度値が 0 . 2 であることは、N o C ルータ 1 が、全ての監視回数のうち 2 0 % の回数で監視されることを示している。

【 0 1 3 0 】

異常が発生しやすい N o C ルータほど高い頻度で監視することは、限られた監視回数の中で異常を的確に予測する上で妥当である。

【 0 1 3 1 】

しかしながら、図 1 6 の例では、高頻度で監視される N o C ルータは N o C ルータ 3 である。異常が発生しやすいと考えられる N o C ルータ 4 は、他の異常が発生しにくいと考えられる N o C ルータ 1 および N o C ルータ 2 と同じ監視頻度値しか与えられていない。

【 0 1 3 2 】

このように異常生起確度値が大きい N o C ルータほど監視頻度値が高いという傾向が弱い場合を、監視精度が低い状態であると定義する。

【 0 1 3 3 】

これに対し、図 1 7 の例では、他の N o C ルータに比べて異常生起確度値が大きい N o C ルータ 4 の監視頻度値が最も高く、その他の 3 つの N o C ルータの監視頻度値はいずれも低い。

【 0 1 3 4 】

このように異常生起確度値が大きい N o C ルータほど監視頻度値が高いという傾向が強い場合を、監視精度が高い状態であると定義する。

【 0 1 3 5 】

( 異常生起確度値記憶部 1 0 7 )

異常生起確度値記憶部 1 0 7 は、異常生起確度値取得部 1 0 6 で取得された異常生起確度値を、異常生起確度値テーブルを用いて記憶する。

【 0 1 3 6 】

図 1 8 は、異常生起確度値テーブルのデータ構造の一例を示す図である。

【 0 1 3 7 】

異常生起確度値テーブルにおいて、第 1 列に各 N o C ルータの識別番号、第 2 列に各 N o C ルータのアドレス、第 3 列に各 N o C ルータから取得された異常生起確度値 ( 交差フロー数または伝送帯域ギャップ数 ) が記録される。

【 0 1 3 8 】

( 監視頻度値記憶部 1 1 1 )

監視頻度値記憶部 1 1 1 は、各 N o C ルータの監視頻度値を、監視頻度値テーブルを用いて記憶する。

【 0 1 3 9 】

図 1 9 は、監視頻度値テーブルのデータ構造の一例を示す図である。

【 0 1 4 0 】

監視頻度値テーブルにおいて、第 1 列に各 N o C ルータの識別番号、第 2 列に各 N o C ルータのアドレス、第 3 列に各 N o C ルータの監視頻度値が記録される。

【 0 1 4 1 】

( 活性度算出部 1 0 9 )

活性度算出部 1 0 9 は、前述した監視精度の高さを表す活性度を算出する。活性度は、異常が発生しやすい N o C ルータほど高い頻度で監視されるという傾向の強さを数値化した指標であり、具体的には、異常生起確度値と監視頻度値との相関の大きさと与えられる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 4 2 】

図 2 0 は、活性度算出部 1 0 9 によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。

## 【 0 1 4 3 】

活性度算出部 1 0 9 は、異常生起確度値テーブルから各 N o C ルータの異常生起確度値  $l_i$  を読み込み ( S 4 0 )、監視頻度値記憶部 1 1 1 の監視頻度値テーブルから各 N o C ルータの監視頻度値  $m_i$  を読み込む ( S 4 1 )。そして、読み込んだ異常生起確度値と監視頻度値とを用いて、式 1 に従って活性度 の変化分を算出する ( S 4 2 ~ S 4 4 )。

## 【 0 1 4 4 】

## 【数 1】

10

$$\frac{d\alpha}{dt} = \delta \cdot \left( \left( \sum_{k=1}^n \tilde{l}_k \cdot \tilde{m}_k \right)^N - \alpha \right) \quad \dots (式 1)$$

## 【 0 1 4 5 】

式 1 は活性度 のダイナミクスの定義の一例である。n は監視候補である N o C ルータの台数、 $l_i$  は異常生起確度値テーブルに記録されている N o C ルータ i の異常生起確度値、 $m_i$  は同 N o C ルータの監視頻度値、N、 $\delta$  はダイナミクスの変化速度を司る定数を表す。異常生起確度値と監視頻度値の積和演算の項は、これらの相関の大きさを示す。

20

## 【 0 1 4 6 】

$l_i$  および  $m_i$  の上側に付くチルダは、各値が正規化されていること、つまり、式 2、式 3 の関係にあることを示している。

## 【 0 1 4 7 】

## 【数 2】

$$\tilde{l}_i = l_i / \sqrt{\sum_k l_k^2} \quad \dots (式 2)$$

## 【数 3】

30

$$\tilde{m}_i = m_i / \sqrt{\sum_k m_k^2} \quad \dots (式 3)$$

## 【 0 1 4 8 】

式 1 で算出された活性度 の変化分を用いて、式 4 に従って活性度 を更新する ( S 4 5 )。ここで、 $t$  は更新周期によって決定される時間間隔である。

## 【 0 1 4 9 】

## 【数 4】

40

$$\alpha_{current} = \alpha_{prev} + \frac{d\alpha}{dt} \cdot \Delta t \quad \dots (式 4)$$

## 【 0 1 5 0 】

活性度 の変域を、扱い易さのために 0 から 1 の閉区間に制限する ( S 4 6 ~ S 4 9 )。この制限により、活性度 は 0 以上 1 以下の実数値になる。

## 【 0 1 5 1 】

活性度 が 0 に近い状態は、監視精度が低い状態に対応し、活性度 が 1 に近い状態は、監視精度が高い状態に対応する。なぜなら、式 4 のダイナミクスに従えば、活性度 は、各 N o C ルータの監視頻度値が異常生起確度値から見て望ましい状態であるほど 1 に近

50

づき、各N o C ルータの監視頻度値が異常生起確度値と乖離しているほど0に近づく挙動を示すからである。

【0152】

(監視頻度値更新部110)

監視頻度値更新部110は、活性度算出部109によって決定された活性度の値を基に、監視候補である各N o C ルータに対する新たな監視頻度値 $m_i$ を算出する。

【0153】

図21は、監視頻度値更新部110によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。

【0154】

監視頻度値更新部110は、活性度算出部109から決定された活性度を読み込み(S50)、監視頻度値記憶部111の監視頻度値テーブルから監視頻度値 $m_i$ を読み込み(S51)、監視頻度値の最大値 $m_{max}$ を検索する(S52)。読み込んだ活性度、監視頻度値 $m_i$ 、および監視頻度値の最大値 $m_{max}$ を用いて、各N o C ルータの新たな監視頻度値を算出する(S53~S56)。

【0155】

監視頻度値の算出について、さらに説明を続ける。

【0156】

式5は、監視頻度値 $m_i$ のダイナミクスの定義の一例であり、式中の $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\varphi$ はダイナミクスの変化速度を司る定数である。

【0157】

【数5】

$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{\alpha \cdot (\beta \cdot \alpha^\gamma + \varphi)}{1 + m_{max}^2 - m_i^2} - \alpha \cdot m_i \quad \dots (式5)$$

【0158】

更新頻度値が最大になるN o C ルータに対するこの非線形常微分方程式の定常解は、式6のようになることが分かっている。

【0159】

【数6】

$$m_i = \beta \cdot \alpha^\gamma + \varphi \quad \dots (式6)$$

【0160】

また、その他のN o C ルータに対する定常解は式7のようになる。

【0161】

【数7】

$$m_i = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{4 + (\beta \cdot \alpha^\gamma + \varphi)^2} - (\beta \cdot \alpha^\gamma + \varphi) \right] \quad \dots (式7)$$

【0162】

式5に従って監視頻度値 $m_i$ の変化分を算出し、算出された監視頻度値 $m_i$ の変化分を用いて、式8に従って監視頻度値を更新する。このとき、 $T$ は更新周期によって決定される時間間隔である。

【0163】

10

20

30

40

【数 8】

$$m_i^{current} = m_i^{prev} + \frac{dm_i}{dt} \cdot \Delta T \quad \dots (式 8)$$

【0164】

監視頻度値更新部 110 は、監視候補である各 N o C ルータについて算出された新たな監視頻度値  $m_i$  で、監視頻度値テーブルに記録されている監視頻度値を更新する。

【0165】

(選択確率値生成部 112)

選択確率値生成部 112 は、監視対象選択部 113 で監視対象になる N o C ルータを確率的に選択する際に用いられる乱数である選択確率値を発生させる。選択確率値は乱数であることが望ましいが、比較的生成が容易な疑似乱数によって代用してもよい。またその場合に用いる確率分布としては、一般的な一様分布やガウス分布等であり。

10

【0166】

選択確率値の変動範囲は、式 6 および式 7 から決定することができる。活性度が 0 の場合を考えると、解間の距離  $D$  は、式 9 で与えられる。

【0167】

【数 9】

$$D = 0.5 \cdot \left( 1 - \sqrt{\phi^2 + 4} \right) \quad \dots (式 9)$$

20

【0168】

これより、選択確率値  $\eta_i$  を式 10 のように決定する。

【0169】

【数 10】

$$\eta_i = \text{Random}(i) \left[ -0.25 \cdot \left( \kappa + 1 - \sqrt{\phi^2 + 4} \right), +0.25 \cdot \left( \kappa + 1 - \sqrt{\phi^2 + 4} \right) \right] \quad \dots (式 10)$$

30

【0170】

Random関数は、規定された範囲内の実数乱数または疑似実数乱数を生成するものであり、 $\kappa$  は零以上の値を取る調整係数である。 $\phi$  を大きくすることによって生成される選択確率値の振幅を大きくすることができる。

【0171】

(監視対象選択部 113)

図 22 は、監視対象選択部 113 によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。

【0172】

監視対象選択部 113 は、監視頻度値記憶部 111 が管理する監視頻度値テーブルから各 N o C ルータの監視頻度値  $m_i$  を読み出し、式 11 により示すように選択確率値生成部 112 によって生成された対応する N o C ルータの選択確率値  $\eta_i$  と加算し、監視対象の N o C ルータを確率的に選択する (S60 ~ S64)。

40

【0173】

【数 11】

$$m_i^{prob} = m_i + \eta_i \quad \dots (式 11)$$

50

【 0 1 7 4 】

更新された各 N o C ルータの監視頻度値は確率値になるように式 1 2 によって正規化される ( S 6 5 ~ S 6 7 ) 。

【 0 1 7 5 】

【 数 1 2 】

$$\tilde{m}_i^{prob} = \frac{m_i^{prob}}{\sum_k m_k^{prob}} \quad \dots \text{(式 1 2)}$$

10

【 0 1 7 6 】

図 2 3 は、このようにして求められた正規化済監視頻度値を記録する正規化済監視頻度値テーブルのデータ構造の一例を示す図である。

【 0 1 7 7 】

正規化済監視頻度値テーブルにおいて、第 1 列に各 N o C ルータの識別番号、第 2 列に各 N o C ルータのアドレス、第 3 列に式 1 2 によって算出された正規化済監視頻度値が記録される。

【 0 1 7 8 】

監視対象選択部 1 1 3 は、正規化済監視頻度値を各 N o C ルータのインデックスに対する確率分布として見ることにより、選択対象の N o C ルータのインデックスを確率変数とみなす。そして、この確率変数を取る値によって監視対象の N o C ルータを選択する。

20

【 0 1 7 9 】

以上説明した動作によって、監視頻度値に従って選択された N o C ルータを監視するため、経路上の全ての N o C ルータを常時監視する場合と比べて、監視処理に要するリソースが節約され、狭帯域網でも良好な監視処理が実行可能になる。

【 0 1 8 0 】

また、リトライ回数、回線負荷値、トラフィック量などの、異常が実際に生じている事実を反映する統計量を参照して故障を検出する従来の方法に比して、そのような統計量に反映される異常が実際に生じる前に、早期に異常を予測することが可能になる。これは、本実施の形態に記載の発明が、N o C ルータで中継される特定のフローの個数を故障生起確度値として用いて故障を予測しているためである。

30

【 0 1 8 1 】

( 迂回経路選択処理の詳細 )

次に、迂回経路選択部 3 0 4 による迂回経路選択処理について、詳細に説明する。

【 0 1 8 2 】

図 2 4 は、迂回経路選択部 3 0 4 によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。この処理は、例えば、経路異常予測部 3 0 3 から主経路において異常が予測されたことを示す通知を受信した場合に実行される。

【 0 1 8 3 】

迂回経路選択部 3 0 4 は、この処理に先立って、経路異常予測部 3 0 3 で監視対象に選ばれた N o C ルータについて、伝送品質を表す伝送品質値 ( 例えば、遅延時間、ジッター値など ) を測定する。また、迂回経路選択部 3 0 4 は当該 N o C ルータにおける負荷の大きさを示す負荷値 ( 例えば、バッファ使用率など ) を当該 N o C ルータから取得し、図示しないテーブルを用いて、N o C ルータごとに伝送品質値および負荷値を記憶している。

40

【 0 1 8 4 】

迂回経路選択部 3 0 4 は、経路異常予測部 3 0 3 から主経路において異常が予測されたことを示す通知を受信すると、記憶されている伝送品質値と負荷値とを用いて、新たな主経路になるべき迂回経路を選択する。

【 0 1 8 5 】

50

具体的には、次のような経路選択処理が実行される。

【0186】

迂回経路選択部304は、各迂回経路におけるNOCルータについて記憶されている伝送品質値を参照し、伝送品質値によって示される最も伝送品質の良いNOCルータを含む迂回経路を新たな主経路として選択する(S501)。伝送品質が良いNOCルータとは、例えば、伝送遅延が最も低いルータが考えられる。

【0187】

ただし、最も良い伝送品質が所定の基準を満たさない場合は(S502でNO)、各NOCルータについて記憶されている負荷値を参照し、負荷が低いNOCルータを含む迂回経路を除外して新たな主経路を選びなおす(S503)。ここで、最も良い伝送品質が所定の基準を満たさない場合とは、例えば、最も伝送遅延が所定のしきい値以上である場合が考えられる。また、負荷が低いNOCルータとは、例えば、バッファ使用率が所定のしきい値未満であるNOCルータが考えられる。

10

【0188】

なお、上記では、遅延時間、ジッター値などの測定結果を伝送品質値として用いる例を説明したが、迂回経路選択部304は、これらの値を測定せず、前述の異常生起確度値の時間的な変化の大きさを、伝送品質値として用いてもよい。ここで異常生起確度値とは、交差フロー数および伝送帯域ギャップ数のことである。

【0189】

交差フロー数および伝送帯域ギャップ数が激しく変化するNOCルータでは、伝送品質も大きく変化し、その結果、所望の伝送品質を安定して維持することが難しいと考えられるからである。異常生起確度値の時間的な変化の大きさは、例えば、1つのNOCルータから所定の期間内に取得された複数の異常生起確度値の分散値で表すことができる。

20

【0190】

また、上記では、経路異常予測部303にて主経路における異常が予測された際に、迂回経路選択部304にて新たな主経路を1つ選択する例を説明したが、迂回経路選択部304が行うべき処理はこの例に限られない。

【0191】

例えば、送信バスマスターから受信バスマスターへのマルチパス伝送が行われる半導体システムでは、迂回経路選択部304は、マルチパスを構成する経路ごとに伝送するデータ量の割当てを行ってもよい。例えば、伝送品質が高い経路には伝送品質が低い経路に比べてより多くのデータ量を割当てることが考えられる。また、経路ごとに伝送するデータの振分け(例えば、伝送品質が最も高い経路を用いて制御信号などの重要度の高いデータを伝送する)を行ってもよい。

30

【0192】

(適用例-1)

次に、本発明の最適経路選択方法の適用例について説明する。

【0193】

図25は、本発明の最適経路選択方法が適用される半導体システムの具体的な構成の一例を示す模式図である。図25では、異常生起確度値をバスマスター300からNOCルータ200に問い合わせる方式を想定している。

40

【0194】

図25の例では、送信バスマスターであるプロセッサから、受信バスマスターであるプロセッサまで、1つの主経路と2つの迂回経路とが示されている。また、監視候補であるNOCルータが、各経路に1つずつ示されている。

【0195】

図25の例では、監視候補である各NOCルータから収集された異常生起確度値によって異常が発生しやすいと示されるNOCルータは、高頻度で監視対象に選ばれ、異常が発生しにくいと示されるNOCルータも低頻度で監視対象に選ばれる。

【0196】

50

そして、監視対象に選ばれたN o C ルータについて、新たな異常生起確度値および伝送品質値が収集され、収集された異常生起確度値および伝送品質値を用いて、主経路における異常を予測し、新たな主経路になるべき迂回経路を選択する。これにより、異常を未然に回避することが試みられる。

【 0 1 9 7 】

このような処理によって、異常が発生しやすいN o C ルータほど高い頻度で監視することは、限られた監視回数の中で異常を的確に予測する上で妥当である。

【 0 1 9 8 】

したがって、監視回数を抑制し、かつ異常を的確に予測することができるため、迂回経路が増えた場合や、監視候補であるN o C ルータが数多くある場合でも、少ない量の観測フリットを用いてN o C ルータの状態を適正に把握することが可能となる。その結果、省電力化や、観測フリットによる半導体システムのバス負荷の軽減に貢献できる。

10

【 0 1 9 9 】

なお、特定の条件下では、N o C ルータからの異常生起確度値の収集および監視頻度値の更新を停止してもよい。例えば、伝送経路や伝送帯域を予約する通信方式の場合、通信が終了するまで、交差フロー数が変化しないため、N o C ルータからの異常生起確度値の収集および監視頻度値の更新を停止し、監視対象とするN o C ルータを固定してもよい。

【 0 2 0 0 】

( 適用例 - 2 )

次に、本発明の最適経路選択方法の適用例について説明する。

20

【 0 2 0 1 】

図 2 6 は、本発明の最適経路選択方法が適用される半導体システムの具体的な構成の一例を示す模式図である。図 2 6 では、異常生起確度値をN o C ルータから自動的にバスマスターに通知する方式を想定している。

【 0 2 0 2 】

図 2 6 の例では、送信バスマスターであるプロセッサから、受信バスマスターであるプロセッサまで、1つの主経路と2つの迂回経路とが示されている。また、予め定めた異常生起確度値の閾値を越えたN o C ルータが、各経路に1つずつ示されている。

【 0 2 0 3 】

図 2 6 の例では、異常生起確度値によって異常が発生しやすいと示されるN o C ルータは高頻度で異常生起確度値および伝送品質値をバスマスターに通知する。そして、異常が発生しにくいと示されるN o C ルータも低頻度で異常生起確度値および伝送品質値をバスマスターに通知する。

30

【 0 2 0 4 】

そして、通知された異常生起確度値および伝送品質値を用いて、主経路における異常を予測し、新たな主経路になるべき迂回経路を選択することで、異常を未然に回避することが試みられる。

【 0 2 0 5 】

このような処理によって、異常が発生しやすいN o C ルータほど高い頻度でN o C ルータの状態を通知することは、限られた監視回数の中で異常を的確に予測する上で妥当である。

40

【 0 2 0 6 】

したがって、通知回数を抑制し、かつ異常を的確に予測することができるため、迂回経路が増えた場合や、N o C ルータが数多くある場合でも、少ない量の観測フリットを用いてN o C ルータの状態を適正に把握することが可能となる。その結果、省電力化や、観測フリットによる半導体システムのバス負荷の軽減に貢献できる。

【 0 2 0 7 】

( 異常の規模に応じて経路制御を行う変形例 )

次に、半導体システムにおける異常の規模に応じて経路制御を行う変形例について説明する。

50

## 【 0 2 0 8 】

図 2 7 は、半導体システムにおける異常の発生の仕方について説明する図である。

## 【 0 2 0 9 】

異常の発生の仕方には、経路上の N o C ルータと隣接の多数の N o C ルータとで広域に異常が発生する場合（図 2 7（A））と、経路上の N o C ルータのみで局所的に異常が発生する場合（図 2 7（B））とがある。異常が局所的である場合は短時間での回復を期待して迂回処理を行わず、異常が大規模である場合にのみ迂回処理を行うことで、頻繁な迂回処理による伝送性能の劣化を抑制することが可能になる。

## 【 0 2 1 0 】

異常の規模に応じた経路制御を行う半導体システムについて、図 2 8 および図 2 9 を参照して詳細に説明する。

10

## 【 0 2 1 1 】

図 2 8 は、異常の規模を判定し、判定された異常の規模に応じて経路制御を行う半導体システム 1 0 1 の構成の一例を示すブロック図である。

## 【 0 2 1 2 】

半導体システム 1 0 1 における N o C ルータ 2 1 0 は、図 5 の半導体システム 1 0 0 における N o C ルータ 2 0 0 と比べて、局所異常状態判定部 2 1 1 および広域異常状態判定部 2 1 2 が追加される。

## 【 0 2 1 3 】

局所異常状態判定部 2 1 1 は、N o C ルータ 2 1 0 における輻輳状態の程度を判定し、判定の結果を表す情報を保持している。輻輳状態の程度を表す情報は、例えば N o C ルータ 2 1 0 におけるバッファ使用率であり、遅延時間などの測定結果である。

20

## 【 0 2 1 4 】

広域異常状態判定部 2 1 2 は、N o C ルータ 2 1 0 から所定のホップ数までにある他の N o C ルータから輻輳状態の程度に関する情報を収集し、収集された情報を用いて輻輳状態が広域的に発生しているかを判定する。

## 【 0 2 1 5 】

また、半導体システム 1 0 1 におけるバスマスター 3 1 0 は、図 5 の半導体システム 1 0 0 におけるバスマスター 3 0 0 と比べて、経路異常予測部 3 0 3 が経路異常予測部 3 1 3 に変更される。

30

## 【 0 2 1 6 】

経路異常予測部 3 1 3 は、経路異常予測部 3 0 3 と比べて、異常生起確度値を用いて主経路における異常を予測する点で同様であるが、異常の規模を示す情報を N o C ルータから収集し、異常生起確度値と共に迂回の要否判断に用いる点で異なる。

## 【 0 2 1 7 】

経路異常予測部 3 1 3 は、例えば、主経路上の N o C ルータから収集した異常生起確度値から異常が予測された場合、その N o C ルータに対して問合せを行うことにより、異常の規模を示す情報を取得する。そして、取得された異常の規模を示す情報によって異常が小規模であることが示される場合には、迂回処理を抑止する。

## 【 0 2 1 8 】

このように構成される N o C ルータ 2 1 0 の動作について、前述の N o C ルータ 2 0 0 の動作と異なる点について詳細に説明する。

40

## 【 0 2 1 9 】

図 2 9 は、N o C ルータ 2 1 0 によって実行される、異常規模判定処理の一例を示すフローチャートである。なお、N o C ルータ 2 1 0 は、上述の N o C ルータ 2 0 0 による処理（図 8 を参照）と同様の処理を実行し、さらに図 2 9 に示される処理を実行する。N o C ルータ 2 0 0 と同様の処理については、ここでは説明を繰り返さない。

## 【 0 2 2 0 】

局所異常状態判定部 2 1 1 は、N o C ルータ 2 1 0 における輻輳状態に関する情報として、例えば、フリット受信部 2 0 6 およびフリット送信部 2 0 8 におけるフリットの遅延

50

時間などを測定する ( S 6 0 1 ) 。

【 0 2 2 1 】

広域異常状態判定部 2 1 2 は、 N o C ルータ 2 1 0 から所定のホップ数までにある他の N o C ルータで測定された輻輳状態に関する情報を収集する ( S 6 0 2 ) 。

【 0 2 2 2 】

具体的に、広域異常状態判定部 2 1 2 は、他の N o C ルータに対して問合せフリットを送ることで、他の N o C ルータから通知される情報を収集してもよい。

【 0 2 2 3 】

広域異常状態判定部 2 1 2 は、収集された情報を用いて輻輳状態が広域に発生しているかを判定する ( S 6 0 3 ) 。

10

【 0 2 2 4 】

広域異常状態判定部 2 1 2 は、一例として、収集された情報によって、遅延時間の劣化 (例えば、予め定められたしきい値の超過) が生じていると示される N o C ルータの数を、単純に異常の規模として決定する。

【 0 2 2 5 】

また、広域異常状態判定部 2 1 2 は、遅延時間の劣化が、 N o C ルータ 2 1 0 から何ホップ目にある N o C ルータまで連続して発生しているかを特定し、特定されたホップ数を異常の規模として決定してもよい。

【 0 2 2 6 】

さらに、広域異常状態判定部 2 1 2 は、収集された各 N o C ルータの遅延時間の劣化の度合いの合計を異常の強さと定義し、前述のホップ数と異常の強さの積を異常の規模として決定してもよい。収集された各 N o C ルータの遅延時間の劣化の度合いとして、例えば、予め定められたしきい値からの超過量が考えられる。

20

【 0 2 2 7 】

広域異常状態判定部 2 1 2 は、バスマスター 3 1 0 からの問合せに応じて、異常の規模を示す情報を通知する ( S 6 0 4 ) 。

【 0 2 2 8 】

バスマスター 3 1 0 における経路異常予測部 3 1 3 は、上述のようにして通知される異常の規模を示す情報を、異常生起確度値とともに用いて迂回の要否判断を行う。

【 0 2 2 9 】

例えば、主経路上の N o C ルータから通知される異常の規模を示す情報が、何ホップ目の距離にある N o C ルータまで連続して輻輳状態が発生しているかを示す値であることを考える。このとき、前述の値が、異常が生じていないか、または生じているとしても主経路上の N o C ルータのみに限定されることを示す 0 である場合、経路異常予測部 3 1 3 は、短時間での回復を期待して、迂回経路選択部 3 0 4 に対して迂回処理を指示しない。

30

【 0 2 3 0 】

他方、前述の値が、主経路上の N o C ルータの周囲で広域の異常が生じていることを示す 1 以上の値である場合、経路異常予測部 3 1 3 は、回復は難しいと判断して、迂回経路選択部 3 0 4 に対して迂回処理を指示する。

【 0 2 3 1 】

なお、主経路上の N o C ルータから通知される異常の規模を示す情報は、迂回の要否判断に用いられるのみならず、新たな主経路になるべき迂回経路の選択に用いることもできる。

40

【 0 2 3 2 】

具体的には、迂回経路選択部 3 0 4 は、例えば、主経路上の N o C ルータから通知される異常の規模を示す情報によって、主経路上の N o C ルータの周囲で広域の異常が生じていることが示される場合には、迂回経路の中で経路のホップ数が最も大きな 1 つを選択する。

【 0 2 3 3 】

そのような迂回経路は主経路からの距離が離れている可能性が高いため、主経路上の N

50

o C ルータの周囲で生じている異常の影響を受けにくい迂回経路が、新たな主経路として選択されやすくなる。

【0234】

以上説明したように、本発明の最適経路選択装置によれば、特定のフローの個数を異常生起確度値として用いてN o C ルータの異常を予測し、異常が予測されたN o C ルータを含む経路を除外して、新たにデータの伝送に用いるべき経路を選択する。そのため、所定の統計量に反映されるような伝送品質の劣化や負荷の上昇が実際に生じる前に、すばやい迂回処理が可能になる。

【0235】

また、異常の発生のしやすさに応じた監視頻度に従って確率的に選ばれたN o C ルータから異常生起確度値を収集して異常の予測に用いるので、監視コスト（監視フリットの量、消費電力、観測所要時間）を抑え、かつ異常の見落としも確率的に回避できる。

【0236】

以上、本発明の実施の形態に係る最適経路選択装置および最適経路選択方法について説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。

【0237】

例えば、上記の各装置を構成する構成要素の一部または全部は、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどを含んで構成されるコンピュータシステムであってもよい。RAMには、コンピュータプログラムが記憶されている。マイクロプロセッサが、コンピュータプログラムに従って動作することにより、各装置は、その機能を達成する。

【0238】

また、本発明は、マイクロプロセッサとメモリを備えたコンピュータシステムであって、上記メモリは、上記コンピュータプログラムを記憶しており、上記マイクロプロセッサは、上記コンピュータプログラムに従って動作するとしても良い。

【0239】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0240】

本発明にかかる最適経路選択装置は、システムL S I上のネットワーク伝送システム等に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0241】

【図1】本発明の最適経路選択方法に従って伝送経路の制御が行われるN o Cの一例を模式的に示す図である。

【図2】N o Cにより構成された映像符号化装置の一例を示す図である。

【図3】(A)～(D)フローの交差について説明する図である。

【図4】(A)、(B)フローに発生する伝送帯域ギャップについて説明する図である。

【図5】本発明の実施の形態にかかる半導体システムの構成の一例を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態にかかる半導体システムの構成の別の一例を示す図である。

【図7】通信部の構成の一例を示す図である。

【図8】N o Cルータの動作の一例を示すフローチャートである。

【図9】バスマスターの動作の一例を示すフローチャートである。

【図10】バスマスターの動作の別の一例を示すフローチャートである。

【図11】(A)N o Cルータで中継されるフローの一例を示す図である。(B)フロー情報テーブルの一例を示す図である。

【図12】交差フロー数決定処理の一例を示すフローチャートである。

【図13】(A)N o Cルータ200で生じている伝送帯域ギャップの一例を示す図であ

10

20

30

40

50

る。(B)フロー情報テーブルの一例を示す図である。

【図14】伝送帯域ギャップ数決定処理の一例を示すフローチャートである。

【図15】経路異常予測部の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

【図16】各NoCルータの監視頻度値と異常生起確度値の一例を示す図である。

【図17】各NoCルータの監視頻度値と異常生起確度値の一例を示す図である。

【図18】異常生起確度値テーブルのデータ構造の一例を示す図である。

【図19】監視頻度値テーブルのデータ構造の一例を示す図である。

【図20】活性度算出部によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。

【図21】監視頻度値更新部によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。

。

【図22】監視対象選択部によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。

【図23】正規化済監視頻度値テーブルのデータ構造の一例を示す図である。

【図24】迂回経路選択処理の一例を示すフローチャートである。

【図25】本発明の最適経路選択方法が適用される半導体システムの具体的な構成の一例を示す模式図である。

【図26】本発明の最適経路選択方法が適用される半導体システムの具体的な構成の別の一例を示す模式図である。

【図27】半導体システムにおける異常の発生の仕方について説明する図である。

【図28】本発明の変形例にかかる半導体システムの構成の一例を示す図である。

【図29】異常の規模を判定する処理の一例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0242】

100、101 半導体システム

106 異常生起確度値取得部

107 異常生起確度値記憶部

109 活性度算出部

110 監視頻度値更新部

111 監視頻度値記憶部

112 選択確率値生成部

113 監視対象選択部

200、210、220 NoCルータ

206 フリット受信部

207 経路制御部

208 フリット送信部

209、229 異常生起確度値決定部

211 局所異常状態判定部

212 広域異常状態判定部

300、310、320、400 バスマスター

301 データ送受信部

302 経路情報生成部

303 経路異常予測部

304 迂回経路選択部

305 通信部

313 経路異常予測部

331 バス受信処理部

332 フリット解釈部

333 コア送信処理部

334 コア受信処理部

335 フリット生成部

336 バス送信処理部

10

20

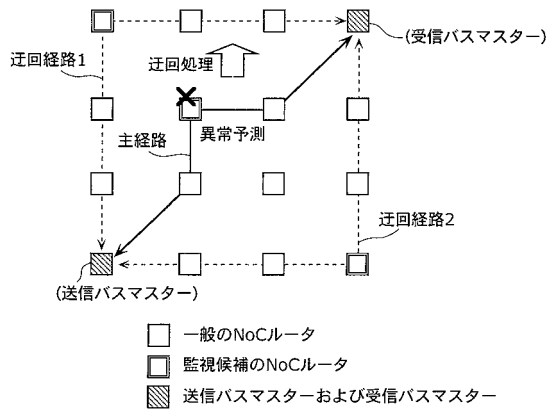
30

40

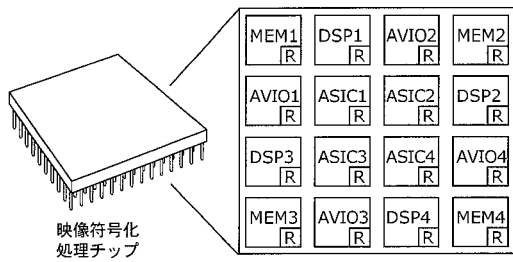
50

3 3 7 バスクロック制御部

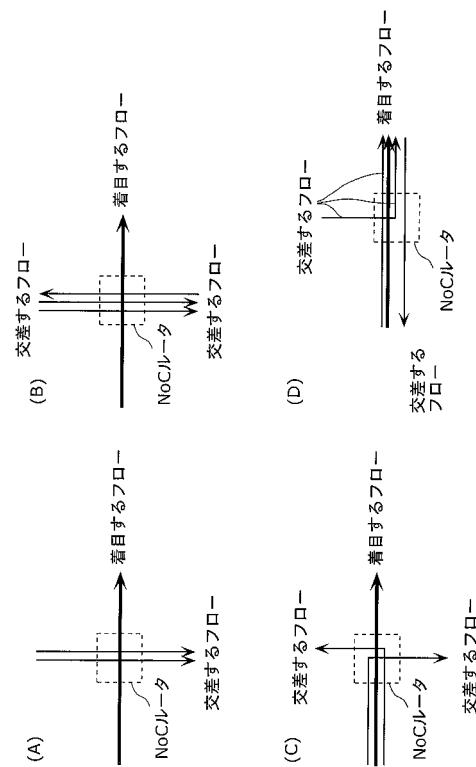
【図 1】



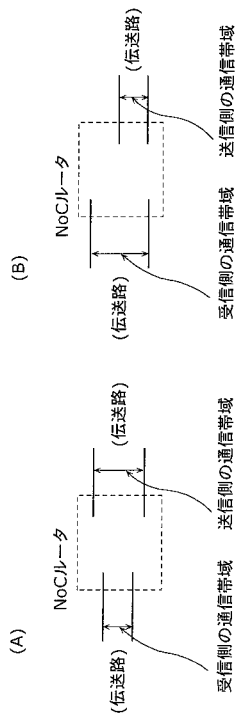
【図 2】



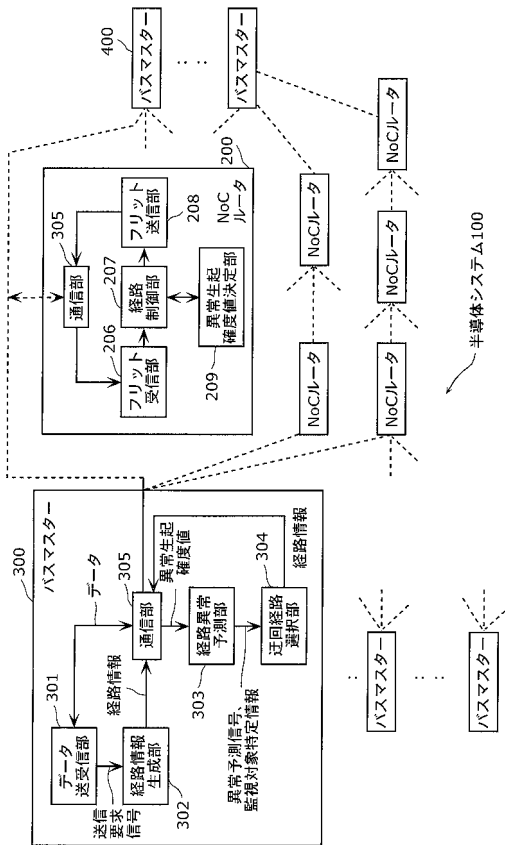
【図 3】



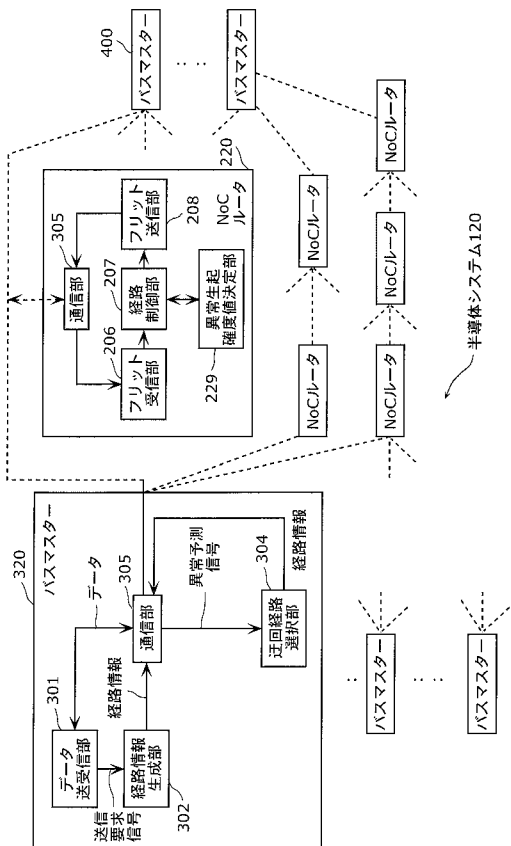
【図4】



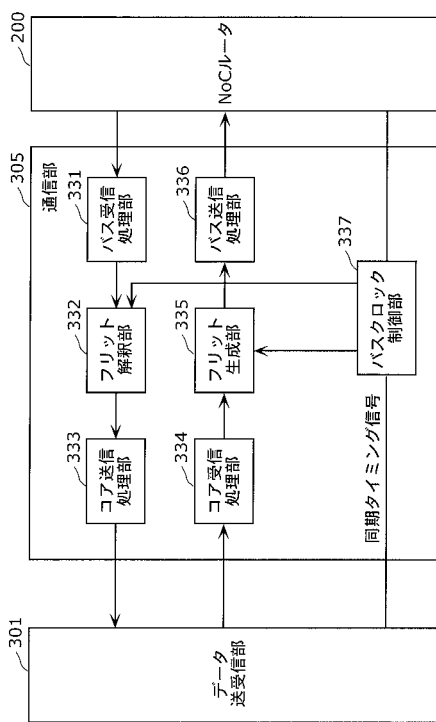
【図5】



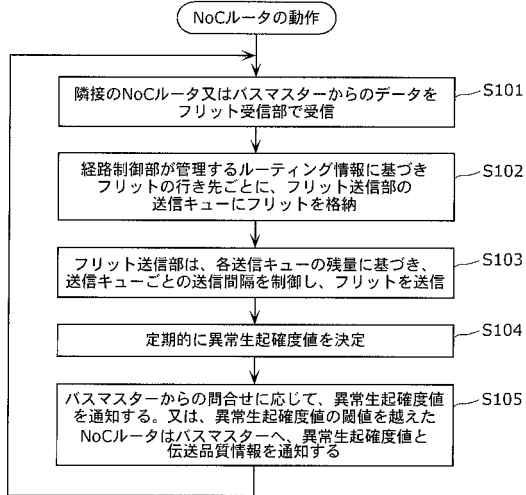
【図6】



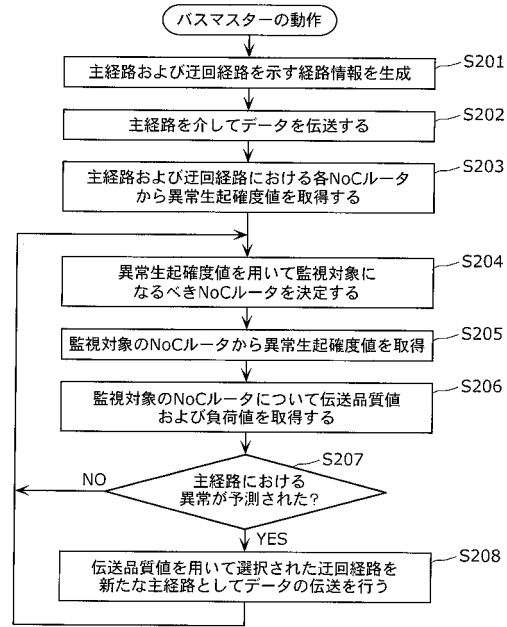
【図7】



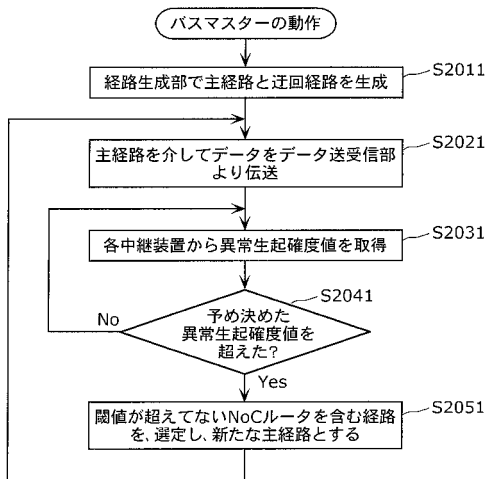
【図 8】



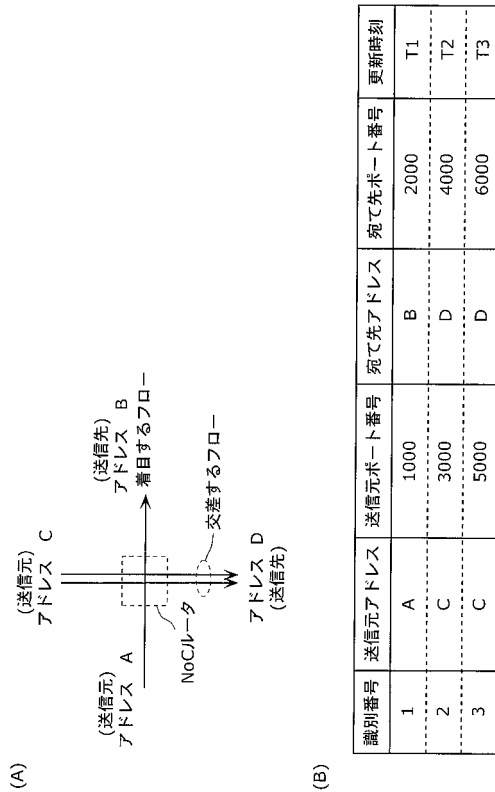
【図 9】



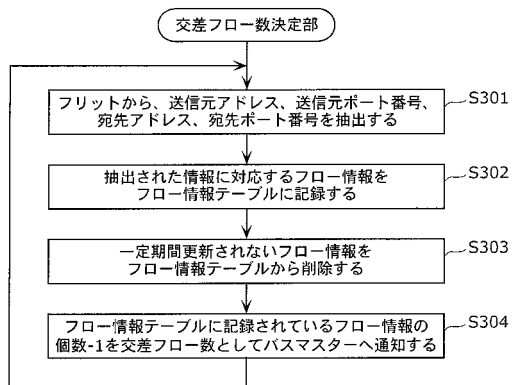
【図 10】



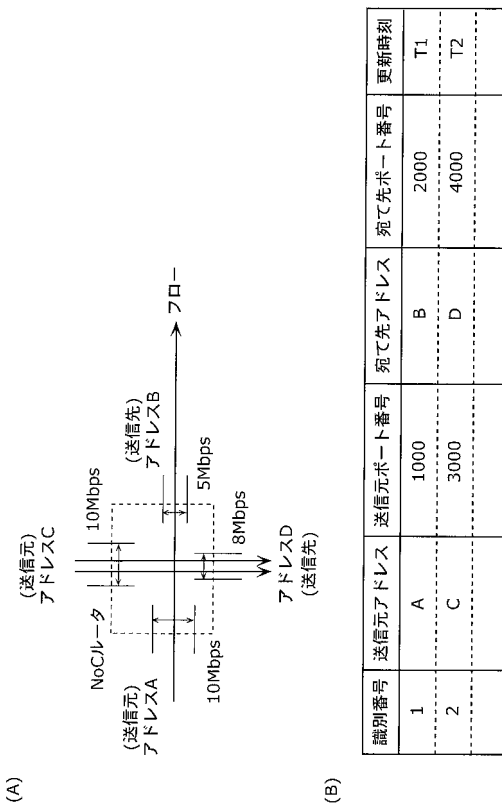
【図 11】



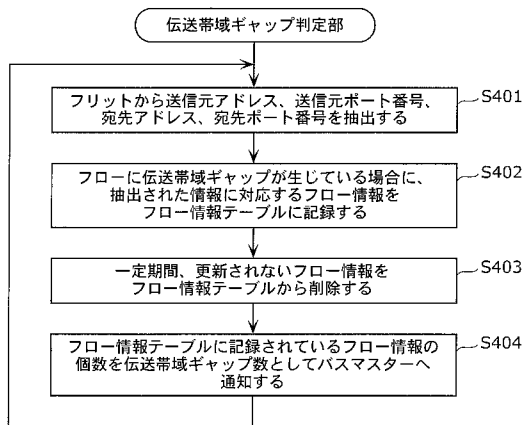
【図 1 2】



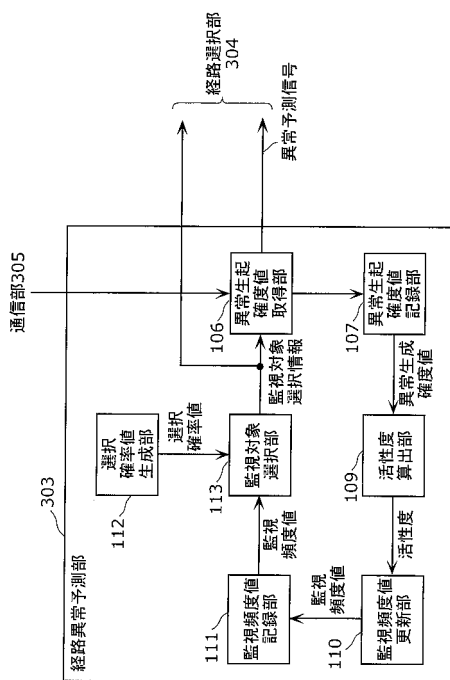
【図 1 3】



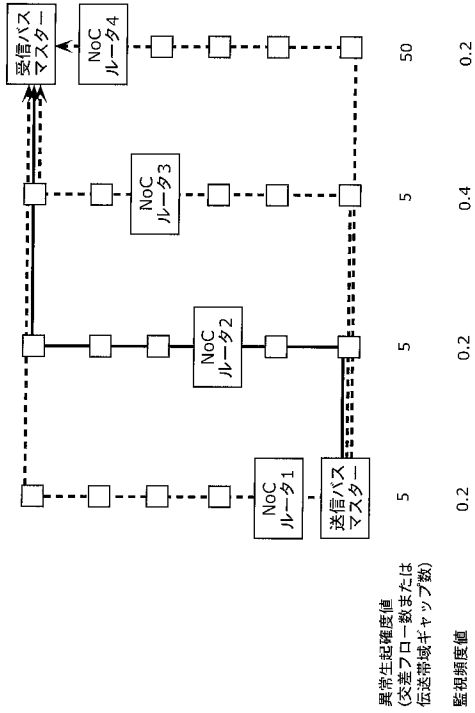
【図 1 4】



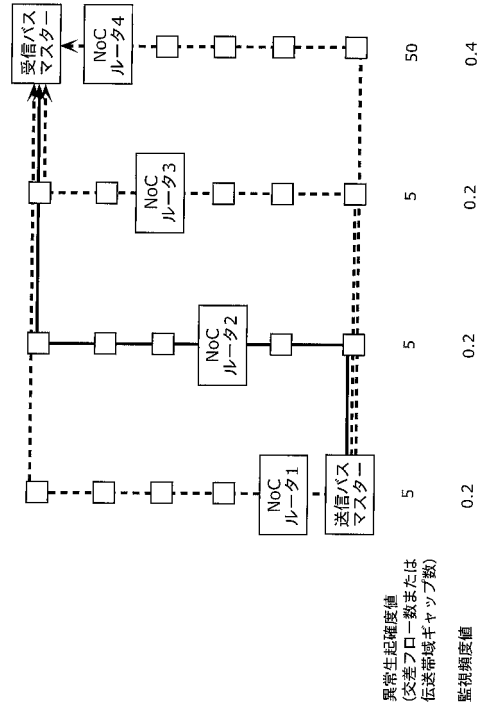
【図 1 5】



【図16】



【図17】



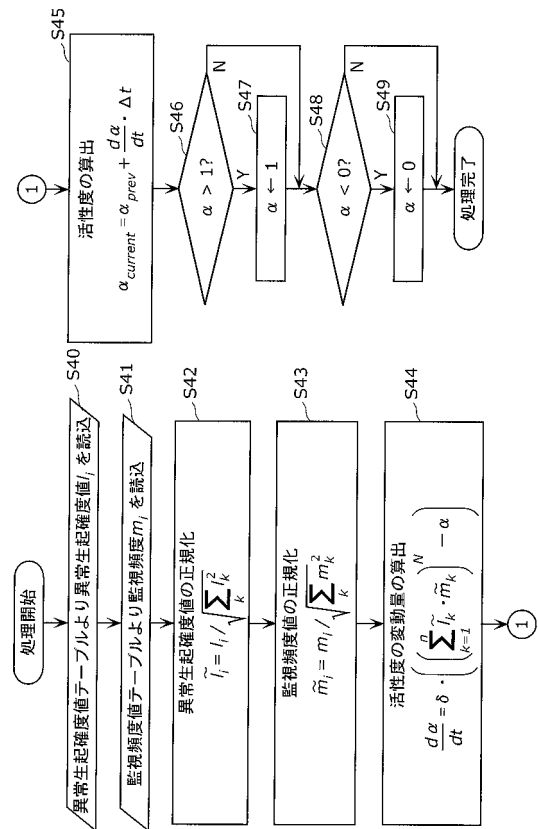
【図18】

NoCルータ識別番号	NoCルータアドレス	異常生起確度値
1	fd00::21	5
2	fd00::22	5
3	fd00::23	5
4	fd00::24	50

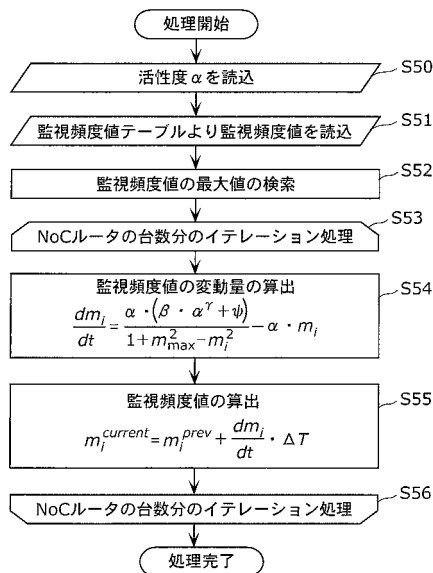
【図19】

NoCルータ識別番号	NoCルータアドレス	監視頻度
1	fd00::21	0.87
2	fd00::22	0.21
3	fd00::23	0.65
4	fd00::24	0.90

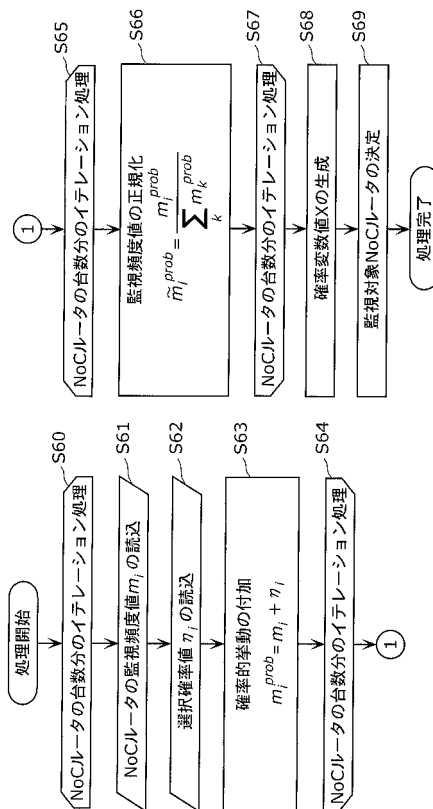
【図20】



【図 2 1】



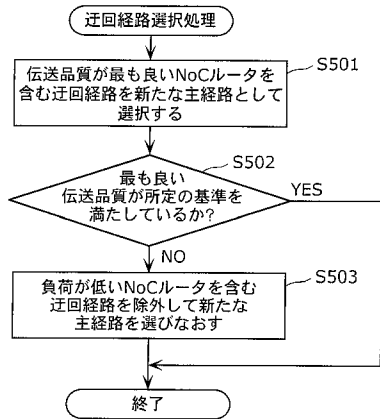
【図 2 2】



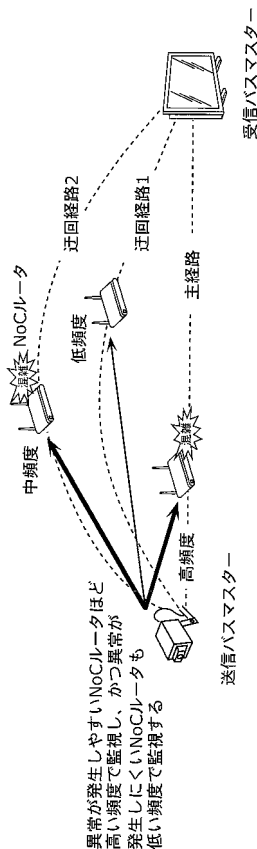
【図 2 3】

NoCルータ識別番号	NoCルータアドレス	正規化済監視頻度
1	fd00::21	0.34
2	fd00::22	0.09
3	fd00::23	0.24
4	fd00::24	0.33

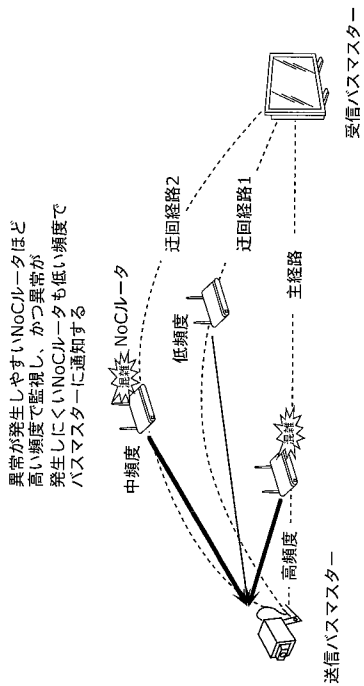
【図 2 4】



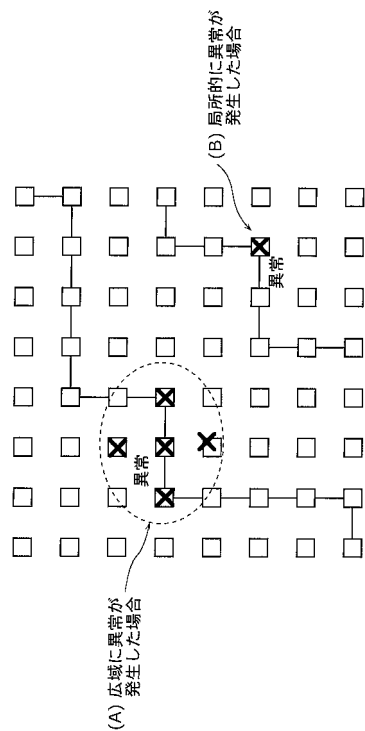
【図 2 5】



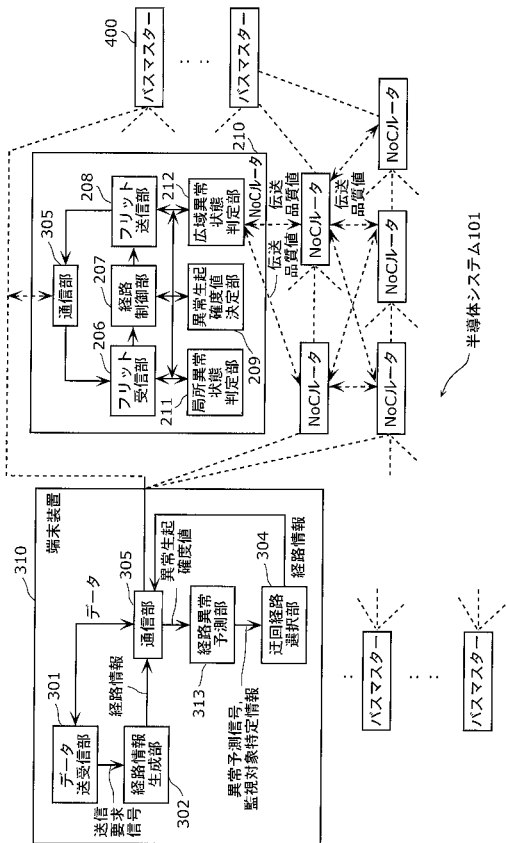
【図26】



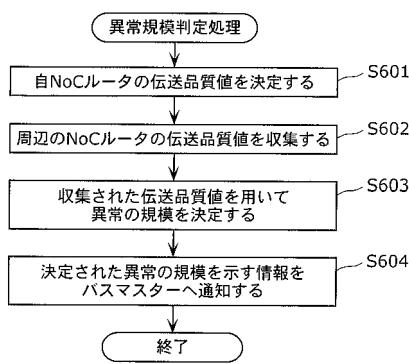
【図27】



【図28】



【図29】



---

フロントページの続き

審査官 齋藤 浩兵

- (56)参考文献 特開2008-118242(JP,A)  
特開2006-050442(JP,A)  
国際公開第2008/004188(WO,A1)  
特開2008-211690(JP,A)  
特開2005-143001(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04L 12/56  
H01L 21/822  
H01L 27/04