

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3699375号

(P3699375)

(45) 発行日 平成17年9月28日(2005.9.28)

(24) 登録日 平成17年7月15日(2005.7.15)

(51) Int.Cl.⁷

H04L 12/56

F I

H04L 12/56 100Z

請求項の数 14 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2001-246726 (P2001-246726)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成13年8月15日(2001.8.15)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2003-60689 (P2003-60689A)		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(43) 公開日	平成15年2月28日(2003.2.28)	(74) 代理人	100078237
審査請求日	平成15年9月11日(2003.9.11)		弁理士 井出 直孝
		(74) 代理人	100083518
			弁理士 下平 俊直
		(72) 発明者	大木 英司
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	松浦 伸昭
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 経路選択装置およびプログラムおよび記録媒体および経路選択方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発ノードsから着ノードdへの経路を選択する手段を備えた経路選択装置において、
前記選択する手段は、

ノードiとノードjとの間のリンクL(i, j)のOSPF(Open Shortest Path First)に基づくリンクコストC_{OSPF}(i, j)を保持する手段と、

前記リンクL(i, j)が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報SRLG(i, j)を保持する手段と、

パラメータを保持する手段と

を備え、

前記リンクコストC_{OSPF}(i, j)および前記グループ識別情報SRLG(i, j)に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する手段を備え、

前記 (0 1) の設定値は独立経路数に対する要求条件に応じて可変であり、前記 にしたがって前記計算する手段のパス計算におけるSRLG(Shared Risk Link Group)を考慮する重みが可変に設定される

ことを特徴とする経路選択装置。

【請求項2】

前記計算する手段は、

srlg(i, j, g)はリンクL(i, j)がグループgに属していれば“1”そうで

10

20

なければ“0”をとり、GはSRLG(Shared Risk Link Group)のグループ数とし、発ノードsと着ノードdとの間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を
【数1】

$$D_{path}(s, d) = \sum_{k=1}^K \sum_{(i,j) \in path_k} C_{OSPF}(i, j)$$

と定義するときに、

$$C_{comp}(i, j) = (1 -) C_{OSPF}(i, j) + \max\{SRLG(i, j), 1\}$$

【数2】

$$SRLG(i, j) = \sum_{i,j} \sum_g srlg(i, j, g)$$

であり、初期値を $k = 1$ とし、

発ノードsと着ノードdとの間のk本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノードsと着ノードdとの間に経路が無いまたは前記kが要求した独立経路数であれば終了する第一のステップと、

この第一のステップで求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループgに対して $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループgに属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも削除する第二のステップと、

$k = k + 1$ とし前記第一のステップに戻る第三のステップと

を発ノードsと着ノードdとの間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する手段を備えた

請求項1記載の経路選択装置。

【請求項3】

発ノードsから着ノードdへの経路を選択する手段を備えた経路選択装置において、前記選択する手段は、

ノードiとノードjとの間のリンク $L(i, j)$ のOSPF(Open Shortest Path First)に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ を保持する手段と、

前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ を保持する手段と、

パラメータを設定する手段と

を備え、

前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する手段を備え、

前記(0 1)の設定値にしたがって前記計算する手段のパス計算におけるSRLG(Shared Risk Link Group)を考慮する重みが可変に設定され、

発ノードsと着ノードdとの間に要求される独立経路数を $D_{comp}(s, d)$ とし、

の最小値を min とし、の最大値を max とし、初期値として $min = 0.0$ 、

$max = 1.0$ とし、の収束を判定する値をとし、発ノードsと着ノードdとの間の

パスに要求される独立経路数を $D_{req}(s, d)$ とし、

前記パラメータを設定する手段は、

$$= min + max$$

とする第四のステップと、

10

20

30

40

50

k -shortest path 計算アルゴリズムにより、独立経路数 $D_{num}(s, d)$ を求める第五のステップと、

$$D_{num}(s, d) < D_{req}(s, d)$$

ならば $min =$ としそうでなければ $max =$ とする第六のステップと、

$$max - min >$$

ならば前記第四のステップへ戻りそうでなければ

$$= max + min$$

としてパラメータ の値を設定する第七のステップと

を実行する手段を備え、

前記計算する手段は、

$$D_{num}(s, d) - D_{req}(s, d)$$

が最小となる独立経路のセットの中で $D_{path}(s, d)$ が最小となる独立経路のセットを選択された経路とする第八のステップを実行する手段を備え、

前記 k -shortest path 計算アルゴリズムとしては、

$srlg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば “1” そうでなければ “0” をとり、 G は SRLG (Shared Risk Link Group) のグループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

【数 1】

と定義するときに、

$$C_{comp}(i, j) =$$

$$(1 - \alpha) C_{OSPF}(i, j) + \alpha \max\{SRLG(i, j), 1\}$$

【数 2】

であり、初期値を $k = 1$ とし、

発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第九のステップと、

この第九のステップで求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも削除する第十のステップと、

$k = k + 1$ とし前記第九のステップに戻る第十一のステップと

を発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する手段を備えた

ことを特徴とする経路選択装置。

【請求項 4】

$C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

【数 3】

$$C_{comp}(i, j) = \frac{1 - \alpha}{C_{OSPF}^{max}} C_{OSPF}(i, j) + \frac{\alpha}{SRLG^{max}} \max\{\alpha SRLG(i, j), 1\}$$

$$C_{OSPF}^{max} = \max_{i, j} C_{OSPF}(i, j)$$

$$SRLG^{max} = \max_{i, j} SRLG(i, j)$$

10

20

30

40

50

としてリンク $L(i, j)$ に関する最大値でそれぞれ規格化した請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の経路選択装置。

【請求項 5】

$C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

【数 4】

$$C_{comp}(i, j) = \frac{1 - \alpha}{C_{OSPF}^{total}} C_{OSPF}(i, j) + \frac{\alpha}{SRLG^{total}} \max\{\alpha SRLG(i, j), 1\}$$

10

$$C_{OSPF}^{total} = \sum_{i, j} C_{OSPF}(i, j)$$

$$SRLG^{total} = \sum_{i, j} SRLG(i, j)$$

としてリンク $L(i, j)$ に関する和でそれぞれ規格化した請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の経路選択装置。

20

【請求項 6】

情報処理装置にインストールすることにより、その情報処理装置に、発ノード s から着ノード d への経路を選択する経路選択装置に相応する機能として、

ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の $OSPF$ (Open Shortest Path First) に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ を保持する機能と、

前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ を保持する機能と、

パラメータ を保持する機能と

を実現させ、

30

前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する機能を実現させ、

前記 (0 1) の設定値は独立経路数に対する要求条件に応じて可変に設定され、前記 にしたがって前記計算する機能のパス計算における $SRLG$ (Shared Risk Link Group) を考慮する重みが可変に設定される

ことを特徴とするプログラム。

【請求項 7】

前記計算する機能として、

$srlg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば “ 1 ” そうでなければ “ 0 ” をとり、 G は $SRLG$ (Shared Risk Link Group) のグループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

40

【数 1】

と定義するときに、

$$C_{comp}(i, j) = (1 -) C_{OSPF}(i, j) + \max\{SRLG(i, j), 1\}$$

【数 2】

であり、初期値を $k = 1$ とし、

発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求し

50

た独立経路数であれば終了する第一のステップと、
 この第一のステップで求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも削除する第二のステップと、
 $k = k + 1$ とし前記第一のステップに戻る第三のステップと
 を発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する機能を実現させる
 請求項 6 記載のプログラム。

【請求項 8】

10

情報処理装置にインストールすることにより、その情報処理装置に、発ノード s から着ノード d への経路を選択する経路選択装置に相応する機能として、
 ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の OSPF (Open Shortest Path First) に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ を保持する機能と、
 前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ を保持する機能と、
 パラメータ を設定する機能と
 を実現させ、

前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する機能を実現させ、

20

前記 (0 1) の設定値にしたがって前記計算する機能のパス計算における $SRLG$ (Shared Risk Link Group) を考慮する重みが可変に設定され、
 発ノード s と着ノード d との間に要求される独立経路数を $D_{comp}(s, d)$ とし、
 の最小値を min とし、 の最大値を max とし、初期値として $min = 0.0$ 、
 $max = 1.0$ とし、 の収束を判定する値を とし、発ノード s と着ノード d との間のパスに要求される独立経路数を $D_{req}(s, d)$ とし、
 前記パラメータ を設定する機能として、

$$= min + max$$

とする第四のステップと、

30

$k-shortest-path$ 計算アルゴリズムにより、独立経路数 $D_{num}(s, d)$ を求める第五のステップと、

$D_{num}(s, d) < D_{req}(s, d)$

ならば $min =$ としそうでなければ $max =$ とする第六のステップと、

$$max - min >$$

ならば前記第四のステップへ戻りそうでなければ

$$= max + min$$

としてパラメータ の値を設定する第七のステップと

を実現させ、

前記選択する機能として、

40

$D_{num}(s, d) - D_{req}(s, d)$

が最小となる独立経路のセットの中で $D_{path}(s, d)$ が最小となる独立経路のセットを選択された経路とする第八のステップを実行する機能を実現させ、

前記 $k-shortest-path$ 計算アルゴリズムとしては、

$srlg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば “ 1 ” そうでなければ “ 0 ” をとり、 G は $SRLG$ (Shared Risk Link Group) のグループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

[数 1]

と定義するときに、

$C_{comp}(i, j) =$

50

$(1 -) C_{OSP}(i, j) + \max\{SRLG(i, j), 1\}$
 [数2]

であり、初期値を $k = 1$ とし、

発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第九のステップと、

この第九のステップで求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも削除する第十のステップと、

$k = k + 1$ とし前記第九のステップに戻る第十一のステップと

を発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する機能を実現させる

ことを特徴とするプログラム。

【請求項9】

請求項6ないし8のいずれかに記載のプログラムが記録された前記情報処理装置読み取り可能な記録媒体。

【請求項10】

発ノード s から着ノード d への経路を選択する経路選択方法において、

ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の OSP (Open Shortest Path First) に基づくリンクコスト $C_{OSP}(i, j)$ と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ と、パラメータ α を用い、

前記リンクコスト $C_{OSP}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する際に、

前記 $(\alpha - 1)$ の設定値を独立経路数に対する要求条件に応じて可変に設定し、前記 にしたがって前記独立経路を計算する際のパス計算における $SRLG$ (Shared Risk Link Group) を考慮する重みが可変に設定される

ことを特徴とする経路選択方法。

【請求項11】

$srlg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば“1”そうでなければ“0”をとり、 G は $SRLG$ (Shared Risk Link Group) のグループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

[数1]

と定義するときに、

$C_{comp}(i, j) =$
 $(1 -) C_{OSP}(i, j) + \max\{SRLG(i, j), 1\}$

[数2]

であり、初期値を $k = 1$ とし、

発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第一のステップと、

この第一のステップで求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも削除する第二のステップと、

$k = k + 1$ とし前記第一のステップに戻る第三のステップと

を発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する

請求項 10 記載の経路選択方法。

【請求項 12】

発ノード s から着ノード d への経路を選択する経路選択方法において、
ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の O S P F (Open Shortest Path First)
に基づくリンクコスト $C_{O S P F}(i, j)$ と、
前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに
割当てられたグループ識別情報 $S R L G(i, j)$ と
を用い、
前記リンクコスト $C_{O S P F}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $S R L G(i, j)$
に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する
際に、

(0) (1) の設定値にしたがって前記独立経路を計算する際のパス計算における $S R L G$ (Shared Risk Link Group) を考慮する重みが可変に設定され、
発ノード s と着ノード d との間に要求される独立経路数を $D_{c o m p}(s, d)$ とし、
の最小値を $m i n$ とし、の最大値を $m a x$ とし、初期値として $m i n = 0.0$ 、
 $m a x = 1.0$ とし、の収束を判定する値を とし、発ノード s と着ノード d との間の
パスに要求される独立経路数を $D_{r e q}(s, d)$ とし、

$= m i n + m a x$
とする第四のステップと、

$k - s h o r t e s t \ p a t h$ 計算アルゴリズムにより、独立経路数 $D_{n u m}(s, d)$ (20)
を求める第五のステップと、

$D_{n u m}(s, d) < D_{r e q}(s, d)$

ならば $m i n =$ としそうでなければ $m a x =$ とする第六のステップと、

$m a x - m i n >$

ならば前記第四のステップへ戻りそうでなければ $= m a x + m i n$ としてパラメー
タ の値を設定する第七のステップと

を実行してパラメータ を設定し、

$D_{n u m}(s, d) - D_{r e q}(s, d)$

が最小となる独立経路のセットの中で $D_{p a t h}(s, d)$ が最小となる独立経路のセッ
トを選択された経路とする第八のステップを実行し、 (30)

前記 $k - s h o r t e s t \ p a t h$ 計算アルゴリズムとしては、

$s r l g(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば “1” そうで
なければ “0” をとり、 G は $S R L G$ (Shared Risk Link Group) のグループ数とし、発ノ
ード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{p a t h}(s, d)$ を

[数 1]

と定義するときに、

$C_{c o m p}(i, j) =$

$(1 -) C_{O S P F}(i, j) + m a x \{ S R L G(i, j), 1 \}$

[数 2]

であり、初期値を $k = 1$ とし、 (40)

発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{c o m p}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第九のステップと、

この第九のステップで求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g
に対して $s r l g(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属
するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも
削除する第十のステップと、

$k = k + 1$ とし前記第九のステップに戻る第十一のステップと

を発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満
足するまで繰り返し実行する (50)

ことを特徴とする経路選択方法。

【請求項 13】

$C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

【数 3】

としてリンク $L(i, j)$ に関する最大値でそれぞれ規格化した請求項 10 ないし 12 のいずれかに記載の経路選択方法。

【請求項 14】

$C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

【数 4】

としてリンク $L(i, j)$ に関する和でそれぞれ規格化した請求項 10 ないし 12 のいずれかに記載の経路選択方法。 10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は IP ネットワークにおける経路選択に利用する。特に、経路選択の際の規範として OSPF (Open Shortest Path First) および SRLG (Shared Risk Link Group) の双方の概念を用いる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

IP ネットワークで用いられている制御技術を拡張して、IP - sub レイヤ (Wavelength, TDM, fiber) を自律分散的に制御できる Generalized Multi - Protocol Label Switching (GMPLS) の検討が進められている (A. Banerjee, J. Drake, J. P. Lang, B. Turner, K. Kompella, and Y. Rekhter, "Generalized Multiprotocol Label Switching: An Overview of Routing and Management Enhancements," IEEE Commun. Mag., pp. 144-150, Jan. 2001)。 20

【0003】

GMPLS では、Open Shortest Path First (OSPF) のような IP ルーティングプロトコルを拡張し、各レイヤのリンク状態を各ノードに通知することにより、各レイヤでのルーティングが可能となる。

【0004】

GMPLS の OSPF 拡張では、Shared Risk Link Group (SRLG) という情報をさらに通知する。各レイヤでの信頼性を確保するために、複数の独立な経路が必要となるが、例えば、複数の波長が同一ファイバに属している場合には、ファイバが切断されると、それら波長に影響を受けるため、上位レイヤでの経路選択においても、下位レイヤの SRLG の情報を考慮しなければならない。

【0005】

従来の経路選択装置を図 7 に示す。図 7 に例示した従来の経路選択装置は、OSPF リンクコストメモリ 10 および独立経路計算部 40 を備え、SRLG については考慮されていない。 30

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、k - shortest path アルゴリズムにより、OSPF で通知されるリンクコストに基づいて、SRLG のある独立経路算出方法はあるが、最初に SRLG に属するメンバが多いリンクを選択した場合には、所望の独立経路数を求めることができないという問題が生じる。 40

【0007】

この問題点を図 8 のネットワークの例を用いて説明する。発ノード 0 から着ノード 5 まで独立経路を設定することを考える。各リンクに対して、リンク $L(i, j)$ のコスト $C_{OSPF}(i, j)$ が与えられる。このリンクコストは、例えば、OSPF というルーティングプロトコルによって各ノードに通知される。 $srlg(i, j, g)$ は、SRLG の 50

情報を示すものであり、リンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば “ 1 ” をとり、そうでなければ “ 0 ” をとる。図 8 の例では、 $sr1g(4, 5, 0) = 1$ 、 $sr1g(2, 5, 0) = 1$ となっている。これは S R L G グループ # 0 には、リンク $L(4, 5)$ とリンク $L(2, 5)$ が属している。S R L G の例を図 9 に示した。図 9 の例ではルータ # 4 とルータ # 5 との間のリンクおよびルータ # 2 とルータ # 5 との間のリンクが同じ S R L G グループ # 0 に属する。すなわち、リンク $L(4, 5)$ およびリンク $L(2, 5)$ は、光クロスコネクタを介して、それぞれ 1 と 2 という波長で、同一のファイバを使用している。このファイバに属している S R L G グループを S R L G # 0 としている。

【 0 0 0 8 】

図 8 に戻り、O S P F のリンクコスト $C_{O S P F}(i, j)$ に基づいて、独立経路を選択しようとした場合には、まず、最短経路として、0 - 1 - 2 - 5 が選ばれる。次に、ノード独立経路を選ぶ場合は、 $L(0, 1)$ 、 $L(1, 2)$ 、 $L(2, 5)$ 、さらに、S R L G を考慮して、 $L(4, 5)$ 、およびノード 1、2 を削除しなければならない。リンク独立経路を選ぶ際には、ノード 1、2 は、削除しなくてよい。ここでは、独立経路とは、特に断らない限り、ノード独立経路のことを示すが、リンク独立経路の場合も、通過ノードを削除するかどうかの違いだけなので、ノード独立経路でもリンク独立経路でも適用できる。除外された後のネットワークポロジは図 10 に示すようになる。この場合には、S R L G の影響のため、 $L(2, 5)$ に関連して、 $L(4, 5)$ も削除されるので、これ以上、独立経路を設定することができない。したがって、初めに O S P F により経路選択が行われた場合には、所望の独立経路数を満足することができない事態が発生する可能性がある。

【 0 0 0 9 】

本発明は、このような背景に行われたものであり、所望の独立経路数を満足でき、かつ経済的な独立経路を選択することができる経路選択装置およびプログラムおよび記録媒体および経路選択方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、独立経路探索の際に用いる最短経路計算で、リンクコスト $C_{O S P F}(i, j)$ とともに $sr1g(i, j, g)$ を考慮することを最も主要な特徴とする。これにより、所望の独立経路数を満足でき、かつ経済的な独立経路を選択することができる。

【 0 0 1 1 】

すなわち、本発明の第一の観点は、発ノード s から着ノード d への経路を選択する手段を備えた経路選択装置であって、本発明の特徴とするところは、前記選択する手段は、ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の O S P F に基づくリンクコスト $C_{O S P F}(i, j)$ を保持する手段と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 S R L G (i, j) を保持する手段と、パラメータ α を保持する手段とを備え、前記リンクコスト $C_{O S P F}(i, j)$ および前記グループ識別情報 S R L G (i, j) に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する手段を備え、前記 α (0 から 1) の設定値にしたがって前記計算する手段のパス計算における S R L G を考慮する重みが可変に設定されるところにある。

【 0 0 1 2 】

これにより、O S P F および S R L G の双方の概念を用いて経路選択を行うことができる。なお、パラメータ α の値は “ 1 ” に近い程、多くの独立経路を探索することができる。

【 0 0 1 3 】

さらに詳しく述べると、前記計算する手段は、 $sr1g(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば “ 1 ” そうでなければ “ 0 ” をとり、 G は S R L G のグループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

【数 5】

$$D_{path}(s, d) = \sum_{k=1}^K \sum_{(i,j) \in path_k} C_{OSPF}(i, j)$$

と定義するときに、

$$C_{comp}(i, j) = (1 - \alpha) C_{OSPF}(i, j) + \max\{SRLG(i, j), 1\}$$

【数 6】

10

$$SRLG(i, j) = \sum_{i,j} \sum_g srlg(i, j, g)$$

であり、初期値を $k = 1$ とし、発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第一のステップと、この第一のステップで求めたパスの経路リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経路ノードも削除する第二のステップと、 $k = k + 1$ とし前記第一のステップに戻る第三のステップとを発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する手段を備えることが望ましい。

20

【0014】

あるいは、本発明の第一の観点は、発ノード s から着ノード d への経路を選択する手段を備えた経路選択装置であって、本発明の特徴とするところは、前記選択する手段は、ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の $OSPF$ に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ を保持する手段と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ を保持する手段と、パラメータ α を設定する手段とを備え、前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する手段を備え、前記 $(0 \leq \alpha < 1)$ の設定値にしたがって前記計算する手段のパス計算における $SRLG$ を考慮する重みが可変に設定され、発ノード s と着ノード d との間に要求される独立経路数を $D_{comp}(s, d)$ とし、 $D_{comp}(s, d)$ の最小値を α_{min} とし、 $D_{comp}(s, d)$ の最大値を α_{max} とし、初期値として $\alpha_{min} = 0.0$ 、 $\alpha_{max} = 1.0$ とし、 α の収束を判定する値を ϵ とし、発ノード s と着ノード d との間のパスに要求される独立経路数を $D_{req}(s, d)$ とし、前記パラメータ α を設定する手段は、

30

$$\alpha = \alpha_{min} + \frac{D_{comp}(s, d) - D_{req}(s, d)}{\alpha_{max} - \alpha_{min}}$$

とする第四のステップと、

40

k -shortest path 計算アルゴリズムにより、独立経路数 $D_{num}(s, d)$ を求める第五のステップと、

$$D_{num}(s, d) < D_{req}(s, d)$$

ならば $\alpha_{min} = \alpha$ としそうでなければ $\alpha_{max} = \alpha$ とする第六のステップと、

$$\alpha_{max} - \alpha_{min} > \epsilon$$

ならば前記第四のステップへ戻りそうでなければ

$$\alpha = \alpha_{max} + \frac{D_{num}(s, d) - D_{req}(s, d)}{\alpha_{max} - \alpha_{min}}$$

としてパラメータ α の値を設定する第七のステップとを実行する手段を備え、前記計算する手段は、

$$D_{num}(s, d) - D_{req}(s, d)$$

50

が最小となる独立経路のセットの中で $D_{path}(s, d)$ が最小となる独立経路のセットを選択された経路とする第八のステップを実行する手段を備え、前記 k -shortest path 計算アルゴリズムとしては、 $srlg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば“1”そうでなければ“0”をとり、 G は $SRLG$ のグループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

【数5】

と定義するときに、

$$C_{comp}(i, j) =$$

$$(1 - \alpha) C_{OSPF}(i, j) + \alpha \max\{SRLG(i, j), 1\}$$

10

【数6】であり、初期値を $k = 1$ とし、発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第九のステップと、この第九のステップで求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも削除する第十のステップと、 $k = k + 1$ とし前記第九のステップに戻る第十一のステップとを発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する手段を備えるところにある。

【0015】

20

これにより、 α の値を試行錯誤的に設定するのではなく、 α の最適値も計算により求めることができる。

【0016】

また、 $C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

【数7】

$$C_{comp}(i, j) = \frac{1 - \alpha}{C_{OSPF}^{max}} C_{OSPF}(i, j) + \alpha \max\{SRLG(i, j), 1\}$$

30

$$C_{OSPF}^{max} = \max_{i, j} C_{OSPF}(i, j)$$

$$SRLG^{max} = \max_{i, j} SRLG(i, j)$$

としてリンク $L(i, j)$ に関する最大値でそれぞれ規格化したり、あるいは、 $C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

40

【数8】

$$C_{comp}(i, j) = \frac{1 - \alpha}{C_{OSPF}^{total}} C_{OSPF}(i, j) + \frac{\alpha}{SRLG^{total}} \max\{\alpha SRLG(i, j), 1\}$$

$$C_{OSPF}^{total} = \sum_{i, j} C_{OSPF}(i, j)$$

$$SRLG^{total} = \sum_{i, j} SRLG(i, j)$$

10

としてリンク $L(i, j)$ に関する和でそれぞれ規格化することもできる。

【0017】

例えば、 $C_{OSPF}(i, j)$ と $SRLG(i, j)$ との間で極端に値の差が生じてしまうと、 $C_{OSPF}(i, j)$ の値を変化させてもいずれかの要素が常に大きくなってしまい、 $SRLG(i, j)$ の値を試行錯誤的に変化させて最適な $C_{comp}(i, j)$ の値を見つけようとするのが困難になってしまう場合があるが、これによりそのような事態を回避することができる。

20

【0018】

本発明の第二の観点、情報処理装置にインストールすることにより、その情報処理装置に、発ノード s から着ノード d への経路を選択する経路選択装置に相応する機能として、ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の $OSPF$ に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ を保持する機能と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ を保持する機能と、パラメータ α を保持する機能とを実現させ、前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する機能を実現させ、前記 $C_{comp}(i, j)$ の設定値にしたがって前記計算する機能のパス計算における $SRLG$ を考慮する重みが可変に設定されることを特徴とするプログラムである。

30

【0019】

さらに詳しく述べると、前記計算する機能として、 $srlg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば“1”そうでなければ“0”をとり、 G は $SRLG$ のグループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

[数5]

と定義するときに、

$$C_{comp}(i, j) = (1 - \alpha) C_{OSPF}(i, j) + \alpha \max\{SRLG(i, j), 1\}$$

40

[数6]

であり、初期値を $k = 1$ とし、発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第一のステップと、この第一のステップで求めたパスの経路リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経路ノードも削除する第二のステップと、 $k = k + 1$ とし前記第一のステップに戻る第三のステップとを発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する機能を実現させることが望ましい。

50

【0020】

あるいは、本発明の第二の観点、情報処理装置にインストールすることにより、その情報処理装置に、発ノード s から着ノード d への経路を選択する経路選択装置に相応する機能として、ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の $OSPF$ に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ を保持する機能と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ を保持する機能と、パラメータ α を設定する機能とを実現させ、前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する機能を実現させ、前記 $(0, 1)$ の設定値にしたがって前記計算する機能のパス計算における SR 10 LRG を考慮する重みが可変に設定され、発ノード s と着ノード d との間に要求される独立経路数を $D_{comp}(s, d)$ とし、 α の最小値を α_{min} とし、 α の最大値を α_{max} とし、初期値として $\alpha_{min} = 0.0$ 、 $\alpha_{max} = 1.0$ とし、 α の収束を判定する値を ϵ とし、発ノード s と着ノード d との間のパスに要求される独立経路数を $D_{req}(s, d)$ とし、前記パラメータ α を設定する機能として、

$$\alpha = \alpha_{min} + \alpha_{max}$$

とする第四のステップと、 k -shortest path 計算アルゴリズムにより、独立経路数 $D_{num}(s, d)$ を求める第五のステップと、

$$D_{num}(s, d) < D_{req}(s, d)$$

ならば $\alpha_{min} = \alpha$ としそうでなければ $\alpha_{max} = \alpha$ とする第六のステップと、 20

$$\alpha_{max} - \alpha_{min} > \epsilon$$

ならば前記第四のステップへ戻りそうでなければ

$$\alpha = \alpha_{max} + \alpha_{min}$$

としてパラメータ α の値を設定する第七のステップとを実現させ、前記選択する機能として、

$$D_{num}(s, d) - D_{req}(s, d)$$

が最小となる独立経路のセットの中で $D_{path}(s, d)$ が最小となる独立経路のセットを選択された経路とする第八のステップを実行する機能を実現させ、前記 k -shortest path 計算アルゴリズムとしては、 $sr lg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば“1”そうでなければ“0”をとり、 G は $SR L G$ の 30 グループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path_h}(s, d)$ を

[数5]

と定義するときに、

$$C_{comp}(i, j) =$$

$$(1 - \alpha) C_{OSPF}(i, j) + \alpha_{max} \{ S R L G(i, j), 1 \}$$

[数6]

であり、初期値を $k = 1$ とし、発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第九のステップと、この第九のステップで求めたパスの経路リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $sr lg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経路ノードも削除する第十のステップと、 $k = k + 1$ とし前記第九のステップに戻る第十一のステップとを発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行する機能を実現させることを特徴とするプログラムである。 40

【0021】

本発明の第三の観点は、本発明のプログラムが記録された前記情報処理装置読み取り可能な記録媒体である。本発明の記録媒体を用いて本発明のプログラムを前記情報処理装置にインストールすることができる。また、本発明のプログラムを保持するサーバからネット 50

ワークを介して前記情報処理装置が本発明のプログラムをダウンロードすることによって前記情報処理装置は本発明のプログラムをインストールすることができる。

【0022】

本発明の第四の観点、発ノード s から着ノード d への経路を選択する経路選択方法であって、本発明の特徴とするところは、ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の OSPF に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ と、パラメータ α を用い、前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する際に、前記 $(0 \leq \alpha < 1)$ の設定値にしたがって前記独立経路を計算する際のパス計算における $SRLG$ を考慮する重みが可変に設定されるところにある。

10

【0023】

さらに詳しく述べると、 $sr lg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば“1”そうでなければ“0”をとり、 G は $SRLG$ のグループ数とし、発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

[数5]

と定義するときに、

$$C_{comp}(i, j) = (1 - \alpha) C_{OSPF}(i, j) + \alpha \max\{SRLG(i, j), 1\}$$

20

[数6]

であり、初期値を $k = 1$ とし、発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第一のステップと、この第一のステップで求めたパスの経路リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対して $sr lg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経路ノードも削除する第二のステップと、 $k = k + 1$ とし前記第一のステップに戻る第三のステップとを発ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足するまで繰り返し実行することが望ましい。

30

【0024】

あるいは、本発明の第四の観点、発ノード s から着ノード d への経路を選択する経路選択方法であって、本発明の特徴とするところは、ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の OSPF に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ とを用い、前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算する際に、 $(0 \leq \alpha < 1)$ の設定値にしたがって前記独立経路を計算する際のパス計算における $SRLG$ を考慮する重みが可変に設定され、発ノード s と着ノード d との間に要求される独立経路数を $D_{comp}(s, d)$ とし、 $D_{comp}(s, d)$ の最小値を m_{min} とし、 $D_{comp}(s, d)$ の最大値を m_{max} とし、初期値として $m_{min} = 0.0$ 、 $m_{max} = 1.0$ とし、 m_{min} の収束を判定する値を ϵ とし、発ノード s と着ノード d との間のパスに要求される独立経路数を $D_{req}(s, d)$ とし、

40

$$D_{req}(s, d) \leq m_{min} + \epsilon$$

とする第四のステップと、 k -shortest path 計算アルゴリズムにより、独立経路数 $D_{num}(s, d)$ を求める第五のステップと、

$$D_{num}(s, d) < D_{req}(s, d)$$

ならば $m_{min} = D_{num}(s, d)$ としそうでなければ $m_{max} = D_{req}(s, d)$ とする第六のステップと、

$$m_{max} - m_{min} > \epsilon$$

ならば前記第四のステップへ戻りそうでなければ

50

$$= \max + \min$$
 としてパラメータ の値を設定する第七のステップとを実行してパラメータ を設定し、
 $D_{num}(s, d) - D_{req}(s, d)$
 が最小となる独立経路のセットの中で $D_{path}(s, d)$ が最小となる独立経路のセッ
 トを選択された経路とする第八のステップを実行し、前記 k -shortest path
 計算アルゴリズムとしては、 $srlg(i, j, g)$ はリンク $L(i, j)$ がグループ
 g に属していれば “1” そうでなければ “0” をとり、 G は $SRLG$ のグループ数とし、
 発ノード s と着ノード d との間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を
 [数5]

と定義するときに、

$C_{comp}(i, j) =$
 $(1 -) C_{OSPF}(i, j) + \max\{SRLG(i, j), 1\}$
 [数6]

であり、初期値を $k = 1$ とし、発ノード s と着ノード d との間の k 本目のパスの最短経路
 をリンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求め発ノード s と着ノード d との間に経路
 がないかまたは前記 k が要求した独立経路数であれば終了する第九のステップと、この第
 九のステップで求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ についてすべてのグループ g に対し
 て $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するす
 べてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも削除す
 る第十のステップと、 $k = k + 1$ とし前記第九のステップに戻る第十一のステップとを発
 ノード s と着ノード d との間の経路が無くなるまであるいは要求した独立経路数を満足す
 るまで繰り返し実行するところにある。

【0025】

また、 $C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

[数7]

としてリンク $L(i, j)$ に関する最大値でそれぞれ規格化したり、あるいは、 C_{OSPF}
 (i, j) および $SRLG(i, j)$ の値を

[数8]

としてリンク $L(i, j)$ に関する和でそれぞれ規格化することもできる。

【0026】

【発明の実施の形態】

本発明実施例を図1ないし図6を参照して説明する。図1は本発明第一実施例の経路選択
 装置のブロック構成図である。図2は本発明第一実施例の k -shortest path
 アルゴリズムを示すフローチャートである。図3は本発明第二実施例の経路選択装置の
 ブロック構成図である。図4は本発明第三実施例の経路選択装置のブロック構成図である
 。図5は本発明第三実施例の 設定アルゴリズムを示すフローチャートである。図6は本
 発明実施例の経路選択装置の効果を説明するための図であり、横軸に の値とり、縦軸に
 平均非接続リンク数および標準平均リンクコストをとる。

【0027】

本発明は、図1に示すように、発ノード s から着ノード d への経路を選択する独立経路計
 算部40を備えた経路選択装置であって、本発明の特徴とするところは、ノード i とノ
 ード j との間のリンク $L(i, j)$ の $OSPF$ に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$
 を保持する $OSPF$ リンクコストメモリ10と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと
 一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG$
 (i, j) を保持する $SRLG$ メモリ20と、パラメータ を保持するパラメータ メモ
 リ30とを備え、独立経路計算部40は、前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および
 前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまた
 はノードを経由しない独立経路を計算し、前記 (0 1) の設定値にしたがって独
 立経路計算部40のパス計算における $SRLG$ を考慮する重みが可変に設定されるところ
 にある。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

あるいは、本発明は、図 4 に示すように、発ノード s から着ノード d への経路を選択する独立経路計算部 40 を備えた経路選択装置であって、本発明の特徴とするところは、ノード i とノード j との間のリンク $L(i, j)$ の OSPF に基づくリンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ を保持する OSPF リンクコストメモリ 10 と、前記リンク $L(i, j)$ が他のリンクと一つのファイバを共用するときの当該ファイバに割当てられたグループ識別情報 $SRLG(i, j)$ を保持する SRLG メモリ 20 と、パラメータを設定するパラメータ設定部 70 とを備え、独立経路計算部 40 は、前記リンクコスト $C_{OSPF}(i, j)$ および前記グループ識別情報 $SRLG(i, j)$ に基づき複数の経路が互いに同一のリンクまたはノードを経由しない独立経路を計算し、前記 (0 1) の設定値にしたがって独立経路計算部 40 のパス計算における SRLG (Shared Risk Link Group) を考慮する重みが可変に設定されるところにある。

10

【 0 0 2 9 】

また、図 3 または図 4 に示すように、 $C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

[数 7]

としてリンク $L(i, j)$ に関する最大値でそれぞれ規格化したり、あるいは、 $C_{OSPF}(i, j)$ および $SRLG(i, j)$ の値を

[数 8]

としてリンク $L(i, j)$ に関する和でそれぞれ規格化して用いることもできる。

20

【 0 0 3 0 】

本発明実施例では、本発明の経路選択装置をコンピュータ装置を用いて実現するが、コンピュータ装置を用いて本発明の経路選択装置を実現させるためには、情報処理装置であるコンピュータ装置にインストールすることにより、そのコンピュータ装置に、本発明の経路選択装置に相応する機能を実現させることを特徴とする本発明のプログラムを用いる。

【 0 0 3 1 】

また、本発明のプログラムが記録された前記コンピュータ装置読み取り可能な記録媒体を本発明の記録媒体とし、この本発明の記録媒体を用いて本発明のプログラムを前記コンピュータ装置にインストールすることができる。また、本発明のプログラムを保持するサーバからネットワークを介して前記コンピュータ装置が本発明のプログラムをダウンロードすることによっても前記コンピュータ装置は本発明のプログラムをインストールすることができる。

30

【 0 0 3 2 】

以下では、本発明実施例をさらに詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】

(第一実施例)

本発明第一実施例を図 1、図 2、図 8 を参照して説明する。第一実施例では、 k -shortest path アルゴリズムで最短経路を探索する場合に、次のリンクコスト $C_{comp}(i, j)$ を用いる。

40

$$C_{comp}(i, j) = (1 - \quad) C_{OSPF}(i, j) + \max \{ SRLG(i, j), 1 \}$$

[数 6]

ただし、 $C_{OSPF}(i, j)$: OSPF によって広告されるリンク $L(i, j)$ のコスト、 $srlg(i, j, g)$: リンク $L(i, j)$ がグループ g に属していれば、1、そうでなければ、0、 \quad : 0 1、パス計算において SRLG を考慮する重み、 G : SRLG のグループ数、である。また、発着ノード s 、 d 間の全ての独立経路のコストの和 $D_{path}(s, d)$ を

[数 5]

と定義する。

50

【0034】

の値が大きいほど、 $SRLG(i, j)$ を考慮しており、独立経路を見つけ易くなる。しかし、その反面、 $COSPF(i, j)$ の寄与が少なくなるので、 $D_{path}(s, d)$ が大きくなってしまう。独立経路数を優先したいときは、の値を1に近付ける。

【0035】

$SRLG$ を考慮した k -shortest path計算アルゴリズムは、以下のものを用いる。初期値として、 $k = 1$ とする。

【0036】

Step 1: ノード s, d 間の k 本目のパスの最短経路を、リンクコストを $C_{comp}(i, j)$ として求める。ただし、もし、ノード s, d 間に経路がないか、または、 $k = D_{reg}(s, d)$ であれば終了する。 10

【0037】

Step 2: Step 1で求めたパスの経由リンク $L(i, j)$ について、すべての g に対して、もし、 $srlg(i, j, g) = 1$ ならばリンク $L(i, j)$ が属するグループ g に属するすべてのリンクをパス計算で用いるトポロジから削除するとともにその経由ノードも削除する。

【0038】

Step 3: $k = k + 1$ とし、Step 1へ進む。図2に、第一実施例の k -shortest pathアルゴリズムを示す。

【0039】

図1に、第一実施例の経路選択装置を示す。経路選択装置は、各ノードに配備される。また、各ノードを集中的に管理するオペレーション装置に配置されてもよい。 20

【0040】

図8を用いて、経路選択例を説明する。簡単化のために、 $\alpha = 1$ とする。 $C_{comp}(i, j)$ をリンクコストとするので、独立経路を計算すると、 $0 - 1 - 3 - 5$ 、 $0 - 4 - 5$ と2つの経路を得ることができる。

【0041】

従来の方式では、図8のネットワークでは、 $0 - 1 - 2 - 5$ の1経路しか得られなかったのに対し、第一実施例では、2つの経路を得ることができる。

【0042】

このように、第一実施例では、 α を1または、1に近い大きい値を設定した場合に、より多くの独立経路を探索することができる。 30

【0043】

(第二実施例)
本発明第二実施例を図3を参照して説明する。第一実施例では、 $COSPF(i, j)$ と $SRLG(i, j)$ は、2つの値に対し、関連性を持たないため、例えば、一般に $COSPF(i, j)$ の値が $SRLG(i, j)$ に比べて極めて大きい場合に、の値を変化させても、 $COSPF(i, j)$ の要素が常に大きくなってしまう。そこで、第二実施例では、 $COSPF(i, j)$ と $SRLG(i, j)$ の値を規格化する。図3に、第二実施例の経路選択装置を示す。 40

【0044】

[数7]
これは、それぞれの $COSPF(i, j)$ と $SRLG(i, j)$ の (i, j) に関する最大値で規格化している。また、

[数8]
これは、それぞれの $COSPF(i, j)$ と $SRLG(i, j)$ の (i, j) に関する和で規格化している。第二実施例では、 $COSPF(i, j)$ と $SRLG(i, j)$ との極端な値の差を軽減することができるので、の値を試行錯誤的に変化させて、適当なを選択するのに有効となる。

【0045】

(第三実施例)

本発明第三実施例を図4および図5を参照して説明する。第一および第二実施例では、の値をパラメータとして与えていた。第三実施例では、発着ノード s 、 d 間に要求される独立経路数 $D_{comp}(s, d)$ を満足しながら、 $D_{path}(s, d)$ が最小になるような経路を、二分探索を用いて求める。

【0046】

第三実施例の経路選択装置を図4に示す。第三実施例の 設定アルゴリズムを図5に示す。第三実施例の 設定アルゴリズムは、以下のとおりである。初期値として、 $min = 0.0$ 、 $max = 1.0$ とする。 の収束を判定する値を とおく。

【0047】

Step 4: $= min + max$
 Step 5: k -shortest path 計算アルゴリズムにより、独立経路数 $D_{num}(s, d)$ を求める。
 Step 6: $D_{num}(s, d) < D_{req}(s, d)$ ならば、 $min =$ 、そうでなければ、 $max =$ とする。
 Step 7: $max - min >$ ならば、Step 1 へ、そうでなければ、Step 5 へ行く。
 Step 8: $D_{num}(s, d) - D_{req}(s, d)$ が最小となる独立経路のセットの中で、 $D_{path}(s, d)$ が最小となる独立経路のセットを解とする。ただし、 $D_{req}(s, d)$: ノード s 、 d 間のパスに要求される独立経路数である。

【0048】

SRLG を考慮した k -shortest path 計算アルゴリズムは、図2を参照して既に説明したアルゴリズムを用いる。

【0049】

(実施例まとめ)

ノード数20で、乱数を用いてSRLGを考慮し、average node degree = 6 を満足するトポロジ (サンプル数100) を生成し、 $C_{comp}(i, j)$ をリンクコストとして、 、発着ノード間の平均独立経路数、規格化パスコスト $D_{path}(s, d)$ (従来方式、すなわち、 $= 0$ のときのリンクコストを “ 1 ” とした) を、第二実施例の方式にしたがって図6に示した。SRLGのグループ数 $G = 16$ 、1グループ当りのメンバ数14とし、 $srlg(i, j, g)$ の値を乱数を用いて与えた。図6から、要求条件を満たす を求めれば、経済的なパス設定ができることがわかる。

【0050】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、所望の独立経路数を満足でき、かつ経済的な独立経路を選択することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第一実施例の経路選択装置のブロック構成図。

【図2】本発明第一実施例の k -shortest path アルゴリズムを示すフローチャート。

【図3】本発明第二実施例の経路選択装置のブロック構成図。

【図4】本発明第三実施例の経路選択装置のブロック構成図。

【図5】本発明第三実施例の 設定アルゴリズムを示すフローチャート。

【図6】本発明実施例の経路選択装置の効果を説明するための図。

【図7】従来の経路選択装置のブロック構成図。

【図8】SRLGを伴うネットワーク構成例を示す図。

【図9】SRLGの例を示す図。

【図10】関与するリンクやノードが除外された後のトポロジを示す図。

【符号の説明】

10 OSPFリンクコストメモリ

10

20

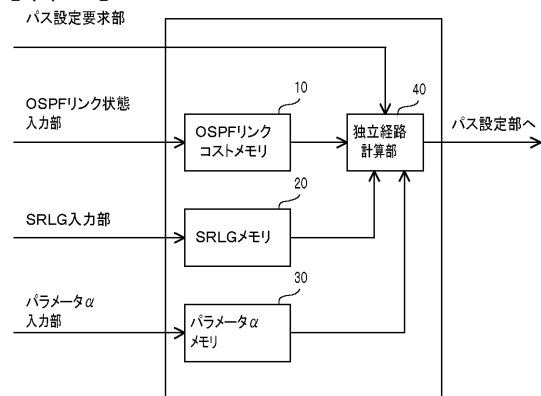
30

40

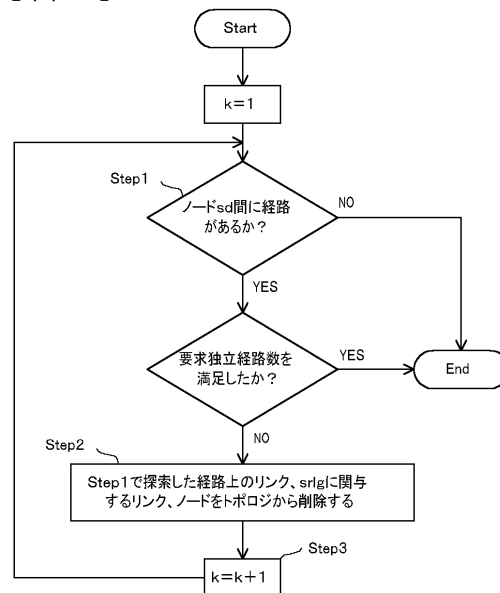
50

20 SRLGメモリ
 30 パラメータメモリ
 40 独立経路計算部
 50、60 規格化部
 70 パラメータ設定部

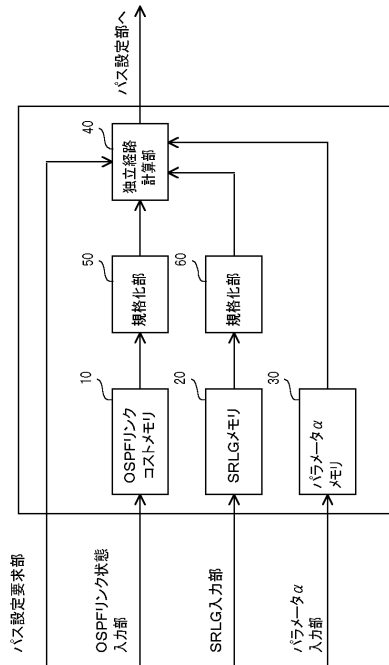
【図1】



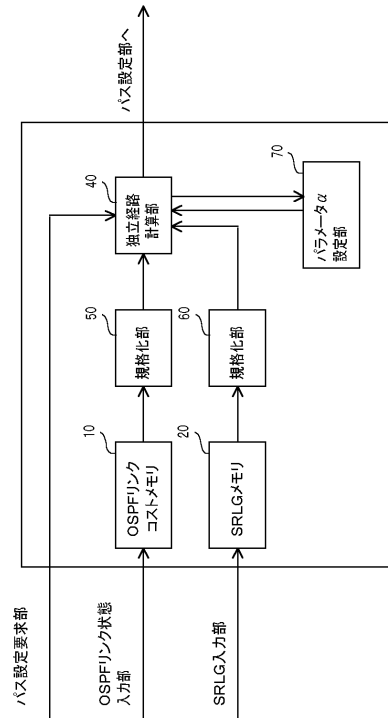
【図2】



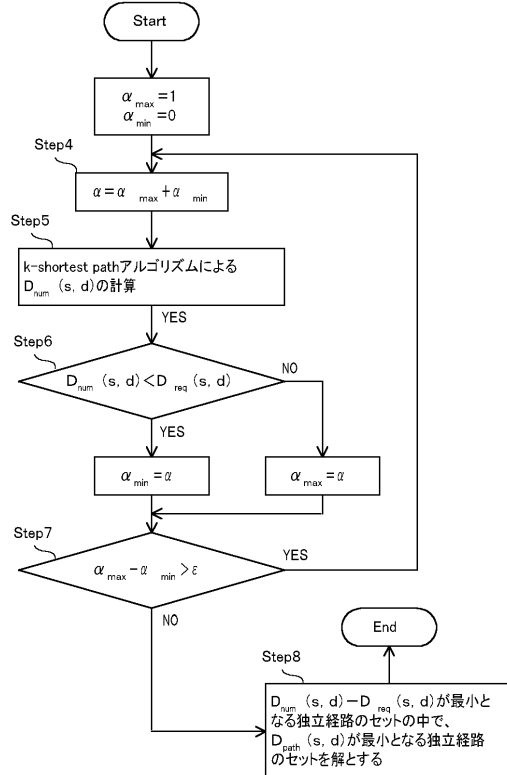
【図3】



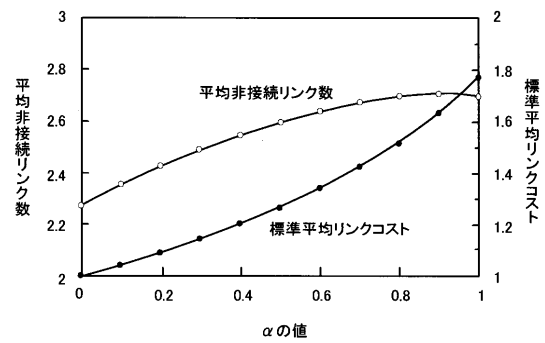
【図4】



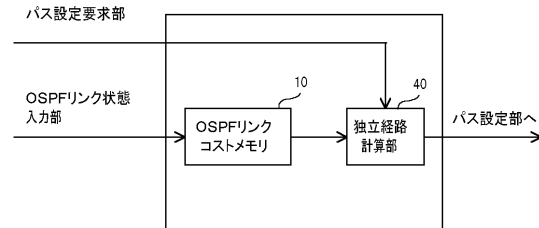
【図5】



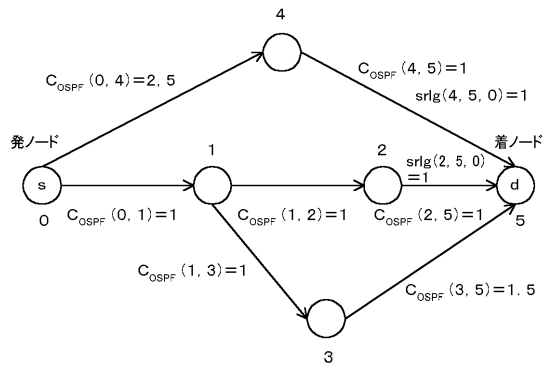
【図6】



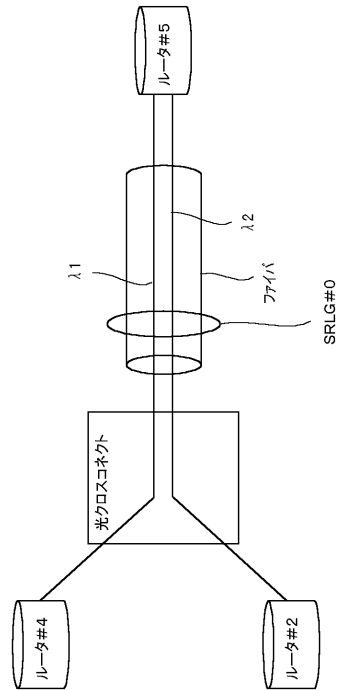
【図7】



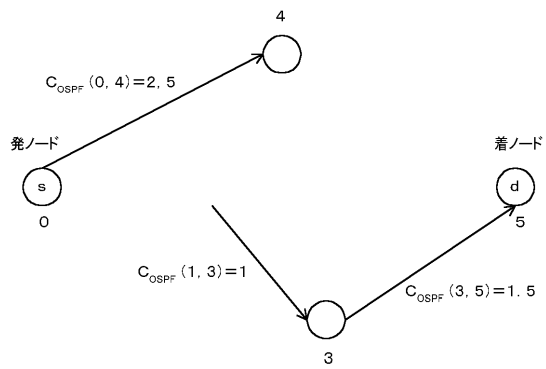
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 塩本 公平

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 吉田 隆之

(56)参考文献 特開平11-024651(JP,A)

特開平10-145362(JP,A)

特開平11-191763(JP,A)

Internet-Draft draft-many-inference-srlg-01.txt

信学技報 IN2001-59

2001年信学通信大会 B-6-118

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H04L 12/56