1H−6

アベイラビリティ計算アルゴリズムを用いたネットワーク設計

古屋 貴博†，　巽 久行†，　小高 泰陸††，　徳増 眞司†
† 神奈川工科大学　†† ファーストタイム

1．まえがき

通信ネットワークにおいては，一定の信頼性を確保しつつ，いかにして早く接続できるかが重要な問題となる。本報告は，提案されたアベイラビリティ計算効率化のための新しい状態空間分解法のアルゴリズム [1] を基本アルゴリズムとして用いた，コストを考慮したネットワーク設計のための最適化アルゴリズムを提案する。ネットワークにコストの上限を与えてアベイラビリティを最大化する問題と，ネットワークにアベイラビリティの下限を与えてコストを最小化する問題の２つを挙げて，それぞれ離散的な問題の定式化とその解法を示すと共に，小・中・大規模ネットワークに対応した設計・最適化アルゴリズムを提案した。

2．高速アベイラビリティ計算法

本報告は，文献[1]で示した信頼性多項式

$$P_W(N) = P(C)\cdot P_W(N\mid C) + (1-P(C))\cdot P_W(N-C) \quad \cdots(1)$$

ここで，

N：　対象とする１つのネットワーク
C：　ネットワークNの構成要素である１つのサブ・ネットワーク
$P(C)$：　Cが稼働している確率
$P_W(N\mid C)$：　NのうちCが稼働している場合のアベイラビリティ
$P_W(N-C)$：　NのうちCが故障している場合のアベイラビリティ

を用いた状態空間分解法を効率化して，アベイラビリティの高速計算を行っている。本報告で提案するネットワーク設計のための最適化アルゴリズムは，次の４つのステップからなるアベイラビリティ計算アルゴリズムを基本としている。

（１）ステップ1

ネットワークをグラフとみなし，与えられたグラフ$G(N,L,P)$のデータとして，ノード集合N，リンク集合L，パスの信頼度集合Pを与える。

（２）ステップ2

前進ラベリングと後退ラベリングの２種類を各ノードに持たせる。前進ラベリングは発信ノードＳをスタートとし，Ｓからの距離が１となる着信ノードＴ以外のノードを探してラベリングする。これを繰り返して，Ｔ以外のノードがすべてラベリングされたらＴに無限大を代入して終了する。また後退ラベリングは前進ラベリングのＳとＴを逆にした方法で進める。各ノードの上半円内に付けられたラベルが前進ラベル，下半円内に付けられたラベルが後退ラベルである（図１参照）。

（３）ステップ3

各ノードに，展開順序を示す１次元のリンクテーブルの生成を行う。生成法は以下の通りである。

【ノードnのリンクテーブル生成ルール】

（ａ）登録

$n_i \neq S$ならばl_iを登録する。

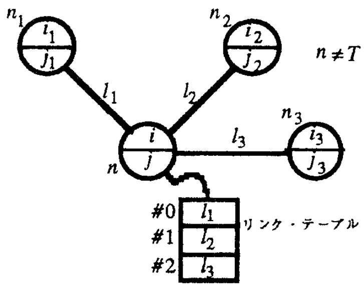

図１．リンクテーブルの生成法

（ｂ）順位　（上図１を参照）

l_1，l_2が登録されるものとするとき，
$i_1 > i_2$なら$l_1 < l_2$
$i_1 = i_2$で$j_1 \leq j_2$のとき，$l_1 < l_2$
で，l_1がl_2より高順位となる。

（４）ステップ4

ステップ３のリンクテーブル順に展開を行う。アベイラビリティ計算木を生成していく際に，リンクテーブルを用いて各分岐点には展開候補テーブルが生成される。

3．アベイラビリティ計算アルゴリズムを用いたネットワーク最適設計

本報告で提案する最適設計のアルゴリズムは，「最小コスト＋ネットワーク・アベイラビリティ」で表現できる。この設計には２つの問題があり、１つは「ネットワークのコストの上限を与えて、ネットワークのアベイラビリティを最大化する」問題Ｐと、その双対問題である「ネットワークにアベイラビリティの下限を与えてネットワークのコストを最小化する」問題Ｑがある。本研究では問題Ｐについて離散的な問題を定式化し検討を行った。ここで，アベイラビリティランク集合およびコスト関数を，

（１）アベイラビリティランク集合

$$P_i \in \Pi = \left\{\pi_i \,\middle|\, i = 0 \sim \bar{k}\right\}$$

$$where\ \ 0 = \pi_0 < \pi_1 < \cdots < \pi_{\bar{k}} < 1$$

Network design based on availability computation algorithm.
Takahiro Furuya*, Hisayuki Tatsumi*,
Yoshimichi Kotaka**, Shinji Tokumasu*,
* Kanagawa Institute of Technology
** First Time

（2）コスト関数

$$C(P_1,P_2,\cdots,P_n)=\sum_{i=1}^{n}C_i(P_i)\ ,\ P_i\in\Pi\ \ \forall i$$

$$C_{ik}=C_i(\pi_k)\ \ \forall i,k$$

$$\text{where}\ \ 0=C_{i0}<C_{i1}<\cdots<C_{i\bar{k}}<\infty$$

のように定義すると，上述の問題P（双対問題Q）は，

$$\text{Problem } P:\ \ \text{Max}\ \ Av(P_1,P_2,\cdots,P_n)$$

$$\text{Subject to}\ \ C(P_1,P_2,\cdots,P_n)\le\overline{C}$$

$$P_i\in\Pi\ \ \forall i$$

$$\Updownarrow$$

$$\text{Problem } Q:\ \ \text{Min}\ \ C(P_1,P_2,\cdots,P_n)$$

$$\text{Subject to}\ \ Av(P_1,P_2,\cdots,P_n)\ge\overline{Av}$$

$$P_i\in\Pi\ \ \forall i$$

と記述できる。

この最適設計方針のもとに，小・中・大規模ネットワークに対応した設計アルゴリズムを構築した。以下，ノードを m，リンク数を n とし，小・中規模ネットワークに関して考察する。

【小規模ネットの場合：$m\sim5$，$n\sim10$】

この場合は，全数走査法による総当たりチェックを行うのが確実である。図2は全数走査法のアルゴリズムであり，信頼性多項式 $A_v(P_1,P_2,\cdots,P_n)$ で計算させる。

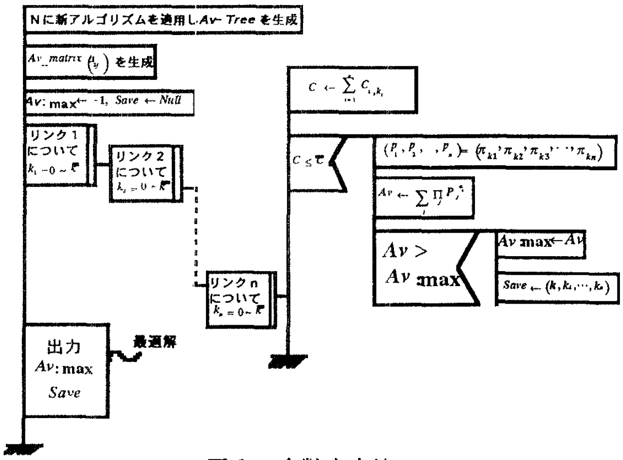

図２．全数走査法

【中規模ネットの場合：$m\sim20$，$n\sim200$】

この場合は，もはや全数走査法は無理であるので，ヒューリスティック法を採用し，近似解を求める。図3は逐次最適化法のアルゴリズムであり，コスト増分に対する寄与度の比（コストパフォーマンス）を，

$$Ce_i=\frac{\partial Av}{\partial P_i}\Big/\frac{\partial C_i}{\partial P_i}$$

と定義し，この Ce_i の高い π の値を次の π にステップアップさせ，与えられたコストの上限に到達したら逐次最適化法を終了させる。

図2の全数走査法と図3の逐次最適化法を用いて，それぞれ文献[1]でアベイラビリティを計算させた4ノードおよび6ノードネットワークを例に，コストの上限を30から95まで変化させた結果が図4である。

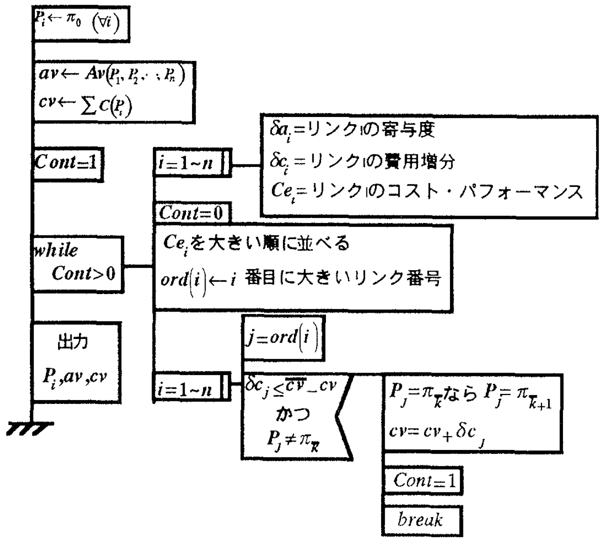

図３．逐次最適化法

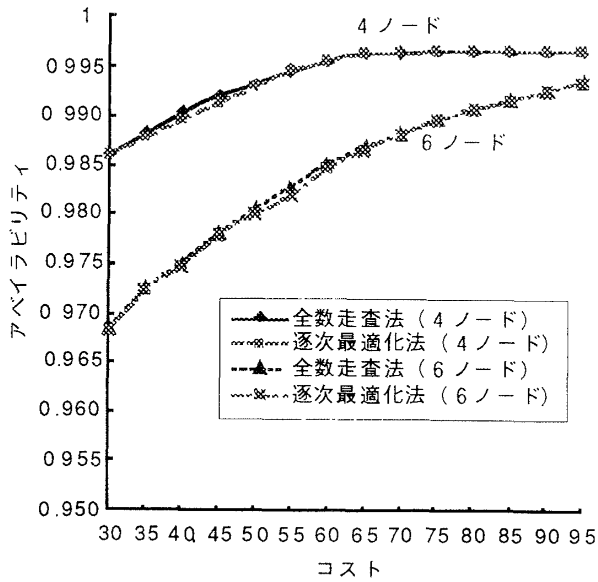

図４．４および６ノードネットワークの実験結果

図4の結果より言えることは，いずれの場合も誤差が 10^{-3} 未満であり，小規模ネットワークの全数走査法は当然のことながら，中規模ネットワークなどの場合の逐次最適化法も十分有効であることが分かった。

４．あとがき

提案したアルゴリズムの妥当性は，理論的に示すと共に数値実験により検証している。これより，本アルゴリズムは現在要求されている“十分な信頼性の基で早く接続ができ，且つコストダウンを図る”ためのネットワーク接続に有効であると思われる。

参考文献

[1] 巽，古屋，小高，徳増：ネットワークアベイラビリティの高速計算法，情処学会第55回全大，1H-5，発表予定
[2] Aaron Kershenbaum : Telecommunications Network Design Algorithms, McGraw-Hilll, 1993.