

高次元アルゴリズムによる通信網設計

1U-2

恩田 和幸  
ATR 環境適応通信研究所

齋藤 茂

北川 美宏※  
国際電気通信基礎技術研究所※

1. はじめに

通信網設計を最適資源配分問題として考え、網設備容量及びトラヒック配分の最適化を行った。具体的には、コネクションレス型パケット通信網を対象として、パケット平均転送遅延項と網設備最大負荷項から構成される網評価関数を定義し、異なるトラヒック需要分布の下で、ノード容量配分、リンク帯域配分及びトラヒック配分の最適化計算を行った。最適化計算法には、高次元アルゴリズムを適用した[2]。計算の結果、トラヒック需要が集中する部分により多くの設備資源及びトラヒックが配分されることが確認できたので報告する。

2. モデル

2.1 網モデル

25 ノードの格子状網モデルを仮定する（図 2.1）。この網モデルは、16 個のエッジノード（以下 EN）、9 個のバックボーンノード（以下 BN）及びそれらを格子状に結ぶ 80 本の有向リンクから構成される。各ノード、リンクには便宜的に識別番号を割り振る。

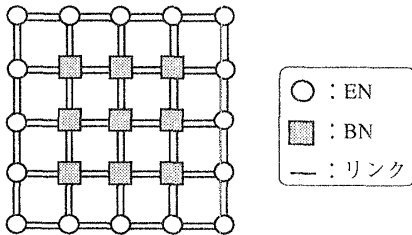


図 2.1 網モデル

また、網を 3つのトラヒックグループに分類する。  
 トラヒックグループ 1 : EN 間  
 トラヒックグループ 2 : EN~BN 間  
 トラヒックグループ 3 : BN 間

2.2 ノードモデルとリンクモデル

ノードは到着パケットに対してまずルーティング処理を行い、出力リンク毎の送信処理の後、次ノードへ送出する。リンクはある帯域を持ち、リンク長に比例した伝送遅延をもつ。

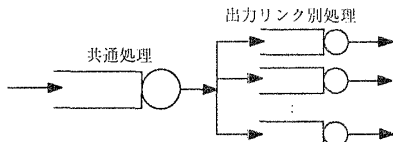


図 2.2 ノードモデル

2.3 トラヒック需要分布モデル

コネクションレス型パケットトラヒックを仮定する。各パケットは全ノードからポアソン生起するものとする。トラヒックグループ別のパケット生起率の総和の比率によって、トラヒック需要分布を設定する。本報告では、以下に示す 2 種類のトラヒック需要分布パターンを用いた。

- EN 負荷型パターン  $\Lambda_1 : \Lambda_2 : \Lambda_3 = 4 : 2 : 1$
- BN 負荷型パターン  $\Lambda_1 : \Lambda_2 : \Lambda_3 = 1 : 2 : 4$

ここで、 $\Lambda_n (n=1,2,3)$  は、トラヒックグループ  $n$  のパケット生起率の総和であり、 $\Lambda_1 + \Lambda_2 + \Lambda_3$  は一定とする。

3. 最適資源配分問題設定

3.1 制御変数

ノード容量配分率、リンク帯域配分率及びトラヒック配分率を最適化制御変数として定義する。ここでノード容量配分率とは、網全体の総ノード容量  $N$  が一定という条件の下で各ノードに容量を配分する割合であり、リンク帯域配分率は、網全体の総リンク帯域  $L$  が一定という条件の下で各リンクに帯域を配分する割合、そしてトラヒック配分率は、ある対地間に生起するパケットトラヒックをとりうる経路に配分する割合である。

今回用いた網モデル（図 2.1）では、制御変数総数は 16953 である。その内訳は、トラヒック配分率 16848 変数、ノード容量配分率 25 変数及びリンク帯域配分率 80 変数である。

3.2 評価関数

網最適化のための評価尺度としてパケット転送遅延時間と網設備負荷を考え、評価関数  $U$  を次式のように定義する。

$$U = v_1 v_2 D + v_1 (1 - v_2) (L_n + L_l)$$

ここで、 $v_1, v_2$  は重み係数 ( $0 \leq v_2 \leq 1$ )、 $D$  はパケット平均転送遅延時間、 $L_n$  は最大ノード負荷及び  $L_l$  は最大リンク負荷である。

3.3 最適化方法

評価関数を最小化するノード容量配分率、リンク帯域配分率及びトラヒック配分率を高次元アルゴリズム[2]によって数値計算する。

4. 計算結果

4.1 計算条件

$\Lambda_1 + \Lambda_2 + \Lambda_3 = 1800, N = 25, L = 80, v_1 = 10$  及び  $v_2 = 0.5$  に条件設定し、2 種類のトラヒック需要分布パターン（EN 負荷型及び BN 負荷型）の下で、最適化計算を行った。

4.2 ノード容量配分率分布

結果を図 4.1、図 4.2 に示す。横軸はノード番号、縦軸はノード容量配分率である。

図 4.1 では、EN にノード容量がより多く配分されていることがわかる。EN、BN 各々の平均ノード容量配分率は、それぞれ 0.043、0.035 である。一方図 4.2 では、BN により多くのノード容量が配分されていることがわかる。EN、BN 各々の平均ノード容量配分率は、それぞれ 0.035、0.048 であり、図 4.1 とはノード容量配分率の大小関係が逆転している。

4.3 リンク帯域配分率分布

結果を図 4.3、図 4.4 に示す。横軸はリンク番号、縦軸はリンク帯域配分率である。これについても 4.2 節と同様のことが言える。図 4.3 では、EN 間、EN~BN 間及び BN 間各々の平均リンク帯域配分率は、それぞれ 0.018、0.010、0.009 であり、図 4.4 では、それぞれ 0.012、0.009、0.015 である。

#### 4.4 トラヒック配分率分布

結果を図 4.5, 図 4.6 に示す。横軸はリンク番号, 縦軸はリンク別トラヒックに積算したトラヒック配分率である。

図 4.5 では, 設備資源がより多く配分されている EN 間にトラヒックがより多く配分されていることがわかる。EN 間, EN~BN 間及び BN 間各々のリンク別トラヒック配分率の平均値は, それぞれ 0.246, 0.081, 0.058 である。図 4.6 についても同様のことが言える。EN 間, EN~BN 間及び BN 間各々のリンク毎トラヒック配分率の平均値は, それぞれ 0.097, 0.065, 0.172 である。

#### 4.5 考察

各トラヒック需要分布パターンの  $\Lambda_n (n=1,2,3)$  の比率と最適化計算結果の各配分率の比率分布は, 必ずしも一致していない。これは, 本網モデルでは, 全対地にリンクが張られていないため, 限られたリンク間で経路選択が行われることが原因だと考えられる。フルメッシュ型の網モデルでは, トラヒック需要分布と制御変数分布の対応がより明確になると考えられる。

#### 5. まとめと今後の課題

通信網設計を最適資源配分問題としてとらえ, 高次元アルゴリズムによる通信網の最適設計法を提案した。

異なるトラヒック需要分布条件の下で, 提案法による網設備容量及びトラヒック配分の最適化計算を行い, 各制御変数分布の変化を調べた。その結果, トラヒック需要が集中する部分により多くの設備資源(ノード容量及びリンク帯域)が配分され, その設備資源が有効利用されるようにトラヒックも配分されることが確認できた。提案法は, 通信網設計に有効であると考えられる。

今後の課題としては, まず, 従来の通信網設計法や他の最適化手法との比較評価があげられる。更に, 網設備資源配分の一般の特徴を抽出して, 網トポロジーまで含めた通信網設計に向けて提案法の拡張を行うことがあげられる。

#### 参考文献

- [1] 恩田他, "高次元アルゴリズムによるコネクションレス網の最適設計の一検討", 1999年電子情報通信学会総合大会 B-7-47
- [2] 新上, "高次元アルゴリズム", July 1999/vol.31, No.7/bit

