

伝送コストの容量依存性とネットワーク構造*

4E-5

玉木 剛† 相田 仁† 齊藤 忠夫†

東京大学 工学部†

1 はじめに

ネットワークで、所与のトラフィックを扱うときの容量設計については、従来から数多くの研究がなされている。多くの場合、伝送コストはその伝送容量に比例するものとしてネットワーク設計がなされてきた。しかし、最近の技術革新により伝送コストの容量依存性が小さくなってきたため、ネットワーク設計手法の見直しが必要となってきた。

本文では、コストの容量関数として指数関数となるモデルを仮定し、容量依存性とネットワーク構造の関係について調べたので御報告する。

2 コストモデル

ネットワークコスト NWC を交換コスト NC と伝送コスト TC に分けて考える。すると、次のようなコストモデルを考えることができる。

$$\begin{aligned}
 NWC &= NC + TC \\
 NC &\propto \sum_{i \in I} f(C_i) \\
 TC &\propto \sum_{l \in L} (\sum_{j \in J} n_l(j) g(C(j))) \times d_l \\
 C_i &= \sum_{l \in L} \delta_{il} C_l \\
 C_l &= \sum_{j \in J} n_l(j) C(j) \quad (1)
 \end{aligned}$$

但し、各記号は次のような意味をもつ。

- i, I : ノード番号およびノード番号の集合
- l, L : リンク番号およびリンク番号の集合
- j, J : 次群番号および次群番号の集合
- d_l : リンク l の伝送距離
- $n_l(j)$: リンク l の j 次群回線束数
- C_l : リンク l の伝送容量
- C_i : ノード i が扱う伝送容量
- $C(j)$: j 次群の伝送容量
- δ_{il} : 物理リンク l が交換ノード i につながっている時 1 で、そうでない時 0 の値をとる

*A relation between capacity dependency of link cost and network structure

†Tsuyoshi TAMAKI, Hitoshi AIDA, Tadao SAITO

†University of Tokyo

このモデルでは、交換コストに多重化装置、交換装置などの固定分を含み、伝送コストは伝送ケーブルや工事費などの距離比例分を含めて考えている。

ここで、関数 $f()$ 、 $g()$ は伝送コストの容量関数である。高速デジタル伝送サービスの伝送速度と料金の関係では、料金は伝送速度のおよそ 0.65 乗に比例したものとなっている。この料金体系からコストの容量関数としては指数関数が考えられる。以降では、

$$f(c) = g(c) = c^p \quad (2)$$

と想定し、この p を容量依存度と呼ぶことにする。

上記、コストモデルを用いて網トポロジーの経済的最適化に関する問題を検討する。

3 容量依存性とネットワーク構造の関係

3.1 回線束設定方法への影響

伝送リンクに与えられるトラフィックが大きくなると、より大容量の伝送設備を必要とする。もし、上位階梯の伝送設備コストが安価であれば、利用率が低くても上位階梯のリンクを使うことが経済的である。上位階梯リンクへ移行するときの最低利用率は、コストの容量依存度により決まる。

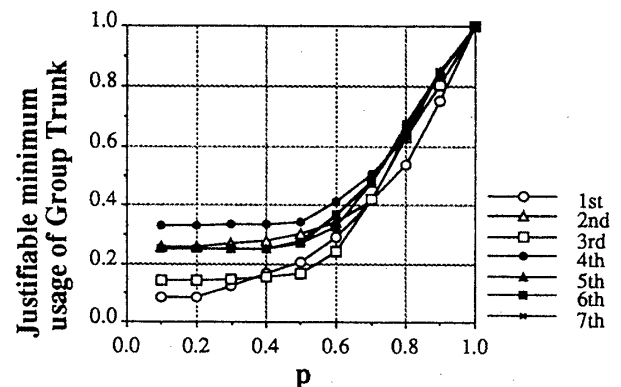


図 1: 容量依存度 p と各次群回線束の設定方境界点

SDH 網の階梯を仮定して、上位に移行するときの利用率と容量依存性の関係を求めると図 1 のようになる。

これより、容量依存度 p が小さくなるにつれてリンクに要求される伝送容量よりも大きい容量の回線束で

設定する方が経済的となる領域が大きくなることが言える。また、 p が0.5程度より小さいところでは、要求される伝送容量がある次群の伝送容量を少しでも越えていたら一つ上の次群の回線束を設定した方が有利となることを示している。

3.2 最適設計トポロジーへの影響

トポロジー・容量・フロー割当(TCFA)問題に対して、容量依存性と最適化の効果について検討する。

全国から12都市を選び実際の電話トラフィックデータを模擬したものを用いて設計した。設計アルゴリズムはBranch Exchange法を用い、所要枝独立経路数を全ノードで1とし、中継段数は5段以内とした。NCとLCのコストが等価になる距離をパラメータにして、容量依存度 p の変化に対する最適設計伝送路数の変化を調べてみた。

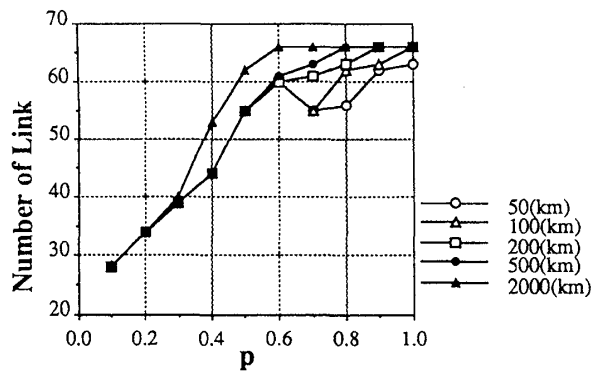


図2: 容量依存度 p に対する最適化伝送路数

図2より、次のようなことがわかる。

- 容量依存度 p が十分小さい領域では、最適な網トポロジー化は一意に決まり、交換コストと伝送コスト比の影響は小さくなる。
- 容量依存度 p が大きい領域では、交換コストと伝送コスト比の影響が大きくなり、トポロジーの最適解が探しにくくなる。
- 交換コストが高くなるにつれメッシュ網が有利となる容量依存度 p の範囲が大きくなる。

3.3 ノード規模に対する最適化の効果

ノード規模が増えるに従ってトラフィックを収束させて大容量伝送路を活用した方が経済的となってくる。この効果を容量依存性との関係で検討する。

$N \times N$ の格子状配置ノードで、全てのノード間トラフィックを100アーランとし、Branch Exchange法によって設計した。所要枝独立経路数を全ノードで1とし、中継段数は N 段以内とした。

図3に、コストモデルの容量依存度 p をパラメータとして最適解コストをメッシュ網コストで割ったものとノード数の関係を示す。

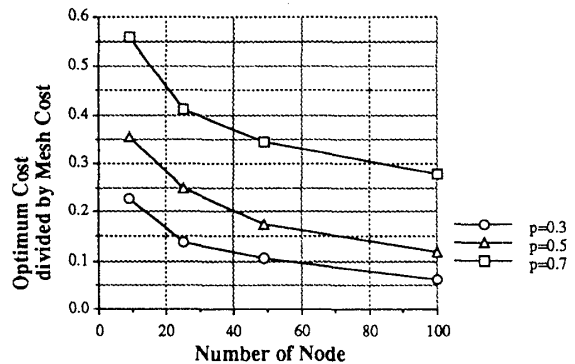


図3: ノード数と最適解コスト対メッシュコスト比

これより、ノード規模が増えるに従ってトラフィックの収束効果が現れていることがわかる。また、容量依存度 p の値が小さい程、ノード数が少なくてもこの効果を引き出すことがわかる。

4 まとめ

本文では、コストモデルの容量依存性を指数関数を用いてモデル化し、容量依存性とネットワーク構成の関係について論じた。その結果をまとめると次のようになる。

- 容量依存性が小さくなってくると、上位階級の伝送設備を利用した方がよい。
- 容量依存性が小さい領域では、交換コストと伝送コスト比のネットワーク設計に対する影響が小さくなり、スター型構成に近いネットワーク構成の方が経済的となる。
- ネットワーク規模が大きくなるにつれて、トラフィックの収束効果が大きくなり、トポロジーを変化することによるコスト低減の効果がよくなる。

今後の課題としては、コストの容量依存性が小さくなったときの網に冗長性を与える高信頼性設計方法に対する検討を行なう。

上記課題については、ATM網のVP可変容量制御のような網の弾力的運用を考慮する必要がある。

参考文献

- [1] 玉木, 相田, 齊藤, 「伝送コストモデルと最適ネットワーク設計の関係」, 1993年電子情報通信学会春季大会。
- [2] 大和, 菅野, 西田, 宮原, 「信頼性の高い回線交換ネットワークの設計手法」, 電子情報通信学会誌 B-1 Vol. J73-B-1 No.1 pp17-24, 1990-1.