

公衆ネットワークのマネジメント

松田 潤

1. はじめに

今日の巨大な規模の電話網に代表される公衆ネットワークは、現代社会のインフラストラクチャとしてこれまで百年余りの歳月にわたって営々と構築・運営され、ISDN (サービス総合デジタル網) へと進化しながらさらに成長をつづけている。電気・水道・ガスなどと同様に通信サービスも、ユーザ側からすれば、日常、そのサービスを提供しているインフラストラクチャがどんな構造をしているのか、あるいはインフラストラクチャが存在していることすらも意識せずに利用できるのが理想である。通信サービスを提供している公衆ネットワークにおいても、ユーザがネットワークのことを意識せずに、いつでもサービスを利用できるようにするために、通信トラヒック需要に見合った適正な量の網リソースを適切な時期に(計画的に)準備し、これをネットワーク/トラヒックの状況に応じて効率的に運用している。ネットワークマネジメントは広義には故障管理、セキュリティ管理などを含むが、ここでは特に、ネットワークの容量とフロー(トラヒックフロー)に関するマネジメントに話題を絞って紹介する。

通信事業者間あるいはサービス間の競合や、料金制度を含むサービスの多様化などにより、公衆ネットワークの環境はすでに通信トラヒック需要の不確実な時代に入っており、今後、マルチメディア通信サービスの提供へと進む中で、需要の不確実性はますます増大していくことが予想される。それに伴い、ネットワークマネジメントにも、従来のように需要が確実に伸びてきた時代の「固定的なネットワーク運用を前提とした計画主体型」から、「弾力的なネットワーク運用を新

機軸とした運用管理重視型」への新たな転換が求められている。

本稿では、コモンキャリアの立場から、公衆ネットワークを対象としたネットワークマネジメントについて概観し、新しい時代のネットワークマネジメントがめざす方向について述べる [1]。

2. ネットワークの構造

まず最初に、公衆ネットワークの構造について簡単にふれておく。電話機などの端末装置間に通信路を提供するネットワーク(特に伝達網と呼ぶ)は図1に示すような階層化構造をしている。図1において、電送媒体レイヤと呼ばれる階層は伝送容量の供給源であり、光ファイバ、マイクロ無線などの伝送媒体がこの階層に属している。そこでは、中継伝送路でこれらの伝送媒体を有効に使用するために、伝送媒体上に多数の回線を多重化した信号を伝送装置(LT)間で伝送している。たとえば、1本の光ファイバを使って、電話回線換算で数万回線分の信号を多重化して伝送することが可能である。一方、端末装置間の通信回線は、回線レイヤと呼ばれる階層において加入者回線(端末装置-交換機(SW)間の回線)と中継回線(交換機間の回線)を交換機で逐次接続することにより設定される。ここで、ランダムに生じる接続要求に応じて直ちに回線を設定できるためには、回線レイヤにおいて交換機間にその区間のトラヒック需要に応じた中継回線数を準備しておく必要がある。そこで、伝送媒体レイヤの中継伝送路が供給する網リソース(=容量)を、ある容量の回線束を単位として必要区間(交換機間の中継リンク)に配分するために、回線束(パスと呼ぶ)を一括して取り扱える階層(パスレイヤと呼ばれる)を設けて、多重化装置(MUX)とクロスコネクタ装置(XC)を使って、任意の区間に適当な容量のパスを設定できるようにしている。

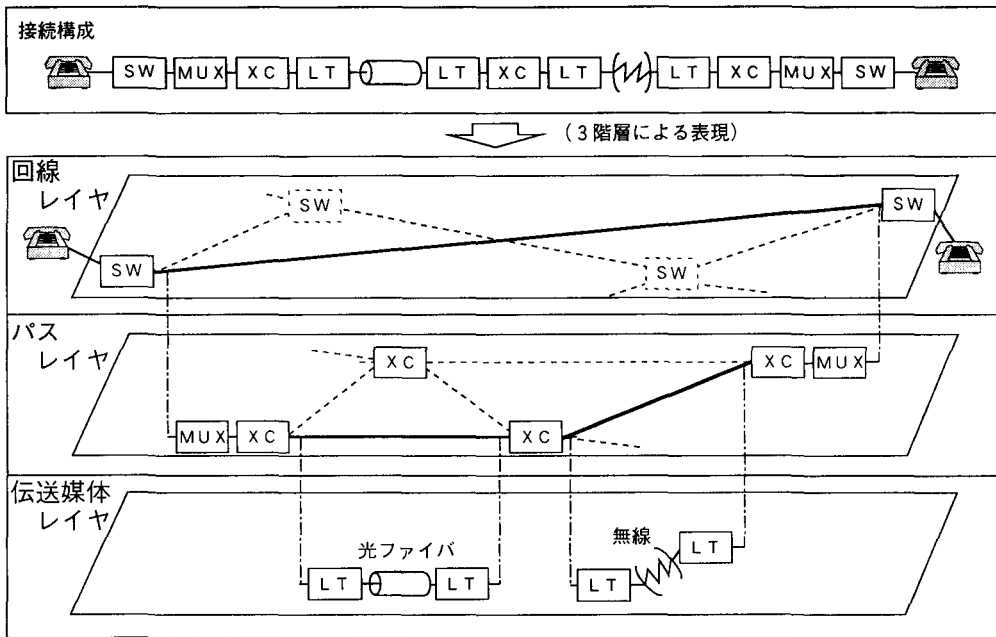


図1 伝達網の階層化構造

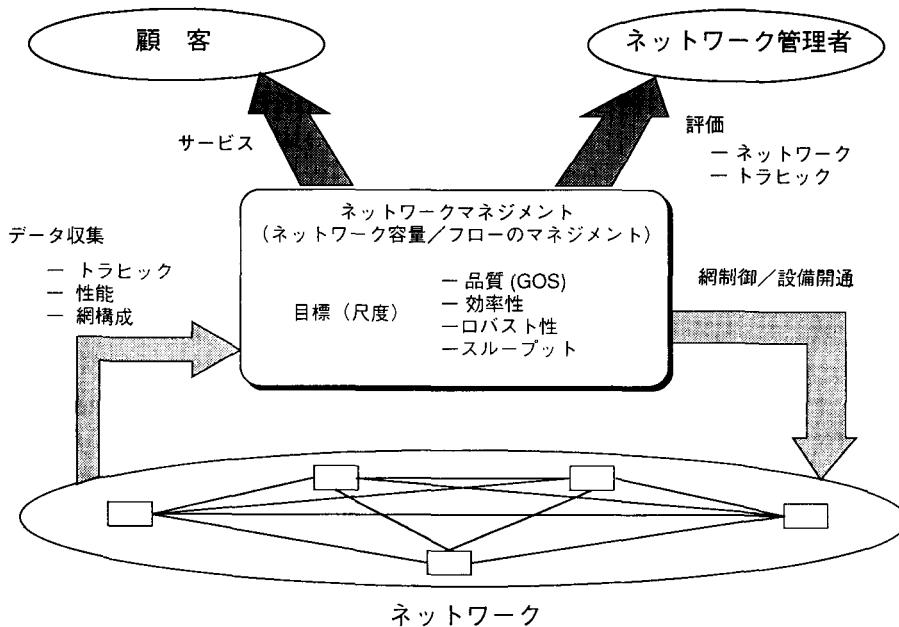


図2 ネットワークマネジメントの役割

公衆ネットワークは以上の3つの階層からなっており、次節以降で述べるネットワークマネジメントもこの階層化構造に対応した形態をとっている。

3. ネットワークマネジメントの枠組み

膨大な量の設備からなる公衆ネットワークを構築・運用して大量のトラヒックを運び、サービスを提供す

る通信事業にとって、「良好なサービスを効率よく提供すること」は最も重要な経営課題の1つである。

そこで、公衆ネットワークのネットワークマネジメントにおいては、図2に示すように、品質/効率性/ロバスト性/スループットの4つの観点から、ネットワークのトラヒック/性能/網構成を評価分析し、必要に応じてトラヒックフローの制御や、設備の増設など

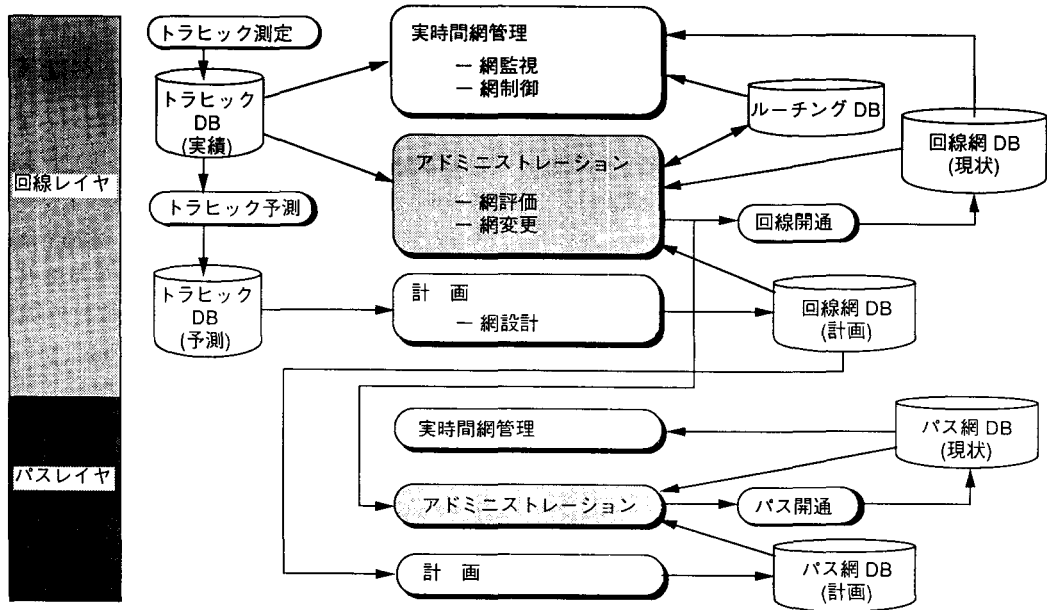


図3 ネットワークマネジメントの枠組み

の措置を施している。ここでロバスト性とは、突発的に設備の故障あるいはトラフィック需要の変動があっても予備設備などを使ってサービスを安定して提供できる性質をいう。ロバスト性を考慮したネットワーク設計・制御は今後のネットワークマネジメントにおける重要課題の1つである [2]。また、ネットワーク管理者に対して、設備の稼働効率などの網性能に関する分析情報や、地域間のトラフィック交流に関する分析情報など、ネットワーク管理のための基盤情報を提供することもネットワークマネジメントの重要な役割の1つである。

公衆ネットワークのように巨大な規模のネットワークにおいては、その容量を拡張するにも、前もって準備を進めておくことが必要である。たとえば、ケーブルのような長距離にわたる土木工事を伴う線路設備では、敷設計画を立てて物品を準備し、工事を完了するまでに数年の期間（リードタイム）を要するため、何年も前から計画的に準備を進めていかないと必要な時期に間に合わせることができない。そこで、ネットワークマネジメントにおいては、設備のリードタイムの長短によりネットワークの構造を階層的に考え、リードタイムの長い設備の階層は、リードタイムの短い設備の階層に先行して準備を進められるような仕組みをとっている。

通常、伝送媒体対応の設備で数年以上、バス対応の設備で半年から1年、回線対応の設備では数ヶ月程度

のリードタイムを要する。一般にリードタイムが長くなるほど、それだけ精度の良くない需要予測値にもとづいて設備を準備しなければならないため、結果的に設備に過不足が生じてしまうという問題がある。そこで、

- (1) リードタイムの長い設備の階層（伝送媒体レイヤ～バスレイヤ）に関しては、できるだけ多くの地域間で設備を共用できるような形態に準備すること（トータルストック型プロビジョニング）
- (2) リードタイムの短い設備の階層（バスレイヤ～回線レイヤ）に関しては、準備した設備を状況に応じて必要な箇所うまく割り当てて使うこと（適応的リソース配分）

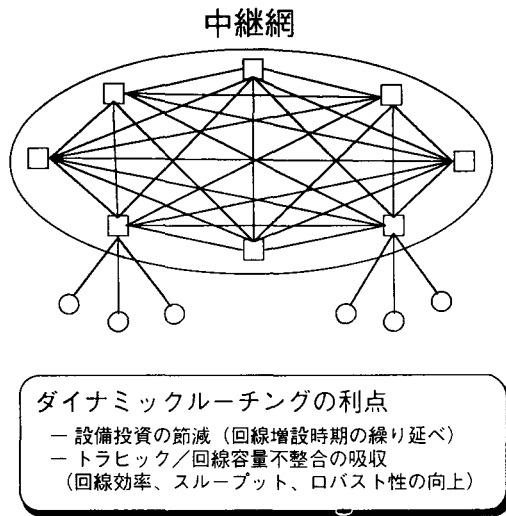
の2点を基本原則としてネットワークを構築・運用することにより、この問題を解決しようとしている。

図3に、回線レイヤとバスレイヤにおけるネットワークマネジメントの枠組みを示す。ネットワークマネジメントは考慮するタイムスケールにより大きく3つの業務に分れている。措置の迅速性が最も要求される実時間網管理業務は、ネットワーク/トラフィックの状況を常時監視して、設備の故障やトラフィック輻輳など、突発的にネットワークに何らかの異常事態が生じたときに直ちに制御措置をとってスループットを確保するための業務である。次のアドミニストレーション業務は、トラフィック/品質の状況を、ある期間、たとえば2週間にわたって観測して、設備の稼働効率、品質な

どを評価分析し、ネットワークのどこかに不都合な箇所があれば、ルーチング（通信回線を設定する経路の選択方法をいい、次節で詳しく述べる）や設備容量を修正して、網の効率性やサービスの品質を確保するための業務であり、上記(2)の適応的リソース配分を実現するための鍵となる業務である。最後の計画業務は、設備のリードタイムに応じて将来の需要を予測して、必要な設備量を算出し、その準備を計画するための業務であり、需要予測、多年度にわたる設備投資計画、工程スケジューリングなどを総合的に捉えた最適化問題について、ORの観点から検討を進めている [3] [4]。

以前は需要が確実に伸びつづけていたこともあって、固定的な網運用を前提とした計画主体型の業務でも充分間に合っていたが、新しいネットワークマネジメントでは需要の不確実な時代に対応できるようにするために、アドミニストレーション業務を強化した弾力的な網運用を新機軸とした運用管理重視型の業務に変えることにより、状況に応じたネットワークの修正を可能にしている。さらに、以前は計画どおりにそのまま設備を準備していたのに対して、今後は計画業務で作成した計画をアドミニストレーション業務で事前に評価して必要性を確認した後に設備する方向に変わろうとしている。

図3において、回線レイヤの業務からパスレイヤの業務に回線網計画と回線開通状況の情報が流れる仕組みになっているのは、パス設備のリードタイムが回線設備のリードタイムよりも長いので、パス設備の準備を回線設備に先行して進められるようにするためであ



る。

4. ネットワークマネジメントの変革

公衆ネットワークにおけるネットワークマネジメントは網構成要素（交換機、伝送装置など）における技術革新を生かす形で、より効率的なネットワークの提供をめざしてこれまで進化してきた。本節では最近におけるネットワークマネジメントの変革例として、NTTが開発したダイナミックルーチング方式STR（State-and Time-dependent Routing）[5]を取り上げ、その仕組みについて紹介する。

前述したように、通信回線は中継回線を交換機で逐次接続していくことにより設定されるが、その際、あるルールに従って中継網内での接続経路が選択される。まず、第1選択ルート（通常は、直通ルート）における空き中継回線（他の通信で使用されていない中継回線）の有無が調べられ、空き回線があればそれを使って回線が接続される。もし第1選択ルートに空き回線がない場合には、他のルート（迂回ルートと呼ぶ）の空き回線を使って回線が接続される。このような接続経路の選択法を迂回ルーチングと呼んでいる。

一方、トラヒックを継続して観測していると、地域間のトラヒック交流が時間帯により異なっており、しかも、ある傾向をもっているのがみられる。たとえば、平日の東京－大阪間では午前中のビジネスアワーのトラヒックの方が夜間のトラヒックよりも多いのに対して、横浜－大阪間で逆に夜間のトラヒックの方が午前中のビジネスアワーのトラヒックよりも多いという傾向がある。このように地域間のトラヒック交流が時間帯

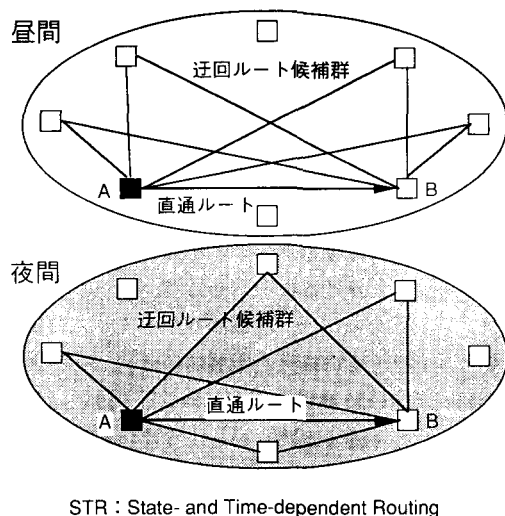


図4 ダイナミックルーチング方式のSTR

により異なっても、従来の固定迂回ルーチングでは迂回ルートを選択する際の範囲と順序が時間帯によらず固定されていた。そのため、たとえ中継網内の他のルートに空き回線があっても、それを有効に利用できなかった。

これに対して、STRは図4に示すように、地域間のトラヒック交流状況に応じて適切な迂回ルートをダイナミックに変えられるようにしたものである。STRでは、普段から中継網内の各ルートの混み具合に関するデータを交換機からセンタに収集し、これを分析してその時間内傾向を把握しておき、直通ルートに空き回線がないときに呼（接続要求）を接続するのに適した迂回ルート候補を時間帯ごとに選んで、これを発側の交換機Aのメモリに予め設定しておく。図4の例では、昼間と夜間で別の迂回ルート候補が設定されている。次に、交換機Aが交換機Bへの呼を接続する際に、直通ルートABで接続できなかった場合、その時点における各迂回ルート候補の混み具合を見て、その中から適切な迂回ルートを自律的に選んで呼を接続することになる。

STRは、コンピュータプログラムで交換処理を制御する蓄積プログラム制御交換機と、交換機間で高度な信号を自由にやり取りできる仕組み（非通線信号方式）、およびトラヒックを自動的に測定し、測定データをオンラインで収集してネットワークのトラヒック状況を的確に把握するためのトラヒック管理システムの各技術を総合化することにより初めてその実現が可能になった。STRにより、従来の固定迂回ルーチングに

比べて迂回範囲が飛躍的に拡大し、その結果、ネットワークの一部で回線容量が不足してトラヒックが混雑しても、ネットワークの他の場所の空き回線を有効に利用して呼を接続することができるため、必要回線容量を節減できたり、トラヒックと回線容量との不均衡を吸収できるなどの効果が期待される。STRは平成4年5月よりNTTの電話網（デジタル中継網部分）への導入が開始されており、今後、ネットワークの計画業務、アドミネストレーション業務がSTR網に対応した形態[6][7]に移行していく中で、その効果が具体化されていくであろう。

5. 今後のネットワークマネジメント

前述したように、今後、通信トラヒック需要はますます不確実になっていくことが予想され、従来にも増して、ネットワークには効率性に加え、需要変動への即応性が求められる。この要請に応えるためには、現用設備のみならず在庫設備（予備設備）についてもできるだけ共用度を高め、かつ、必要に応じて現用設備の転用および在庫設備の現用化を自在に行なえるネットワークマネジメントを確立することが必要である。

前節で述べたSTRが、ネットワーク/トラヒックの状況に応じてルーチングをダイナミックに変更するのに対して、本節で述べるネットワークマネジメントはネットワーク/トラヒックの状況に応じてネットワークの容量をダイナミックに変更するものである。このようなネットワークマネジメントを実現するためのキーとなるのが、回線/パス設定およびその変更を迅

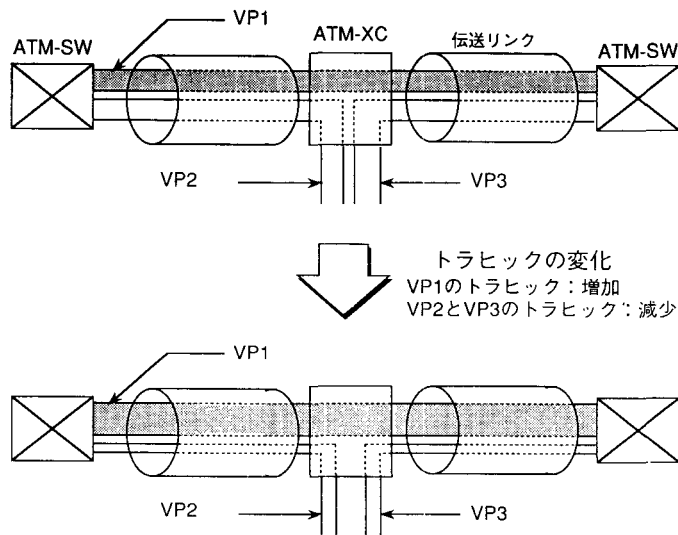


図5 ATM網における仮想パス（VP）容量制御技術

速に行なえる技術である。現在、その実現に向けて、オペレーションに必要な設備、トラヒックなどに関するデータベースを一元管理し、業務ごとのオペレーションシステム間でデータの流通を図ることで、一連の業務をフロースルー化するためのプラットフォーム作りを進めている [8] [9]。

さらに、従来の B-ISDN (広帯域 ISDN) においては、図 5 に示すように ATM (非同期転送モード) 網 [10] の仮想パス (VP) に対する容量・設定制御が瞬時に行なえるようになるため [11]、これを使えば、状況に応じて容量をネットワーク内の必要な箇所にダイナミックに配分することが可能になる。将来は、ちょうどニューロンの結合部における神経信号の伝達効率が、加えられる刺激によって変化して、神経回路網が作り上げられていくように、ネットワークに加わるトラヒックに応じて、それを最も効率的に流すように自ら網構成を変えていくネットワークを実現することも夢ではない [12]。

6. おわりに

本稿では、公衆ネットワークを対象としたネットワークマネジメントについて紹介し、通信トラヒック需要が不確実な時代の要請に合ったネットワークマネジメントの構想とそれを実現するためのキーとなる技術について述べた。ネットワークマネジメントは今後、「計画主体型 (固定運用型)」から「運用管理重視型 (弾力運用型)」へと変貌していく必要があり、そのためには、現用設備/在庫設備の共用度を高め、ネットワーク/トラヒックの状況に応じてルーティング、ネットワーク容量をダイナミックに制御することにより弾力的に運用できるネットワークを作り上げていかねばならない。

参考文献

[1] 松田 潤 : 「通信網設計・運用における技術動向」, NTT R&D, Vol.42, No 2, 201-210 (1993)

- [2] Ash, G. R. et al. : "Robust Design and Planning of a Worldwide Intelligent Network," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.7, No.8, 1219-1230 (1989)
- [3] 井上正之, 木村丈治, 上田 徹 : 「通信網設備投資計画問題の検討」, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J-77-B-I, No. 1-7 (1994)
- [4] 須藤純子, 井上正之, 木村丈治 : 「中長期設備計画における工程スケジューリングの検討」, 電子情報通信学会技術研究報告, IN 93-8 (1993)
- [5] 松田 潤, 山本尚生, 他 : 「デジタル中継網におけるダイナミックルーティング方式の開発」, NTT R&D, Vol. 41, No. 6, 679-716 (1992)
- [6] 佐竹 孝, 伊藤大雄, 井上明也 : 「フロー割当てによるダイナミックルーティング網設計法」, 電子情報通信学会技術研究報告, IN 93-103 (1993)
- [7] Toyoizumi, H., Nogami, S., Inoue, A. : "Sizing by Local Traffic Data in Dynamic Routing Network," 7th Korea - Japan Joint Conference on Communications, Networks, and Switching Systems (1994)
- [8] 横田四郎 : 「ネットワークオペレーションの高度化」, NTT 技術ジャーナル, Vol. 6, No.1, 28-33 (1994)
- [9] 吉田 真 : 「次世代オペレーションシステムの展望」, NTT 技術ジャーナル, Vol. 6, No. 1, 34-38 (1994)
- [10] 秋山 稔 監修 : 「B-ISDN 絵とき読本」, オーム社 (1993)
- [11] 塩田茂雄, 魚瀬尚郎 : 「ATM 網におけるバーチャルパス容量制御方式 (一括変更方式)」, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J-75-B-I, No. 5, 333-342 (1992)
- [12] Matsuda, J. : "The Self - Tuning Network : Toward High-Performance Networks under Variable Load Conditions," 6th International Network Planning Symposium, 77-82 (1994)