



研究ノート

パケット交換網と流れ制御

真田 英彦*

昭和39年3月、ダイナミック・データ伝送の解析というテーマで、当時本学助手であった長谷川利治先生（現京大教授）の指導の下に、修士論文を書きあげました。その内容はメッセージをこまぎれに分割してそれぞれにアドレスをつけて伝送する方式を解析してその有効性を主張したものでしたが、その原理は全く現在のパケット交換そのものでありました。

同年（1964年）8月、Rand Corporation の Paul Baran によって Distributed Communications と題した11編の報告書が発表されました。まだこの時点ではパケットなる語は使われていませんでしたが、これもまさにパケット交換そのものでした。これに触発されて全米に分散された大型計算機を結ぶのにこの方式を用いる ARPANET 計画が1967年に ACM Symposium で明らかにされ、やがて1970年 AFIPS SJCC でその成功が発表され世界最初の計算機網として一躍有名となりパケット交換の名を不動のものとししました。ARPA で用いられたパケット交換は、伝送要求が起こると、メッセージ情報は1024ビットの小さなパケットに分割収容され、必要なラベルを付されて網に送り出され、同一のメッセージに属する全パケットが目的局に到着するとそこで編集されて受渡されるというものでした。勿論これだけのことでも実現するためには、どのような経路で伝送するかを決定する経路選択法、誤りが起こったときの再送方法等々さまざまな問題が発生しました。

ARPA 計画は米国防省による非営利事業でありましたが、やがてこのパケット交換は、その多様性をかわれて世界中で公衆網として実現されるようになりました。本邦でも、昭和46年

いわゆる回線開放と共に電々公社によるデータ通信サービスが認められ、DDX としてパケット交換による公衆網がようやく本年からサービス開始される予定です。

修士卒業以来ずっとパケット交換とつきあってきたこととなりますが、それでもまだまだ研究すべき問題はたくさんあります。最近のテーマの一つが、流れ制御であります。流れ制御には混雑箇所をさけるための迂回を目的とするいわゆる経路選択法も含まれますが、今興味をもっている研究対象は、地下鉄等で朝のラッシュ時によくみられる改札制限による混雑緩和法であります。この種の混雑緩和法がパケット交換網において、流量制御 (flow control) と呼ばれている手法です。この方法にも、改札での制限をどのような基準で実施するかによって様々のバラエティが考えられます。グローバルなものからローカルなものへ順に代表的なものを3つ並べてみますと、

- ①等数網制御：網全体の入場客数(パケット数)を数えて、ある一定数以上の入場を認めない方法（英 NPL の Davies の Isarithmic案）
- ②エンド・ツー・エンド・フロー制御：乗降車駅 (Source-Destination pair) が同一の入場客数を一定値以下に規制する方法（CCITT X25に標準化されたエンド・ツー・エンド・ウィンドウ・フロー制御）
- ③ローカル制御：各駅での混雑度に応じて入場規制をする方法

のようになります。これ以外にも勿論多数の制御方法が提案されていますが、これらの手法に共通した原理は、変動するトラフィック流を時間的に均一化することによって混雑の発生を避けようとするものです。

一般に、いかなるネットワークでも一個所に集中して多数の客が投入されると混雑を生じる

*真田英彦 (Hidehiko SANADA), 大阪大学工学部, 通信工学科, 助教授, 工学博士, 通信工学

のは当然であります。また混雑すると（乗降時間等の）処理時間がのびるために処理効率が悪くなりサービス能力が低下します。これが、地下鉄網、道路網などで発生する混雑の主原因ですが、通信網では処理時間は、（なにしろ最近の交換機はすべてコンピュータですから）混雑したからといって（客が互に争うことはしませんから）特に変化することはありません。したがって改札制限の主たる動機は、無制限に入場を許すためには交換機（コンピュータ）の記憶容量を大きくしなければならず、そのためのコスト上昇を防ぐことにあります。

ところが面白いことに記憶容量を無限大にしてシミュレーションを行ってみますと、利用率

の高い所では、交通網でみられるのと同様な現象、すなわち入場を制限した方が、しなかった場合よりも早く客がさばける現象がみられます。

最初にこの現象を観測しましたときには、シミュレータがどうかしたのではないかと思った程でした。図2には最も簡単なモデルで得られた結果の一つを示します。ここで用いたモデルは、図1のように3局からなる2段伝送モデルで、発信地一目的地ペアーが1→2, 2→3, 1→3のそれぞれのトラフィックが平均生起率の等しいポアソン分布で発生し、局1→局2, 局2→局3の packets 数をそれぞれ8（この数をウィンドウ数と呼ぶ）以下に制限し、局1→局3のウィンドウ数を W_{13} として横軸に選んだ場

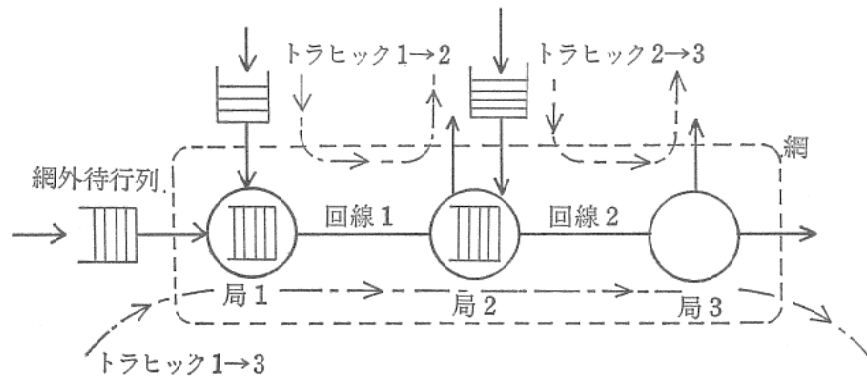


図1 最も簡単なシミュレーション・モデル（2段伝送モデル）

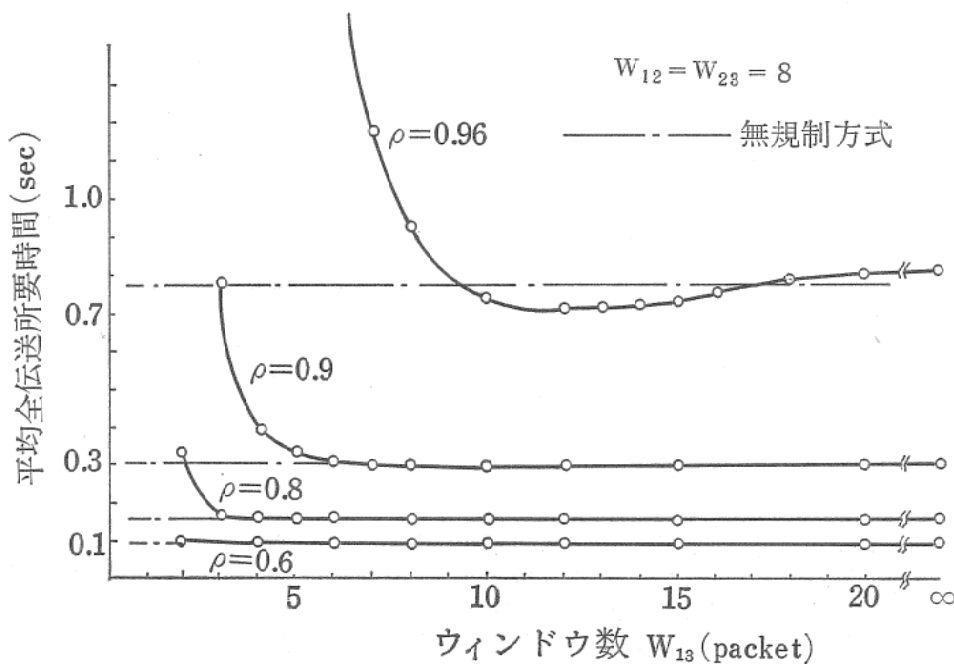


図2 平均全伝送所要時間のウィンドウ数特性

合の平均全伝送所要時間の特性を画いたものです。ここで $\rho=0.96$ は回線の利用率が96%であることを示しています。また回線速度は50 kbps, パケット長は1000 bits に設定しています。縦軸の全伝送所要時間は伝送時間と局記憶装置内での待ち時間に、さらに改札制限にかかって網外で待たされた時間をすべて合わせたものです。

この図2から利用率96%の高負荷の場合には $W_{13}=9\sim 17$ で、点線で示される改札制限をしなかった場合よりも全所要時間が小さくなっていることがわかります。このように回線の処理能力が全く変わらないという条件のもとでも、改札制限のある方が改札制限のない場合よりも、より有効に動作するということが予想外の現象でした。この理由を調べるためにパケットが網

へ投入される間隔（改札制限にかからなかったときはパケットの発生間隔、改札制限にかかったときは入場許可間隔）を観測してみると、改札制限のある方がない場合に比べてより規則的な間隔に変化していることが判明しました。すなわち時間的な平滑化が行われ、これによって都合のいい方向への順序制御がなされていると考えられます。このような現象を今解析的に解明しようと努力しているところですが、面白い研究対象の一つです。

一般に待行列ネットワーク・モデルは単純なモデルの場合を除いてほとんど解析的に解を得ることは成功していませんが、適用範囲の広さから有効な解析手段を求める研究は面白くかつ重要であると信じています。



限りある資源を大切に…… の姿勢を守るDNT

現在は、“鉄の文明”と評され、今日の世界から鉄を無くしたら、恐らく一切の文化は終息するだろうといわれています。

DNTは、創立の礎となった重防食塗料「ズボイド」を通じて既に半世紀近く私たちの大切な鉄を守りつづけてきました。

そして、これからもDNTはズボイドを生みだした重防食技術をベースに、独自の技術開発を進め、さらに、海外の優れた技術と協力しあって、より優秀な重防食システムとして結合させ、限りある資源を守りつづけていきます。

●創造と調和をめざす●

DNT
大日本塗料

●大阪市此花区西九条6-1-124
〒554 ☎(06)461-5371(大代)

●東京都千代田区丸の内3-3-1
〒100 ☎(03)216-1861(大代)