

プッシュ型通信とプル型通信の 混合モデルについて

青野正宏* 渡辺尚** 水野忠則**

*三菱電機 **静岡大学

通信をプッシュ型と通信とプル型通信に分けると、プル型通信はユーザが情報の要求を行い、応答を待っているのであるから、待ち時間はできるだけ短いことが望ましい。一方プッシュ型通信は、待ち時間に対する要求の度合いはプル型通信に比べると比較的緩やかである。しかし、このタイプの通信でも約束した時刻までには約束した情報を送信する必要がある。ここでは、プッシュ型通信とプル型通信の両方の通信が必要な環境において、プッシュ型通信に既定の送信時刻と送信量を確保しつつ、ある範囲で揺らぎを持たせ、その揺らぎを利用してプル型通信の待ち時間を短くするモデルを提案し、待ち時間の試算を行う。

A model for Push-Pull communication

Masahiro Aono* Takashi Watanabe** Tadanori Mizuno**

*Mitsubishi Electric Corp. **Shizuoka University

When classifying communications into push-based communications and pull-based communications, it is desirable to make waiting time as short as possible for the pull-based communication because users requiring information are waiting for reply. On the other hand, the push-based communication does not more pose the requirement for short time than a pull-based communication. However, the push-based communication must transfer the information by the dead line for the environment which needs both of push-based and pull-based communication. In this paper, we proposed a method that guarantees transmission time and reserves bandwidth for the push-based communication. The method allows the pull-based communication to reduce latency by jittering push based communication.

1 はじめに

通信を見かけ上送信元から一方的に送信して行くプッシュ型通信と、ユーザの意志によりオンデマンドでデータの要求をサーバに送りサーバから応答を返すプル型通信に分類する方法がある。プッシュ型通信においては、一般に受信ユーザは受信の遅れに対してある程度は寛容である。しかし、情報受信の期限が約束されていなければ、その利用の価値は大きく下がる。一方、プル型通信の場合は、ユーザがメッセージを要求してから応答が返ってくるまで待ちつづけているので、待ち時間はできるだけ短いほうが良い。また、プル型通信の場合、端末からの要求メッセージ（上り通信）は、応答（下り通信）よりはるかに量が小さい非対称環境が一般的である。

ここでは上り通信の帯域は別に確保されているものとして、無線を中心とした下り通信についてプッシュ型通信とプル型通信の帯域を混合して共用する場合について、待ち時間を少なくするため、プッシュ型に揺らぎを持たせてプル型を優先するが、プッシュ型の通信も保証するモデルについて考察する。なお、以下に述べるようにプッシュ型はデータ放送のモデルを意識して述べているが、必ずしもそれに限定されることはないのでその上位概念としてプッシュ型という名称を用いた。

2 想定環境

このモデルで想定しているプッシュ型通信とプル型通信および両者を併用する応用例は以下のとおりである。

(1) プッシュ型通信

プッシュ型の代表例として、サーバの情報を定期的に覆域内の全端末に一齐に出力するデータ放送を中心に想定する。一定時間帯の間に少なくとも1回はデータを放送するものとする。その一定時間帯は複数種類存在させることができる。端末によりしばしば参照され、比較的情報更新の頻度が大きく、相対的にデータ容量が小さいメッセージは、短い間隔で繰り返し放送する。ユーザが情報を得たいときには、[1]で論じられているように、放送を「聴取」状態にし希望する種類の情報が受信されるまで待つということが考えられる。ユーザはこれを読む。イメージ等、送信データ量が大きく更新頻度が相対的に小さいものは、放送頻

度を小さくする。極端な例としては、固定局で常時「聴取」状態にしておくのが問題にならず、データ入手の時間的制約がなければ、1日や1週間の空いている時間に送信するということも考えられる。[2]の表現によれば、放送周期をディスクとみなして、回転周期の異なるディスク円盤を空中に回すこととなる。

TV放送のようなリアルタイムのマルチメディア情報転送でも、現行TVからの延長線上で考えると難しいが、パソコンの放送受信付加機能専門に、映画などを放送するチャンネルがあれば、受信側でバッファリングすることにより、揺らぎを持たせることは可能である。

(2) プル型通信

プル型通信としては、WWW検索などのオンデマンド通信が考えられる。また、モバイル端末から固定のメールサーバに受信電文を呼び出すというのもオンデマンドのプル型通信である。プル型通信の要求発生は一般にアトランダムである。

(3) プッシュ型（放送）とプル型（オンデマンド通信）の混合例

ここで、想定しているプル型のオンデマンド通信とプッシュ型の放送の混合の例を無線覆域の規模別に挙げる。

屋内の例としては、会議や授業を端末で受信しつつ、参考データについてウィンドウを開いて参照するといったケースがある。会議や授業の一般の様子は各会議参加者や受講者の端末にリアルタイムに近い状態で放送し、各端末はそれを受信して表示や音声で出力する。参加者は参考となる関連資料を、オンデマンドで各々の判断で取り寄せる。また、会議参加者が発言をオンデマンドで要求し、それが受け付けられて発言する場合は、その端末は放送の発信源となる。

工場の例としては、自動制御の機械類に放送として一齐制御情報を送る。個々の機械が必要とする詳細情報はオンデマンド要求により取り寄せる。

乗り物の中の例としては、各座席に設けられた端末に乗客サービスとして乗り物内のサーバから映画、ニュースなどを放送する。乗客が座席で仕事のため自社のホストにアクセスしたい場合は、乗り物のサーバを経由して外部システムに接続する[3]。

屋外の例として、地域のショッピング街で宣伝

として各商店の情報を繰り返し放送する。歩行者のモバイル端末は、これを受信しユーザはそれを読みだす。関心のある商店や商品があれば、詳細情報を WWW から読みだす。

広域の例として、市況情報、交通情報、一般ニュースなどの即時性に意味がある情報をページに送る。または映画／音楽情報などリアルタイム性があるが多少の遅延が許される情報をマルチメディアパソコンに放送する。そのチャンネルに、個人・グループ用途の個別通信を混成するという構築も考えられる。

図 1 にモデル図を示す。

3 関連研究

プル型通信とプッシュ型通信の混在については、それぞれの代表であるオンデマンド通信と放送の混在として、[4]で Greedy Publishing として紹介されており、[5]でも同様の観点から論じられている。[3]は放送の周期を保証していないが、[4]は放送は定期的である差異がある。これらは、データを放送とするかオンデマンド通信とするか通信頻度で決めるということを述べている。ここで述べているように、プッシュ型通信（放送）の帯域を確保してプル型通信（オンデマンド）を待ちを短くするというものではない。また、プッシュ型通信の代表である放送を、データベースの代用として用いるアイデアは[1]などで示されている。[2]ではアクセス頻度との関係から放送頻度を複数持たした放送プログラムについて論じられている。ここでは各放送の周期が多少変動するものとしてプル型と混合したときの遅れの問題を検討している。

4. プッシュ型通信とプル型通信の混合モデル

我々は、二つのタイプのプッシュ型通信を想定する。一つは送信すべきデータを送信サーバが得るのがリアルタイムの場合である。情報は刻々サーバに入ってくる。これをユーザの端末に送信する。サーバへのデータ入力帯域よりもそれから出力の帯域が大きくなければならない。もう一つの型では、送信サーバへのデータ入力にバッチ型の場合である。送信サーバの最新情報は、あるまとまった単位でデータが更新されるものとする。これは、元々の情報源から送信サーバに対して定

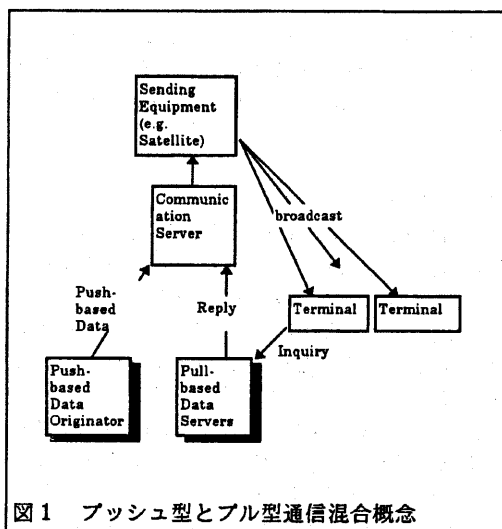


図1 プッシュ型とプル型通信混合概念

期的に端末への送信帯域より広い帯域でデータが送られてきたり、また、送信サーバでバラバラに収集したデータを一度整理してエンドユーザ向けに出力したりする。

プッシュ型通信の受信の方法は次のとおりである。データ放送がその例である。放送サーバから最新の情報が常時流されている。受信端末はこの情報を常時受信し、自己のファイルを最新情報に書き換える。エンドユーザは必要とする情報をファイルから画面に読み出すことにより、そのときの最新情報を得る。または、エンドユーザ端末から受信端末に参照要求を出し、受信端末からエンドユーザ端末に配送してデータを得る。リアルタイム入力及びバッチ入力いずれの場合も、通信サーバにデータが入力されてからエンドユーザに送信されるまでの遅延時間はできるだけ短い方がユーザが最新情報を得る確率が高い。ただし、プル型通信のような見かけ上の待ちは少ないので、一般に遅延に対して寛容である。また、ビデオや音声のようにリアルタイムで再現する必要があるデータについては、平均遅延時間は余り意味がなく、最大遅延時間でシステム設計上の要件が定まってしまう。

ここで、ここでひとつの通信モデルを想定して待ちと遅延を試算する。データの送信単位は固定長とし、その1単位をページと呼ぶこととする。通信チャンネルは1つとし、プル型通信はポアソン分布で発生させている。プッシュ型通信はバラツキは持たせず計画的に発生させ、その負荷は便宜上全て50%の場合を例としている。従ってプル型通信の部分のみを取り上げれば、M/D/1モデルとなる。この条件でシミュレーションにより求

めたものである。なお、待ちと遅延の時間の単位は1ページを送信するのに必要な時間を指しており、当該ページの送信時間は結果に含めていない

(1) リアルタイム入力混合モデル

図2の横軸はタイミングを表すものとする。図の(1)の各図形はその図形のタイミングに軸縦の長さのページ数のプル型通信要求が発生したものとする。図2の(2)は、(1)のプル型通信要求が発生しているときのプッシュ型通信とプル型通信の帯域を、時分割で分離したときの送信例である。黒はプッシュ型で負荷を50%とすると1ページおきに帯域を利用する。グレーがプル型通信で、空いている時間に通信要求ページが残っている限り、帯域を利用する。白は通信なしの時間帯である。ここで、一定の範囲(例では1ページ分)のプッシュ型通信の遅延を許容するものとする。許容範囲内であればプル型通信を優先する。許容範囲を超えそうになればプッシュ型を優先する。この場合の出力例が図2の(3)である。このとき、プル型通信の待ち時間を、プル型通信負荷10%~40%の各場合について、遅延許容時間が0~64単位(2のべき乗ごとに示す。)の各ケースについて平均待ち時間を図3に示す。帯域を分離(遅延許容時間ゼロ)した場合、プル型通信待ち時間は基本的な $M/D/1$ モデルに帰着する。しかし、プッシュ型通信の遅延の許容時間が大きくなれば、プル型通信はプッシュ型通信に優先して送信できるので待ち時間は減少する。

プル型通信の負荷が10%(合計負荷60%)の場合、プッシュ型通信の遅延許容時間が2単位以上、40%(合計負荷90%)の場合で、遅延許容時間が16単位以上あれば、プル型通信の平均待ち時間は変わらない。これはほとんどの場合においてプル型通信がプッシュ型通信に優先し、事実上帯域全てをプル型通信に使えるのに等しい状態であることを示している。

なお、プル型通信の平均待ち時間が減少する代償として、その時間分だけプッシュ型通信の遅延が増大するが、前述したとおり、ある程度まではプッシュ型通信の遅延より、プル型通信の待ち時間を減少させることが全体の利益にかなうものとなる。

(2) バッチ入力混合モデル

リアルタイム入力の場合と同様に、プッシュ型とプル型各々専用の通信帯域にと分けてしまう

場合と帯域を共用する場合とで比較する。帯域を分けた場合、プッシュ型通信においては、送信元はあるタイミングでまとめて得られたデータを、その周期の間に順次送信先に出力する。プッシュ型通信の平均遅延は周期の半分となる。帯域を共用した場合、プッシュ型通信は、もしプル型通信が少なければ前倒しで出力できることになり、平均遅延は少なくなるが、プル型通信が多ければ、周期の後半に追いやられて遅延が大きくなる。帯域共用の場合でプル型通信が発生したとき、プッシュ型通信が周期の残時間で未出力のデータを出力できる余裕が残っていればプル型を優先するが、余裕がなければプッシュ型を優先する。図2の(4)は、(1)の条件で周期4とした場合の出力例である。図の下に示している縦線はバッチ入力の周期の切れ目を示す。

プル型通信負荷10%~40%の各場合について、帯域分離のケースと周期が2~512単位(2のべき乗ごとに示す。)の各ケースについてプル型通信の平均待ち時間を図4に示す。なお、プッシュ型通信の負荷を50%としているので、各周期のプッシュ型通信出力は1~256ページである。(帯域分離の場合は、プッシュ型通信の遅延は周期の半分に固定、プル型通信の待ち時間はリアルタイム型と同じとなる。)周期が大きくなれば、リアルタイムモデルと同様に、事実上全ての帯域をプル型通信の帯域として自由に使えるので待ち時間は少なくなる。

図4に対応した条件におけるプッシュ型通信の遅延時間が、帯域分離の場合の遅延時間と比較してどのようになるかを、図5に遅延時間差異として示す。周期が大きくなるにつれ、いったん帯域分離より遅延が大きくなるが、さらに周期が大きくなれば、むしろ帯域分離の場合より遅延は小さくなる。

(3) 複数周期モデル(バッチ入力混合モデル)

プッシュ型送信データの内容によっては、内容が頻繁に変わるため、あるいは、内容は頻繁に変わらなくても、アクセス頻度が高いために送信周期を短くしなければならないデータがある。対照的に、長い周期の間に送信できれば十分というデータもある。このように異なる周期のプッシュ型送信データとプル型通信データと組み合わせるモデルについて考える。このモデルでは、出力スケジュールを簡単にするため、以下の原則でサーバは出力を行うものとする。

(a) データの種類に応じて、複数の周期を組み合

わせる。

(b) 大きい周期は小さい周期の整数倍とする。大きい周期の開始時期は小さい周期の開始時期と合わせる。

(c) 出力はブル型通信データを優先する。しかし、各周期のプッシュ型送信データが周期内に出力できる余裕がなくなりそうな場合はプッシュ型送信データを優先する。この場合、システムは各周期個別に余裕を計算するだけでなく、大きい周期の余裕にはその期限までに出力しなければならない小さい周期のプッシュ型送信データの量も計算しなければならない。

(d) 大きい周期のデータと小さい周期のデータの両方の出力要求があった場合は小さい周期のデータを優先する。

(e) データの更新間隔が大きい場合でも、更新されたデータが限られた時間に出力されるという計画であれば、小さい周期のデータとして出力されなければならない。通信サーバと受信端末で事前に合意されていれば、周期ごとのデータが必ずしも同じ種類である必要はない。

次に、表1の各パターンの条件でシミュレーシ

ョンした結果を表2に示す。すべてのケースにおいてプッシュ型通信の合計負荷は50%、ブル型通信の負荷は40%としている。表3は表2と比較するために、図4、図5からブル型通信負荷40%での単一周期におけるブル型通信待ち時間と、プッシュ型通信遅延時間を抽出したものである。ブル型通信の待ち時間は、複数周期の場合は、それぞれの最大周期のみの単一周期時間であった場合の待ち時間よりわずかに大きい、小周期のみや中周期のみの単一周期の場合の待ち時間より、はるかに小さい。また、プッシュ型通信遅延に関しては、複数周期の効率全体として単一周期の場合よりも効率が良くなっている。なお、これはそれぞれ帯域を分割した場合との比較であって、単一周期で済むものを複数周期化すれば効率が良くなることを意味するものでない。しかし、共用化するチャンネルの数が増えれば、効率的に使えるということを示している、全体としては、単一周期の場合よりも柔軟で効率的な構成がとれる。

図2の(1) ブル型の通信要求発生



図2の(2) 帯域分離例



図2の(3) リアルタイム型例



図2の(4) バッチ型例

図2 プッシュ型とブル型通信の混合例

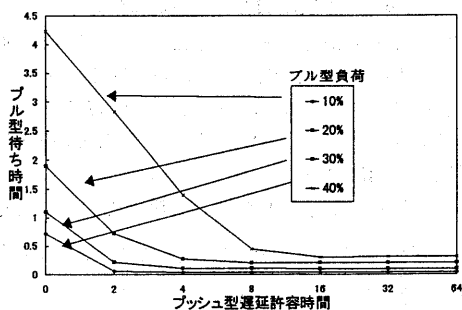


図3 リアルタイム型におけるブル型待ち時間

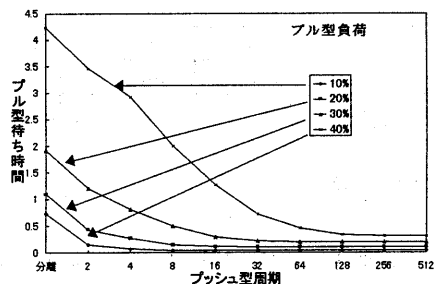


図4 バッチ型におけるブル型待ち時間

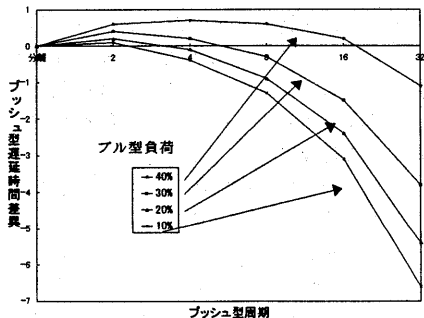


図5 バッチ型におけるプッシュ型遅延時間差異

表1 複合周期例 (プッシュ型通信ページ数/周期)

パターン	小周期	中周期	大周期
1	2/8	4/32	8/64
2	1/8	4/32	16/64
3	8/32	8/64	32/256
4	4/32	8/64	64/256

表2 複合周期時の待ち時間と遅延時間差異

パターン	ブル型 型待時間	帯域分離の場合と比較した プッシュ型通信の遅延時間の差異		
		小周期	中周期	大周期
1	0.54	-1.3	-6.4	-3.0
2	0.47	-2.1	-9.3	-1.9
3	0.32	-8.3	-10.3	-36.1
4	0.31	-11.7	-17.8	-24.6

表3 単一周期の待ち時間と遅延時間差異 (参考)

周期	8	32	64	256
待ち時間	2.00	0.71	0.46	0.31
遅延時間	0.6	-1.1	-4.0	-20.7

6. まとめ

プッシュ型通信とブル型通信の特性は以下のとおりである。放送/通信システム的设计にあたっては、与えられた要件(許容待ち時間、チャネル負荷の余裕、遅延の許容度他)と上記のような結果を配慮すれば、効率の良い放送/通信融合システムができあがる。

- ①もしシステムが、放送に代表されるプッシュ型通信と、オンデマンド通信に代表されるブル型通信を混合すれば、プッシュ型通信の通信量と到達時刻を保証しても、その揺らぎを認めたブル型通信の待ち時間は減少する。
- ②プッシュ型通信のデータが通信サーバへ逐次的に入力されるのであれば、そのシステムはリアルタイム入力モデルとなる。ブル型通信の平均待ち時間とプッシュ型通信の平均遅延時間の合計は一定であるので、ブル型通信の待ち時間を減少させることに主眼をおくならば、システムの設計者はプッシュ型通信の遅延の許容

量を大きくすべきである。またプッシュ型通信の遅延を抑えることに主眼をおくならば、その遅延の許容値を小さくすべきである。

- ③プッシュ型通信のデータがまとまった形で通信サーバに入力されるならばシステムはバッチ型モデルである。まとめる単位が大きい場合ほど、ブル型通信の待ち時間のみならず、プッシュ型通信の遅延時間も帯域分離の場合に比較して減少する。
- ④複数の周期のプッシュ型通信の出力スケジューリングが混在していても上記の特性は成立する。ここまでの研究では単一チャネルを時分割で用いるものと仮定した。受信者は目的とするデータ以外のデータは捨てなければならない。また正当な受信者以外の者には暗号化などにより解読させなくする機能が必要である。今後、複数チャネルの動的割り当て、放送や通信における中継処理、負荷 100%以上の場合を含む平均負荷の動的変動、プッシュ型通信データ長の変動、オンデマンド通信の他の待ち行列モデルなどの課題について研究する計画である。

参考文献

- [1] Tomasz Imielinski, B.R.Badrinath
"MOBILE WIRELESS COMPUTING"
COMMUNICATIONS OF THE ACM
pp18-28 1994/Vol.37 no.10
 - [2] Swarup Acharya, Rafael Alonso, Michael Franklin, Staley Zdonik
"BROADCAST DISKS: DATA FOR ASYMMETRIC COMMUNICATION ENVIRONMENT"
"MOBILE COMPUTING" CHAPTER 12
KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS
pp331-362 1996
 - [3] 青野, 渡辺, 水野 「クラスタ型モバイル通信の提案」 情報研報 Vol.97 No.MBL-1
 - [4] T.Imielinski, S.Viswanathan "WIRELESS PUBLISHING: ISSUES AND SOLUTIONS"
"MOBILE COMPUTING" CHAPTER 11
KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS
PP299-330 1996
- 田辺, 箱守, 井上 「モバイル環境における放送とオンデマンドを組み合わせた情報提供方式」
情報研報 Vol.96 No.MBL-3