

性能評価のための疑似トラフィック発生

2000MT008 浅野 美奈

2000MT018 平田 章一郎

2000MT048 横井 薫

指導教員 後藤 邦夫

1 はじめに

現在、ネットワークの性能テストツールとして traffic generator が利用されている。traffic generator はネットワークに負荷をかけるだけでなく、疑似的に環境を再現することができ、ネットワークの処理能力を測定するために使われている。しかし既存のものは、動画像の場面変化や実測値に対応するには不十分なので、正確な性能評価ができない。

そこで本研究では動画像の場面変化や実測値に注目して、より現実に近い疑似トラフィック発生を目指す。疑似トラフィックは、各動画像の圧縮と通信をモデル化したプログラムで発生する。また疑似トラフィックを評価するために動画像トラフィックを実測する。そして実測トラフィックと疑似トラフィックの比較をおこなう。さらに、動画像の圧縮方式、MPEG と H.323 の2種類のトラフィック発生を実現し、仮想ネットワーク構築の性能測定をおこなう。

なお、平田は主にトラフィックモデルとパケット分析を担当し、浅野は主に MPEG トラフィックと音声トラフィックを担当し、横井は主に NetMeeting での実測と H.263 トラフィックを担当した。

2 トラフィック

トラフィックには、テキスト・データなどの実時間性を必要としないものや、音声・動画像などの実時間性を必要とするものに分けられる。一般に音声や映像などを含むマルチメディア・アプリケーションをインターネット上で通信する場合は、既存のバースト的な通信とは全く異なったものとなる。

このため、インターネット上で相手にデータがリアルタイムに、揺らぎなく低遅延で等時性を保った通信品質を保証する手段(技術)が必要不可欠である。本研究では動画像・音声の疑似トラフィックを発生させるため、MPEG1(動画像)、H.323(H.263(動画像)、G.723(音声))の3つの動画像・音声の圧縮方式について疑似トラフィック発生を考えていく。

2.1 トラフィックモデル

文献 [1] より、動画像トラフィックのモデルはマルコフ変調ポアソン過程 (MMPP) である。連続時間マルコフ連鎖は有限である状態 i を持ち、マルコフ連鎖が状態 i にあるとき、パケットは率 λ_i のポアソン過程に従い到着する。主な音声トラフィックのモデルは断続ポアソン過程 (IPP) である。これは通話状態 (ON) と静寂 (OFF) を示す典型的なモデルであり、パケット化し

た音声会話をモデル化するのに使用できる。これをもとに MPEG1、H.263、G.723 の性質を理解し、疑似トラフィック発生方法を考える。

3 疑似トラフィック発生の準備

本研究では、他の traffic generator で利用されている MPEG トラフィックと、本研究で作成する MPEG トラフィックの比較をおこなう。NetMeeting では、実際にビデオ会議をおこない、このトラフィックをもとに動画像、音声トラフィックを作成する。この節ではこれらの準備を示す。

3.1 traffic generator

MPEG トラフィックを発生させる最も性能のよい traffic generator は DBS である。DBS の特徴は以下の通りである。

- データの送受信時刻を記録できる
- TCP、UDP のアプリケーションレベルでのスループットの時間変化を測定できる
- 複数のデータ転送が多点間のホストでできる
- 複雑なトラフィックパターンを指定できる
- MPEG などのデータ転送を疑似発生できる

3.2 NetMeeting での実測

NetMeeting は、オーディオ、ビデオ、およびデータ会議の通信が可能であり、世界中で広く用いられている H.323 準拠のアプリケーションである。H.323 とは、インターネット会議をおこなう相互接続のための国際標準であり、呼び出しなどの 1 対 1 や多地点会議の管理を含む、音声・画像通信用のプロトコルである。本研究では、実験を行う際に LAN を構築し、その LAN で送受信をおこなうのに適しているため、NetMeeting を利用した。実測手順は以下のとおりである。

1. 各ホストの間に tcpdump でトラフィックをモニタリングする PC を設置
2. Web カメラを用いて 10 分間のビデオ会議を実測
実測の種類は
 - 動きの激しい動画像
 - 動きの少ない動画像
 - 音声以上の3種類とし、音声に関しては、開始3分間は有音で、その後2分間は無音の状態としたものを2回繰り返す。
3. 実測結果をもとに各トラフィックをモデル化
4. 疑似トラフィック発生プログラムを作成

実測環境は、NetMeeting の画像フォーマットが、送受信ともに CIF(352 × 288pixel)、最大 12.5(フレーム/秒)である。Web カメラはロジクール Qcam Pro4000 を用いた。

3.3 パケット分析

RFC2190 を参照し、tcpdump で観測したパケットを分割し、その統計情報を動画像トラフィックを発生させるプログラムに応用する。まず IP パケットを、IP ヘッダ、UDP ヘッダ、ペイロードに分割し、さらにペイロードを UDP ヘッダ、H.263 ヘッダ、PictureStartCode に分割する。

まずペイロード内の RTP ヘッダを 16 進数から 2 進数に直し解析すると、H.263 であることがわかる。次に H.263 ヘッダ、PictureStartCode を 16 進数から 2 進数に直し解析すると、StartBit によって示された GOB number により GOB 数がわかる。以上の解析により、フレームの始めと終わり、1 フレームにおけるパケットの数、パケット毎の GOB 数がわかる。よって 1 フレームのバイト数の大きさにより 1 パケット毎のバイト数の平均を求め、それを本研究の動画像トラフィック発生プログラムに使用する。

4 MPEG トラフィック

MPEG で符号化した画像は I、P、B フレームの 3 つになり、MPEG の符号化はこれらのフレームの繰り返しである。フレーム、GOP、場面の順に階層が大きくなる。

4.1 プログラム

本研究では動画の場面変化を使った疑似トラフィックを発生させる。文献 [2] によると、場面変化は場面の長さで場面変動で表される。

文献 [2] にあるアルゴリズムの概要を図 1 に示す。

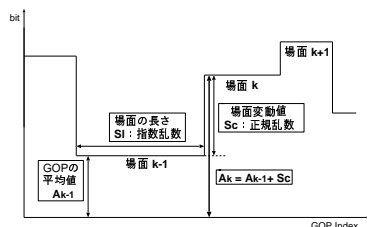


図 1: アルゴリズム説明図

まず場面の長さ S_l を指数乱数により決める。次に、その場面の全ての GOP サイズ A_k を、1 つ前の場面の GOP 平均値 A_{k-1} と場面変動 S_c の和で求める。これを場面の数 N までおこなう。文献 [2] では MPEG1 について書かれているが、5 節で述べる H.263 でも場面変化が起こると考えられるので、同様に用いる。

MPEG トラフィック発生プログラムと traffic generator の DBS の MPEG トラフィックを比較してプログラムの評価をおこなう。DBS での MPEG1 トラ

フィック発生方法は、送信側で I フレーム、P フレーム、B フレームを一定の大きさに固定し、1GOP を「IBBPBBPBBPBB」で発生させる。そして、パケットの大きさは 1024byte、送信間隔は 0.033 秒に固定し UDP プロトコルで送信する方法である。

4.2 比較

traffic generator の DBS と、作成したプログラムの MPEG トラフィックを比較する。図 2 は DBS の bps を示す。

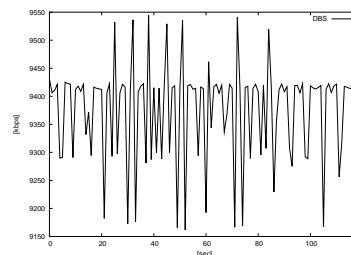


図 2: DBS の bps

次に、文献 [2] を参考にして MPEG トラフィックのパターンを表 1 の 3 種類とした。

表 1: 平均パラメータ

種類	平均 S_l [GOP]
Race	13.41
Movie	5.3
Video Conference	20.2

Movie は、Race、Video Conference より 1 場面の GOP が短いので場面の変化が激しいと考えられる。この 3 種類のトラフィックを発生し、bps を表す図を図 3、図 4、図 5 に示す。DBS と作成した 3 種類の MPEG トラフィックは、ともにほぼ平均 9300kbps となった。どちらもほぼ一定量のパケットを送信しているためだと考えられる。グラフより、DBS は一定時間間隔で場面変化が発生していることがわかる。Race は同じような場面が発生し、Movie は場面変化が頻繁に発生している。Video Conference は 1 場面が長いことがわかる。

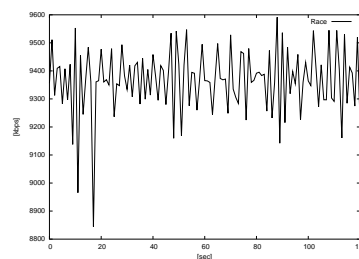


図 3: Race の bps

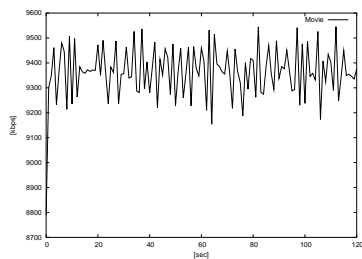


図 4: Movie の bps

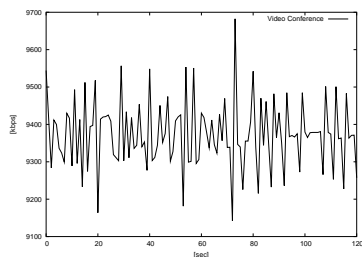


図 5: Video Conference の bps

DBS による GOP の大きさや場面変動は一定なのに対し、作成したプログラムでは乱数を使用しているので、変化させることができる。よって、さまざまな種類のパラメータを決めて発生させると、実際の MPEG トラフィックにより近似すると考えられる。

5 H.263 トラフィック

場面変化によるトラフィックの違いを見るため、動きの激しい動画と、動きの少ない動画の 2 種類の H.263 トラフィックを発生し、実測したデータをパラメータとして利用した。次にその 2 種類のトラフィックを混合させ、H.263 トラフィック発生をおこなう。

5.1 2 種類の H.263 トラフィック

H.263 トラフィックの発生は以下の手順をおこなう。以下の 1~3 の手順を繰り返した。

1. 1 フレームのバイト数をガンマ乱数に従い発生する
2. 1 フレームのバイト数を実測値に従い、いくつかのバケットに分割する
3. 1 バケット、1 フレーム毎の送信時間間隔を実測値の平均値に従い決定する

5.2 H.263 トラフィック発生

2 種類のトラフィックを複合させた H.263 トラフィック発生をおこなう。本研究では場面変化に注目した疑似トラフィックを発生させる。4.2 節と同様に、動画トラフィックのパターンを Race、Movie、Video Conference の 3 種類とした。

5.3 プログラム

図 1 より、場面変動 S_c と場面の長さ S_l のパラメータを設定する。

プログラムの流れについて、

1. トラフィックを種類 (動きの激しい動画、動きの少ない動画) に分け、場面変動 S_c を求める
2. 場面の長さ S_l を求める
3. 場面の長さ S_l まで、場面変動 S_c の発生を繰り返す

これをもとに 3 種類のトラフィックを発生させ、bps を表す図を図 6、図 7、図 8 に示す。

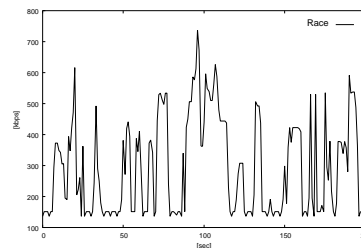


図 6: Race bps

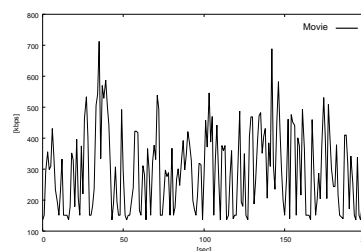


図 7: Movie bps

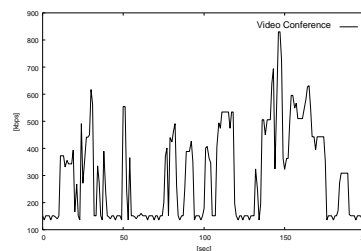


図 8: Video Conference bps

図 6、図 7、図 8 について、値が 100~200kbps 付近で変化しているのは、動きの少ない動画を流しているときである。それ以外のトラフィックは動きの激しい動画を流しているときである。

2 種類の動画トラフィックについて、作成したプログラムと実測値の比較をおこなうと、作成したプログラムは、ほぼ実測値と同じような値を得ることができた。始めは作成したプログラムの bps 値が実測値に比べ低くなってしまっていたが、usleep 関数が原因とわかり、

mysleep 関数を使用することで解決した。本研究で、実測値にもとづいた H.263 トラフィックを作成できたと考えられる。

本研究では場面変化に注目して 3 パターンのトラフィックを発生させることができた。さらにパラメータを変化させることでさまざまなパターンのトラフィックを発生させることが可能である。

6 音声トラフィック

音声は動画に比べて少ないデータ量のケットで送信される。そのデータ量と発生間隔は一定である。Net-Meeting で扱っている音声形式は G.723 である。RTP での送信形式は RFC3551 による。

6.1 プログラム

実測値と音声プログラムとを比較した結果を以下の図 9 に示す。これははじめの 3 分間は音を出している状態、次の 2 分間は音を出さない状態とした実験である。

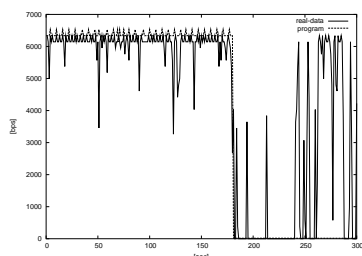


図 9: 実測値と音声プログラムの比較

ON のときは実測値、プログラムのトラフィックともに平均 6.3kbps となった。OFF のとき、実測値はトラフィックが発生し、背景雑音データを確認できる。また、実測値のグラフは ON のとき値が変動しているが、プログラムでは一定の動きになっている。これはケット処理時間が関係していると考えられる。

次に人が話している場合の音声トラフィックを発生させる。音声は有音時間 (ON) と無音時間 (OFF) の 2 状態なので IPP モデル [3] を使用する。IPP モデルで状態 ON の平均時間は $\frac{1}{q_{01}}$ 、状態 OFF の平均時間は $\frac{1}{q_{10}}$ である。これに従って以下のパラメータを求める。

- ON : 平均 $\frac{1}{q_{01}}$ の指数分布
- OFF : 平均 $\frac{1}{q_{10}}$ の指数分布

本研究では、1 つの会話中の ON、OFF しか見ないので、ON は 1 人が話しているときの時間になる。よって ON の時間を任意に 10 秒とした。これを用いて音声プログラムを作成し、その結果を図 10 に示す。ON のグラフは実測値のように小さく変動するがほぼ一定の値になる。これは一定ケットを送信しているためである。OFF は空のケットを送信するので 0 となる。また ON と OFF がはっきりと区別されている。実測トラ

フィックにより近いトラフィックを発生させるためには、ケット処理時間と背景雑音を考慮する必要があると考えられる。

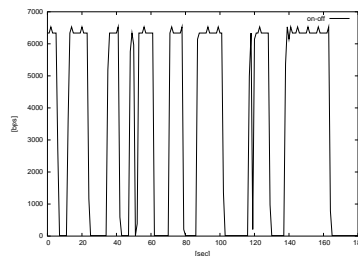


図 10: ON-OFF トラフィック

7 おわりに

本研究では動画像、音声の疑似トラフィックを発生させた。MPEG トラフィックは変動のある場面変化を発生させることができ、DBS に比べてより現実に近い MPEG トラフィックを模倣することができた。またトラフィックパターンの違いを表すことができた。今後の課題は実際の MPEG トラフィックとの比較、実測値にもとづいたパラメータの設定である。

H.263 トラフィックは場面変化を発生すること、トラフィックパターンの違いを表すこと、実測値に近い H.263 トラフィックを模倣することができた。今後の課題は traffic generator との比較、別のトラフィックパターンの発生である。

G.723 トラフィックは実測値にもとづいた発生、ON-OFF モデルを発生させることができた。今後の課題は ON 時間のパラメータ設定、実際の ON-OFF のトラフィックとの比較である。

本研究で作成した疑似トラフィック発生プログラムは以下の使い道がある。

- 混雑したネットワークをつくる
- ネットワークの混雑具合を調べる
- 混雑したネットワークで、動画像、音声を流した時にどうなるかがわかる

今回は仮想ネットワークのケット損失、遅延の実験として使用した。これにより本研究の疑似トラフィック利用価値が証明できた。今後は上記の実験でネットワークの性能評価を実現できる。

参考文献

- [1] Robertazzi G. T, "Computer Networks And Systems", Springer-Verlag, 2000.
- [2] Mashat A. and Kara M. "Performance Evaluation of a Scene-Based Model for VBR MPEG Traffic", System Performance Evaluation, pp.123-142, 2000.
- [3] 秋丸 春夫, 情報通信トラヒック, 電気通信協会, 2000.