

LL-011

## ジッタおよびパケットロスによる DF 値への影響

## An Influence on DF Value induced by Jitter and Packet Loss

渡邊岳彦 伊藤智子 中村誠 小河原成哲  
 Takehiko Watanabe Tomoko Ito Makoto Nakamura Masanori Ogawara

エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社 研究開発部

NTT COMWARE CORPORATION. Research and Development Department.

## 1. はじめに

近年、映像のストリーミング配信がインターネットだけでなく帯域が管理されたネットワーク(NW)でも提供されるようになり、伝送品質管理が重要な課題となってきた。そのためストリーミングの伝送品質評価基準により NW の品質を監視することが求められている。

伝送品質評価基準として様々な基準が提案されているが、我々は RFC4445[1]に提案されている Media Delivery Index (MDI)に着目し、これまで可変メディアレートへの対応手法や端末バッファを考慮した評価基準を検討してきた[2-3]。MDI は伝送されたパケット状態を測定し、ジッタやパケットロスの情報から DF (Delay Factor)や MLR (Media Loss Rate)を算出するもので、計算量が少なくペイロードの状態を考慮しないため、映像だけでなく音声へも適用でき、監視用途に適していると考えている。

本稿では、伝送路の状態と DF 値の関係を明らかにするため、NW で起こるジッタおよびパケットロスを擬似し、伝送品質として DF 値にどのような影響が現れるのかを明らかにしたので報告する。

## 2. DF 値の計算

NW 上で起こる伝送パケットの擾乱要因は、パケットロスとジッタが挙げられる。パケットロスは音声や映像へ直接影響を及ぼし、ジッタは受信端でパケットの過不足が生じ、音声や映像の再生に影響を及ぼすことがある。MDI ではパケットロスを MLR として算出し、ジッタは DF 値として算出する。監視用途としてはパケットロスだけでなくジッタも重要と考える。今回はジッタの影響を中心に確認するため DF 値に着目した。RFC4445 における DF 値の定義と算出方法は次の通りである。

NW 上に仮想的なバッファがあると仮定すると、あるパケット到着時の VB(Virtual Buffer)値は、

$$VB = (\text{パケット到着総容量}) - (\text{パケット排出総容量})$$

と定義される。この時、パケット到着時刻とメディアレート(MR)から、i 番目に到着したパケット P(i)の VB 値は、

$$VB(i, \text{pre}) = \text{sum}(S(i-1)) - \text{MR} \times T(i)$$

$$VB(i, \text{post}) = VB(i, \text{pre}) + S(i)$$

VB(i,pre), VB(i,post) : P(i)到着直前,直後の VB 値[byte]

S(i) : P(i)のパケットサイズ[byte]

sum(S(i)) : P(0)~P(i)までのパケット到着総容量[byte]

T(i) : P(i)の到着時刻 - P(0)の到着時刻[秒]

MR : メディアレート[byte/秒]

となる。DF 値は受信端における単位時間(通常 1 秒)当たりの必要最大バッファ時間に相当するため、DF 値は、

$$DF = [VB(\text{max}) - VB(\text{min})] + MR$$

VB(max), VB(min) : 単位時間内の VB 最大値、最小値

として算出される。

図 1 は、仮想バッファに到着/排出されるパケットの容量の変化を模式的に表わしている。VB 値の初期値は 0 とし、パケット到着時に VB 値が高くなる。パケット排出時は一定の MR で仮想バッファから排出されるため、同一の傾きで VB 値が減少する。

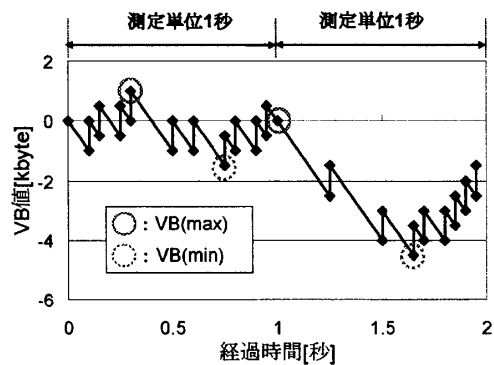


図 1 VB 値の変動

## 3. DF 値測定

## 3.1. 測定環境と測定方法

映像を NW 上に流した時の環境を模擬するため、図 2 に示す測定環境で DF 値を測定した。映像配信部より送信する映像パケットは IP マルチキャストで配信し、最終的に映像受信 PC の VLC media player で受信再生される。今回の測定は、DF 値への影響を確認するため、理論値と比較しやすい設定値で実施した。

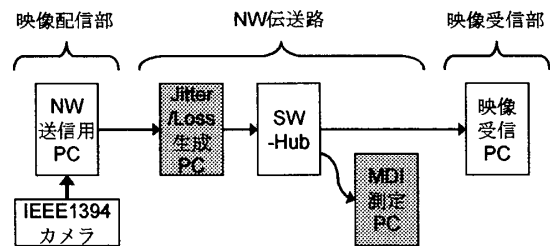


図 2 測定環境

## ①映像配信部

- IEEE1394 カメラ : 映像を取り込んで MPEG2-TS (20Mbps)で NW 送信用 PC へ送信する
- NW 送信用 PC : NW へ送信するため動画画像伝送ツール Robst(hdsend)[4]を用いて IEEE1394 カメラより映像を取り込んで IP マルチキャストで送信する

## ②NW 伝送路

- Jitter/Loss 生成 PC : 試作した Jitter/Loss 生成アプ

- リケーションによりジッタおよびロスを発生する
- ・SW-Hub : switch等のNW伝送機器によりNW伝送路を構築する
- ・MDI測定PC : 試作したMDI測定用アプリケーションによりNW伝送路におけるDF値を測定する

③映像受信部

- ・映像受信PC : 映像再生ソフト(VLC media player[5])により映像を受信する

図2のNW伝送路において、ジッタおよびパケットロスを生成し、以下の2つの方法で測定を行なった。

(1)DF値の測定

MDI測定用PCのMDI測定用アプリケーションでは、1パケット毎のパケットサイズは固定とし、パケット到着間隔を計測し、2項で説明したRFC4445の算出方法に基づきDF値を出力する。そして、一つの設定条件に対する出力結果の中から最大値となるDF値を抽出し記録した。

(2)VLCのキャッシュサイズの測定

DF値測定の映像確認で、映像がフリーズする現象が起きる場合がある。これは、映像受信PCのVLC media playerのデフォルトキャッシュサイズ(300[msec])が不足しフレームロスが起こっているからである。そこで、フレームロスが解消されるまでキャッシュサイズを増加させ同時に記録した。

3.2. ジッタおよびパケットロスの生成と設定値

NWの状態を模擬するためのJitter/Loss生成PCは2枚のNWインタフェースを持ち、送受信を分けている。Jitter/Loss生成アプリケーションは、映像配信部より1300[byte]のRTPパケットを1900[packet/秒]で受信時に選択的にパケットを破棄してパケットロスを生成し、また送信時にタイミングを遅らせてジッタを生成(パケット間隔を調整)するものである。ジッタ生成後は出来るだけ早く元のMRで送信するようにバースト的にパケットを送出する仕様となっている。

(1)ジッタ生成

ジッタ生成時のパケット送信タイミングは、パケット数とパケット間隔を調整することで実現する。今回の測定では、理論値と比較するため、表1のようにパケット数とパケット間隔の積を1秒となるように設定した。

表1 パケット数とパケット間隔設定値

パケット間隔[msec]	1	5	10	50	100	500	1000
パケット数[個]	1000	200	100	20	10	2	1

ジッタ生成間隔 = 3[sec]、映像レート = 20[Mbps]

(2)パケットロス生成

パケットロスが発生すると、パケット間隔が空くことにより受信側ではそれがジッタとして認識され、DF値に影響を与える。そこでパケットロスによるDF値の影響についても考慮する必要がある。ロス数の設定値は表2に示す。今回パケットロスの生成パターン(ランダム、バースト)の違いによりDF値を比較するため、1秒当たりのロ

ス数をランダムロスとバーストロスで同一となるように設定した。バーストロスにおけるパケットロスの発生間隔は200[msec]で設定した。

表2 パケットロス数設定値

パケットロス割合[%]	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
パケットロス数[個]	2	9	19	94	188	376	564	752	940

映像レート = 20[Mbps]

3.3. 測定結果

(1)ジッタによるDF値測定結果

ジッタによるDF値とVLCのキャッシュサイズの測定結果を図3に示す。測定値および理論値ともにパケット間隔が大きくなるとDF値が大きくなる傾向にあることが分かる。理論値は、ジッタ生成時の設定値であるパケット間隔とパケット数の組とMRが20[Mbps]で測定単位時間を1秒とした条件で、DF値を算出した値である。また、VLCのキャッシュサイズは、測定したDF値より0.05~0.1[sec]程度低い値で測定値同様の傾向が見受けられる。

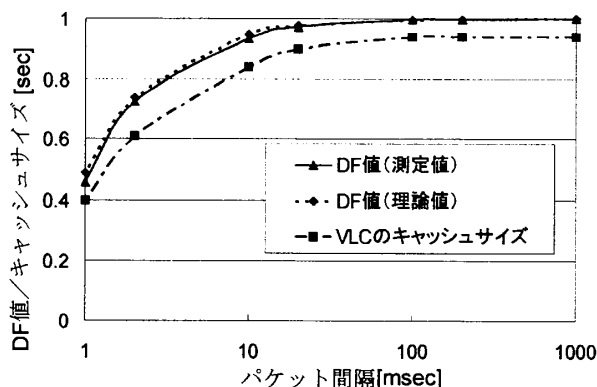


図3 ジッタ設定時のパケット間隔に対するDF値

(2)パケットロスによるDF値測定結果

パケットロスによるDF値の測定結果を図4に示す。ランダムロスにおけるDF値は、ロス数940[個]の時DF値0.52[sec]の時点まで直線的にロス数に比例して増加している。バーストロスにおいては、多少のパラッキがあるがランダムロスに重なるようにロス数に比例してDF値が増加しているのが分かる。

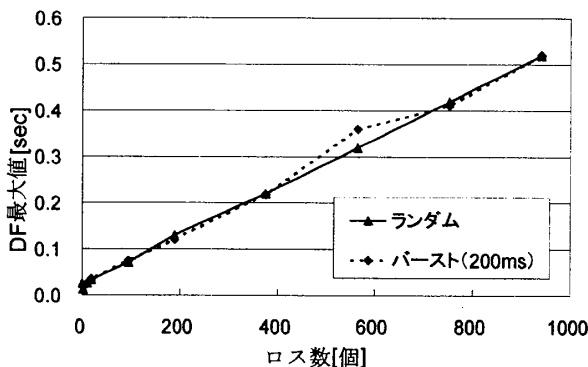


図4 パケットロスに対するDF値

4. 考察

ジッタによる MR の変動と DF 値の関係について検討した。Jitter/Loss 生成アプリケーションはジッタの発生間隔を 3 秒とし、最初の 1 秒で目的のジッタを生成させ、残りの 2 秒で MR の急激な変化を吸収するような MR の変動がある(図 5)。そのため DF 値の測定とジッタ生成のずれで DF 値が異なる可能性がある。DF 値の測定パターン(PT)として 6 通りが考えられる。測定パターン毎の DF 値の理論値を表 3 に示す。

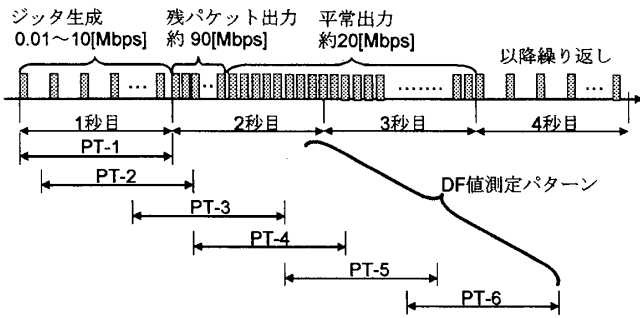


図 5 MR の変化と DF 値測定パターン

表 3 DF 値測定パターン毎の理論値

パケット 間隔[msec]	PT-1	PT-2	PT-3	PT-4	PT-5	PT-6
1	0.47	0.44	0.30	0.15	0.01	0.38
10	0.94	0.82	0.74	0.37	0.02	0.48

本実験環境で測定単位時間を 1 秒とした場合は、生成されたジッタと同じ PT-1 の時に DF 値が最大となっていることが分かる。また図 3 の測定結果でも測定値と理論値がよく一致している。PT-2~4 においては、MR の変動による VB 値の変化が、測定単位時間が 1 秒であることによって平均化され、DF 値として大きくなっていないと考えられる。

一方、この時 VLC media player でフレームロスを解消するキャッシュサイズを記録したが、この値より測定した DF 値の方が 0.05~0.1 程度常に高い。つまり、同じジッタであれば、映像再生時のキャッシュサイズよりも測定される DF 値の方が大きい数値となるため、監視のための評価基準として機能すると考えられる。

パケットロスによる DF 値測定では、パケットロスの発生パターンにより違いはほとんどなかった。つまり DF 値としてはパケットのロス数のみ影響することを示している。図 6 にパケットロスの発生パターンによる VB 値の変化を示す。

今回の測定では映像配信のパケットの発生間隔及びパケットサイズは同一であるため、定常状態の時は VB 値の最大値・最小値の変動はない。パケットロスが発生した場合は、パケットロス数だけ VB 値が減少し、その他の部分では定常状態と言えるため、パケットロスの発生パターンに係わらず VB 値の最小値は同じとなる。つまりパケットロスの発生パターンによる DF 値の違いはないことが分かった。

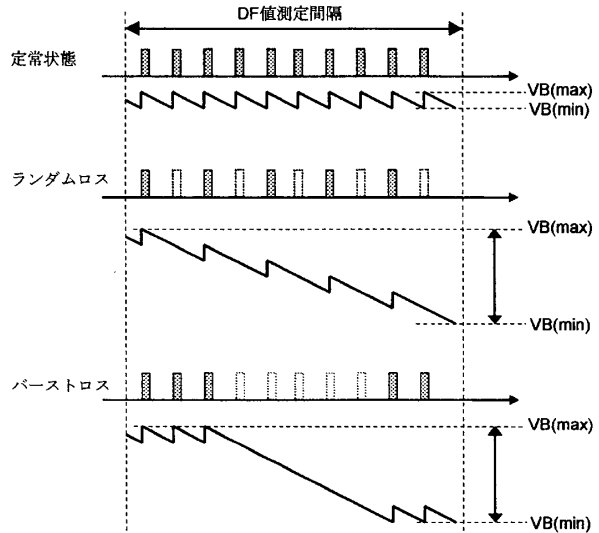


図 6 パケットロスの発生パターンによる VB 値の変動

パケットロスによる DF 値の測定では、理論値に比べてやや高い DF 値が測定された(表 4)。これは Jitter/Loss 生成アプリケーションでジッタを引き起こさなくても起こるジッタによるものと考えられる。

パケットロスに起因する DF 値の増加量は計算によって求めることができるため、MDI で同時に MLR を測定することで、ジッタのみに起因する DF 値を推測することが出来ることを意味する。様々なジッタ発生パターン、ジッタ発生時間での DF 値をあらかじめ測定しておくことで、NW のジッタの状態を推測できる可能性があると考えられる。

表 4 パケットロスによる DF 値と理論値の比較

ロス数	2	9	19	94	188	376	564	752	940
理論値	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
測定値	0.013	0.026	0.033	0.071	0.13	0.22	0.32	0.42	0.52

5. まとめ

本稿では、NW で起こるジッタおよびパケットロスが伝送品質としての DF 値にどのような影響を与えるかについて測定し検討を行った。DF 値と映像再生のためのキャッシュサイズを比較することにより、DF 値は監視のための評価基準として機能することを確認した。またパケットロスによる DF 値は理論値とほぼ同じであったことから、MLR を同時に測定することにより、パケットロスによる DF 値の増分を推定でき、それにより NW のジッタの状態を推測できる可能性があることを示した。

参考文献

[1]RFC4445 <http://www.ietf.org/rfc/rfc4445.txt>  
 [2]可変メディアレートに対応した映像伝送品質測定方法の提案 中村ら,2007年,電子情報通信学会 総合大会  
 [3]映像受信機のバッファを考慮した映像伝送品質測定方法の提案 伊藤ら,2007年,電子情報通信学会 総合大会  
 [4]広島大学情報メディアセンター <http://net.ipc.hiroshima-u.ac.jp/robst/>  
 [5]VLC media player <http://videolan.org>