ポリコムの Lost Packet Recovery (LPR) 機能

Wainhouse Research による評価

This document has been translated from English into Japanese by KBS Translation.
Although this translation was conducted with Wainhouse Research's approval, Wainhouse Research has not verified and is not to be held responsible for the accuracy of the translation.

この文書は、Wainhouse Research の承認のもと、ポリコムジャパン株式会社によって英語から日本語に翻訳されたものです。ただし、その翻訳内容について、Wainhouse Research は検証をしておらず、その誤りについては一切責任を負いません。

ポリコムの Lost Packet Recovery (LPR) 機能

2008 年 1 月

Wainhouse Research
Polycom

目次

概要 1
パケットロスとは 2
パケットロスの原因 2
パケットロスによる IP ビデオ会議への影響 2
LPR とは 3
LPR の特長 3
LPRの動作 4
Lost Packet Recovery (LPR) 4
Polycom Dynamic Bandwidth Allocation (DBA) 5
Polycom Video Error Concealment (PVEC) 5
LPR と他のパケットロス補正アルゴリズムとの違い 5
LPR のマイナス面 6
LPR 機能に対応したビデオ会議システム 6
ポリコム独自の技術 6
試験 1: 標準のビデオ通話試験 8
試験 2: H.239 / デュアルストリーム試験 10
結論 12
Wainhouse Research について 13
著者について 13
ポリコムについて 13

図の一覧

図 1: LPR 処理のフロー図 4
図 2: LPR 試験環境 7
図 3: 1472kbps のビデオ通話におけるパケットロスの影響 9
図 4: 5% のパケットロスを発生させた場合の 384 kbps 通話における画面表示 (LPR を使用した場合と使用しなかった場合) 10
図 5: 5% のパケットロスを発生させた場合の H.239 通話における画面表示 (LPR を使用した場合と使用しなかった場合) 11

概要

IP ビデオ通話では、わずかなネットワークエラーやパケットロスが発生した場合でも通話の音声や映像に大きな影響をもたらします。このため、パケットロスが頻繁に発生する IP ネットワーク上でいかにビデオ通話の品質を確保するかということが、1990 年代の後半に IP ビデオ会議が登場した当初から大きな課題でした。また最近では、加入者の多い安価な共有回線 (DSL、ケーブル、衛星、大量のトラフィックが発生する LAN や WAN、公衆インターネットなど) の利用が増えているとともに、(高い映像解像度を使用するために) より高速な通話速度が使用されているため、パケットロスの問題はますます重大になってきています。

2007 年度の第 4 四半期に Wainhouse Research (WR) は、新しくリリースされたポリコムの LPR 機能 (Lost Packet Recovery、パケットロス発生時の映像・音声補正機能) の性能の評価をポリコムから依頼されました。LPR は、ポリコムの HDX ビデオ会議システムに搭載されている機能の 1 つであり、通話帯域の一部を Forward Error Correction (FEC、順方向誤り訂正) のために一時的に割り当てて、パケットロスの影響を抑えることによって IP ビデオ通話の品質を確保するアルゴリズムです。LPR は、通話速度を少し落として品質をある程度確保したビデオ通話を提供するほうが、ビデオ通話の途中で映像や音声が遮断されたり、フリーズしたり、途切れるよりもユーザーにとって望ましいという考えに基づいています。

Wainhouse Research では、ポリコムの LPR 機能を評価するために、現在市場で提供されているさまざまなビデオ会議システムに搭載されているネットワークエラー補正機能を調査し、分析しました。また、Wainhouse Research の米国アトランタの研究所に数種類のビデオ会議システムを設置し、それらのシステム上で、異なるパケットロス条件におけるビデオ通話を試験し、結果を分析しました。これらの試験によって、さまざまな条件において発生するパケットロスの影響を軽減するための各システムの機能の効果を評価しました。

LPR は、パケットロスによるビデオ通話品質への影響を軽減するのに非常に効果的である。

Wainhouse Research は、異なるビデオ会議システムの間で数百回ものビデオ通話試験を実施した結果、LPR がパケットロス (特にランダムまたはバースト的なパケットロス) によるビデオ通話品質への影響を軽減するのに非常に効果的であると評価しました。現在 LPR は、ポリコムの HDX シリーズシステムのみに搭載されていますが、ポリコムは今後 VSX シリーズ、RMX シリーズ、および RSS シリーズにも同機能を搭載する予定です。

LPR の主な特長は次のとおりです。

1) LPR は、パケットロスが 5% 以下の場合に特に優れた性能を発揮するため、ほとんどのネットワーク環境に適しています。
2) 現在市場で提供されているビデオ会議システムのほとんどには、パケットロス・エラー補正機能が搭載されていますが、その中でも Forward Error Correction (FEC、順方向誤り訂正) を使用して失われたデータを復元するエラー補正技術は、ポリコムの LPR を含めて 2 つしか存在しません。
3) LPR の、他の補正機能にはない最大の特徴の 1 つは、音声、映像、コンテンツ/H.239 チャネルといったビデオ通話のすべての要素へのパケットロスの影響を軽減できることです。

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

パケットロスとは

パケットロスは、送信された 1 つ以上の (データの) パケットが宛先に到着しないこと[※1] を言い、通常はパーセントで表されます。たとえば、10% のパケットロスとは、一定時間において送信されたパケットのうちの 10% が宛先に到着しなかったことを意味します。

パケットロスの原因

パケットロスは、内部ネットワーク (会社の LAN) または外部ネットワーク (会社の WAN またはネットワークプロバイダのコアネットワーク) におけるさまざまな問題によって発生します。以下にパケットロスの具体的な原因を示します。

- ネットワークの混雑 (高い使用量、高い加入者数、通信キャリア間のハンドオーバー)
- 優先度の高いトラフィックがあるため、優先度の低いトラフィックが送信されないこと
- ネットワーク機器の問題 (スイッチ、ルータなどの障害)
- 設定や構成の問題 (10/100 Mbps の設定の不一致、重複した IP アドレスの使用など)
- ビデオ会議システムの問題
- ネットワーク配線の問題 (ケーブルの配線や接続などの問題)

パケットロスによる IP ビデオ会議への影響

パケットロスは IP ビデオ通話に以下を含むさまざまな影響をもたらします。

- 映像品質への影響
  - 映像のタイリングまたはブロッキング
  - 映像の部分的な歪み (画像の一部が不鮮明になること)
  - 映像のみだれ
  - 頻繁な画面のリフレッシュやちらつき
  - リップシンクの問題
  - フレームレートの低下
  - 映像のフリーズ
- 音声品質への影響
  - 音声の歪み
  - 音声の途切れ、ノイズ
  - 音声の停止
- コンテンツやプレゼンテーションの表示品質への影響
  - スライド表示がぼやけたり、歪んだりする
  - ページの切り替え、画面表示の更新が遅くなる
  - 画像のフリーズ

また、パケットロスによって長い待ち時間 (遅延) が発生したり、通話が切断されたりすることもあります。

※1 出典:『Searchnetworking.com Definitions』(WhatIs.com)

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

パケットロスが IP ビデオ通話にもたらす影響は、以下を含むいくつかの要素によって異なります。

- パケットロス率
- パケットロスの時間分布
- ビデオ通話を接続している端末・機器の処理能力

当然のことながら、パケットロス率が高いほど、ビデオ会議セッションへの影響は大きくなります。

LPR とは

LPR (Lost Packet Recovery) は、ポリコムによって最近リリースされたアルゴリズムであり、ネットワークで発生するパケットロスによる IP ビデオ通話への影響を軽減するように設計されています。LPR では、Forward Error Correction (FEC、順方向誤り訂正) というエラー訂正技術を使用します。FEC では、送信側のシステムによって送信データストリームに冗長データが付加され、送信されます。そのため、受信側のシステムでは、一部のデータが到着しなかった場合、送信側にデータの再送を要求することなく、冗長データを使用してエラーを検出し、訂正することができます。FEC は、ネットワークにおけるデータの伝送を待たずにエラーを修復することを可能にするため、テレビ放送やボイスオーバー IP (VoIP)、IP ビデオ会議などのリアルタイム通信に特に適しています。

LPR の特長

LPR には、以下の 5 つの重要な特長があります。

1) パケットロスによる影響の軽減

   LPR を使用することによって、ユーザーは、(DSL、ケーブル、衛星、大量のトラフィックが発生する LAN や WAN など) パケットロスが頻繁に発生する IP ネットワークにおいて、パケットロスの影響を受けずに高品質なビデオ通話を行うことができます。

2) 一時的なネットワーク障害の回避

   ビデオ通話中に一時的なネットワーク障害が発生した場合、LPR によってビデオ通話の速度が自動的に調整されるため、障害による影響を回避することができます。また、ネットワークが回復すると、LPR によって、(最初に設定された通話速度や現在利用可能な帯域などの条件に基づいて) 設定可能な最も高い速度に自動的に再調整されます。

3) 待ち時間・遅延の低減

   LPR を使用した場合、受信側のシステムにおいて、失われたデータをリアルタイムで再構築し復元することが可能になるため、データの喪失、遅延、順番の入れ替わりなどが発生した場合に、データの到着を待つ必要が無くなります。その結果、ジッターバッファが小さくなり、遅延が低減されます。

4) リソースの効率的な使用

   LPR を使用することによって、利用可能な帯域をすべてビデオ通話に自動的に割り当てることが可能になります。ユーザーが必要な通話速度を設定して通話を接続すると、利用可能なすべての帯域を使用するように LPR によって自動的に通話速度が調整されます。この機能は、共有回線や混雑したネットワークなど、利用可能な帯域が変動するネットワークを介して通話を接続する場合に特に有用です。

5) 全メディアの保護

   LPR は、音声、映像、コンテンツといったビデオ会議通話のすべての要素へのパケットロスの影響を軽減します。

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

LPRの動作

ポリコムのビデオ会議システムでは、接続中のすべての通話がモニタされ、受信パケットのロスが検出されます。パケットロスが検出された場合、ビデオ会議システムでは、Lost Packet Recovery (LPR) 機能と Dynamic Bandwidth Allocation (DBA、帯域の動的な調整) 機能によってビデオ通話の影響が軽減されます。LPR がサポートされていないビデオ会議システムでは、Polycom Video Error Concealment (PVEC、映像補正機能) が使用されます。

Lost Packet Recovery (LPR)

ポリコムの独自の PVEC 機能を含むほとんどのエラー補正・回避アルゴリズムは、パケットを受信する側のシステム (以下「受信システム」と呼ぶ) のみに適用されますが、LPR は、送信側と受信側の両方のシステムに適用されます。

下記のフロー図に示すように、LPR では、通話帯域の一部が一時的にデータチャネル (本文書では「FEC チャネル」と呼ぶ) に割り当てられ、そのデータチャネルを使用して受信システムに FEC データが送信されます。LPR では、反復処理によって FEC データチャネルの容量が増減され、失われたすべてのパケットを受信システム側で復元するために必要な最小帯域が FEC データチャネルに割り当てられます。

FEC が使用されている間は (すなわち、FEC データチャネルの帯域が 0 kbps を上回っている間は)、より多くの帯域を通話の音声、映像、コンテンツデータに使用するために FEC データチャネルの帯域を減らすことができないかどうか、システムの間で繰り返し確認されます。このため、パケットロスが検出された場合のみ、LPR のために帯域が使用されます。したがって、LPR は、インターネットのように、ランダムまたはバースト的なパケットロスが発生する環境に特に適しています。

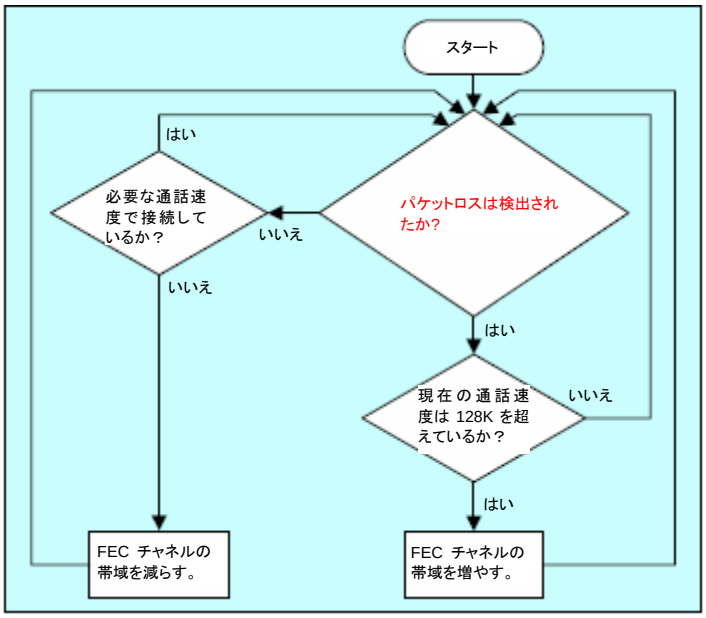


図 1: LPR 処理のフロー図

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

Polycom Dynamic Bandwidth Allocation (DBA)

パケットロスが継続的に発生する環境や条件下では、LPR とあわせてポリコムの Dynamic Bandwidth Allocation (DBA) 機能が使用されます。 DBA は、ビデオ通話中に映像のビットレートを自動的に、かつ動的に調整することによってパケットロスを防ぐアルゴリズムです。

たとえば、384 kbps のビデオ通話 (映像のビットレートが 320 kbps で、音声のビットレートが 64 kbps) で 10% のパケットロスが継続的に検出された場合、DBA によって 映像のビットレートが約 10%、320 kbps から 288 kbps 程度に下げられます。その後、パケットロスが引き続き発生しているかどうかを確認するために再度信号が測定されます。必要な場合は、パケットロスが数秒間検出されないようになるまで、DBA によって映像ビットレートがさらに下げられます。

映像のビットレートが下げられた後、DBA によってパケットロスが一時的なものであったことが確認された場合 (パケットロスが数秒間のみ発生していた場合)、DBA によって映像のビットレートが徐々に上げられます。一方、映像のビットレートが下げられた後に、DBA によってパケットロスが引き続き検出された場合、映像のビットレートはそれ以上調整されず、そのままの状態で通話が維持されます。上記のような特徴があるため、DBA は、ネットワークの使用量が高い場合またはスループットに問題がある場合に発生するパケットロスを軽減するのに特に適しています。

Polycom Video Error Concealment (PVEC)

通話中のシステムのいずれかで LPR がサポートされていない場合はポリコムの Video Error Concealment 機能 (PVEC、映像補正機能) が使用されます。PVEC は IP ビデオの Quality of Service (QoS) を確保するためのアルゴリズムであり、隣接するマクロブロックや前後の映像フレームなどのパケット情報を使用して現在の映像フレームのコンテンツを予想することによって、パケットロスの影響を補正します。PVEC は、失われたパケットを復元する LPR やパケットロスを防ぐ DBA 機能とは異なっており、パケットロスの影響を補正する仕組みになっています。

LPR と他のパケットロス補正アルゴリズムとの違い

LPR は、他のパケットロス補正アルゴリズムとは異なる以下の 3 つの特徴を持っています。

1) パケットロスの補正ではなくパケットの復元

   他のほとんどのソリューションは、パケットロスの影響を隠すような仕組みになっているか (エラー補正機能)、または映像のビットレートを下げることによってパケットロスを防止する仕組みになっています (ダウンスピーディング機能)。一方、LPR は、失われたデータパケットを実際に復元する仕組みを持っており、さらに高度な技術であると言えます。

2) 自動回復機能

   ほとんどの競合ソリューションには、パケットロスの影響を防ぐまたは軽減するためにビットレートを下げる機能が含まれていますが、パケットロスが解消された際にビットレートを元に戻す機能はありません。一方、LPR では、パケットロスが解消された際に、ビットレートが元の値に戻されます。

3) 通話全体への適用

   ほとんどの競合システムのエラー補正機能は、ビデオチャネルのみに適用されますが、LPR は、ビデオ通話の全要素 (音声、映像、およびコンテンツ) に適用されます。

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

LPR のマイナス面

LPR の基本概念は、パケットロスによるビデオ通話への大きな影響を防ぐために許容できる範囲で他の条件を受け入れるということです。下記に LPR を使用した場合のトレードオフを示しますが、Wainhouse Research で試験を行った結果、ほとんどの通話状況において、これらはあまり影響を及ぼさないことが明らかになりました。

1) 帯域の減少

   LPR を使用した場合、FEC チャネルに帯域が割り当てられるため、その分ビデオ通話で利用可能な帯域が少なくなります。このため、低帯域 (384 kbps 以下) の接続では、フレームレートまたは映像の解像度が一時的に低下することがあります。

2) 待ち時間の増加

   LPR を使用した場合、送信システムでは、FEC チャネルを処理するための計算が完了してから、音声、映像、およびコンテンツデータの送信が行われます。また、受信システムでは、FEC チャネルの受信データを処理し、必要なパケット復元処理を実行する必要があります。したがって、状況によっては、ビデオ通話の待ち時間が数ミリ秒長くなる場合があります。しかしながら、LPR を使用した場合、受信システムにおいて、受信データの遅れや失われたデータの再送を待つ必要がなくなるので、通話の待ち時間が短縮されることもあります。

3) 処理負荷の増加

   ビデオ通話に参加するシステムには、LPR を処理するための負荷が加わります。しかし、最近のビデオ会議システムには十分な処理能力があるため、この負荷は特に問題になりません。

Wainhouse Research は、LPR を使用しなかった場合のビデオ通話への影響 (映像や音声の問題が頻繁に発生し、十分に機能しないビデオ通話になるなど) を考慮すると、ほとんどの状況においては、上記のトレードオフを受け入れて LPR を使用することを推奨します。

LPR 機能に対応したビデオ会議システム

現在、LPR 機能は、すべての Polycom HDX ビデオ会議システムおよびポリコムの RealPresence Experience (RPX) や Telepresence Experience (TPX) ソリューションなど、HDX システムをベースにしたすべてのソリューションでサポートされています。ポリコムは、2008 年の第 2 四半期までに VSX シリーズのすべての製品および RSS 2000 ビデオキャプチャシステムに LPR 機能を搭載することを予定しています。さらにそのすぐ後、RMX 2000 への LPR 機能の搭載も予定しています。各システムに LPR 機能が搭載されれば、LPR 機能に対応した異なるシステム間 (たとえば、HDX システムと VSX システム)のビデオ通話でも LPR 機能を適用することが可能になります。

ポリコム独自の技術

現時点では、LPR は、ポリコム独自の技術であり、ポリコムの製品のみでサポートされています。しかし、今後ポリコムは LPR 技術を IETF や ITU などの規格団体に提出する予定です。

すべてのコーデックに対応

LPR 機能は、通信・データパケットレベルで実装されているため、特定のコーデックに依存しません。LPR 機能は、H.264、H.263、G.722、G.722.1C/Siren14 といったビデオ通話で一般的に使用されるコーデック、さらには、業界ですでに検討されている H.265 ビデオプロトコルといった将来提供されるコーデックにも使用できます。

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

Wainhouse Research による LPR の評価

Wainhouse Research では、LPR を評価するために、まずネットワークエラー補正システムの基本要件を以下のとおり定義しました。

基本機能

- 一般的なネットワークでパケットロスが発生した場合でも、ビデオ会議システムが使用に耐えられること
- 継続的なパケットロスおよびランダム・バースト的なパケットロスの両方に対応すること
- ビデオ会議セッションのすべてのメディア要素 (映像、音声、コンテンツ) へのパケットロスの影響を軽減すること
- 音声ストリームの品質を映像ストリームに優先して確保すること

実装・実行方法

- 自動的に稼動し、ユーザーが機能をオンまたはオフにする必要がないこと
- システム全体の性能に影響を与えずに動作し、他の機能 (サポートされている映像解像度やメディアの暗号化など) を無効にせずに使用できること
- 状況ごとに適切な補正機能 (ダウンスピーディング、FEC、エラー補正など) が適用されること
- 可能な場合は (たとえば、パケットロスが解消された場合)、通話 (ビットレート、映像解像度など)を元の状態に自動的に戻すこと
- ビデオ会議システムが使用に耐えられない場合は処理を中止し、通話をそのままの状態にすること
- 特定のコーデックやシステムに依存しないこと

以下で説明するように、Wainhouse Research の調査では、LPR 機能が上記のすべての要件を満たしているだけではなく、ほとんどの要件を上回っていることが明らかになりました。

Wainhouse Research の米国アトランタの研究所では、LPR の性能を評価するために、製造会社が異なる数種類の SD および HD ビデオ会議システムを設置し、Wainhouse Research の LAN を介して同機種システム間 (たとえば、1 台の Polycom HDX システムからもう 1 台の Polycom HDX システムへ) の通話試験が実施されました。

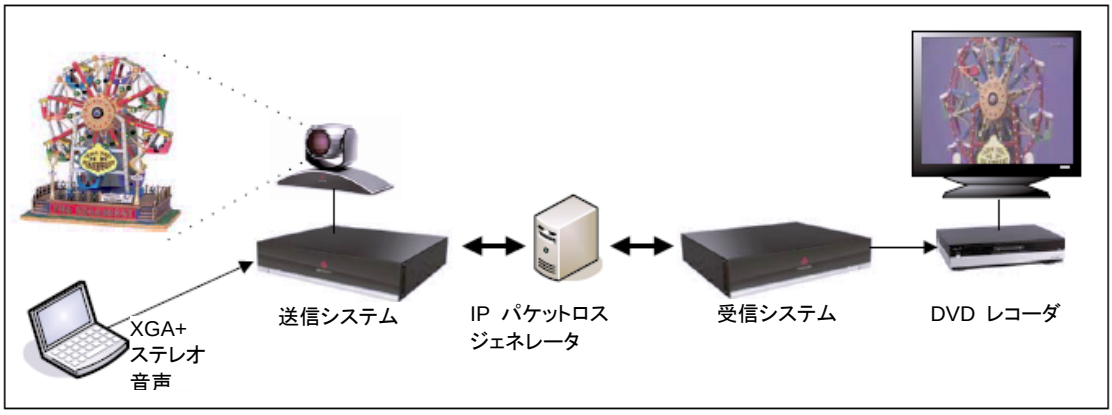


図 2: LPR 試験環境

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

Wainhouse Research では、下記に示すように、一般的な企業のネットワーク環境よりも厳しい条件下で試験を行いました。

パケットロスの特徴: 通話試験では、ノート PC 上で稼動するパケットロスジェネレータソフトウェアを使用してパケットロスを発生させました。通話速度やビットレートに関係なく、常に一定のパケットロス (接続速度の 1%、2% 等) を発生させました。

パケットロス率: この評価試験では、1%、2%、5%、および 10% のパケットロス率が試験されました。高品質なネットワークでは、一般的に 0.01% 以下のパケットロス率が保証されており、公衆インターネット網においても、平均のパケットロス率は 5% 以下[※2] であるため、10% のパケットロス率は特に厳しい条件であると言えます。

通話試験では、ノート PC 上で稼動するパケットロスジェネレータソフトウェアを使用してパケットロスを発生させました。通話速度やビットレートに関係なく、常に一定のパケットロス (接続速度の 1%、2% 等) を発生させました。

カメラ画像の動き: 常に同じ条件で試験を行うために、すべてのシステムのカメラを動いている観覧車の画像を取り込むように設定しました。つまり、画像の 80% またはそれ以上が常に変化している状態でした。

H.239 の入力信号: H.239 の試験では、IBM X40 ThinkPad (XGA/1024×768 の解像度、アスペクト比 4:3) 上で Matrix Revolutions という映画の予告映像を再生しました。この映像クリップには、通常の H.239 コンテンツよりも動きの多いコンテンツが含まれています。

特に指定のない限り、Wainhouse Research における他の評価試験と同様に、すべてのシステム設定をデフォルトの設定もしくは自動にした状態で試験を行いました。また、この試験では、シャープネスよりもモーションを優先するようにすべてのビデオ会議システムを設定しました。上記の図に示したように、常に同じ条件で試験を行うために、試験で使用した音声信号は、(システムのマイクを使用して音声を取り込んだのではなく)、各送信システムの音声入力に直接入力しました。

試験 1: 標準のビデオ通話試験

標準のビデオ通話試験では、同機種の間で、384 kbps、768kbps、1472 kbps、および 4 Mbps の各通話速度でビデオ通話を接続しました。各通話では、あらかじめ録音された音声クリップの指示・タイミングに従って、パケットロス率を 1%、2%、5%、10% と徐々に増加し、その結果を記録しました。

<u>Lost Packet Recovery (LPR) の試験結果</u>

Wainhouse Research では、LPR を評価するために下記の 3 つのケースの試験を実施しました。

[※2] 出典: Internet Traffic Report (www.internettrafficreport.com)

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

1) LPR/PVEC 機能を無効にし、DBA 機能を有効にした場合 (評価基準となる試験)

予想したとおり、LPR/PVEC 機能を無効にした場合、映像の残像 (ピクセル化、みだれなど)や音声の問題 (ノイズ、途切れ、歪みなど) が多く見受けられ、パケットロスの影響が明らかでした。1% のパケットロスでも使用に耐えられないほど大きな影響をもたらしました。

この試験では、DBA 機能の効果も調査されましたが、(ビットレートや通話速度に関わらず)常に一定のパケットロスを発生させたため、DBA 機能によるダウンスピーディングは、パケットロスを解消する効果はありませんでした。

2) LPR/PVEC 機能を有効にし、DBA 機能を無効にした場合

LPR/PVEC 機能を有効にした場合、通話全体にわたって、パケットロスによる影響が LPR 機能によって完全にまたは大幅に解消され、LPR 機能の優れた性能が確認されました。具体的な試験結果は以下のとおりです。

- 1% および 2% のパケットロスでは、パケットロスによる影響が LPR によって完全に解消され、あたかもパケットロスが発生しなかったように問題なく通話を行うことができました。
- 5% のパケットロスにおいても、(4 Mbps の通話試験では音声が若干途切れたり映像が若干乱れたりしましたが) パケットロスによる大きな影響はありませんでした。
- 10% のパケットロスにおいても、LPR によってパケットロスの影響が軽減され、一般的なユーザーにとって十分な通話品質が実現されました。

10% のパケットロスにおいても、LPR によって十分な通話品質が実現されました。

LPR の動作から予想されるとおり、パケットロスを発生させた場合、映像チャネルのビットレートには変化がありませんでしたが、映像チャネル内で使用されているビットレートが少なくなりました。また、パケットロスジェネレータを停止させると、映像のビットレートは元の値に戻りました。これは、LPR の自動回復機能が適切に動作したことを示しています。

3) LPR/PVEC 機能および DBA 機能を有効にした場合

DBA を有効にした場合も、上記の試験と同様に LPR の優れた性能が確認されました。DBA の動作から予想されるとおり、パケットロスを発生させた場合、映像チャネルのビットレートが低下しました。

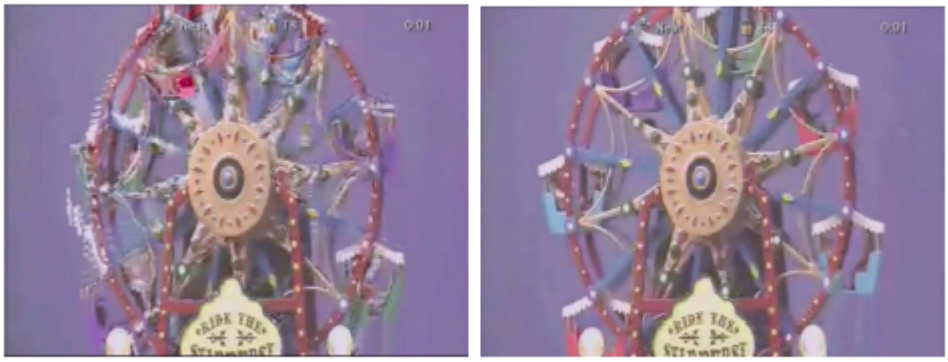
パケットロス率	映像解像度	利用可能な映像レート (kbps)	使用された映像レート (kbps)	フレームレート	音声プロトコル/ビットレート (kbps)	備考
0%	4SIF	1408	1050	30	Siren22 / 64kbps	映像、音声ともに問題なし
1%	4SIF	1024	800	30	Siren22 / 64kbps	映像、音声ともに問題なし
2%	4SIF	1024	800	30	Siren22 / 64kbps	映像、音声ともに問題なし
5%	4SIF	1024	800	30	Siren22 / 64kbps	映像は問題なし、極わずかな音声の途切れあり (10～20 秒ごと)
10%	4SIF	1024	800	28～30	Siren22 / 64kbps	映像の残像あり(数秒ごとに映像のみだれあり)、I フレーム、わずかな音声の途切れあり

図 3: 1472kbps のビデオ通話におけるパケットロスの影響

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

以下のスクリーンショットは、384 kbps のビデオ通話中に 5% のパケットロスを発生させたときの、LPR を使用した場合と使用しなかった場合の画像への影響を示します。左側の(LPR/PVEC を使用しなかった場合の) ビデオ画像はにじんでいることが分かります。一方、右側の画像は、LPR、PVEC、および DBA をあわせて使用することによって、パケットロスの影響を完全に解消できたことを示しています。LPR を使用しなかったときの実際のビデオ通話では、左側の静止画像が示しているよりも映像がひどく歪んだ状態になりました。

2 台の Polycom HDX 間の 384 kbps のビデオ通話
ビデオ解像度: SIF
発生させたパケットロス: 5%



LPR、PVEC、DBA すべてオフ　　LPR、PVEC、DBA すべてオン

図 4: 5% のパケットロスを発生させた場合の 384 kbps 通話における画面表示 (LPR を使用した場合と使用しなかった場合)

<u>他の主要ビデオ会議システムの試験結果</u>

この試験における他の主要システムのエラー補正機能の性能は、最低限のレベルもしくは不十分でした。具体的な結果は次のとおりです。

- 1% のパケットロスにおいても映像の残像が見受けられました。
- パケットロスを増加させると、映像信号への影響がさらに悪化し、映像のタイリング、みだれ、フレームレートの低下などが見受けられました。
- 5% と 10% のパケットロスでは、映像が常にみだれ、(頻繁な I フレーム 要求により) 画面のリフレッシュが繰り返し発生し、映像が全く不明瞭な状態になりました。
- 5% と 10% のパケットでは、一部のシステムで音声の性能にも影響がありました。

この試験では、多くのシステムにおいて、(ポリコムの DBA に類似した) ダウンスピーディング機能が動作していることが確認されましたが、この試験では一定のパケットロスを発生させたため、映像のビットレートを下げてもパケットロスを解消する効果はありませんでした。

試験 2: H.239 / デュアルストリーム試験

この試験では、同機種の間で 1472 kbps のビデオ通話を接続し、H.239 信号のソースを接続し、H.239 信号のソースを起動しました。受信システムでは、相手側のカメラ映像と H.239 コンテンツを隣り合わせで画面に表示するモードを設定しました。その後、あらかじめ録音された音声クリップの指示とタイミングに従って、異なるレベルのパケットロスを発生させました。

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

Lost Packet Recovery (LPR) の試験結果

H.239 の試験においても LPR の優れた性能が確認されました。

- 1% のパケットロスでは、パケットロスによる音声、主映像、およびコンテンツ映像への影響が完全に解消されました。
- 2% および 5% のパケットロスでは、主映像チャネルのフレームレートが若干低下しましたが、その他の影響はありませんでした。
- 10% のパケットロスでは、主映像チャネルで映像の残像が見受けられ、コンテンツ/H.239 チャネルではピクセル化が見受けられました。しかし、パケットロスによる影響が LPR 機能によって大幅に軽減・補正され、ビデオ会議が問題なく継続できました。

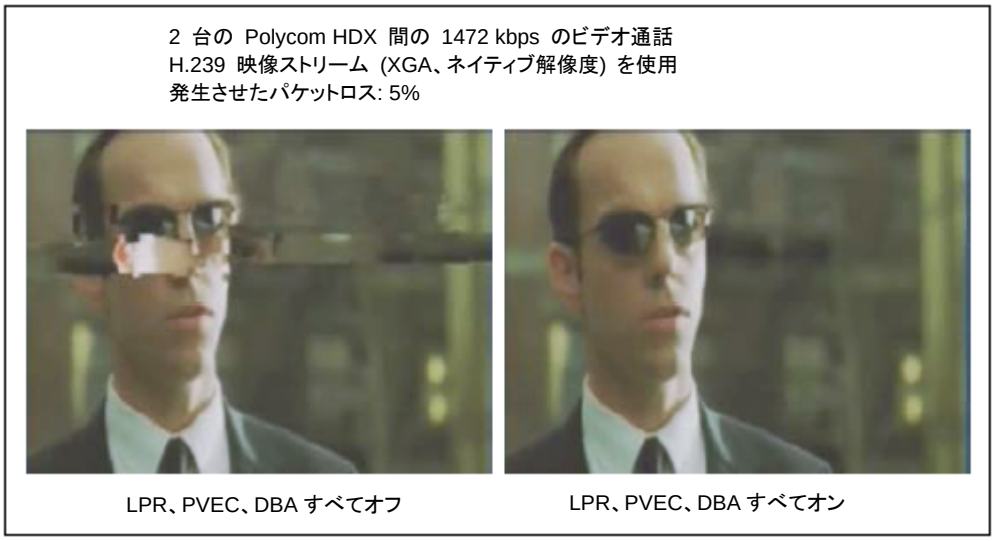


図 5: 5% のパケットロスを発生させた場合の H.239 通話における画面表示 (LPR を使用した場合と使用しなかった場合)

他の主要ビデオ会議システムの試験結果

試験 1 の結果と同様に、H.239 試験における他の主要システムのエラー補正機能の性能は、最低限のレベルもしくは不十分でした。

- 1% のパケットロスにおいても、パケットロスによる主映像および H.239 映像チャネルへの影響がすぐに見受けられました。
- 1% より高いパケットロスでは、ビデオ通話が不十分な状態になりました。

試験 3: 1 時間にわたる試験

この試験では、同機種の間で 1472 kbps のビデオ通話を接続し、10% のパケットロスを発生させ、その状態で 1 時間放置しました。15 分ごとに接続中のビデオ通話の品質を確認し、通話統計 (通話速度、実際に使用されているビットレートや映像解像度など)を記録しました。

Lost Packet Recovery (LPR) の試験結果

- 10% のパケットロスによる影響が LPR と PVEC によってほとんど軽減・補正されましたが、すべての影響は解消されませんでした。

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

- 数秒ごとに映像がみだれ、5～10 秒ごとに画面がリフレッシュするという影響が見受けられました。
- したがって、完全ではありませんが、通話者の顔の映像のみを使用するビデオ会議などでは十分使用できる品質であると Wainhouse Research は評価します。
- 最も重要な点は、時間が経過するとともに通話品質が低下しなかったことです。つまり、1 分経過した後の品質と 60 分経過した後の品質は同じでした。これは LPR のみが持つ特長です。

<u>他の主要ビデオ会議システムの試験結果</u>

- 10% のパケットロスを発生させた直後、映像が大きくみだれたり、画面のリフレッシュが頻繁に発生するなどの現象によって試験中のすべてのビデオ通話が不安定になりました。
- 時間の経過とともに通話品質が低下し、最終的には、最低レベルの性能のしきい値・映像ビットレートまで低下しました。

たとえば、あるシステムでは、通話試験の開始時に、映像チャネルに 1300 kbps のビットレートが割り当てられましたが、10% のパケットロスを発生させた直後、映像ビットレートは 958 kbps に低下しました。さらに 15 分経過後、映像ビットレートは 56 kbps まで低下しました。このような低いビットレートでは、必要最小限の映像解像度を使用してもフルモーションのビデオ通話は実現できません。

この試験の結果、10% のパケットロスにおいて、LPR 機能非搭載システムでは使用に耐えられる品質での通話ができないことが明らかになりました。

結論

ポリコムの Lost Packet Recovery アルゴリズムは、パケットロスが頻繁に発生するネットワーク環境で高品質な音声および映像の性能を実現するという大きな利点を IP ビデオ会議ユーザーに提供します。LPR をサポートするビデオ機器 (端末、ブリッジ、ゲートウェイなど) が今後増えるとともに、LPR の利点はさらに大きくなることが確実です。

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.

Wainhouse Research について

Wainhouse Research (www.wainhouse.com) は、リッチメディアコミュニケーションやカンファレンシングに関連する重要事項について重点的に調査、研究している独立系のマーケティングリサーチ会社です。Wainhouse Research は、マルチクライアントリサーチ (複数の企業との共同研究) やカスタムリサーチの実施、エンドユーザーへの重要な導入問題に関するコンサルティングの提供、ホワイトペーパーや市場統計の発行、一般向けセミナーやプライベートセミナーの開催、業界グループミーティングにおけるプレゼンテーションの提供など、幅広く活動しています。また、Wainhouse Research は、マルチメディアネットワーキングのインフラストラクチャ、端末、サービスなどの市場の現在の動向や主要ベンダーの戦略に関する詳細について記載した『Conferencing Markets & Strategies』という 3 巻に及ぶ研究書を出版するとともに、さまざまな市場分野に関する報告書、『Wainhouse Research Bulletin』という無料のニュースレター、PLATINUM コンテンツウェブサイト (www.wrplatinum.com) などを提供しています。

著者について

Ira M. Weinstein 氏は、Wainhouse Research のシニアアナリスト兼パートナーであり、カンファレンシング、コラボレーション、およびオーディオビジュアル業界において 15 年の経験を有しています。Wainhouse Research に入社する以前は、IVCi のマーケティングおよびビジネス開発のバイスプレジデント、技術コンサルティング会社のマネージャ、Fortune 50 にランキングされたことのある投資銀行のグローバル会議部門のトップを務めるなどの経歴を持ちます。Weinstein氏の現在の主な研究分野は、IP ビデオ会議、ネットワークサービスプロバイダ、グローバル管理システム、スケジューリング・オートメーションプラットフォーム、ROI や技術の必要性を検討するためのプログラム、オーディオビジュアル技術の融合などです。Weinstein 氏は、Lehigh University で工学の理学士号を取得しています。Weinstein 氏へのお問い合わせは、iweinstein@wainhouse.com にメールでお寄せください。

ポリコムについて

ポリコム（NASDAQ：PLCM）は 1990 年の設立以来、ユニファイド コラボレーティブ コミュニケーションソリューション（UCC）の世界的リーディングカンパニーとして、映像 音声、コンテンツを統合した会議ソリューションで最高のコミュニケーション環境をユーザーに提供し、効率性と生産性の向上に大きく貢献しています。ポリコムのハイクオリティかつ業界スタンダードに基づいた会議システムや統合ソリューションは、導入や管理がしやすく、操作性が優れているほか、オープン アーキテクチャーを基盤としているため、IP（H.323、SIP）、ISDN、アナログ電話回線など、異なるネットワークをシームレスに統合することが可能です。ポリコムは常にお客様のニーズにお応えする新しい技術を開発することと、業界をリードするパートナーとのアライアンスによって、リアルタイム コミュニケーションとデータコラボレーションのクラス最高レベルのソリューションを提供しています。

ポリコムは米国カリフォルニア州プレザントンに本社を置き、世界各地にオフィスがあります。アジア太平洋では東京のほか、北京、上海、香港、ソウル、シンガポール、シドニーとニューデリーにオフィスがあります。ポリコムに関する詳しい情報は、http://www.polycom.co.jp/をご覧ください。

Copyright (C) 2008 Wainhouse Research. All rights reserved.