



# Cisco ClearPath

ホワイトペーパー



D1498501

2012年8月

# 目次

<b>1</b>	<b>はじめに</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ClearPath とは</b>	<b>4</b>
2.1	ClearPath の設計目標.....	4
<b>3</b>	<b>パケット損失の説明</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>ClearPath の仕組み</b>	<b>7</b>
4.1	ダイナミック ビット レート調整.....	7
4.2	長時間参照フレーム .....	9
4.3	前方誤り訂正 .....	10
4.4	パケット損失技術の比較.....	13
4.5	パケット損失のシナリオと使用技術の例 .....	14
<b>5</b>	<b>その他のテクノロジー</b>	<b>15</b>
5.1	パケット ペーシング .....	15
5.2	廃棄可能なフレーム .....	15
5.3	パケット化.....	15
		
図 1	: ClearPath による RTCP 受信レポートの利用の仕組み .....	8
図 2	: 通常の内部フレームを使ったビデオ ストリームの修復 .....	9
図 3	: ClearPath LTRF と修復 P フレームのあるビデオ ストリーム .....	10
図 4	: FEC 適用なしのビデオ ストリーム.....	11
図 5	: ビデオ対応の FEC レベル 1 を適用したビデオ ストリーム.....	11
図 6	: さまざまな種類の FEC のレベルを示します .....	12

# 1 はじめに

高解像度 (HD) ビデオと高品質のテレプレゼンス エクスペリエンスの導入により、視覚的なコミュニケーションを行うときのビデオ品質に対する、ユーザの期待が飛躍的に高まりました。ユーザは、社内の同僚、外部の顧客、サプライヤ、パートナーと、テレプレゼンスを使用してコミュニケーションを行うことを期待しています。さらに、外出時にも、可能な限り優れたエクスペリエンスで視覚的なコミュニケーションを行いたいと考えています。今日では、動画の普及と、モバイル ワーカーによるビデオの使用の増加により、さまざまな種類や品質の接続ネットワークが使用されています。多くの企業間コミュニケーションで使用されているパブリック インターネットでは、ネットワーク品質が保証されません。通話品質は、企業からインターネットへの接続と、インターネット バックボーンの転送品質に依存します。

高品質のビデオ コールにとっては、高品質のネットワークが最も重要な要件です。最適ではない IP ネットワーク環境でテレプレゼンス コールを行うと、オーディオとビデオの品質が低下する可能性があります。ネットワーク層のいくつかのメカニズムにより、これらの課題に取り組むことができるため、可能な場合には実装する必要があります。インターネット上など、それらのメカニズムを利用できない場合には、シスコの ClearPath テクノロジーを活用できます。ClearPath は、ネットワークの状態が悪い場合でも、ユーザのためのオーディオとビデオの品質を大幅に向上させる、一連のメディアの復元メカニズムを定義します。

## 2 ClearPath とは

パケット損失はさまざまな理由で発生します。ClearPath は、パケット損失の悪影響を軽減する、さまざまなメディアの復元メカニズムを実装する、ダイナミック テクノロジーです。ClearPath の実装により、最大 10% のパケット損失の状況でも、良好な会議エクスペリエンスを実現できます。

ClearPath のメディア復元メカニズムは、3 つの主なツール セットで構成されます。

- ▶ **ダイナミック ビット レート調整**は、パケット損失の重大度に関連します。発生したパケット損失に基づいて、コール レートを使用可能な可変帯域幅に適応させ、コールをダウンスピードまたはアップスピードさせます。
- ▶ **長期間参照フレーム**：エンコーダとデコーダが、内部フレームを使用せずに、パケット損失後に再同期を行う方法です。パケット損失が発生した場合は、従来の内部フレームの代わりに修復 P フレームを使用することができます。これにより、フレームを復元するために転送するデータは約 90 % 少なくなります。
- ▶ **ビデオ対応の前方誤り訂正 (FEC)**：冗長性を利用して最も重要なデータ（通常は修復 P フレーム）を保護し、遠端で確実に受信できるようにします。

ClearPath は、上記のテクノロジーを使用して、可能な限り最も優れたユーザ エクスペリエンスを提供します。

ClearPath は、コール セットアップ プロトコルとは独立して設計されており、H.323、SIP、XMPP を使用するエンドポイントで使用できます。ClearPath のすべてのメディア復元メカニズムにより、H.264 準拠のエンコードされたビット ストリームが提供されます。

### 2.1 ClearPath の設計目標

ClearPath は、次のことを目的として設計されています。

- ▶ 利用可能な帯域幅の変化にすばやく反応します。
- ▶ パケット損失が発生したときでも、（ユーザには）一定時間の品質がより安定して見えるようにします。
- ▶ 実効ビットレートが大幅に低下しても、リンク上のパケット損失が増えていない場合には、それを検出し、その場合には、ビットレートを低下させません。

### 3 パケット損失の説明

損失とは、デコーダに到着しなかったパケット（つまり、ネットワークパスのいずれかの場所でドロップされたパケット）と定義されます。テレプレゼンスシステムは、受信が予期される RTP パケットのシーケンス番号と、受信したシーケンス番号を比較して、パケット損失を測定します。パケット損失は、さまざまな理由により、ネットワークパスのいずれかの場所で発生する可能性があります。次に、一般的な理由をいくつか示します。

- ▶ パス上の物理インターフェイスやケーブルにおける、レイヤ 1 エラー。光インターフェイスの誤動作など。
- ▶ パスに沿って正しく構成されていないネットワーク インターフェイス。イーサネット速度や、2 つのデバイス間のデュプレックスの不一致など。
- ▶ バッファ（キュー）の限界やネットワーク インターフェイス上のポリシー設定を超えるパケットのバースト。たとえば、キューの深さが不十分なイーサネット スイッチ。オーバーサブスクライブされたバックプレーン アーキテクチャ。サービス プロバイダーの契約レートに適合するようにトラフィックを監視する WAN ルータ インターフェイスなど。
- ▶ 状態の悪いワイヤレス ネットワーク接続。アクセス ポイントまでの距離が遠いか、または一般的なネットワークの輻輳など。

密接に関わるメトリックは、遅延パケットです。これはデコーダのジッター バッファを超えて到着したパケットであり、デコードされません。このため、受信したテレプレゼンスシステムによって破棄（ドロップ）されます。損失パケットと遅延パケットは、どちらもビデオ品質の低下という同じ結果をもたらします。

これらの問題を解決するための従来からのアプローチでは、3 種類のパケット損失技術を活用します。

- ▶ デコーダの隠ぺい - パケット損失のあるビデオを受信した際にアーティファクトを隠ぺいします。
- ▶ ダウンスピード - コールレートを低下させて、少ない帯域幅を使用します。
- ▶ 内部フレームの使用 - パケット損失の発生したビデオを扱う従来からの方法。

デコーダの隠ぺいは、不完全なフレーム、不連続なフレーム、動作の飛び、アーティファクトの相違など、視覚上の問題につながる場合があります。

輻輳の根本的な原因が過剰サブスクリプションであり、コールが使用する帯域幅が重大な影響を及ぼしている場合には、ダウンスピードにより、パケット損失をなくすことができます。ランダムなパケット損失が発生している場合でも、コール レートが低い場合には、パケット損失レートが同じで帯域幅が高いコールほどのパケット損失は発生しません。

内部フレームは、エンコーダからデコーダに送られるフレームで、以前のフレームを参照せずに画像を構築するために必要なすべての情報を持っています。インフラフレームを送信するには、より多くの情報を送信する必要があるため、通常のフレームより多くの処理時間と帯域幅が必要となります。このため、通常の品質よりも低いフレームを送信することによって、フレームに使われるビットと時間を制限する必要があります。

インフラフレームは、時折使われる場合には、ユーザにとって問題はありませんが、それらがパケット損失からの回復に使われるときには、多くの場合に問題となります。通常、内部フレームを送信するときには、低い品質が選択され、ピクセル化が発生する場合があります。品質の高い大きなフレームを送信すると、送信の間はビデオがフリーズする（または破損したフレームが表示される）場合があります。回復フレームには損失が発生する可能性があり、複数の再同期が試行される間に一連のフレームが送信され、パケット損失に関連するビデオが乱れる可能性があります。

## 4 ClearPath の仕組み

このセクションでは、ClearPath のさまざまなメディア復元メカニズムについて詳しく説明します。

### 4.1 ダイナミック ビット レート 調整

ダイナミック ビット レート 調整の必要性は、2 つの一般的な例で理解できます。

- ▶ 通常のネットワーク（特にパブリック ネットワーク）は、時間とともに変化する UDP データを伝送するために利用できる容量を提供しています。ネットワークが伝送できる量よりも多くのトラフィックが生成されると、パケット損失が発生し、受信側でレンダリングされるオーディオ/ビデオのチャネルに悪影響を与える可能性があります。
- ▶ コールの起動時に過大な帯域幅を設定すると、生成された（受信された）トラフィックが現在のホスト ネットワークの容量を超過する可能性があります。通常これは、プロビジョニングや設定のビットレートを変更することなく、あるネットワーク（たとえば企業 LAN）から別のネットワーク（家庭の DSL 接続など）にシステムを移動した場合に発生します。

これらの問題を解決する従来のアプローチは、着信ストリームのパケット損失を監視し、パケット損失が継続的である場合には、デコーダから遠端システムへ「ダウンスピード」を要求する（コール レートを新しい低い値に減らす）ことです。遠端システムへの要求は、システムのネイティブ プロトコルに応じて、SIP の Re-Invite メッセージまたは H.323 Flow Control メッセージとして送信されます。このアプローチによって発生する問題には、インターワーキング制御メッセージ（SIP / H.323）と、遅延/応答性があります。コールをダウンスピードすると、コールの解像度が低下し、品質が低下します。

今日の多くの実装では RTCP がサポートされています。このアプローチを変更し、受信者が常にコールレートの変更を要求することなく、送信側がプロアクティブに対応を取るようにすることができます。RTCP 受信者レポート（以下、RR と呼びます）を検査することにより、送信者は遠端システムでの受信統計情報を定期的に入手することができます。RR がパケット損失を示している場合、ネットワークが過負荷である可能性があり、送信者は生成トラフィックを削減する必要があります。

ClearPath を使用すると、送信側は RR を使用して、生成ビット レートを自動的に調整できます（下図参照）。このアプローチのメリットは、追加のシグナリングを必要としない（受信者に明示的に通知することなく、送信側で決定を行える）ことです。高い頻度で RR をスケジュールできる場合（約 5 秒の間隔が一般的です）、使用可能なキャパシティの変化に対して、より応答性の高いシステムを提供できることとなります。シスコでも RR を利用し、ダウンスピード後にパケット損失が検出されなくなったときに、動的に帯域幅を増加させています。

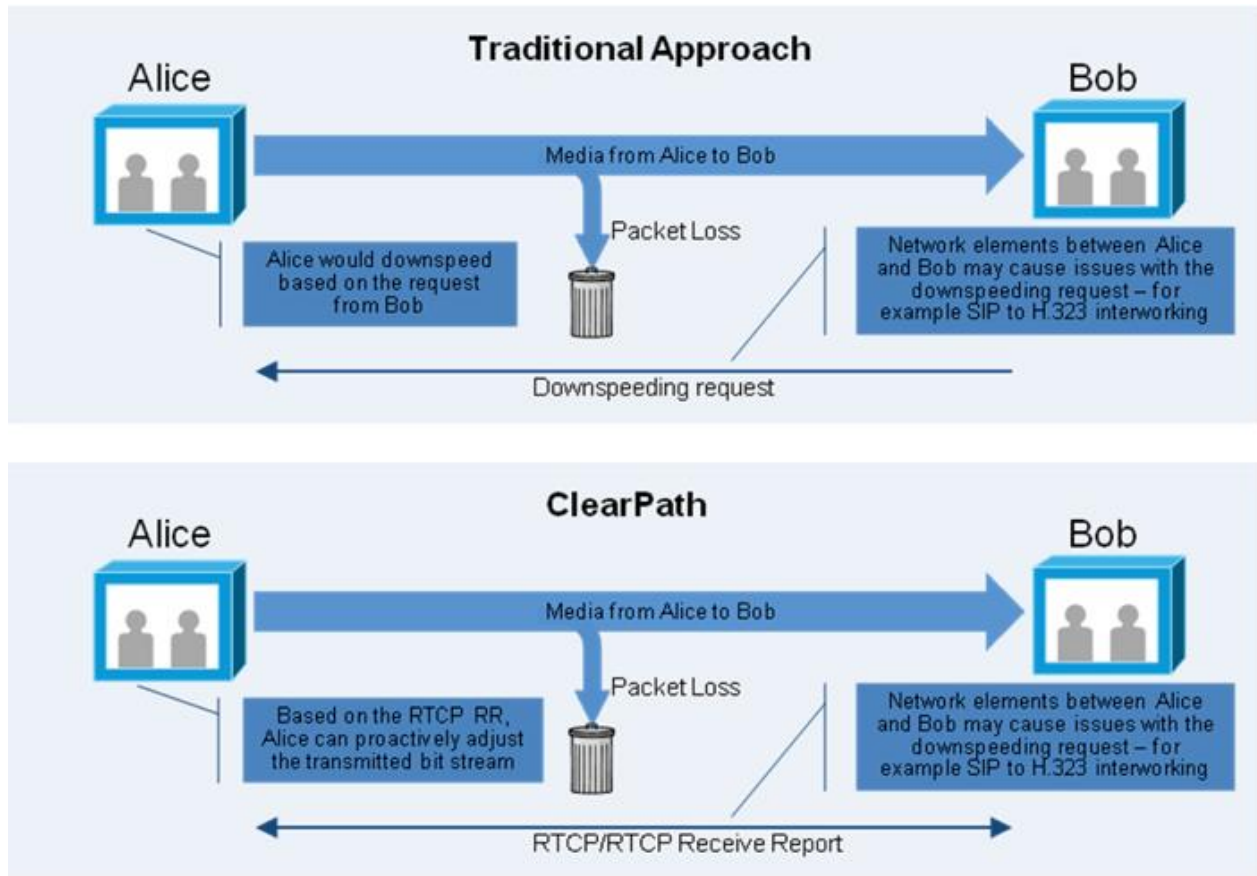


図 1 : ClearPath による RTCP 受信レポートの利用の仕組み



## 4.2 長時間参照フレーム

長時間参照フレーム (LTRF) は、エンコーダおよびデコーダが別の方法で明示的な信号を受信するまで、エンコーダおよびデコーダに保存される参照フレームです。(H.264 では最大 15 LTRF がサポートされます。) 通常 (LTRF 未使用時)、パケットの損失後のエンコーダ/デコーダの再同期化には、内部フレームが使用されます (下の図を参照)。

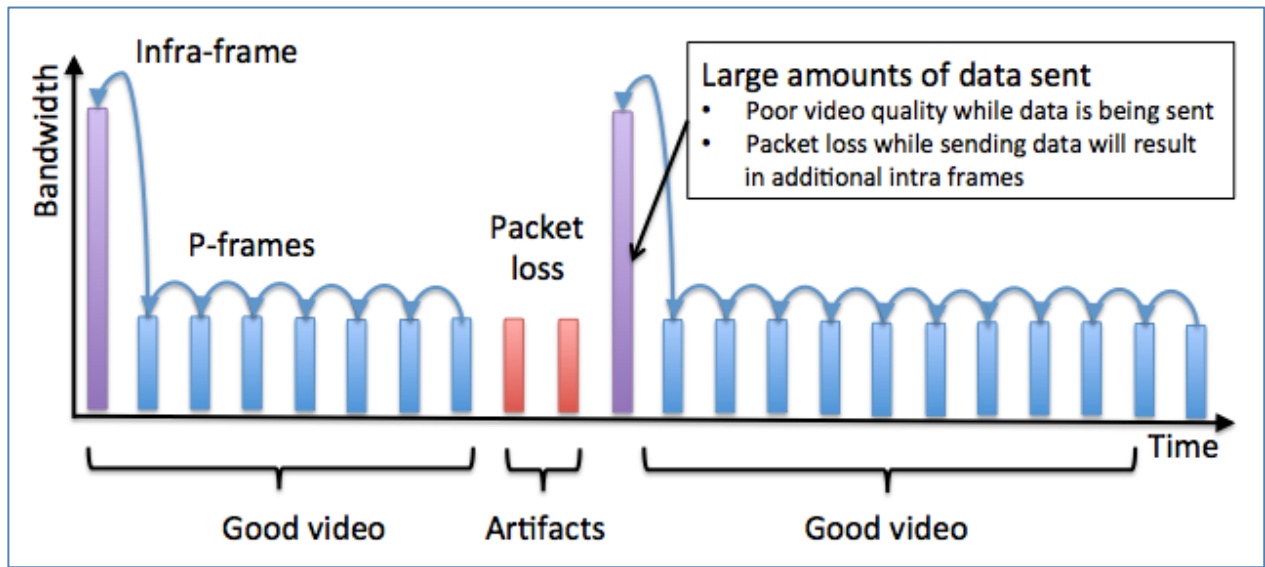


図 2 : 通常の内部フレームを使ったビデオ ストリームの修復

LTRF は、エンコーダとデコーダの再同期化の代替手法として、通常の内部フレームよりも優れています。通常、エンコーダは LTRF を一定の間隔で挿入し、それと同時にその LTRF を 1 つ以上を保存するようにデコーダに指示します (下の図を参照)。

修正 P フレームは、参照として正しくデコードされた以前の LTRF を使用します。修復 P フレームは、損失フレームまたはその参照フレームに応じて使用されます。確認 LTRF がデコーダで適切に受信されていると分かっているため、デコーダが修正 P フレームを適切にデコードできる場合は、同期状態に戻ることが確認されています。

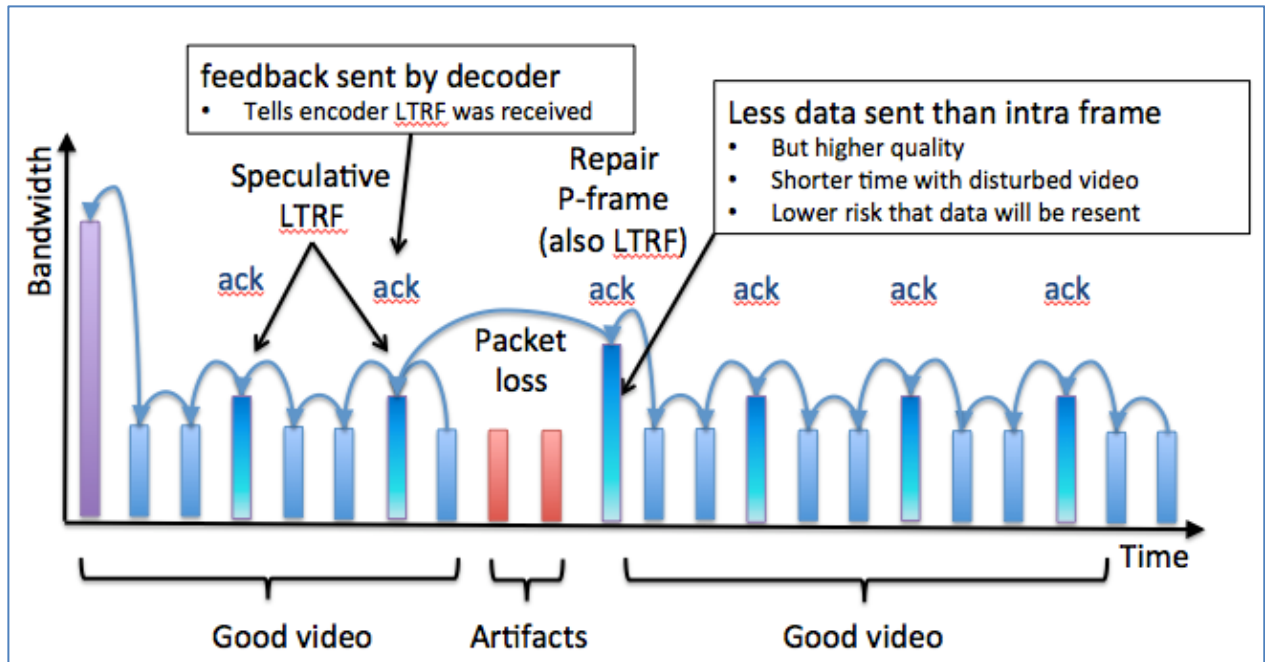


図 3 : ClearPath LTRF と修復 P フレームのあるビデオストリーム

放送システムのような多くのビデオシステムでは、バックチャネルがないため、適応型のフィードバックベースの復元メカニズムを実装することができません。テレプレゼンスは双方向通信であるため、ClearPath は LTRF メカニズムを動作させるために、バックチャネルを使用できます。

エンコーダは、将来行われるかもしれない修復のために予防的に LTRF を送信することはできますが、その正常な受信が確認されない限り、確実に使用することはできません。バックチャネルで LTRF の受信と復号化の成功確認をエンコーダに送ることにより、将来 LTRF を修復に確実に使うことができ、またフレームが失われたときに知らせることもできます。ClearPath には、メッセージのリピートと、デコーダが受信しなかったフレームの通知のメカニズムが含まれているため、修復に使用できるフレームについて両端が一致することができます。

回復時には、新しいフレームの直前にはない、保持された参照フレームに基づいて、シーケンス内の新しいフレームをエンコードします。LTRF リカバリは、後続のフレームでさらに損失が発生しない限り永続できる、正確で完全な修復を提供します。

**注：**これは、受信した対象フレームを参照するためのデコーダに代わるものではありません。短期の損失の隠ぺいに使用できる方法です。対象フレームの写しを提供しますが、エンコーダのフレームと同一ではなく、時間の経過とともに 2 つのシーケンスは分岐し、結果として問題となる視覚上のアーティファクトを生じます。

### 4.3 前方誤り訂正

前方誤り訂正 (FEC) は、所定のアルゴリズムを使用して、転送される情報に冗長性を付与して行われます。これは、通常のビデオ データとともに、帯域内で冗長なビデオ データを送信することによって実現されます (下の図を参照)。この冗長性により、受信側では、メッセージのいずれかの箇所でエラーが発

生した場合でもそれが一定数であれば、送信側に追加データを要求することなく、そのエラーを検出し訂正することができます。FEC では、受信側でエラーを訂正する場合、データの再送信を要求するためのリバース チャネルは必要ありませんが、その代わりとして、より高い転送チャネル帯域幅が常に必要となります。

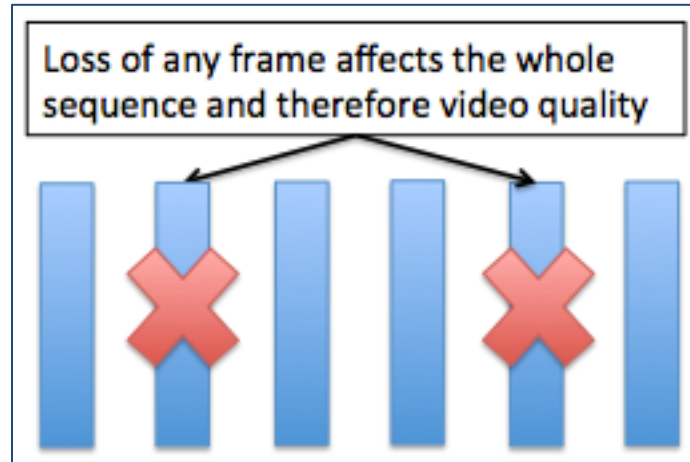


図 4 : FEC 適用なしのビデオ ストリーム

ClearPath は、FEC/冗長性のために、帯域幅の一定の割合を使用します。FEC はコールの全体的な遅延には影響を与えません。パケット損失の問題を効率的に解決できない場合は、FEC を無効にすることができます。

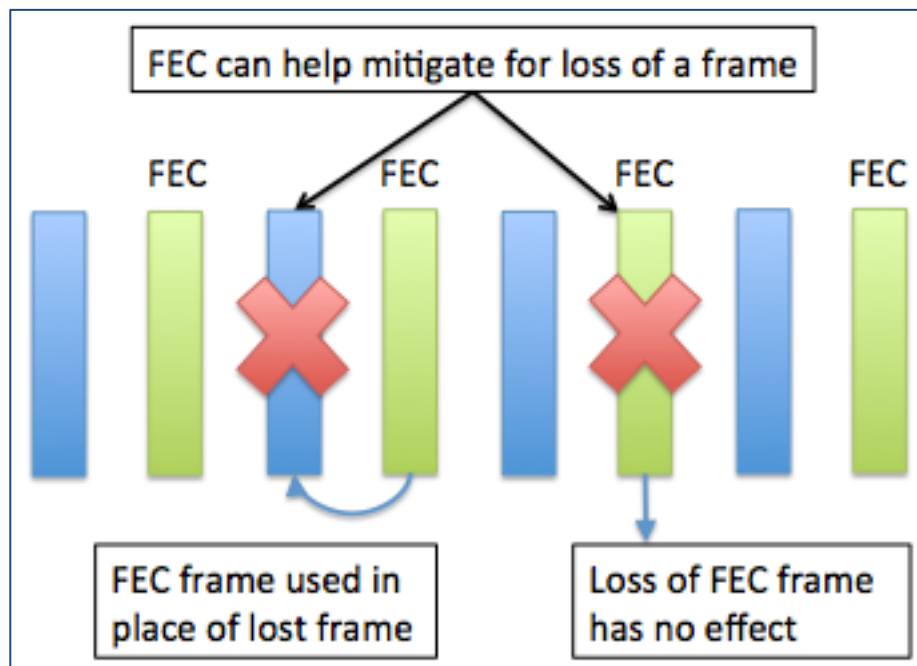


図 5 : ビデオ対応の FEC レベル 1 を適用したビデオ ストリーム

ClearPath では、損失の状況に基づいて、さまざまな FEC レベルが動的に使用されます。シーケンス修復を行うための重要性に基づいて、さまざまなレベルの保護が、さまざまなクラスのフレームに適用されます（セクション 4.2 を参照）。

「FEC アクション」の優先順位は、低優先度から高優先度まであります。たとえば、「P フレーム修復のための FEC 保護」が最重要であり、その次に「長時間参照フレームの FEC 保護」が重要であり、「廃棄可能なフレームのための FEC 保護」の優先度は低くなります。

例：ビデオ エンコーダは、ビデオ パケットに次のいずれかのタグを付けます。

- ▶ 重要度高
- ▶ 重要度中
- ▶ 重要度低

たとえば、重要度高のパケットは FEC レベル 1 で保護され、重要度中のパケットは FEC レベル 4 で保護され、重要度低のパケットは保護されないことがあります。ビデオ パケットの重要度に基づいて、異なるエラー保護が適用されます。

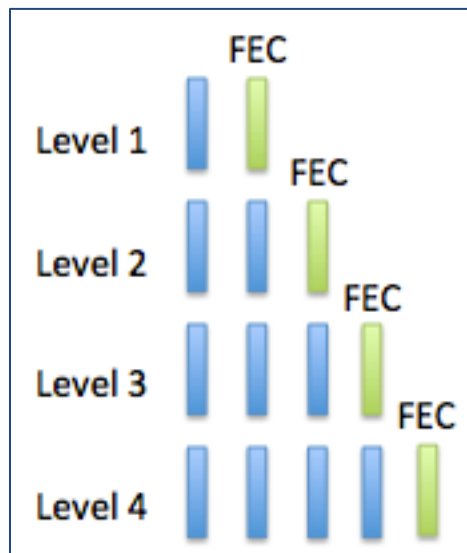


図 6：さまざまな種類の FEC のレベルの図示

各 FEC レベル (n) では、n-1 個のビデオ パケットのうちの 1 つを失ってもビデオ品質を損なうことはありません。

## 4.4 パケット損失技術の比較

パケット損失技術	長所	短所
デコーダの隠ぺい	短期的な受信者側での隠ぺいメカニズム。動きの少ないシーンでは非常に有効、動きの多いシーンではあまり有効ではない。	短時間で隠ぺいが修復されない場合、アーティファクトが表れる。
ダウンスピード	標準ベース。混在環境で動作。	パケット損失が一時的であった場合でも速度アップしない。これにより、コール品質が最適状態より低くなる可能性がある。パケット損失がネットワークの輻輳による場合にのみ、大きな効果がある。
ダイナミック ビットレート調整	ダウンスピードに似ているが、パケット損失が解消された場合に、コールを再度スピードアップできるメリットがある。ネットワークの状況の変化に適應できる。	パケット損失がネットワークの輻輳による場合にのみ、大きな効果がある。
LTRF	送信データ量を 90% 低減させる。すべてのパケット損失シナリオで役立つ。	送信者と受信者の両方でサポートが必要。フレーム確認のためのバックチャネルが必要。
ビデオ対応 FEC	コールレートが高い場合、2つの点で非常に効果的： - パケット損失低：品質低下をなくす。 - パケット損失高：修復 P フレームを保護し、全体的なパフォーマンスを向上。	コールレートの低いシナリオでは効果的でない。

この表は、堅牢なパケット損失技術のためには、単一のアプローチだけでなく、さまざまなパケット損失技術を使用する必要があること、またパケット損失は本質的に動的であるため、動的な方法で対応する必要があることを示しています。

## 4.5 パケット損失のシナリオと使用技術の例

混在環境	デコーダの隠ぺいとダウンスピード
ClearPath 対応製品	長時間参照フレームを常に使用する必要がある。マイナスの副作用はない。
集中的なパケット損失	修復 P フレーム
低帯域幅コールでのパケット損失	修復 P フレーム
高帯域幅コールでのパケット損失	修復 P フレームと FEC
定常的なパケット損失	ダイナミック ビット レート調整が役立つ場合には、ダイナミック ビット レート調整。役立たない場合には、修復 P フレームと FEC。

## 5 その他のテクノロジー

復元に重要なその他の要素がいくつかあります。それらの手法は現在の ClearPath では完全には取り込まれていませんが、今後の拡張が検討されています。

### 5.1 パケット ペーシング

ビデオトラフィックは、本来集中性があり、パケットの集束化は、キャパシティに近いネットワークリンクでは、損失を悪化させる可能性があります。パケット ペーシングでは、ネゴシエートされたコールの帯域幅に基づいて、パケットの時間間隔をより均等にします。ペーシングは遅延に影響を与えます。このため、実際のコール レートよりも高いビット レートにペースを合わせ（損失がない場合）、損失が検出された場合には、より慎重なレートに戻すことができます。

### 5.2 廃棄可能なフレーム

H.264 では、参照用に使えないフレームをマークできるため、そのフレームは参照画像バッファに入りません。フレーム  $n$ （フレーム  $n-1$  に依存）が廃棄可能な場合、フレーム  $n+1$  はフレーム  $n-1$ （またはそれ以前）から予測される必要があります。


廃棄可能なフレームは、ビデオ品質に悪影響を及ぼすことなく追加することができます。これらのフレームでは、その損失は一時的なものであり、後続のフレームに影響を与えないため、自動的に復元力を備えています。シーケンスはそれらのフレーム内の損失に対してのみ自己修復します。それらは保持されないため、よりシンプルにすることもでき、いくつかのステップは実際には実行される必要がありません（文字通り、後で使用されないため、再構成されたビデオフレームとして、デコーダに存在する必要がありません）。さらに、ネットワークは長期的な問題を引き起こすことなく、これらのフレームを破棄できます。これにより、ネットワークの輻輳を緩和する手段を提供します（輻輳がネットワークに見える層で発生した場合）。

### 5.3 パケット化

RTP は、集約化と断片化の両方を可能にする、パケット化モード 1 を提供します。集約化では、複数の完全な H.264 ネットワーク抽象化レイヤ ユニット (NALU) を 1 つのパケットに配置します。断片化では、大きな NALU をいくつかのパケットに分割します。パケットには、集約化された NALU と断片化された NALU の両方を含めることはできません。

（回復されていない）パケット損失によって、断片化されたスライスのパケットはデコードできなくなるため、NALU 断片化は、復元力を弱めます。スライスのヘッダーには、現在の画像が LTRF であるか否かに関する重要な情報が含まれます。断片化によって、フレーム全体が 1 つのスライスにエンコードされた場合、デコードされた画像バッファの状態を更新する情報を含むパケットは 1 つだけとなります。デコーダはフレームが NACK される必要があるかどうか分からないため、フレームの最初のパケットの損失は重大です (LTRFのみ)。

一方、NALU 集約化により、重要な情報なしでスライス データを受信できないように NALU を結合することができるため、復元力が向上します。この情報には、シーケンス/画像パラメータ セット、またデコードされた画像バッファ状態の変更をデコーダが認識していない場合にデコーダに通知する、補足拡張情報 (SEI) メッセージなどが含まれます。



このマニュアルに記載されている仕様および製品に関する情報は、予告なしに変更されることがあります。このマニュアルに記載されている表現、情報、および推奨事項は、すべて正確であると考えていますが、明示的であれ黙示的であれ、一切の保証の責任を負わないものとします。このマニュアルに記載されている製品の使用は、すべてユーザ側の責任になります。

対象製品のソフトウェア ライセンスおよび限定保証は、製品に添付された『Information Packet』に記載されています。添付されていない場合には、代理店にご連絡ください。

ここに記載されている他のいかなる保証にもよらず、各社のすべてのマニュアルおよびソフトウェアは、障害も含めて「現状のまま」として提供されます。シスコおよびこれら各社は、商品性の保証、特定目的への準拠の保証、および権利を侵害しないことに関する保証、あるいは取引過程、使用、取引慣行によって発生する保証をはじめとする、明示されたまたは黙示された一切の保証の責任を負わないものとします。

いかなる場合においても、シスコおよびその供給者は、このマニュアルの使用または使用できないことによって発生する利益の損失やデータの損傷をはじめとする、間接的、派生的、偶発的、あるいは特殊な損害について、あらゆる可能性がシスコまたはその供給者に知らされていても、それらに対する責任を一切負わないものとします。

Cisco and the Cisco Logo are trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and other countries. A listing of Cisco's trademarks can be found at [www.cisco.com/go/trademarks](http://www.cisco.com/go/trademarks). Third party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company.(1005R)

このマニュアルで使用している IP アドレスおよび電話番号は、実際のアドレスおよび電話番号を示すものではありません。マニュアル内の例、コマンド出力、ネットワーク トポロジ図、およびその他の図は、説明のみを目的として使用されています。説明の中に実際のアドレスおよび電話番号が使用されていたとしても、それは意図的なものではなく、偶然の一致によるものです。

© 2012 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.