

2009 年 6 月 3 日 | Carsten Rossenhövel

## はじめに

このレポート シリーズは、Cisco IP ビデオ インフラストラクチャ、アプリケーション、およびデータ センター テストの結果を文書化したものです。本年の早い時期に、Cisco Systems Inc. (Nasdaq: CSCO) との数カ月の話し合いの後、Light Reading はサービス プロバイダー、企業および放送事業者向けの先進的な IP ビデオサービスを促進するため、プレミアムネットワーク ソリューションの独立したテストの実施を欧州高度ネットワーク テスト センター (EANTC) に委託しました。

控え目な表現かもしれませんが、次のような指摘ができるのではないのでしょうか。つまり、電気通信事業者の関心事は、自社のサービス デリバリー ネットワークが、予測されているビデオ サービスの急激な成長に合わせて拡張できるかどうかということだと。

現在の競争環境では、通信事業者およびケーブル事業者は双方とも、より柔軟なサービスの提供に役立つ単一の IP ベース ネットワークが将来的に必要であると考えています。しかし、ネットワークの運用は複雑であるため、それらを確実に管理する必要があります。さらにこれらの事業者は、HD ビデオを配信する放送事業者、消費者および企業顧客の要件を特に満たす高度な IP ビデオ サービスをサポートする必要があります。

したがって、サービス プロバイダーが通信機器のベンダーに対して非常に厳密でも当然なのです。顧客は未来のネットワークをいま要求しているわけではありません。このため、通信機器ベンダーの中には、IP ビデオに関する議論でイニシアチブを取ろうとする企業もあります。

## ゼタバイトが日常に

Cisco Systems Inc. (Nasdaq: CSCO) は、2008 年半ば以降、ゼタバイト時代が到来したと主張しています。ゼタ単位 (10 の 21 乗) のトラフィックを牽引するネットワーク ベースのアプリケーションがあるとすれば、誰もが真っ先に IP ビデオを挙げるでしょう。さらに、今日「IP ビデオ」という言葉は、基本的な「塀で囲まれた庭」にある (非オープン型) IPTV という考えから、かなりオープンな概念へと変わってきています。

例えば、Hulu LLC はオーバー・ザ・トップのデスクトップ アプリケーションを立ち上げたばかりであり、一方 Boxee は確実な地歩を築いています。また AT&T Inc. (NYSE: T) の U-verse サービスは 3 つの画面でマスターズ トーナメントを加入者へ配信しています。Cisco からすれば、これらはすべて素晴らしいことのように思えるでしょう。なぜなら、サービス プロバイダーは、コアおよびアグリゲーション ネットワークにおいてより多くの帯域やユニバーサルなブロードバンド アクセスのカバー範囲を必要とし、より多くのルータとスイッチが工場から出荷されるからです。(次を参照: 「シスコ 2012 年までにビデオが IP トラフィックの半分に」、「Hulu がデスクトップ アプリケーションを提供開始」、「AT&T が 3 画面のマスターズ報道を配信」)

## Cisco のメディアネット

前述したように、Cisco は、個人および企業部門の両方における帯域の激増を見込んでいます。企業部門において、Cisco は既に解決策を考えていますが、現状に満足してはおりません。Cisco は、テレプレゼンス、IP 上でのビデオ監視、およびデジタル サイネージなどの企業向けアプリケーションの追加に奔走してきました。Cisco は、2008 年 12 月以来、同社の IP によるメディア認識型のインフラストラクチャ イニシアチブを「メディアネット」という用語で表現してきました。同社の CEO、John Chambers はその背景の説明に全力を上げてきました。(次を参照: 「シスコのビデオ キャンペーン」 「シスコはどのようにそれを行うか」)

このように、Cisco は市場分析およびサービス プロバイダーのニーズに適合するマーケティング戦略の構想を持っています。しかし、それらのストーリーの中で現在どのくらいが実際に提供可能なのでしょうか？Cisco が、メディア ネットのテスト用に、設備とサポートを提供する機会はこれまであったでしょうか？

### 公式テスト



このテストは大規模で「メガ」サイズでした。

### メガテスト

実際に、Cisco はすぐにそのアイデアを歓迎しましたが、私たちのビジネスでかつて雑誌に掲載された他の設備テストと比べて、この作業はとてつもないものであることにすぐ気づきました。6 か月間のプログラムが設定され、15 のビジネスユニットが関わりました。Cisco の中央開発部門 (CDO) の上級副社長がプロジェクトをバックアップし、チームがより現実的な名前である「*超*メガテスト (*Über* Megatest)」という名称に統合されるまで「メガテスト」という名称がすぐに採用されました。

先例のないテスト キャンペーンにおいて、*Light Reading* は欧州高度ネットワーキング テスト センター (EANTC) にメディアネットの全側面に対する調査を委託しました。私たちは、企業および個人の顧客をサポートする Cisco のネットワーク インフラストラクチャおよび、放送事業者向けの特定用途向けネットワークから作業を開始しました。その後、エンド ユーザーの立場で、Cisco が市場に投入可能としているアプリケーションについて調査しました。さらに、Cisco のサービス プロバイダー データ センター ソリューションへの集中的な調査を行い、作業を終了しました。この件については、来週、別の特別レポートで説明します。

このテストは、次の主要分野をカバーしています。

- 全ネットワーク サービスに対して 1 秒未満のフェイルオーバーを満たす高可用性
- インライン ビデオ品質の監視
- IP ビデオ サービスの大規模な拡張性
- ストレージ エリア ネットワーク ソリューションおよび仮想化

さらに、私たちは、Cisco より、企業向けおよび個人向けアプリケーションの両方を示した広範囲なデモを受け取りました。これらについては、今週末に発表される次回の記事で紹介する予定です。

## 結果概要

簡潔に言えば、Cisco のメディア ネット ソリューションは、以下の通り、優れた成果を示しました。

- 8,188 個の マルチキャスト グループがアクセスポイント (PoP) で 240 個の出力ポートに対して再現され、Cisco が単一メトロ PoP で 196 万人の IP ビデオ加入者に対応可能であることを示しました。
- 正確なインライン ビデオ監視が、IP 経由のビデオ配信およびコントリビューション用途に適用できることが実証されました。
- Cisco 設備の公式テストで初めてポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE を使用して、ビデオ配信および二次配信ネットワークに対して 50 ミリ秒未満のフェイルオーバーおよび復旧時間が確認されました。
- ネットワーク上で現実的なパケット損失に直面しても、ビデオ品質の劣化はありませんでした。
- ファブリックのオーバーサブスクリプションおよび HOL ブロックの両方に対し、Cisco の新しい ASR 9010 で優れた サービス品質 (QoS) が実証されました。
- 統合ネットワークに対して、ヒットレスのコントロールプレーン フェイルオーバーが示されました。

これまでの規模のテストは世界初で、*Light Reading* および EANTC は Cisco IP インフラストラクチャが実際に稼働することを確認しました。本書は、3 つのパートから成るレポート シリーズの最初のパートであり、そのシリーズで *Light Reading* と EANTC は画期的な成果を共有しています。

このレポートでは、Cisco のメディア ネット サービス デリバリー ネットワークを対象としています。以下が目次です。

### テストのセットアップ

#### サービス デリバリー ネットワーク

#### ネットワーク サービスおよびユーザーのエミュレート

#### IP ビデオ ネットワーク

結果：マルチキャスト グループの拡張性 (IP ビデオ ネットワーク)

結果：コントロールプレーン フェイルオーバー (IP ビデオ ネットワーク)

結果：無損失ビデオ (IP ビデオ ネットワーク)

結果：混合クラス スループット - ASR 9010 (製品テスト)

結果：サービス品質 - ASR 9010 (製品テスト)

結果：Xponder の耐障害性を持つ ONS 15454 (製品テスト)

#### ビデオコントリビューションネットワーク

結果：リンク障害 (ビデオ投稿ネットワーク)

結果：インライン トラフィック監視 (ビデオコントリビューションネットワーク)

#### 二次配信ネットワーク

結果：インライン ビデオ品質監視 (二次配信ネットワーク)

結果：リンク障害 (二次配信ネットワーク)

#### 結論

## テストのセットアップ

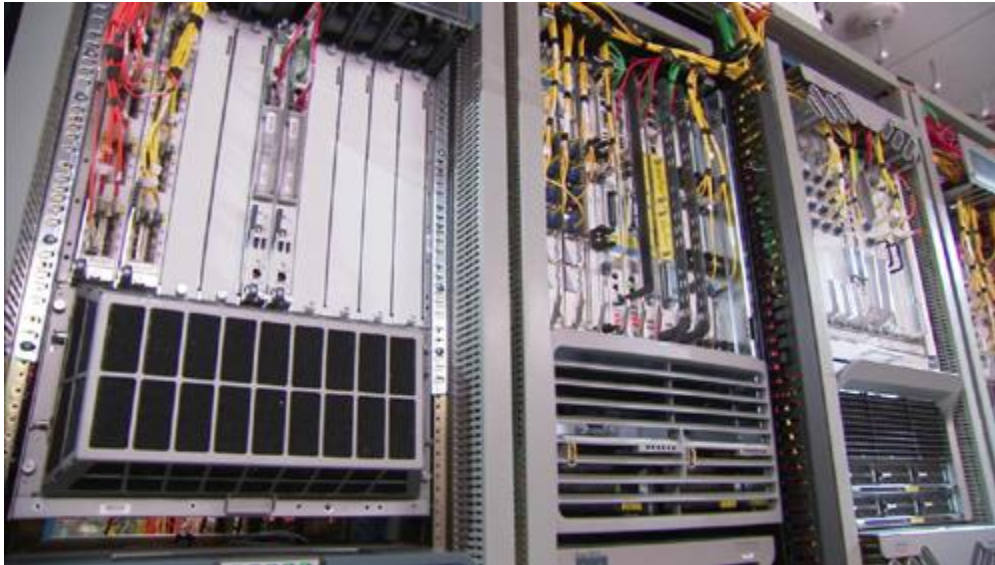
先進的な IP ビデオ サービスを促進するために、Cisco は優れたネットワーク ソリューションを提供できるでしょうか？

その答えを見つけるため、私たちは、2007 年に Cisco IPTV 独立テスト レポートで中止した調査 - シスコの IPTV インフラストラクチャのテスト - を再開し、3 種類のネットワークを構築するために調査を拡張しました。それらは、

ビデオコンテンツ配信ネットワーク、二次配信ネットワーク、および個人および企業顧客向けの統合ネットワークです。

Cisco は、既存のルータをテストに持ち込みました。それらは、CRS-1 コア ルータ（これは以前にもテストしました。40 ギガ ルータのテスト結果をご参照ください）、最近発表されたアグリゲーション用ルータ ASR9010、および DSL とケーブル ネットワーク用のサービス エッジ向けルータの 7600 です。

### テスト対象



準備万端でテストに備える Cisco の Nexus 7000、CRS-1 コア ルータ、および ASR 9010 ルータ

2007 年版のテストにおいて、私たちは既にルーティング、サービス品質、フェイルオーバー、およびマルチキャストテストに関して基準となるベースラインを定めました。そのため、同じことの繰り返しは避けています。最新のハードウェアおよびソフトウェアが以前のバージョンよりも劣っていないことを確認するためにすべてのベースライン測定を再度実施するのは良いでしょう。しかし正直に言えば、私たちは大手通信事業者のように Cisco とそれほど親密ではありません。したがって、新しい Cisco の装置、具体的には ASR 9010 に対してベースラインテストが行われていない点について議論はあるでしょう。なぜなら、いかなる独立した公開テストにおいても全機能についての検証はまだ行われていないからです。これらのテストは読者の演習用にとっておくことにしましょう。

### 将来を見据えて

以前の *Light Reading* によるテストでは、私たちは製品レベルのコードのみを使用することを主張しましたが、今回、場合によってはベータ ソフトウェアおよび「初めて見る」ハードウェアをテストに採用することを Cisco に許可しました。そのような構成で達成されたすべてのテスト結果は、レポート内で明確に記されています。その根拠は、近未来を垣間見ることが価値あるように思われたからです。私たちは、Tier1 通信事業者が本年初めにこれらの製品のテストを既に開始していることを知っています。将来を見据えた IP ビデオ ネットワークおよびサービスには、以下のような競合上でのメリットがあります。

- 世界の大半の市場では、個人および企業は 1 回電話をかけるだけで別のサービス プロバイダーへ乗り換えることができます。トリプル プレーの（つまり、インターネット接続、電話および映像配信を利用する）個人または企業のビデオ顧客当たりの収益は平均的なブロードバンド インターネットのみを使用する顧客当たりの収益よりも大きいので、優れたテクノロジーでそのような顧客を獲得することが重要です。

- ビデオ加入者は、ケーブルまたは衛星テレビ プロバイダーが従来提供してきたレベルのサービスに慣れていますが、通信事業者によっては、しばらく前に企業顧客に対してサービス提供の準備ができていたのに、現在はトリプル プレーの個人消費者に対してより厳しい QoS および耐障害性を保証しなければならないのは皮肉なことです。

IP ビデオ アプリケーションの扱いにおける、ソリューションの柔軟性、拡張性、インライン監視、および耐障害性を検証するため、私たちはこのレポート用に Cisco IP ビデオ 伝送 ソリューションのテストを選択しました。

## EANTC のテスト要件

テスト全般において、私たちが重要視した大きな EANTC 要件は、現実性です。テストを受け入れる前に、ベンダーのベスト プラクティスに従って設計された現実のサービス プロバイダー ネットワークにとって、そのテストがどの程度適用性があるかどうかをよく理解する必要があります。読者は次の質問に答えることができるでしょうか？「なぜこのテストが私の業務にとって重要なのか？」および「結果をどのように利用できるか？」これを理解した後、本物のネットワーク特性を再現するために使用するテスト トラフィックの設計を始める必要がありました。

## 試験者



EANTC の Jonathan Morin (左奥)、Spirent の Marc Pelletier (右側、青い服装)、

Cisco の技術者チームと共同して一連のサービス デリバリー ネットワークテストを実施。

## テスト計画

このテストは、2009 年における Cisco の最も複雑で現実的な公開テストであり、恐らく先例の無いものです。公式テストは 4 月と 5 月の 2 週間のみ実施されましたが、その前に Cisco では 2008 年 11 月から広範囲にわたって準備段階が始まりました。テストに関係するすべての製品グループおよびビジネスユニット（事業部）の調整のために多大の努力が費やされました。8 基以上の、Cisco のキャリアクラスのルーティングおよびスイッチング製品がサービス デリバリー ネットワーク テストに使用されました。準備段階では、最新の未発表の製品が複数含まれていました。すべての異なるコンポーネントに適合する詳細なネットワーク アーキテクチャを確定するため、Cisco はしばらくの

時間を必要としました。しかし、結果は十分価値あるものであり、私たちは現代の先端サービスプロバイダーが期待するネットワーク設計要件を満たすことができました。

## テスト規則

サードパーティによるテストは、厳しい吟味が行われ、批判的な読者からは質問攻めに遭うのが常ですが、その理由はすべて正当なものだといえるでしょう。プロジェクトが開始される前に EANTC がテスト規則一式を定義しました。まず、私たちは EANTC がテスト計画をコントロールすることに同意しました。Cisco は独立したテスト指針に従うことに同意し、最終決定は必ず EANTC が行いました。

私たちはまた、一方の EANTC およびテストベンダー Spirent Communications plc (NYSE: SPM; ロンドン: SPT) と他方の Cisco の間で責任分担を厳密に行いました。EANTC と Spirent はすべてのテスト用ハードウェアおよび(有線監視あるいは障害装置などの) 付属装置を操作することにし、一方 Cisco は、任意の Cisco のコンポーネントを含むテスト対象の完全なネットワークを設定し、必要な場合にはテストで発見されたネットワークの問題のトラブルシューティングを行うことになっていました。

一旦テストが始まると、EANTC は、ネットワークのすべてのパスワードを変更し、装置のコントロールを維持しました。私たちは、CLI 出力のログを記録し、各テストおよびテスト内の各エレメントの設定ファイルを補足しました。実施したテストの複雑性かつ大量の項目数のため、Cisco の 3 つの基本的なオペレーティングシステム、つまり IOS、IOS XR、および NX-OS の設定ファイルは莫大なものとなりました。

## サービス デリバリー ネットワーク

メディアネット サービス デリバリー ネットワークは、IP 経由音声 (VoIP) および高速インターネット アクセスに加えて、テレプレゼンスおよび高解像度 IP ビデオ サービスなどの高度なビデオ アプリケーション一式をサポートするため、Cisco の技術者グループにより設計されました。Cisco は、2007 年に設計、テストされた IPTV ネットワークを拡張し、アグリゲーションルータとして新しい ASR 9010 を追加し、また、Cisco の Nexus 製品ファミリである Nexus 5000 および 7000 を導入することでデータセンターを十分に強化しました。

ビデオ オンデマンド (VoD) とペイパービュー (PPV) ムービーを除く、ネットワークでエミュレートされたすべてのサービスは、私たちがサービスプロバイダーのサービス展開シナリオで注目している 3 つのデータセンター装置の 1 つに終端させました。データセンターは、直接ネットワークコアへ接続され、そこでネイティブ IP トラフィックがすべてのユニキャストサービス向けの IP/MPLS トンネルに注入されました。ネットワークのすべてのリンクは Ethernet ベースでした。IP/マルチプロトコルラベルスイッチング (MPLS) ネットワークには、2 基の CRS-1 ルータから成るコアバックボーンと 2 基の ASR 9010 ルータ (ここで VoD サービスを終端) および 2 基の 7609-S ルータから成るアグリゲーションネットワークを含んでいました。ネイティブ IP トランスポートおよびプロトコル非依存マルチキャストソーススペシフィックモード (PIM-SSM – RFC 4607 で規定) がブロードキャストおよび PPV ビデオ向けのマルチキャスト接続を可能とし、すべてのユニキャストユーザーサービスは RSVP-TE トンネルを通じて配信されました。

## エッジ



Cisco 7609-S、テストで使用したユーザー収容プロバイダー エッジ (uPE) 装置の 1 つです。

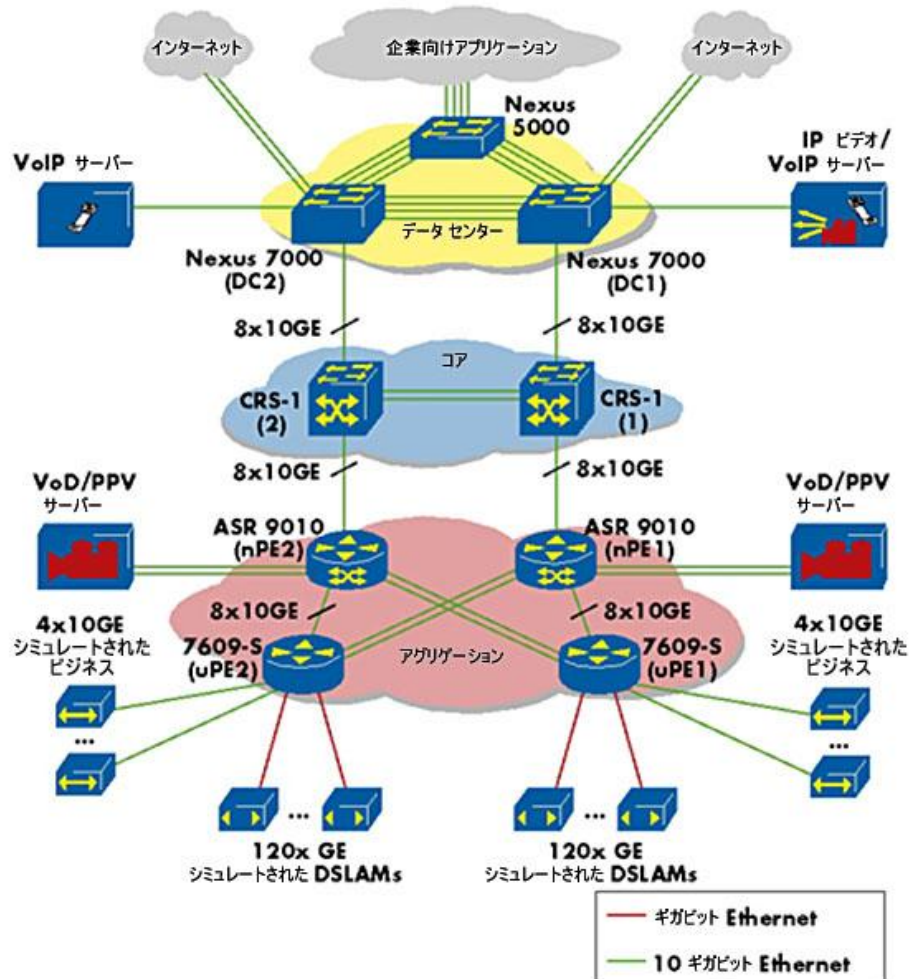
本レポートで示されている複数のテストのうち、具体的にはビデオ配信およびコントリビューションに関するテストでは、ネットワークトポロジーのサブセットが使用されました。これらの変更は、該当するセクションに説明してあります。

## IP ビデオ テストベッド



テストベッド (左から右へ) Nexus 7000、CRS-1、ASR 9010、7609-S、および Spirent の TestCenters

## Cisco IP ビデオトポロジー



出典：Cisco、EANTC

2基の CRS-1 には、それぞれ、2基のセキュア ドメイン ルータ (SDR) が構成されている2枚の分散ルート プロセッサ (DRP) がインストールされました。事実上、物理的な CRS-1 はそれぞれ2基の独立仮想ルータにパーティション分割されました。Cisco の技術者たちは、SDR 1基を企業顧客用に、もう1基は個人顧客用に構成しました。Cisco は、この構成によりサービス プロバイダーが異なるサービス種別をより厳密にコントロールできると説明しています。Cisco の技術者によれば、異なるサービス レベルの契約書 (SLA) は、従来から個人加入者よりも企業顧客と交わされているため、サービス プロバイダーはベスト エフォート サービスに関する要件を緩めながら非常に厳密な SLA を実現する高度な耐障害性を実装できます。

EANTC において、私たちは個人ビデオ サービスに対しても極めて厳密な (社内) サービス レベル要件を見だし始めています。なぜならトリプルプレイ環境ではパケット損失は許されるものではないからです。したがって私たちは Cisco の説明に完全に納得したわけではありません。さらに、CRS-1 でのコントロールプレーン トラフィック量が、それほど巨大とは思っていません。ネットワーク設計の観点から、*Light Reading* と EANTC が5年前に既に気づいていたように、ルート プロセッサ 1基がそれに対応可能なはずでした。(「シスコの CRS-1 がテストに合格」をご参照ください。) したがって、Cisco のやり方は何よりもまず DRP の複雑性を克服する賢明な方法であるように思われました。これは確かに他のシナリオにおいても正当な理由と言えます。

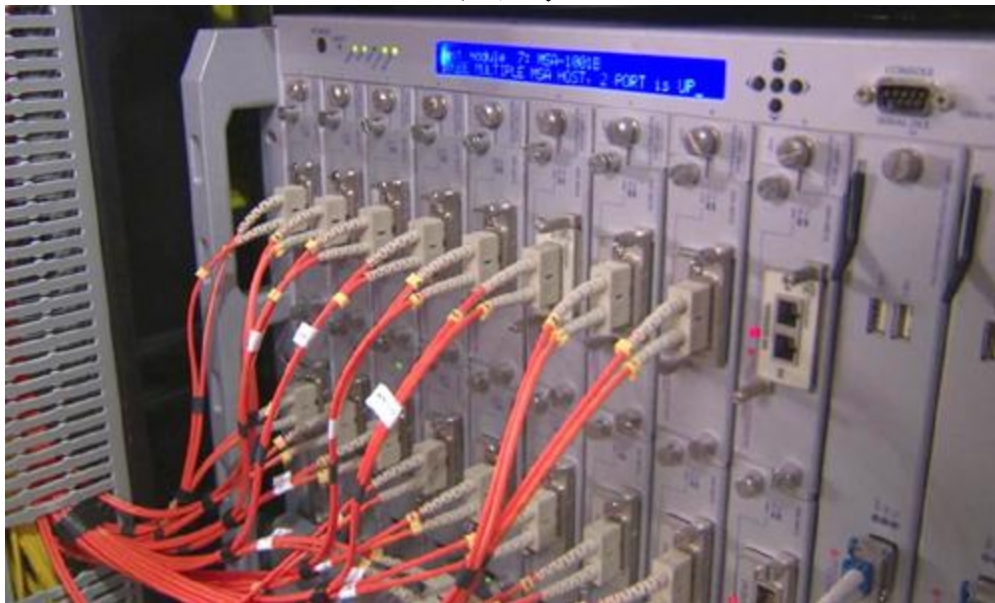
ユーザー収容プロバイダー エッジ (uPE) 装置は、企業向けサービス用の 4 基の 10 ギガバイト Ethernet インタフェースおよび個人向けサービス用の 120 ギガビット Ethernet インタフェースを備えていました。2 基の uPE をネットワークに装備した状態で、合計 8 基の 10 ギガビット Ethernet ポートおよび 240 ギガビット Ethernet 顧客収容ポートが提供されます。これは非常に大きな負荷です。最近、複数の大規模テスト シナリオが出版されていますが、よく見ると、これらは高度なサービスを全く含んでおらず、単にパケットを爆発的に使用しているに過ぎませんでした。私たちは、他のベンダーにそのようなパケットの爆発的使用を、このテストで確認された高度なサービスおよび複雑性のレベルと組み合わせることを要請します。

顧客収容インタフェースはすべて、QoS ポリシーを含む Cisco のベスト プラクティスに従って構成され、各サービスはそれ自身の VLAN (ネットワーク内で 1 つのサービス種別当たり 1 つの VLAN) 内で動作していました。

## ネットワーク サービスおよびユーザーのエミュレート

私たちは、すべてのメディアネット サービスをエミュレートするため、5 基の Spirent TestCenter シャーシ SPT-9000A を使用しました。あるテストでは、私たちは大量のフローおよびアプリケーションをエミュレートするレイヤー 2~3 モードで TestCenter を使用しました。しかし、実際のビデオが必要な複数のテストでは、私たちは Spirent TestCenter レイヤー 4~7 アプリケーションを利用しました。

### エミュレーター



Spirent の TestCenter は 10 ギガビット Ethernet エミュレーションを行いました。

240 個の uPE 家庭向けポートは、それぞれその背後ですべての家庭向けサービスを受信する IP DSLAM をエミュレートできる、Spirent TestCenter ポートでした。もちろん、企業顧客収容ポートに関しては、プロバイダーが 10 ギガビット Ethernet リンクをそのまま企業顧客の構内へ持ち込むのは実態からかけ離れています。Cisco の推奨に従い、私たちは TestCenter を使用して 8 個の uPE 企業向けポートのそれぞれの背後にある一連のダウンストリーム ルータのエミュレートを実施しました。これらのエミュレートされたルータは、OSPF (オープン ショートテストパス ファースト) トポロジーを構築し、OSPF を使用して企業ユーザールートの uPE へのアドバタイズを行いました。

表 1 : Spirent TestCenter ポート数

サービス	ポート	ポート種別
DSLAM	240	ギガビット Ethernet
企業ポート	8	10 ギガビット Ethernet
VoD および PPV	4	10 ギガビット Ethernet
インターネット	4	10 ギガビット Ethernet
音声および IP ビデオ	2	10 ギガビット Ethernet
テレプレゼンス	2	10 ギガビット Ethernet
デジタル サイネージ	1	10 ギガビット Ethernet
IP ビデオ監視	1	10 ギガビット Ethernet

出典 : EANTC

次のリンクは、テストでエミュレートされた各 DSLAM ポート用のトラフィック明細についての図を示します。そのあとにバックボーン トラフィック 予想値とエミュレートされたユーザー数の明細についての表を示します。

- 図 1 : エミュレートされた DSLAM ポート当たりのダウンストリーム トラフィック
- 図 2 : エミュレートされた DSLAM ポート当たりのアップストリーム トラフィック
- 図 3 : エミュレートされた 企業顧客ポート当たりのダウンストリーム トラフィック
- 図 4 : エミュレートされた 企業顧客ポート当たりのアップストリーム トラフィック

表 2 : バックボーン トラフィックの予想値

サービス種別	家庭向けトラフィック	企業向けトラフィック	総計 (ダウンストリーム トラフィック)	総計 (アップストリーム トラフィック)
IP ビデオ (720p および 1080p)	600 M ビット/秒 単方向	なし	600 M ビット/秒	なし (IGMP Join のみ)
PPV (1080p)	80 M ビット/秒 単方向	なし	80 M ビット/秒	なし (IGMP Join のみ)
VoD (720p および 1080p)	38.4 G ビット/秒 双方向	なし	38.4 G ビット/秒	なし
VoIP	3.456 G ビット/秒 双方向	2.6624 G ビット/秒 双方向	6.1184 G ビット/秒	6.1184 G ビット/秒

インターネット	19.584 G ビット/秒 双方向	19.6 G ビット/秒 双方向	39.184 G ビット/秒	39.184 G ビット/秒
デジタル サイネージ	なし	1.04 G ビット/秒 双方向	1.04 G ビット/秒	なし
IP ビデオ監視	なし	9.6 G ビット/秒 双方向	9.6 G ビット/秒	9.6 G ビット/秒
テレプレゼンス	なし	15.6 G ビット/秒 双方向	15.6 G ビット/秒	15.6 G ビット/秒
合計			110.6224 G ビット/秒	70.5024 G ビット/秒

出典：EANTC

表 3：エミュレートされたユーザーの総数

ネットワーク サービス	サービス概要	ポート当たり同時ユーザー総数	ユーザー ポート数	エミュレートされたホスト数
IP ビデオ	IP ビデオ 720p	200 チャンネル	240	48,000*
	IP ビデオ 1080p	50 チャンネル	240	12,000*
VoIP	家庭向け	225	240	54,000
ビデオ オンデマンド	ペイ パービュー	20 プログラム	240	4,800*
	ビデオ オンデマンド 720p	40	240	9,600
	ビデオ オンデマンド 1080p	20	240	4,800
インターネット	インターネット (家庭向け)	225	240	54,000
個人ユーザー計				187,200
企業向けアプリケーション	デジタル サイネージ	1,300	8	10,400
	IP ビデオ監視	2,600	8	20,800
	テレプレゼンス	390	8	3,120
	VoIP	5,200	8	41,600
	インターネット (企業向け)	3,150	8	25,200
企業ユーザー計				101,120

出典：EANTC  
\* IGMP 「Join」 数に基づく (ポート当たりチャンネル当たり数値)

## IP ビデオ ネットワーク

現在 Tier 1 プロバイダーからの大半の RFP は、その要件において、何らかのビデオ アプリケーションを考慮しています。基本的な IPTV サービスは 2007 年以降かなり進化を遂げており、現在多くのネットワークで稼働しています。IPTV は、従来ブロードバンド接続で消費者へブロードキャスト TV チャンネルを提供する、家庭向けサービスを意味しています。(特に高解像度ビデオを考慮した場合) 伝送ネットワークの拡張性について疑問があるため、大規模な IPTV の展開を未だに控えているプロバイダーもあり、実際のところ彼らはこのビジネス ケースを正当化するのが難しいと思っています。私たちは、このシリーズの 次のレポートで、この 2 番目の側面について扱います。ここでは伝送技術に関する課題に焦点を当ててみましょう。

プログラミング注記： 本レポート中で使われる「IP ビデオ」という言葉は、このソリューションにより基本的な IPTV からの進化を具体化するものです。

### 家庭向けビデオ

テストに使用した家庭向けサービスは以下の通りです。

- IP 高解像度ビデオ (720p) 200 チャンネル、2 M ビット/秒
- IP 高解像度ビデオ (1080p) 50 チャンネル、4 M ビット/秒
- ビデオ オンデマンド (720p および 1080p)、それぞれ 2 M ビット/秒および 4 M ビット/秒
- ペイ パービュー (1080p)、4 M ビット/秒

### ビデオ主導の企業向けサービス

Cisco による多くの新製品を含む企業向けビデオ アプリケーションは、増加する企業顧客向けサービスの収益化に役立ちます。新しいアプリケーションは以下の通りです。

- **テレプレゼンス**。世界中に点在するチーム・メンバーがまるで物理的に同じ部屋にいるようにお互いの顔を見て会話することができます。高解像度画面がそれぞれの会議室にいるメンバーを詳細に表示します。私たちがよく知っている VoIP 会議サービスがこのソリューションに組み込まれています。
- **デジタル サイネージ**。顧客への新しいマーケティング方法を導入します。ロビー、待合室、カフェテリア、官公庁、フットボール スタジアムなど必要などこにでも画面を設置することでビジネス展開でき、その場所を物理的に訪れることなく、ネットワークを通じて画面にマーケティングコンテンツを表示できます。(カウボーイズ スタジアムの IPTV スコアをご覧ください。)
- **IP ビデオ監視**。この従来型のセキュリティ メカニズムに大きなアップグレードを提供し、さらなる柔軟性と品質向上を可能としています。監視ビデオの視聴は、指定された部屋に制限されず、ネットワーク経由で誰でも可能です。

### 高速インターネットおよび VoIP サービス

上記の高度なサービスに加えて、標準のインターネット アクセスおよび VoIP もネットワークによりサポートされており、テストで確認されました。VoIP トラフィックについては、私たちはエミュレートされた音声通話当たり 64 k ビット/秒を使用しました。インターネット トラフィックは、インターネット データ解析協力協会 (CAIDA) のパケット サイズ配信レポートにより報告された所見に従って混合された、主要なフレーム サイズの組み合わせを使用してエミュレートされました。

## 結果：マルチキャスト グループの拡張性（IP ビデオ ネットワーク）

### 主な所見：

- Cisco の 7600 ルータは、アクセスポイント (PoP) において 240 個の出力ポートに対して 8,188 個のマルチキャスト グループあるいはチャンネルを複製しました。
- このテストの目的は、ある IP ビデオ チャンネルを同時に視聴可能なユーザーの最大数を知ることでした。
- Cisco の 7609-S マルチキャスト実装は、単一メトロ PoP から 200 万人に近い IP ビデオ加入者にサービス提供可能であることを示しました。

ブロードキャスト サービスの拡張性は、IP ビデオ サービスを提供するすべてのサービス プロバイダーにとって重要な問題です。ネットワーク設備に対するサービス プロバイダーの投資は、ある期間、通常は 5 年以上、保護される必要があります。このことは、IP ビデオ サービスに加入する個人顧客が増加するにつれ、ネットワークはより多くのセットトップ ボックスをサポートする必要があり、さらにはより多くのクライアントが IP マルチキャスト ストリームを要求することを意味します。

IP マルチキャストは、RFC 3376 で規定されたインターネット グループ管理プロトコル (IGMP) を使用して、マルチキャスト ストリームに参加する加入者を判断するため「グループ」という概念を使用します。第 3 パージョンのプロトコルである IGMPv3 がこのテストで使用されました。1 つのグループは 1 つの TV チャンネルに類似していると考えられます。たとえば、あるグループは HBO のブロードキャストであり、別のグループは Fox News のビデオおよびオーディオ ストリームを送信しています。したがって、視聴者が家庭でテレビの前に座って、チャンネル切り替えのためリモート コントロールをクリックすると、その視聴者はマルチキャスト グループを要求する IGMP メッセージを送信していることとなります。

このテストにおいて、私たちの目的はネットワークの拡張性を測定すること、つまりある IP ビデオ チャンネルを同時に視聴可能であるユーザーの最大数を知ることでした。マルチキャスト ストリームは必要時にネットワーク内の各ノードでのみ複製され、ストリームの単一コピーのみが各リンクへ送信されることを保証します。したがって、マルチキャスト配信は受信端、つまりユーザー プロバイダー エッジ (uPE) において最も困難だと言えるでしょう。アクセス ノード ポート当たりの視聴者数の最大値数に合わせるため、私たちはエミュレートされるビデオ ストリーム当たりの帯域幅を 0.12 M ビット/秒という人為的な値へ下げることが必要がありました。これは、ギガビット Ethernet 出力インターフェースを使用して私たちがテストする必要のあった、ビデオ チャンネルの最終的な数を得るための唯一の方法でした。

この規模でテストを可能にするためのもう 1 つの前提条件は、ネットワーク内のすべての非 IP マルチキャスト トラフィックを無効にすることでした。マルチキャスト トラフィックはユーザー収容ポートの利用可能なすべての容量を使おうとしていたので、他のトラフィック用のスペースはありませんでした。このテストの目的は、理論上サポートされているマルチキャスト アクティビティの最大限を知ることで、つまりチャンネル変更アクティビティおよびサポートされているチャンネル数の両方の見地から、ハードウェアで利用可能なスペースを評価することでした。

テストを実行するため、私たちは Spirent TestCenter ポートを構成し、テストポロジィでのビデオ ヘッドエンドで 8,188 個のマルチキャスト グループをソースするようエミュレートしました。これは、最初の 250 グループからの画期的な増加です。その後、私たちは 240 個のエミュレートされた DSLAM ポートの各ポートから 50 パケット/秒で各 7609-S ルータへ IGMP 「Join」を送信しました。すべての Join が送信された後、私たちはすべてのグループ

向けのトラフィックを同時に開始しました。適切なタイミングだったと言えるでしょう。トラフィックは 30 分間、実行されるよう設定されていました。これは、多くの状況の長さを考慮した場合に現実的な実行時間です。テスト中に、私たちは Spirent TestCenter を使用して最大ジッター、平均ジッター、最大遅延、および最小遅延を測定しました。

表 4：マルチキャスト グループの拡張性

結果	最小 (マイクロ秒、240 ポート間)	最大 (マイクロ秒、240 ポート間)
最大ジッター	28.73	38.99
平均ジッター	3.519	3.66
最大遅延	218.25	230
最小遅延	141.43	132.36

出典：EANTC

7609-S ルータとユーザーのセットトップ ボックスの間にマルチキャストを認識する装置が存在しないシナリオを想定し、各ユーザーが提供されている 8,188 個の異なるチャンネルを Join していることを想定して、結果はテストに提供された Cisco のネットワークがメトロ アグリゲーション ネットワーク当たり (つまり、7609-S ルータのペア当たり) の理論値である 1,965,120 人のビデオ加入者に対応できることを示しました。

このように、7609-S ルータ マルチキャスト ハードウェアは一般的な IPTV ブロードキャストで必要とされる数値よりもかなり大きな数値に対応します。現在利用可能なビデオ コーデックは、標準解像度ストリーム当たり 1~2 M ビット/秒を使用しています。これら、および並行して流れているバックグラウンドのインターネット トラフィックにより、7609-S の最大マルチキャスト容量のわずか 5~10% がギガビット Ethernet 出力インタフェースを使用する場合に必要となります。これは、7609-S ルータ当たり 50,000~100,000 人のビデオ加入者に相当します。

いずれにせよ、Cisco の 7609-S マルチキャスト実装はテストにおいて優れた結果を示し、想定可能な家庭向けブロードキャスト ビデオ要件を超えた拡張性を示しました。上記の表は、Spirent TestCenter により報告された 240 個の受信ポートに対する最大ジッター、平均ジッター、最大遅延、および最小待ち遅延を示しています。実効単方向ダウンストリーム マルチキャスト スループットは、ルータ当たり 119 G ビット/秒、あるいは出力ギガビット Ethernet ポート当たり 992.8 M ビット/秒よりもわずかに大きいものでした。

## 結果：コントロールプレーン フェイルオーバー (IP ビデオ ネットワーク)

### 主な所見：

- EANTC は、メディアネット トラフィックのフル プロファイルを転送しているルータでのコントロールプレーン障害をシミュレートしました。
- 私たちは、テストしたすべてのルータに対してヒットレスの障害復旧を実測できました。
- テストは、Cisco のルータ上のコントロールプレーン障害によりエンドユーザーが影響を受ける可能性がほとんどないことを示しました。

サービス プロバイダーのベスト プラクティスの一部として、耐障害性メカニズムが必要です。特にネットワークのコアおよびアグリゲーション レイヤー内、トリプル プレーのネットワーク内で、リンク、ノード、およびコントロールプレーンに対する完全な 1 対 1 の耐障害性が求められていることを私たちは知っています。冗長コントロールプレーンを備えるということは、ルータ内でソフトウェアまたはハードウェアの問題が発生した場合に、エンドユーザー、私たちのケースでは個人および企業顧客、に影響を与えずに復旧が可能であることを意味しています。繰り返しますが、ルータソフトウェアまたはハードウェアの問題が発生した場合でも・・・と言うことです。もうお分かりかと思いますが。

このテストで、私たちはシステムがトラフィックを転送中にテスト ネットワーク内の複数のルータからアクティブなルート プロセッサ (RP、Cisco が名づけたコントロールプレーン ユニット名) を物理的に取り外すことによりコントロールプレーン障害をシミュレートしました。トラフィックについては、私たちは再度 フル メディアネット トラフィック プロファイルを使用しました。私たちは、障害時に失われたフレーム数を (もしあれば) 記録し、故障 RP を二次 RP と交換後システムの安定性を監視しました。テストは、RP および分散ルート プロセッサ (DRP) を備えた CRS-1 および ASR 9010 の両方でテストを実施しました。7600 ルータによるテストは実施しませんでした。

#### マネはしないようにしてください



EANTC の Jonathan Morin が Cisco の ASR 9010 ルータ上の回線カードを引き出しています。

私たちは、まず 2 分間トラフィックを流し、その間にアクティブな RP を備えたカードを取り外しました。その後、私たちはもっと長い時間トラフィックを流し、その間にカードを再挿入し、カードが完全に再起動し、待機状態を表示するのを待ちました。CRS-1 の場合、私たちはこの段階のトラフィックを 10 分間流しました。なぜなら、そのカードは起動に時間がかかるためで、ASR 9010 の場合は 5 分間必要であったからです。私たちは、各テスト対象装置に対して合計 3 回この手順を繰り返しました。この作業には、CRS-1 RP、CRS-1 DRP、および ASR 9010 RP が含まれました。私たちが 2 回目のテストを繰り返したときに、1 回目および 3 回目とは違うカードを取り外しました。なぜなら、1 回目で新しいカードがアクティブなカードとして残されたからです。

ひとつの packets が失われた 1 回の ASR 9010 RP 挿入テスト実行を除いて、すべてのテスト実行時に、私たちはヒットレス障害復旧、つまり packets 損失ゼロを観測しました。カードを再挿入した Cisco の技術者は、この packets

損失はカード再挿入の方法が原因だったと説明しました。[編集者による注記：何をしたのでしょうか?] この理由から、私たちは 4 回目のテストを実施し、カードを正しく挿入した後パケット損失がゼロであったことを確認しました。これらのテスト結果により、私たちは Cisco のルータ上のコントロールプレーン障害がエンド ユーザーに影響を与えることはないことを確信しています。

## 無損失ビデオ (IP ビデオ ネットワーク)

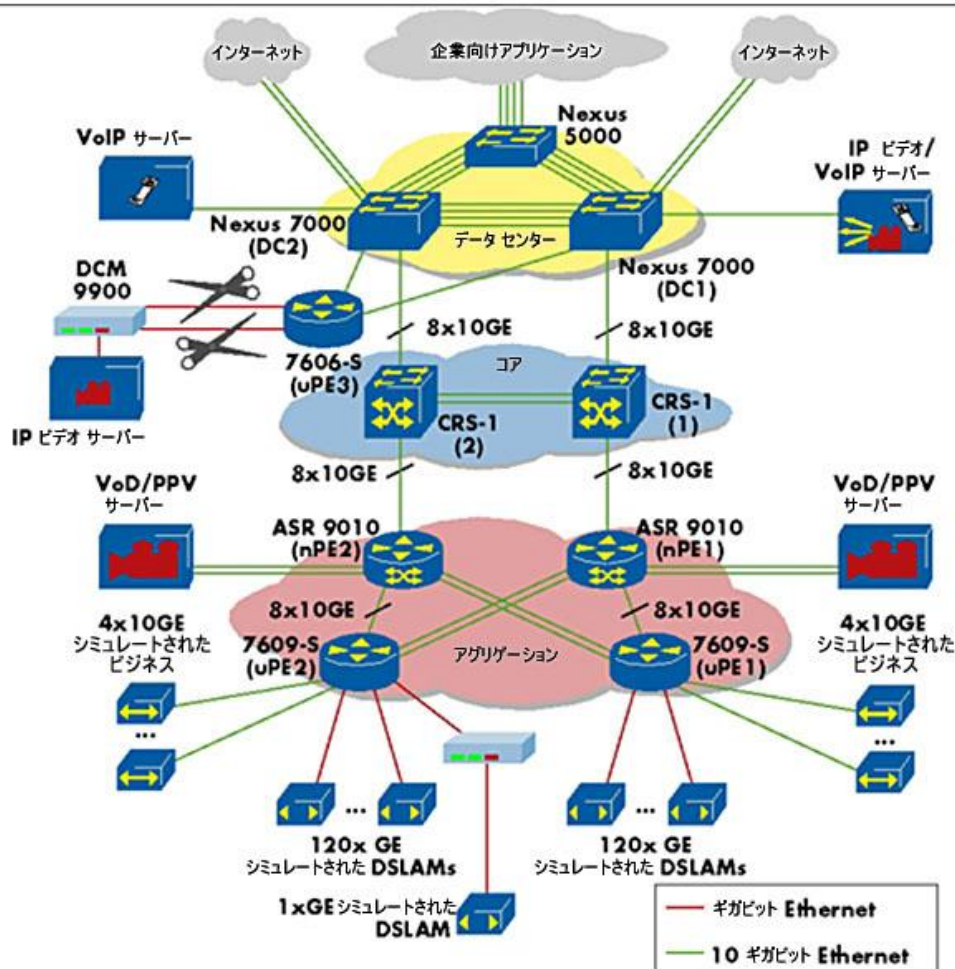
### 主な所見：

- Cisco のデジタル コンテンツ管理 (DCM) MPEG プロセッサは、エンド ユーザーが視聴する前にネットワーク ビデオ ストリームを識別、修復することができました。
- 私たちのテストは、いずれかの DCM 9900 のデータ パス内のリンクが故障した場合にエンド ユーザーはテレビ視聴の中断を受けないことを示しました。

IP ビデオ信号を送信するネットワークは、フレーム損失に対して非常に敏感です。単一の MPEG I フレームが失われ、損失秘匿アルゴリズムがデコーダー上で動作していない場合、視聴者はテレビで容易に画像の劣化 (しみだらけの混乱した画素) を目にするようになります。Cisco が提示したテストのアイデアは簡単でした。ネットワークに対して各ブロードキャスト TV チャンネルの 2 つのコピーを送信するという事です。多様なパスを備えたネットワークでは、あるストリームでのフレーム損失は他のストリームでの損失を生じないはずで、ネットワークの送信端および受信端の両方に配置されている Cisco のデジタル コンテンツ管理 (DCM) MPEG プロセッサは、あるストリームで失われたフレームを識別し、ブロードキャストストリームがネットワークを離れる前に健全なストリームからフレームを注入することができます。お分かりのように、理論上はネットワークで損失が見つかった場合、ユーザーのビデオ品質に影響がありません。

しかし、これはあくまでも理論上です。この機能をテストするため、私たちは Spirent TestCenter レイヤー 4~7 ソフトウェアを使用して MPEG-4 (H.264) ビデオ ファイルをソースしました。このファイルは、MPEG トランスポートストリーム上でストリーム出力されました。25 個のグループが作成され、各グループは MPEG ファイルを個別にホストするよう設定されました。1 つのテストポートが、データセンター内の DCM 9900 装置のアップストリームへ接続され、一方テスト受信ポートは (uPE2 へ接続された) アグリゲーション領域にある二つ目の DCM 9900 装置のダウンストリームへ接続されました。データセンター側の DCM 9900 は、ネットワーク内へ 2 箇所物理的に接続しており、それぞれが各 Nexus 7000 へ接続されていたため、ビデオ ストリームの各コピーはネットワーク内の異なるパスを通ることができました。受信側では、私たちは Spirent のソフトウェアでビデオ品質保証ツールを使用して、連続性エラーによる MPEG ストリーム上の損失を検出しました。

### 無損失ビデオ ネットワーク トポロジー



テストを始めるにあたり、DCM 9900 の機能がメディアネット ソリューションと互換性があることを確認するため、私たちはメディアネットのフルトラフィックプロファイルを使用しました。このトラフィックは、まだ Spirent TestCenter ハードウェアおよびソフトウェア上で設定されていました。メディアネットトラフィックが流れ始めると、私たちは DCM 9900 装置の背後でホストされる MPEG トラフィックの送信を開始しました。MPEG トラフィックは 40 秒間流れました。すべてのトラフィックが流れている間に、私たちはデータセンター側 DCM 9900 ネットワークを接続しているケーブルのうち 1 本を切り離し、その後再接続しました。トラフィックが停止した後、私たちはテストを再開し、次に DCM 9900 ネットワークを接続している反対側のケーブルを切り離しました。この手順は合計 3 回繰り返されました。

各テスト実行の後、私たちはメディアネットトラフィックでの損失および MPEG トラフィックに対する連続性エラーを観測しました。3 回のテスト実行のすべてにおいて、私たちはメディアネットトラフィックのゼロ損失を計測し、これは DCM 9900 のセットアップがメディアネットソリューションに悪影響を与えないことを立証しています。すべてのテストはまた、25 個のビデオストリームのすべてに対して連続性エラーがゼロであることを示しました。これは、DCM 9900 データパスのいずれかでのリンクが故障した場合、2 つのパスのうちのいずれかであるかに関係なく、エンドユーザーの MPEG デコーダーがビデオ内で不連続性の影響を受けないことを立証しています。

## 混合クラススループット - ASR9010 (製品テスト)

## 主な所見：

- ASR 9010 のスタンドアロン テストは、このルータがスロット当たり 160 G ビット/秒のマルチキャストおよびユニキャスト トラフィック、あるいは各方向に 80 G ビット/秒を配信可能であることを示しています。

## IP ビデオ製品テスト

私たちは、単独コンポーネントに対する複数のテストに焦点を当て、メディア ネット ソリューションの調査を開始しました。全体としてのソリューションが包括的なメディア配信プラットフォームを提供する一方、私たちは個々のコンポーネントが特定のテスト ケースに対してスタンドアロン（独立） ユニットとして安全にテスト可能であることを知っています。これらすべての個別テスト ケースで、私たちはフォアグラウンドでのメディア ネットの使用を堅持し、関連する現実的なトラフィック プロファイルを使用してメディア ネットと関連したテストを実施しました。単一コンポーネント テストの分類に入る 2 つのメディア配信ネットワーク エレメントは、Xponder カードを収容した Cisco の ONS 15454 および 8 ポートの 10 ギガビット Ethernet ラインカードを収容した Cisco の ASR 9010 でした。

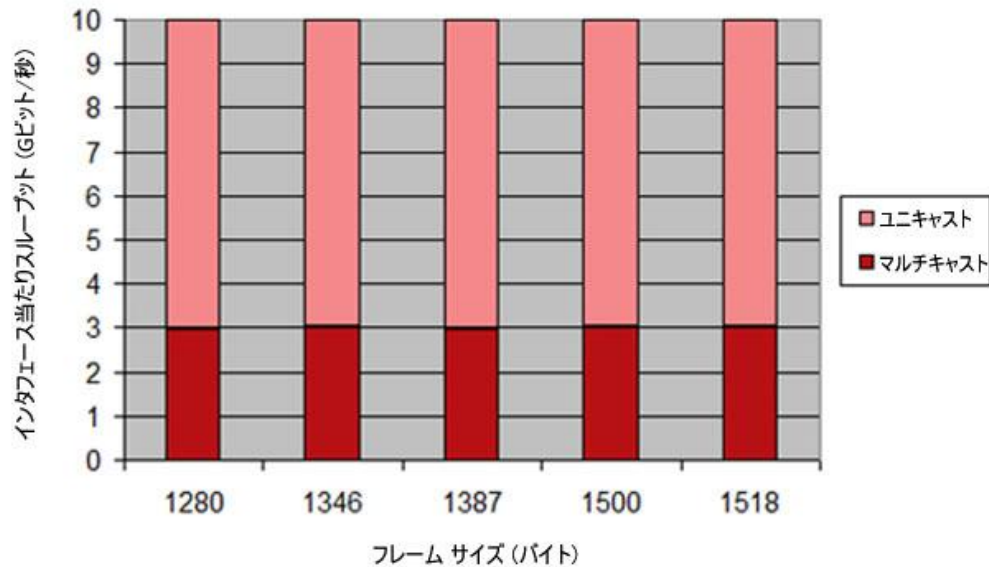
## 結果：混合クラス スループット – ASR 9010

メディア ネット設計での主要エレメントは ASR 9010 であり、これは昨年末に発表されたばかりの製品で、私たちのテストの新しいターゲットでした。2 つの現行モデルのうち、私たちは大きな方の ASR 9010 に注目しました。ASR はメディア ネット ポロジータにおいて、ユーザーに接続されている Cisco の 7600 とコア ルータである CRS-1 の間のアグリゲーション ルータとして位置付けられていました。Cisco が発表した多くの機能のうち、重要機能の 1 つはスループット パフォーマンスです。Cisco が広告で宣伝しているマルチキャストおよびユニキャスト混合トラフィック用の 80 G ビット/秒の双方向スループットをテストする時はワクワクしました。私たちはこの装置で表示されているスループット能力を確認するため、メディア ネット ソリューションのテストに加えて単独での装置テストを実施しました。

LR および EANTC は、8 ポート 10 ギガビット Ethernet ラインカードを初めて見ましたが、これは A9K-8T-E としてリリースされると聞いていました。テストは、インターネット技術タスク フォース (IETF) 公開インターネット規約 (RFC) 3918、わずかな修正事項付き、に基づいていました。私たちは、メディア ネット テストに関連する RFC の「混合クラス スループット」を採用しました。

IP ビデオ トラフィックは、できるだけ多くの MPEG パケットを IP に組み込んだパケットを使用して送信されます。したがって、この状況では、単一 MPEG パケットを収めることもできない小さな IP パケットは大部分が無駄になってしまいます。したがって、私たちは 1280~1518 バイトの範囲のビデオ配信を目的として現実的なフレーム サイズの範囲をテストすることにしました。このフレーム サイズ変更を除けば、RFC に示された方法論に従いました。マルチキャスト対ユニキャスト比として、3 : 7 が使用されました。なぜなら、マルチキャスト トラフィックは、例えて言えばパイの小片を使用するからです。しかし、私たちはいまだに 30% を占めるケースのテストを望んでいます。

## ASR 9010 混合クラス スループット結果



RFC は、フレームが失われぬ最大レートの結果について述べています。ラインレートをゴールとして、私たちはラインレートのみでトラフィックを送信しました。ありがたいことに、速度が徐々に下がることは回避できました。なぜなら、テストしたいずれのフレームサイズでもフレームが失われなかったからです。これは、装置が 160 G ビット/秒のマルチキャストおよびユニキャスト トラフィック、あるいは各方向に 80 G ビット/秒の配信を取り扱うことができることを示しています。

ASR 9000 シリーズの能力の詳細については、今年初めのロンドンでの *Light Reading* の Ethernet Expo イベントでの Cisco 用のカスタム ビデオ LRTV ショットをご覧ください。

[http://www.lightreading.com/video.asp?doc\\_id=176868](http://www.lightreading.com/video.asp?doc_id=176868)

## 結果：サービス品質 – ASR 9010 (製品テスト)

### 主な所見：

- ネットワークに異常な負荷がかかっており、シミュレートされた DoS アタックを回避している場合でも、ASR 9010 は VoIP 通話などの高優先度トラフィックを配信できました。

サービス デリバリー ネットワークでのアグリゲーション ノードは、複数の条件下で輻輳が発生する可能性があります。すべてではありませんが大半の家庭向けネットワークは、統計的に多重化されているため、あるアプリケーションが一夜にして成功したために、ユーザーが利用する帯域幅が、新しい容量がネットワークに提供されるよりも先に急速に消費される、というリスクがかならず存在しています。

さらに、万ラインカードがアグリゲーション ノード上で故障した場合、残りのラインカードがそのロードをユーザーへ搬送する必要があります。3 番目のシナリオは分散サービス妨害 (DDoS) アタックです。そのようなアタックはネットワークに過度の輻輳を生じますが、サービス プロバイダーはそれに影響を受けず優れたサービスを提供することが期待されています。事実、そのために消費者が料金を支払っているのです。

このテストについては、私たちは2つの目標を持っていました。第1の目標は、基本的にラインカードとコントロールプレーン間の内部インタフェースであるルータのファブリックを超過する極端なオーバーサブスクリプションのシナリオを示すことです。第2の目標は、別の送信元ラインカードから、前述のオーバーサブスクリプションにさらにトラフィックを追加する場合、既に存在している輻輳によって影響を受けてはならないということです。

両方のテストシナリオで、Ciscoの技術者は2つのトラフィッククラス、つまり企業および家庭向けVoIPとIPビデオおよびPPVトラフィックフローから成るブロードキャストビデオを保護するため被試験体(DUT)を構成しました。Ciscoの技術者は、私たちのシナリオではこれら2つのトラフィッククラスは保護可能であると述べました。これは、ネットワークに輻輳が生じた場合、他のすべてのアプリケーションは悪影響を受ける可能性があることを意味しています。メディアネットポロジータンでの大半のトラフィックはユーザーへ向けて流れるので、私たちはuPEを収容するインタフェース上で私たちの輻輳シナリオをエミュレートしました。次のロジックに従って、2つの輻輳シナリオがシミュレートされました。

- VoD サービス提供の拡大に対応するため、追加のPPVビデオストリームがネットワークに追加されます。この段階でネットワークに輻輳は存在せず、アグリゲーションノード上のユーザー収容インタフェースは94%が動作しています。このトラフィック増加後、私たちはユーザー方向に追加の32Gビット/秒のトラフィックを送信することにより、個人ユーザーに対してDDoS攻撃をシミュレートしました。これは、輻輳ラインカード上で各出カインタフェースに対して追加の8Gビット/秒のベストエフォートIPトラフィックに変換されました。基本的に、この時点においてラインカード全体は69Gビット/秒をわずかに超えたトラフィックを受信しており、これは4つの10Gビット/秒インタフェースで処理する必要があり、いかなるラインカードでも実行可能な処理ではありませんでした。
- 2番目の輻輳シナリオは、2つの異なる出口ポイントを持つ別のラインカードからの追加トラフィックストリームを加えるということでした。前述の輻輳状態にあるラインカードと、もうひとつはuPE収容ラインカードです。

両方のテストケースで、私たちは次の通りに同じ手順で従いました。つまり、まず通常のメディアネットトラフィックがフレーム損失なしに送信されていることを確認し、次にペーパービュービデオストリームを追加しました。フレーム損失、または遅延ジッターの増大がテストポロジータンで記録されていないことを再度確認します。私たちはルータの輻輳に使用するトラフィックストリームを追加しました。フレーム損失、遅延やジッターの変化がネットワークに記録されなかった場合のみ、私たちは満足しました。その後、私たちは輻輳により生じたフレーム損失、および遅延やジッターの変化を記録しました。

両方のテストケースで、Ciscoは、ルータを横断する他のすべてのトラフィックストリームでフレーム損失および遅延増加が生じるのもっともではあるが、高優先度トラフィックストリーム、つまりIPビデオとVoIPには影響を及ぼさないと主張しました。

両方のテストケースについての私たちの結果はCiscoの主張と一致しました。最初のオーバーサブスクリプションシナリオを使用した場合、私たちは高優先度トラフィックを除くすべての影響されるストリームでフレーム損失を記録しました。影響されないフローについても、私たちは遅延のマイクロ秒単位の増加、マルチキャストについては37.02~112マイクロ秒、VoIPトラフィックについては12.23~72マイクロ秒、を記録しました。2番目のオーバーサブスクリプションシナリオでは、私たちは最初のラインカードからトラフィック損失が発生する一方2番目のラインカードからは発生しないことを予想し、実際にその通りを記録しました。

## 結果 : Xponder の耐障害性を持つ ONS 15454 (製品テスト)

### 主な所見 :

- ONS 15454 の Xponder チューンアップは、旧式の Sonet 戦艦が Ethernet アグリゲーションのより動作の高速な戦争で戦うようなものです。太刀打ちできません。
- Xponder カードは、私たちがテストした各ネットワーク サービス種別の最大サービス停止時間が 31 ミリ秒未満であることにより、耐障害性を立証しました。

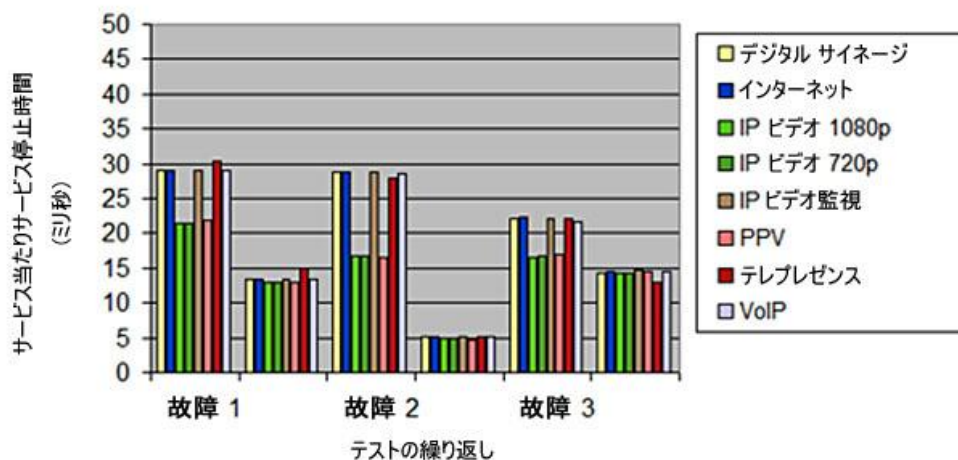
メディアネット ソリューションの一環として ONS 15454 を使用する意向を初めて Cisco から聞いたとき、私たちは困惑しました。私たちが知る限り、ONS 15454 は SDH/Synchronous Optical Network (Sonet) ネットワークで従来使用されている伝送ネットワーク ソリューションです。その後私たちは、15454 に新しく導入されたインタフェースカードである Xponder は、伝送 ソリューションを Ethernet アグリゲーションへ切り替えるオプティカルスイッチであることに気づきました。(シスコの光への愛着 および シスコがオプティカル製品を強化 をご参照ください。)

この動きは既に展開されている 15454 の寿命を延ばし、サービス プロバイダーにこの旧式ボックスに別の用途を提供しました。ネットワーク収容インタフェースは同じ 高密度波長分割多重方式 (DWDM) であり、一方 Xponder 上で顧客を収容するインタフェースは純粋な Ethernet です。メディアネット ソリューションの一環として、15454 は個人顧客、企業顧客、またはその両方のアグリゲーションに使用可能であり、該当するトラフィックをレイヤー 2 サービスが終端される各 uPE 装置へ送信します。

Xponder インタフェースの レイヤー 2 能力のテストに簡単に 1 週間で費やすことができましたが、私たちは多くのサービス プロバイダー顧客から聞いた 1 つの要件、つまり耐障害性、の単独テストに集中しました。Cisco は、リンク フェイルオーバーの際に Xponder インタフェースを備えた 15454 システムは最大 50 ミリ秒のサービス停止時間を保証できると主張していました。私たちは、メディアネットに関連してその主張をテストに組み入れました。私たちは、メディアネット トラフィック プロファイルを採用し、10 ギガビット Ethernet ポートに対して縮小して、すべての個人向けおよび企業向けサービスを含めました。

装置の動作が一貫していることを確認するため、私たちはフェイルオーバー テスト サイクルを 3 回繰り返しました。各サイクルの最初の部分は、テスト トラフィックの実行および 2 個の 15454 ボックス間の一次リンクが破損した場合、各サービスの停止期間の測定で構成されていました。サイクルの後半は同じ手順を使用しましたが、プライマリリンクが再挿入され、システムがトラフィック用にその使用を開始したときに、アプリケーション当たりのサービス停止時間を測定しました。下図は、各障害サイクル内の各サービスの停止時間を示しています。

## ONS Xponder フェイルオーバー テスト



15454 システムは潜在的に企業顧客、個人顧客、またはその両方のアグリゲーションを行うことができるので、すべてのネットワーク サービス種別がテストに使用されました。

サービス停止時間を観測する 10 ギガビット Ethernet 顧客収容ポートが存在するため、グラフの数値は 10 個のポートの平均値です。ある場合には、3 つのマルチキャスト ベースのサービスが一貫してユニキャスト サービスよりも良い状態で復旧しました。観測された最悪の障害は、企業向けテレプレゼンス サービスに対して 30.29 ミリ秒でした。しかし全体的には、テストはサービス停止時間が一貫して 50 ミリ秒未満であることを立証することに成功しました。

## ビデオコントリビューションネットワーク

ビデオコントリビューションネットワークは、ある目標に留意して設計されました。つまり、大規模で、圧縮がされていないビデオ信号をある場所から別の場所へ送信することです。たとえば、中国でのオリンピック ゲームで多くの全国ネットワークはライブの高解像度映像を会場から直接編集室へ受信していました。これらの映像は接合され、ティッカーや広告がつけられて、圧縮された後、さらに視聴者へ送信されました。

非圧縮、非暗号化デジタル ビデオ信号の送信は、シリアル デジタル インタフェース (SDI) 向けに米国映画テレビ技術者協会 (SMPTE) により規定されています。メディアネット トラフィック プロファイルが高解像度トラフィックを必要とした場合、私たちはインターネット プロトコル (IP)/UDP (ユーザー データグラム プロトコル)/RTP (リアルタイム プロトコル) トラフィック ストリームを使用し、これは SDI 対 IP コンバーターをシミュレートしました。私たちは、各ビデオ ソース用に 2.97 G ビット/秒ストリームを使用しました。

表 5：ビデオディストリビューションテスト

送信元ポート	受信ポート
2 x SDI エミュレートされたストリーム (2 マルチキャスト グループ)、それぞれ 2.97 G ビット/秒	各ルータ上に 1 ポート
3 x SDI エミュレートされたストリーム (3 マルチキャスト グループ)、それぞれ 2.97 G ビット/秒	各ルータ上に 1 ポート

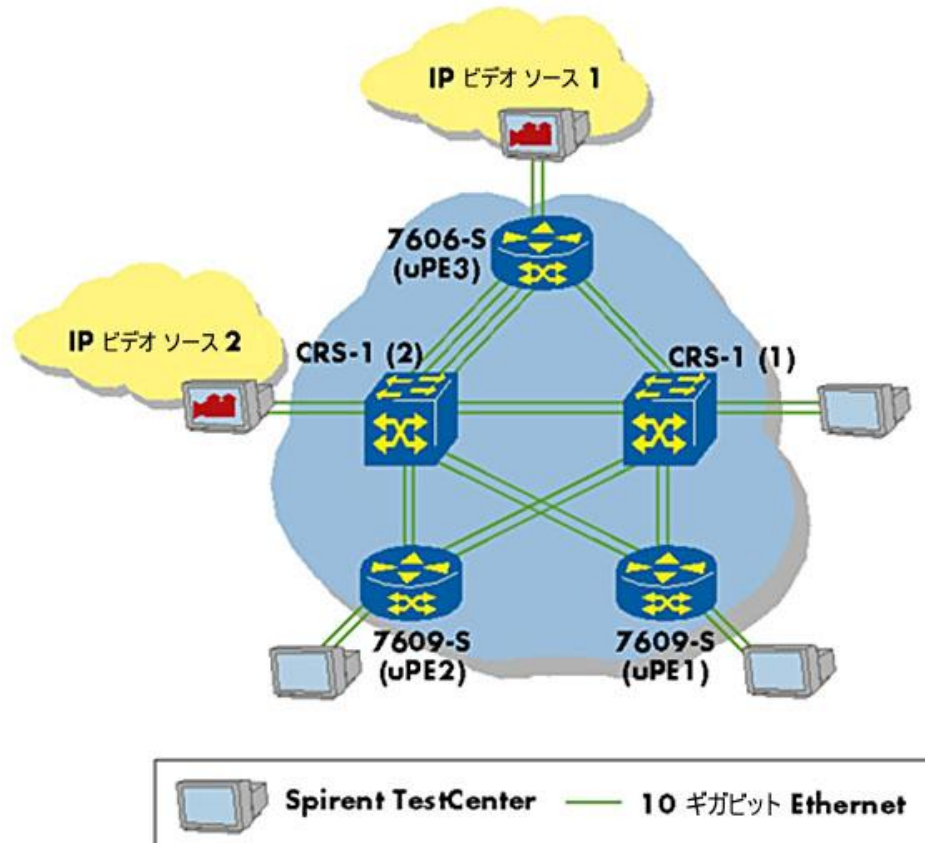
ト/秒

ト

出典：EANTC

Cisco は、このテスト用に専用ネットワークを提供しました。下図に示すように、ネットワークは CRS-1 と 7600 の組み合わせで構成されていました。

### ビデオコントリビューションネットワークトポロジー



(ASR 9010 が明らかに欠けていることを除き) メディア ネットワーク構成とこのテストの大きな違いは、送信元からさまざまな受信ビデオ編集室まで IP ストリームで非圧縮ビデオを搬送するための基本的な送信メカニズムでした。Cisco は、ポイント トゥ マルチポイント (P2MP) RSVP-TE (RFC 4875) を使用してマルチキャストグループを送信しました。マルチキャストトラフィックの送信に RSVP-TE を使用するメリットは、プロトコルに定義されている高速リルートメカニズムを利用する能力です。

注：両方のルータに使用したオペレーティング システムはエンジニアリング レベルであり、ダウンロードはできません。Cisco によれば、ここでテストしたコードは 2009 年 12 月にリリース予定であるとのことです。

さて状況が設定されたので、次ページからは一連の結果を示します。

### 結果：リンク障害（ビデオコントリビューションネットワーク）

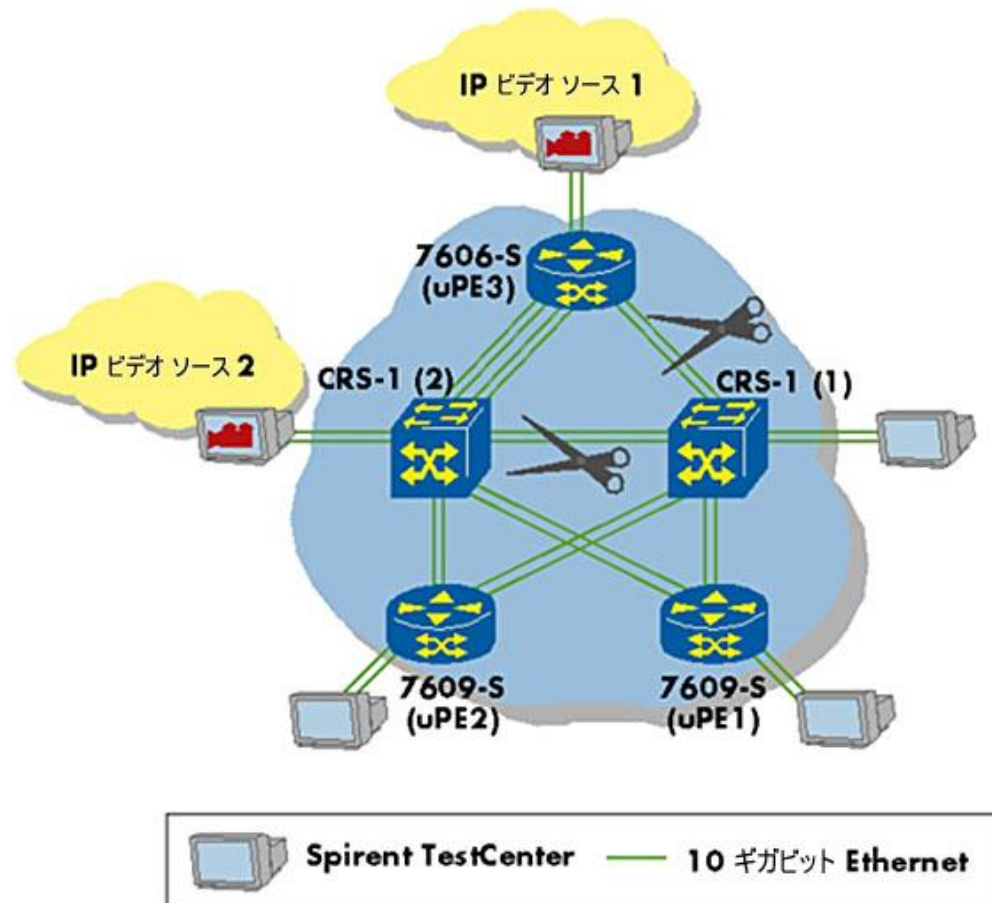
## 主な所見：

- 12 月に入手可能になる製品コードを使用する Cisco の 7606-S および CRS-1 ルータは、両方とも物理的なリンク障害の際に非圧縮高解像度ビデオ トラフィックのルートを 50 ミリ秒未満で変更可能であるはずですが。

デジタル ビデオ送信、特非圧縮 HD ビデオの送信について熟知している人々は、ビデオ トラフィックにおける大量損失がどれほど厳しい結果をもたらすかよく知っています。これは、障害からの迅速な復旧の重要性に焦点を当てています。私たちの目標は、Cisco のポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE Fast Reroute ソリューションが 50 ミリ秒未満でエミュレートされた SDI ビデオ トラフィックのルートを変更できるという Cisco の主張を確認することでした。

私たちは、2 つのシナリオに基づきこのテストを実施しました。つまり、7606-S (uPE3) を入力ルータとして使用するシナリオおよび CRS-1 (CRS-1-2) を入力ルータとして使用するシナリオです。毎回同じビデオ配信トラフィックプロファイルが使用されましたが、入力および出力インタフェースはそれぞれ交換されました。

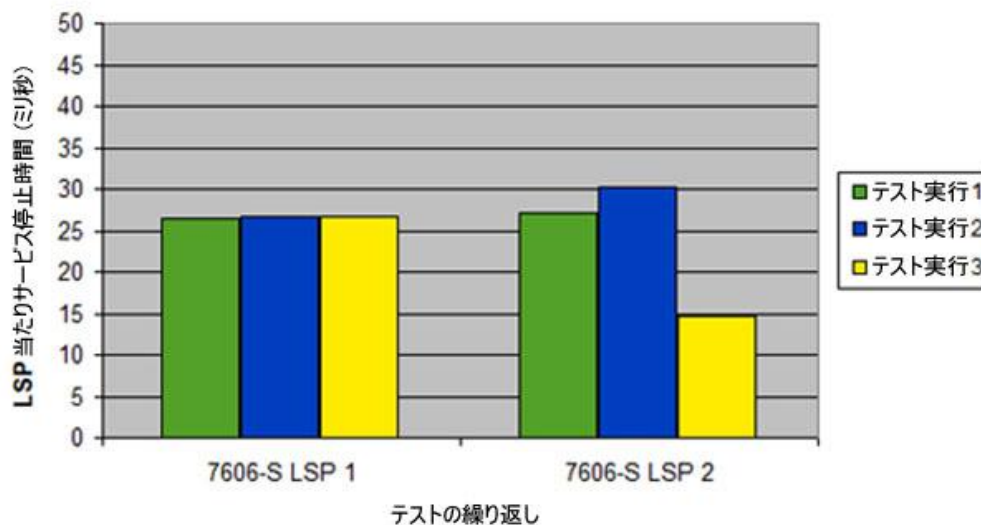
## ビデオ投稿ネットワークでのリンク障害シナリオ



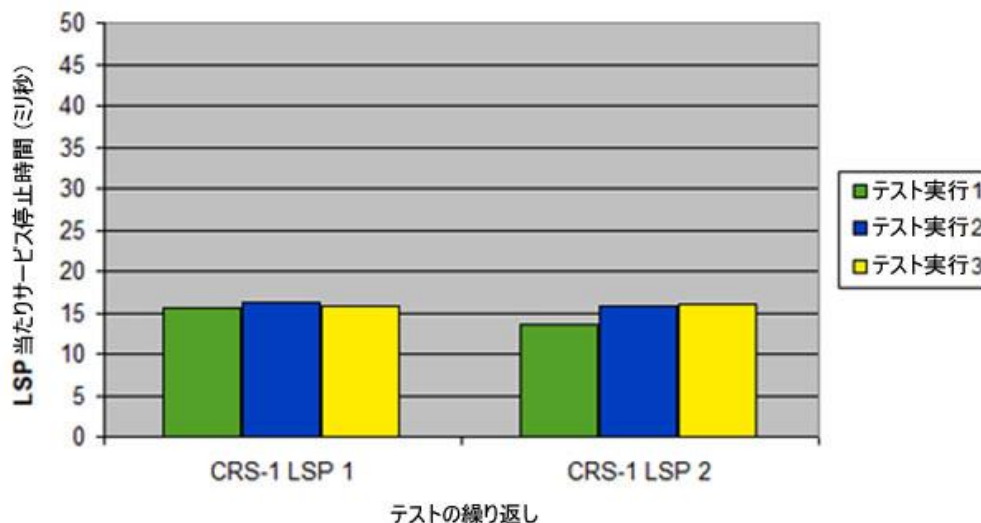
ルート変更を起動するため物理的リンクの障害をシミュレートする方法に関して数回議論を行った後、私たちは以前のテストで行ったようにケーブルを手動で取り外しすることにしました。私たちは、障害をシミュレートするためファイバー ケーブルを取り外し、復旧をシミュレートするためケーブルを再挿入しました。この間ずっと、Spirent TestCenter を使用してテスト トラフィックを送信しました。両方のテストで、私たちはテスターを使用して損失フ

フレーム数をカウントし、その数値に基づいてサービス停止時間を計算しました。私たちは、各被試験体 (DUT) に対してフェイルオーバー テストを 3 回、復旧テストを 3 回実施しました。

LSP 復旧時間 (ミリ秒) 7606-S



LSP 復旧時間 (ミリ秒) 7606-S



結果として、7606-S テスト時に最大ラベル スイッチング パス (LSP) 障害時間は 30.2 ミリ秒であり、CRS-1 テスト時に 16.2 ミリ秒でした。これは、7606-S テスト時に単一ビデオ ストリームに対してユーザーが経験したサービス停止時間である 30.3 ミリ秒、および CRS-1 テスト時の 16.2 ミリ秒に対応しています。取り外したケーブルを取り付けた後、私たちは、Cisco の CLI を使用してそのトラフィックが本当に一次パスへ戻ることを観測しました。復旧段階のテストでフレーム損失はありませんでした。

結果は、次の事項を再確認しています。一般ユーザーにとってコードが最終的に入手可能になると、Cisco の 7600-S または CRS-1 ルータに基づくビデオ配信ネットワークは、50 ミリ秒未満でリンク障害復旧時間を達成できるはずで

す。その時点までの状況は？ネイティブ IP マルチキャストは非圧縮されないビデオ配信トラフィックの送信メカニズムであり続け、その結果サービス停止時間は長いでしょう。

## 結果：インライン トラフィック監視（ビデオコントリビューションネットワーク）

### 主な所見：

- Cisco の 7606-S ルータは、Cisco VidMon を使用して、スロット当たり最大 40 G ビット/秒の速度で損傷したビデオ ストリームを検出し、報告する能力を持っています。

ビデオ配信ネットワークと現代的な次世代ネットワークの違いは、前者が単一種類のネットワーク トラフィック、つまり非圧縮ビデオのみを扱っていることです。そのようなネットワークについてのサービス プロバイダーの関心も異なっています。実際に、ビデオ配信ネットワーク事業者は、圧縮済み MPEG 個人向け IP ビデオ サービスを配信するサービス プロバイダーよりも、非圧縮ビデオのサービス デリバリーの健全性に余分に焦点を当てています。このことに留意して、Cisco はビデオ ストリーム自体を監視するため新しい機能を実装しました。非圧縮ビデオ トラフィックから成る一定ビット レート (CBR) IP ストリームを監視するため、7609-S ルータ上で 2 つの測定基準が利用可能でした。その 2 つの測定基準は次の通りです。

- **メディア レート変動 (MRV)** – 設定済みの予想された一定ビット レート (CBR) からビデオ ストリームが外れる割合です。 $MRV = (\text{実際レート} - \text{予想レート}) / \text{予想レート}$
- **遅延係数 (DF)** – メディア配信インデックス (MDI) を規定している RFC 4445 でこの用語をご存じの方もいるでしょう。しかし、このテストでのビデオ トラフィックは圧縮されていなかったため、MDI 測定の実施対象の MPEG ヘッダーはありませんでした。Cisco は、この DF メトリックの意味がネットワークに損失があるかどうかに応じて変わると説明し、ビデオ パケット損失がない場合には、その意味は「マイクロ秒単位の最大累積ジッター」であり、パケット損失がある場合には「マイクロ秒単位の累積最大パケット到着時間変動」であることを示しました。

両方のメトリック測定は、30 秒の時間間隔で実施されるよう設定されました。時間間隔が終了すると、数値がログに追加され、ルータのコマンドライン インタフェース (CLI) で直接表示できます。現在、この情報のポーリングをサポートしている管理システムが存在しないので、私たちはテストを実施するため CLI 出力を使用しました。

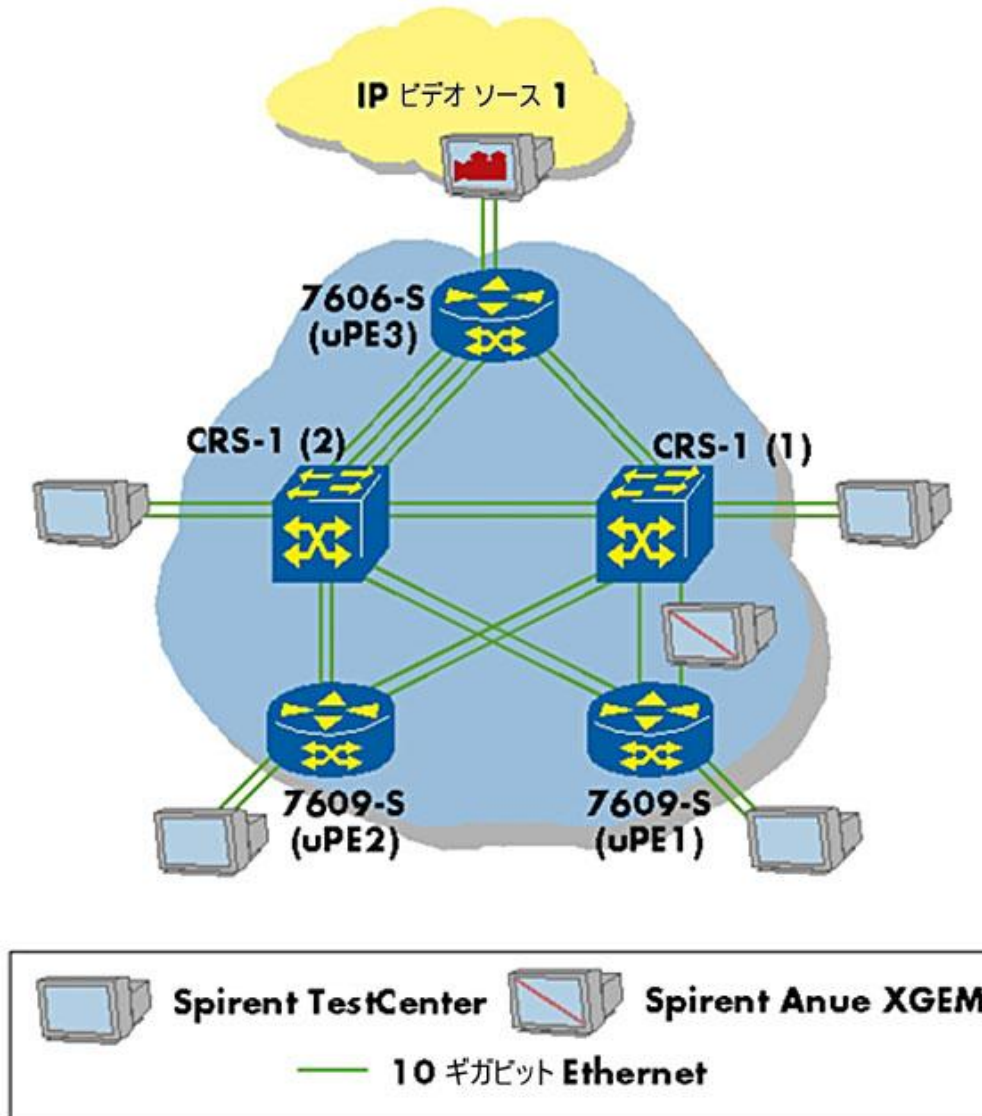
私たちは、このテストで 2 種類のセットアップを使用しました。テスト セットアップ A は、あるストリームが影響され、別のストリームが影響されないことを監視で認識できることを確認するために使用しました。受信側の TestCenter ポートは、損傷していることを私たちが知っているビデオ ストリームと、無傷であることが分かっているストリームの両方を要求しました。これらのグループ選択は、Cisco からの情報に基づいて行われ、テストにより確認されました。

テスト セットアップ B は、すべてのストリームに対して監視が並行して実施可能であることを確認するために使用し、TestCenter は損傷したビデオ ストリームのみをジョインしました。

ネットワークのエンドポイントでトラフィックを生成、受信するために Spirent TestCenter が使用されましたが、Cisco の 7609-S が検出、報告すると期待する損傷を生じるために、私たちは Spirent XGEM Network Impairment Emulator を使用しました。2 つの別個のテストが実施され、ひとつは 7609-S 上の各メトリック用であり、テスト対象の特定のメトリックを確認するため、それぞれ損傷プロファイルを使用しました。MRV メトリックは損失を検出するために効果的に使用されるので、私たちはまず 10,000 個のフレームごとに XGEM が均一に 5 フレームを損失するプロファイルを作成しました。これは、トラフィックでの 0.05% の損失に相当するので、この値は Cisco のルータの CLI に表示されることを私たちが期待した値でした。損傷ファイルは ITU-T G.1050 に基づいており、これは

損傷ツールが複製を行うことができるよう、さまざまな種類のネットワークに対して予想可能なネットワーク条件を定義しています。ビデオ配信ネットワークのビデオ要件のため、「プロファイル A」メトリックを使用しました。

### ビデオコントリビューションネットワーク向けインライン トラフィック 監視テストトポロジー



テストを実施するため、私たちはまず TestCenter から適切な IGMP ジョインを送信しました。これは使用するテストセットアップに応じて決まりました。その後、私たちはトラフィックを開始しました。CLI コマンドを繰り返すことにより、私たちは Cisco のルータが監視ツールを初期化するのを観測しました。この初期化は、ストリームが開始されると発生します。CLI が 2 つのベースライン 30 秒時間間隔を示した後、私たちは損失プロファイルを有効にしました。

ここで、ルータが 30 秒以上 MRV 測定値をログに出力できるよう数分間待ちました。ある場合には、喫茶室でコーヒーを飲んでいて戻ってくるのが遅れてもよいように、もっと長い時間間隔を空けました。その後、私たちは XGEM 上で損失プロファイルを無効にしました。私たちが有効または無効を設定している時間、損失プロファイルは無視さ

れました。なぜなら、この人的作業に必要な時間は定量化不能であるからです。私たちは、トラフィックを停止する前に各テスト セットアップに対して損傷の有効および無効設定の最後のステップをさらに 2 回繰り返したので、3 回実行したことになります。

ルータからの測定のポーリングが可能な管理システムを待っている間、私たちはルータの CLI 出力が論理的で読み取り可能であることに気づきました。とは言うものの、結果の分析時にすべてを調べるのは簡単な作業ではありませんでした。なぜなら、7609-S ルータは出カインタフェース内で、各マルチキャスト グループに基づき、（私たちのケースでは間隔履歴を 20 に設定した状態で）各 30 秒の時間間隔に対して MRV および DF 値を印刷するよう設定されていたからです。各実行で結果は一貫していたので、ここに示すデータは短縮できます。ここで、3 回の実行のうち 1 回の実行について、4 つのインタフェースのうちの 1 つを示します。

表 6 : MRV 結果テスト セットアップ

	232.0.1.1		232.0.1.26		232.0.1.27	
時間間隔	Cisco の MRV	Cisco の DF (マイクロ秒)	Cisco の MRV	Cisco の DF (マイクロ秒)	Cisco の MRV	Cisco の DF (マイクロ秒)
113	-0.00002	20	0	19	0	19
114	-0.00002	20	0	20	0	19
115	-0.00002	20	-0.00004	25	-0.00004	26
116	-0.00002	20	-0.00049	28	-0.0005	31
117	-0.00002	20	-0.00049	29	-0.0005	29
118	-0.00002	20	-0.00049	28	-0.0005	29
119	-0.00002	20	-0.0005	30	-0.00049	27
120	-0.00002	20	-0.0005	29	-0.0005	30
121	-0.00002	20	-0.0005	30	-0.00049	31
122	-0.00002	20	-0.00007	29	-0.00007	28
123	-0.00002	20	0	20	0	21
124	-0.00002	20	0	20	0	20

出典 : EANTC

この表は、7609-S uPE1 CLI からのあるインタフェース上に表示された数値を示しています。これには、ジョインした 3 グループすべて、2 つの損傷したグループと 1 つの無傷のグループ、およびテストに使用したすべての関連する時間間隔が含まれています。時間間隔 113-114 および 123-124 は、それぞれ損傷プロファイルを有効設定した後に発生したので、すべてのグループについて 0 または無視できる MRV 値を示しています。時間間隔 116-121 は、損傷した 2 つのグループに対して予想された 0.05% と等しいか、それに近い MRV を示しており、無傷のグループに対しては無視できる MRV を示しています。ゼロでない無視できる値は、ルータで設定した値からの一定のわずかなレート差を示しています。

予想通り、uPE3 および uPE2 上の出カインタフェースはすべてのグループに対して 0 または無視できる MRV 値を出力しました。テスト セットアップ B 用のテストは、類似した結果を示していますが、違いといえばすべてのインタフェース上のすべてのグループが 0.049% ~ 0.051% の MRV を示したことです。

DF メトリックのテストを始める際、私たちは同様の手順を使用しました。しかし今回は、XGEM で損失を発生させる代わりに、ジッターを発生させました。XGEM は、10 ミリ秒の packets 当たり最大差分で、75 ミリ秒～125 ミリ秒の遅延を発生するように設定されました。遅延変動は、「周期的」(ガウス) 分布になるよう設定されました。DF 値は 30 秒の時間間隔内の最大ジッター値を表示すると説明されていたので、ルータと比較し、ルータが正しく動作していることを確認するため TestCenter 上で「最大ジッター」値を使用しました。

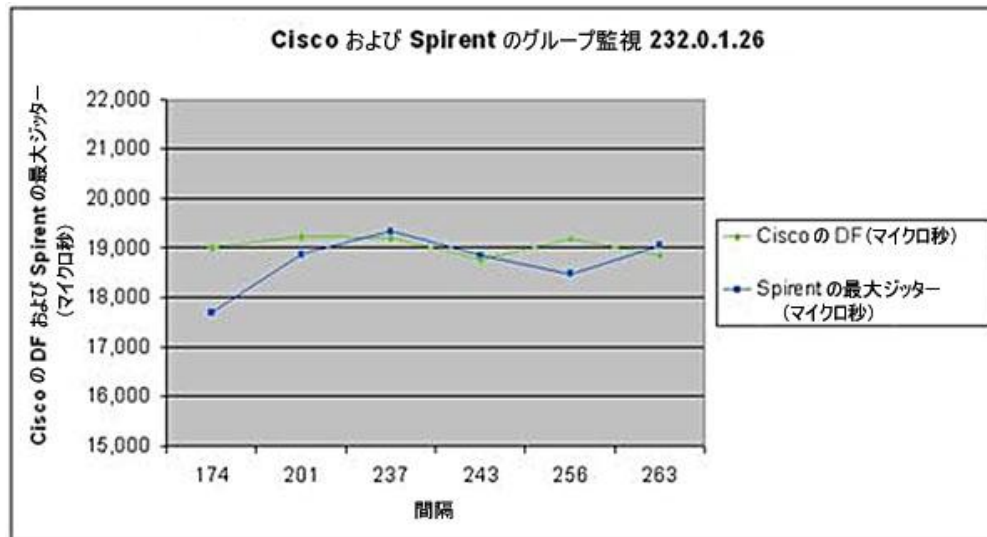
Spirent TestCenter 値は、ある期間、自然に増加します。最初は速く、その後 XGEM 損傷がその範囲を満足するにつれ、徐々に増加します。したがって、私たちは新しい Cisco の時間間隔が始まるとすぐに TestCenter カウンターを手動でクリアしました。その後、30 秒後に、TestCenter からの最大ジッター値が補足され、ルータのログに新しく出力された時間間隔と比較されました。これは、結果の観察時に注意すべき若干のレベルの人為的エラーを発生させますが、そのエラーは十分小さいため、結果を直接関連付けることが予測できました。この手動操作は、監視された時間間隔での飛躍についても説明しています。

表 7：遅延係数テスト実行

時間 間 隔	uPE1 インタ フェー ス	損傷なしのビデオ ストリーム (232.0.1.1- 232.0.1.2)		損傷したビデオ ストリーム (232.0.1.26)		損傷したビデオ ストリーム (232.0.1.27)	
		Cisco の DF (マ イクロ秒)	Spirent の 最大ジッター (マイク ロ秒)	Cisco の DF (マ イクロ秒)	Spirent の最 大ジッター (マイク ロ秒)	Cisco の DF (マ イクロ秒)	Spirent の最 大ジッター (マイク ロ秒)
174	4/3	19	17.8	19,009.00	17,695.06	18,507.00	18,163.69
201	4/2	19	17.8	19,222.00	18,867.01	19,222.00	18,085.45
237	4/2	19	19.02	19,202.00	19,336.10	19,163.00	19,277.68
243	4/3	19	19.02	18,758.00	18,847.44	19,145.00	19,277.14
256	4/1	20	17.8	19,184.00	18,476.39	19,067.00	18,495.80
263	4/4	20	19.02	18,853.00	19,041.36	18,875.00	18,348.96

出典：EANTC

### Cisco の DF および Spirent の最大ジッター結果



この表は、私たちが監視し、Spirent TestCenter の「最大ジッター」メトリックと比較したすべての時間間隔、つまりテスト セットアップ A のすべての実行を含むサンプルを示しています。これらの結果は、Cisco および Spirent の値の間で緊密な相関関係を持っています。時間間隔 174 および 201 を除き、すべての値は相互に 1 ミリ秒の範囲内でした。テスト セットアップ B も、シスコの値と Spirent の値の間に強力な相関関係を示していました。

さらに、3 つではなく 4 つのビデオ ストリーム (グループ) を加えることにより、出力インターフェースの帯域幅を満たす目的で、SDI 定義の 2.97 G ビット/秒の代わりに 2.375 G ビット/秒のビデオ ストリーム フローを使用するよう、3 番目のセットアップ (テスト セットアップ C) が設定されました。このフル ライン レートの負荷であっても、測定は正確であり、Spirent TestCenter の統計値と一致しました。

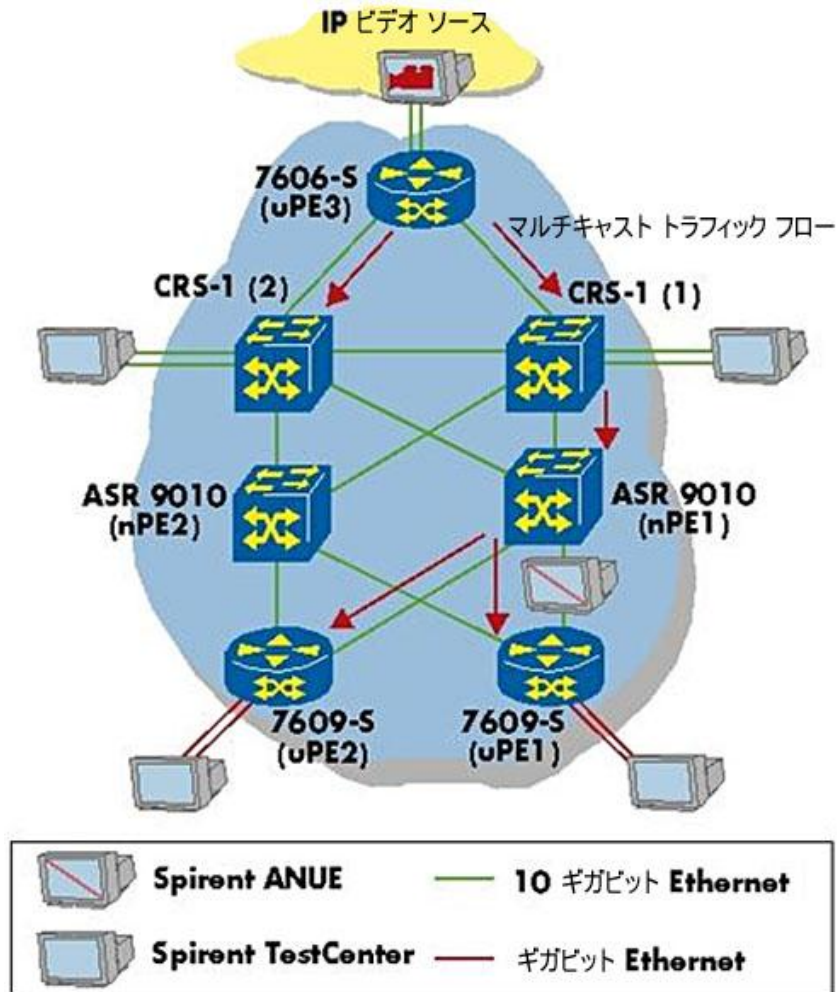
## 二次配信ネットワーク

ビデオ配信ネットワークと同様に、Cisco は異なる種類のネットワークの需要があり、これもビデオ トラフィック配信専用であると述べました。しかし、これらのネットワークは MPEG でエンコードされたトラフィックのサービス専用であり、二次配信ネットワークと呼ばれています。Cisco は、2 つのネットワークトポロジーを提案しました。これらのテストに対して、一方は PIM-SSM (プロトコル非依存マルチキャスト - ソース固有マルチキャスト) を使用して構築され、もう一方はポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE を使用して構築されました。

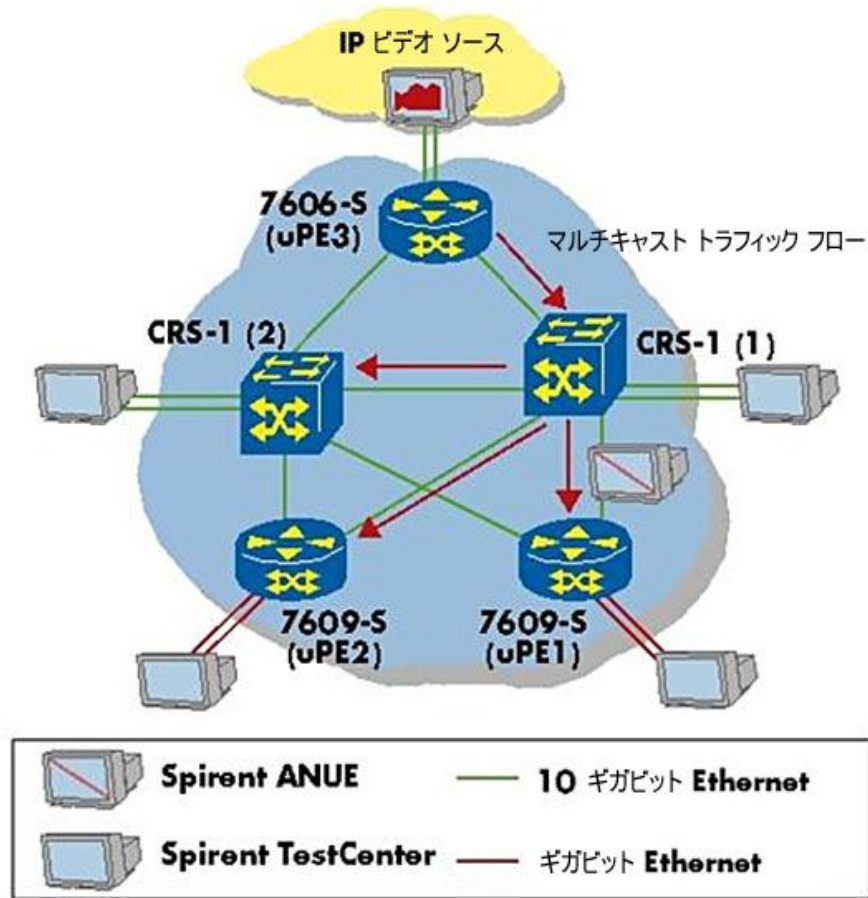
### Cisco IP ビデオ サービス デリバリー ネットワークのテスト

このレポートは、EANTC により実施され、Light Reading により支援され、Cisco の好意により業界に対して提供されたものです。

#### PIM-SSM トポロジー



P2MP RSVP-TE トポロジー



私たちはこれらのテスト用のトラフィック プロファイルを定義し、それは各 CRS-1 および uPE1 と uPE2 上で 50 個のマルチキャスト グループ、あるいはビデオ ストリームで構成されていました。それらの半分は一方のインタフェースを出力とし、もう半分はもう一方のインタフェースを出力としました。このグループのテストの主な目的は、インライン ビデオ品質監視でした。基本的には、分析された IP トラフィックである非圧縮ビデオの監視とは逆に、ここではトラフィック ストリームで MPEG ヘッダーが利用可能であり、Ciscoのエッジルータである 7600 がビデオの品質に関して報告可能でした。私たちは、Spirent TestCenter レイヤー 4~7 ソフトウェアがホストし、分析する実際の MPEG トランスポートストリーム (MPEG-TS) を使用し、一方リンク障害テストについては、Spirent TestCenter ソフトウェアで同じストリームを「再現」しました。

表 8 : 二次配信トラフィック プロファイル

送信元ポート	受信ポート
25 x MPEG-2 (エミュレートされた、または実際)、それぞれ 5 M ビット/秒 (25 グループ)	各ルータ上に 1 ポート
25 x MPEG-2 (エミュレートされた、または実際)、それぞれ 5 M ビット/秒 (25 グループ)	各ルータ上に 1 ポート

出典 : EANTC

両方のルータに使用したオペレーティング システムはエンジニアリング レベルであり、ダウンロードはできません。Ciscoによれば、ここでテスト

したコードは 2009 年 12 月にリリース予定であるとのことです。

## 結果：インライン ビデオ品質監視（二次配信ネットワーク）

### 主な所見：

- Cisco の 7600 ルータは、PIM-SSM およびポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE トポロジーで MPEG 圧縮済みビデオの品質劣化を正確に報告できました。

ビデオ監視がビデオコントリビューションネットワーク用に役立つツールであることと全く同様に、二次配信ネットワークを運用する通信事業者が MPEG レベルのビデオ品質を監視できるよう、ビデオ監視は容易になっています。監視能力により、通信事業者は理論上伝送ベースで問題が起こっているストリームを正確に識別できます。それにもかかわらず、視聴者はまだ自分のテレビで損傷したストリームを受信しています。Cisco によれば、VidMon は MPEG レベルのメディア損失レート (MLR) および遅延係数 (DF) 監視ツールであり、これらは「メディア配信インデクス提案」 - RFC 4445 に規定されています。このテストで、私たちは Cisco のメディア損失レート (MLR) メトリックを確認しました。なぜなら、Cisco は、遅延係数 (DF) 測定はビデオコントリビューションテスト領域で私たちが実施したインライン ビデオ監視に使用した DF メトリックと違いがないと述べたからです。

Cisco は、RFC で定義されている MLR は MPEG トランスポート ストリーム ヘッダーでの不連続イベントのカウンタであると説明しました。このカウンタは、失われた、あるいは再要求されたパケットにより増加する場合があります。Cisco および Spirent との議論の後、Spirent のビデオ品質保証ツール (VQA) により報告される「連続性エラー」メトリックが Cisco の VidMon MLR メトリックに相当するはずであるということに私たちの皆が同意しました。Spirent は ETSI 規格 TR 101 209 を引用していますが、両メトリックは MPEG-TS の連続性を示しています。

テストの追加的側面として、私たちは 2 つのネットワークトポロジーに対してフルテストを実施しました。一方はマルチキャスト配信用に PIM-SSM を使用し、もう一方はポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE に基づいています。主な違いは、ポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE トポロジーで ASR 9010 のペアが欠けていることです。その理由は、ポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE がまだ ASR 9010 用にサポートされていないからです。

Cisco の 7609-S ルータおよび Spirent TestCenter で連続性エラーをカウンタさせるため、私たちは Spirent の XGEM Network Impairment Emulator を使用して損失を発生させました。10,000 パケットごとに、均一に選択された各 5 パケットの損失プロファイルが XGEM 上で設定され、これは 0.05% の損失に相当しました。

私たちは、ルータが MPEG レベルの連続性エラーを報告することを期待しました。これは、単一の IP パケットが失われると、最大 7 個の MPEG パケットが失われる可能性のあることを意味しています。これは、通常複数の MPEG パケットが単一の IP パケット内で搬送されるという事実によるものです。同じ二次配信トラフィック プロファイルが設定され、すべてのジョインが送信され、トラフィックが開始されました。ゼロの MLR 値を示す少なくとも 2 つのクリーンな時間間隔の後、私たちは損傷ジェネレーター上で損失プロファイルを起動しました。その後、私たちは 3 個以上の非ゼロ MLR 値が出力されるのを許可し、その後、損傷を無効にしました。複数の 0 の MLR 値が再度出力されると、私たちはトラフィックを停止しました。テストの終了時に、私たちは Spirent のビデオ品質保証ソフトウェアおよび Cisco のルータの両方から大量の結果を得ており、現在 Cisco が報告した結果がどれだけ正確であるか確認できるようになりました。

### 表 9：MLR 結果 - PIM-SSM トポロジー

	合計 uPE1 カードの 3 つの MLR 値 (グループ 1-25)	合計 Spirent 連続性エラー (グループ 1-25)	差異 (グループ 1-25)	合計 uPE1 カードの 2 つの MLR 値 (グループ 26-50)	合計 Spirent 連続性エラー (グループ 26-50)	差異 (グループ 26-50)
実行 1	1139	1141	2	1181	1183	2
実行 2	972	973	1	935	924	11
実行 3	1279	1279	0	1273	1274	1

出典：EANTC

表 10：MLR 結果 - P2MP RSVP-TE トポロジー

	合計 uPE1 カードの 3 つの MLR 値 (グループ 1-25)	合計 Spirent 連続性エラー (グループ 1-25)	差異 (グループ 1-25)	合計 uPE1 カードの 2 つの MLR 値 (グループ 26-50)	合計 Spirent 連続性エラー (グループ 26-50)	差異 (グループ 26-50)
実行 1	947	948	1	931	931	0
実行 2	1083	1096	13	1085	1082	3
実行 3	1286	1284	2	1331	1329	2

出典：EANTC

私たちは、すぐにルータが収集した監視データの洪水に悩まされました。これは、テストベッドでのデータアグリゲーションと管理システムの欠如による予想された結果でした。私たちは顧客がまだ入手できない初めて見る新しいソフトウェアソリューションを受け取ったので、VidMon を完全なソリューションへ組み込むにはさらに作業が必要であることを理解していました。Cisco は、この製品開発の初期の時点では *Light Reading* に管理アプリケーションのプラン、あるいは正確なロードマップを開示しませんでした。

私たちは、Cisco のルータが直接報告したメトリックが Spirent の監視読み出し値に非常に近いことに喜びました。たぶんコードが公開される時期までに、Cisco は統計値をネットワーク監視ツールに組み込み、私たちに IP ビデオ事業者のメリットがはっきり分かるようになるでしょう。送信メカニズムに関係なくマルチキャストで送信された IP ビデオチャンネルの運用についてのすべてのデータを収集でき、サービスが受け入れられないか、視聴者がフレームを失った時期をピンポイントで示すことができることを想像してください。また MPEG 配信と SLA との結合という素敵なアイデアもあります。これはたぶん個人向けサービスではなく企業向けで高収益の可能性のあるサービスであり、正確で信頼できるネットワークベースの監視により SLA をバックアップできます。これは、本当に新しい収益を得る可能性をもたらすでしょう。

## 結果：リンク障害（二次配信ネットワーク）

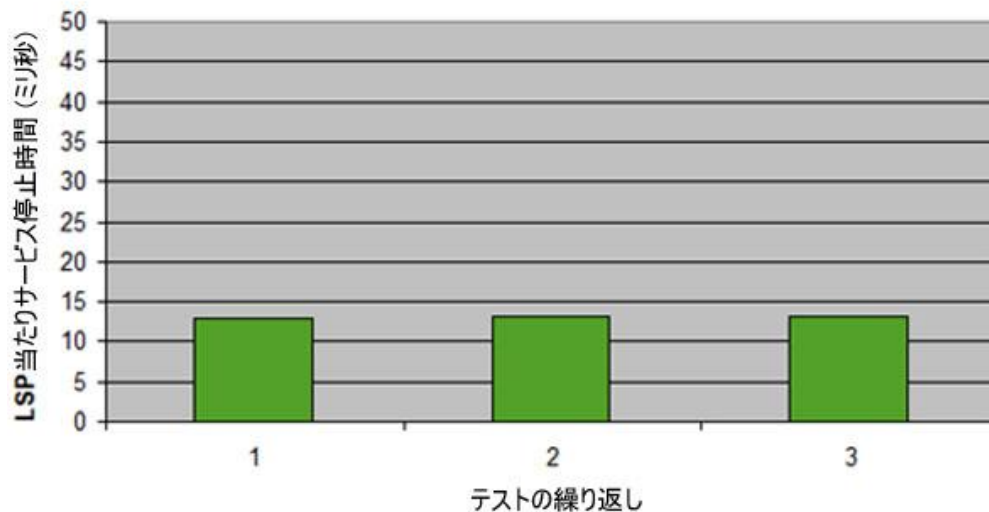
### 主な所見：

- 私たちのテスト構成では、Cisco のルータは物理的リンク障害が発生した場合に 50 ミリ秒未満で二次配信ネットワークビデオトラフィックのルート変更ができました。

ビデオ配信ネットワークと同様に、二次配信ネットワークのエンドユーザーは、ビデオ品質が損なわれるのでフレーム損失にすぐに気づくはずですが、ビデオコンテンツを送信する形式に関係なく、リンク保護テクノロジーは大きな課題です。このテストでの私たちの目標は、Cisco のポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE Fast Reroute ソリューションが 50 ミリ秒未満で MPEG 圧縮ビデオ トラフィックのルートを変更できるという Cisco の主張を確認することでした。

私たちは、ポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE トポロジーに対して二次配信トラフィック プロファイルを使用して、このテストを実施しました。私たちは、フェイルオーバー時間を測定するため手動でファイバークーブルを取り外し、復旧時間を測定するためケーブルを再挿入しました。両方の試験について、私たちはトラフィックが流れている間に手動でケーブルを扱い、サービス停止時間を計算するため失われたフレーム数をカウントします。私たちは、各 DUT に対してフェイルオーバー テストを 3 回、復旧テストを 3 回実施しました。

### LSP 復旧時間 (ミリ秒) CRS-1



これらの結果は、非常に一貫したデータの広がり度で、最大ラベルスイッチング パス (LSP) 障害時間が 13.18 ミリ秒であることを示しました。取り外したケーブルを取り付けた後、私たちは Cisco の CLI を使用してそのトラフィックが本当に一次パスへ戻ることを観測しました。この復旧テストは、テスト対象のシステムがパケットを損失しなかったことを示しました。

## 結論

これらのテストは、Cisco の次世代 IP インフラストラクチャが能力のある高度なプラットフォームであることを示しています。このソリューションは、放送事業者が使用する専用ビデオコントリビューションネットワーク向けに 50 ミリ秒の障害復旧時間を提供します。さらに、サービス プロバイダーの家庭-企業混合ネットワーク向けに単一メトロ地域内の 190 万人を超える個人向け IP ビデオ加入者に対応する能力を提供します。

Cisco は、新しいフラッグシップ ルータである ASR 9010 を披露するためにこの機会を利用しました。このルータは最近発表されたばかりですが、既にマルチキャストおよびユニキャスト スループット テストでそのパワーを示しており、80 G ビット/秒の双方向トラフィック (合計 160 G ビット/秒) が単一ラインカードで達成されました。テストを通じてお分かりのように、ASR 9010 は既に 7600 ルータ機種の中でも重要なハードウェアおよびソフトウェア オプションのサブセットをサポートしており、複数の主要なハードウェア パフォーマンス特性で 7600 を超え、一般に入手可能になれば価値ある候補となるでしょう。

IP ビデオ市場で激しい競争が行われている中で、Cisco は特定の新しい機能を示すため (明確に注目されている) 複数のテストでエンジニアリング ソフトウェアの使用を選びました。Cisco の 7609-S ルータのインライン ビデオ品質監視は私たちのテストに合格し、ネットワーク エッジでビデオ関連ネットワーク品質を監視するために必要な設備の量をサービス プロバイダーが減らすのに役立つ非常に興味深い機能を示しました。ソフトウェアの一般的な可用性 (「SRE 追跡」) は、今年最後の四半期に計画されています。Cisco もルータ ベースのソフトウェアとビデオ保証管理システム (VAMS) の統合に取り組む必要があるように思われます。私たちのテストでは、Cisco の技術者は各ルータで手動検査用にコマンドライン インタフェースを使用しましたが、これは大規模な商用ネットワークの監視には実用的ではありません。

Cisco の VidMon は、興味深いネットワーク-レイヤー ビデオ ストリーム監視ツールです。IP ビデオ ユーザーは、一般的に彼らのテレビに問題がないときに、最もサービスに満足します。VidMon のような反応性ツールに加えて、私たちは「Live-Live」という Cisco の積極的なソリューションをテストして、ネットワークでのマルチキャストトラフィックの損失の可能性を解消しました。2 つの冗長的な同一のブロードキャスト ビデオ データ ストリームがネットワークを通じて送信されました。Cisco のデジタル コンテンツ管理 (DCM) システムは、健全なビデオをユーザーへ配信する前に出力エッジで 2 つのうち良い方のストリームを選択します。

これら一連の独立した IP ビデオ インフラストラクチャは、私たちの知る限り、かつて一般にリリースされたことのない最も包括的なセットでした。EANTC のドイツ式懐疑主義およびベンダーとサービス プロバイダーに対するトリプル プレーの概念実証テストの長年の経験のすべてを使用して、私たちはテストが正しく実施され、不正は行われなかったことを確認しました。実際に、結果は印象的であり、それはテストを準備し、事前設定した Cisco の専門技術者チームに帰すべきものでした。それにもかかわらず、テストの準備のために行われた作業量は、サービス プロバイダーの研究所内で起きる類似したテストと一致しています。展開計画を一連の厳しいテストに置き換えることなく、そのような高度なサービスを展開したり、あるいはこの数の顧客をサポートしたりできるサービス プロバイダーは存在しないでしょう。

私たちは、ここで実施した複数のテストが、技術において最も新しく偉大なものを示すという Cisco の卓越した熱心さの産物であったことを感謝します。私たちは、VidMon とポイント トゥ マルチポイント RSVP-TE についての Cisco の最新のオペレーティング システム コードを初めてはっきりと目にしましたが、それはまだ出荷されていません。それにもかかわらず、これら 2 つの製品は Cisco がハードルを上げることで、サービス プロバイダーに IP ビデオ ロードマップで Cisco が軌道に乗っていることを知らせることのできる要因です。

このシリーズの次のレポートでは、私たちは非常に異なっているものの、必ず必要となるネットワークの側面、つまりエンド ユーザー アプリケーションに注目する予定です。私たちは、Cisco が提供しようとしているユーザー重視のアプリケーションを提示するつもりです。ビデオ ネットワークは、サービス プロバイダーが収益を上げ、競争力を持ち、消費者を幸福にするためのアプリケーションを必要としています。

— Carsten Rossenhövel は、ベルリンの独立したテスト研究所である欧州高度ネットワーキング テスト センター (EANTC) の最高経営責任者です。EANTC は、製造業者、サービス プロバイダー、および企業向けにベンダー中立のネットワーク テスト施設を提供しています。彼は、EANTC の製造業者テスト、認証グループ、および相互運用性テスト イベントを取り仕切っています。Carsten は、データ ネットワークおよびテストにおいて 15 年以上の経験を



## Cisco IP ビデオ サービス デリバリー ネットワークのテスト

このレポートは、EANTC により実施され、Light Reading により支援され、Cisco の好意により業界に対して提供されたものです。

持っています。彼の専門知識の領域には、マルチプロトコル ラベル スイッチング (MPLS)、キャリア Ethernet、トリプル プレー、およびモバイル バックホールなどがあります。

— Jambi Ganbar は、EANTC のプロジェクト マネージャーです。彼は、トリプル プレー、キャリア Ethernet、モバイル バックホール、および EANTC の相互運用性の分野でのプロジェクト実施の責任者です。EANTC に入社する前に、Jambi は MCI の vBNS でのネットワーク技術者および caida.org の研究スタッフとして勤務しました。

— Jonathan Morin は、EANTC の上級テスト技術者であり、コアおよびアグリゲーション テクノロジーを含む概念実証および相互運用性テスト シナリオの両方が専門です。Jonathan は、以前 UNH-IOL に勤務しました。