

DOCSIS におけるデータのスループットについて

目次

[概要](#)

[前提条件](#)

[要件](#)

[使用するコンポーネント](#)

[表記法](#)

[背景説明](#)

[ビット、バイト、およびポー](#)

[スループットとは](#)

[スループットの計算](#)

[制限要因](#)

[ダウンストリーム \(DS \) のパフォーマンス : MAP](#)

[アップストリームのパフォーマンス : DOCSIS 遅延](#)

[TCP または UDP ですか。](#)

[Windows の TCP/IP スタック](#)

[パフォーマンスの改善要因](#)

[スループットの決定](#)

[アクセス速度の増加](#)

[チャンネル幅と変調方式](#)

[インターリービング効果](#)

[ダイナミック MAP アドバンス](#)

[連結とフラグメンテーション効果](#)

[1 台のモデム速度](#)

[DOCSIS 2.0 の利点](#)

[その他の要因](#)

[スループットの確認](#)

[要約](#)

[結論](#)

[関連情報](#)

概要

ケーブル ネットワークのパフォーマンス測定を試みる前に、考慮する必要がある若干の制約要因があります。アベイラビリティや信頼性の高いネットワークを設計して展開するには、ケーブル ネットワーク パフォーマンスの基本的な原理と計測パラメータについて理解する必要があります。このドキュメントでは、いくつかの制約要因を紹介し、展開したシステムのスループットとアベイラビリティを実際に最適化して要件を満たす方法について説明しています。

前提条件

要件

このドキュメントの読者は次のトピックについて理解する必要があります。

- Data-over-Cable Service Interface Specification (DOCSIS; データオーバーケーブル サービス インターフェイス仕様)
- Radio Frequency (RF; 無線周波数) テクノロジー
- Cisco IOS(R) ソフトウェアの Command Line Interface (CLI; コマンドライン インターフェイス)

使用するコンポーネント

このドキュメントは、特定のソフトウェアやハードウェアのバージョンに限定されるものではありません。

本書の情報は、特定のラボ環境にあるデバイスに基づいて作成されたものです。このドキュメントで使用するすべてのデバイスは、初期 (デフォルト) 設定の状態から起動しています。稼働中のネットワークで作業を行う場合、コマンドの影響について十分に理解したうえで作業してください。

表記法

ドキュメント表記の詳細は、『[シスコテクニカルティップスの表記法](#)』を参照してください。

背景説明

ビット、バイト、およびポー

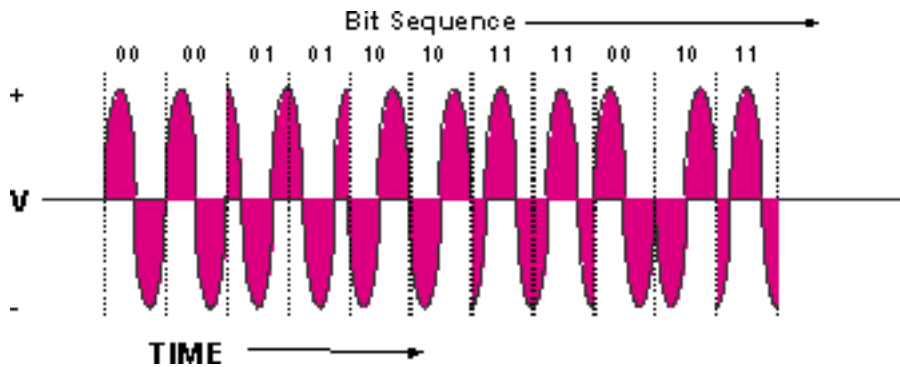
このセクションでは、ビット、バイトおよびポーの違いについて説明しています。 *bit* (ビット) は、 **B**inary **d**igi**T** (バイナリ デイジット) の短縮形で、通常は小文字の *b* で表します。2進数字は2人の電子状態を示します: 時々「1s」か「0s」と言われる"on"状態か"off"状態。

byte (バイト) は大文字の *B* で表し、通常は8ビット長です。バイトは8ビットを超える場合もあるため、8ビットワードは正確にはオクテットと呼びます。また、バイトは2つのニブルから構成されます。ニブルは4ビットワードとして定義され、バイトの半分です。

ビットレートまたはスループットは、ビット/秒 (bps) で測定され、特定のメディアを介した信号の速度に関連付けられています。たとえば、この信号は、ベースバンド デジタル信号またはデジタル信号を表すように調整された変調アナログ信号の場合もあります。

変調アナログ信号の1つに Quadrature Phase Shift Keying (QPSK; 4位相偏移変調) があります。これは、[図 1](#) に示すように、信号の位相を 90° ずつずらせて4つの異なるシグニチャを生成する変調技術です。これらのシグニチャはシンボルと呼ばれ、そのレートがポーと呼ばれます。ポーは、シンボル/秒と一致します。

図 1 - QPSK ダイアグラム



QPSK 場合に 4 つの異なるシンボルがあります; 4 つは 2^2 と等しいです。この指数はビット/サイクル (シンボル) の理論的な番号を表し、この場合は 2 になります。4 つのシンボルは、00、01、10、11 の 2 進数を表します。したがって、シンボル レート 2.56 Msymbols/s で QPSK キャリアを転送した場合、2.56 Mbaud と表され、理論的なビット レートは $2.56 \text{ Msymbols/s} \times 2 \text{ bits/symbol} = 5.12 \text{ Mbps}$ となります。この詳細については、このドキュメントで後述します。

また、このドキュメントの読者は *Packets Per Second* (PPS; パケット/秒) という用語について理解している場合があります。PPS は、パケットに含まれるイーサネット フレームが 64 バイトか 1518 バイトかに関係なく、パケット ベースでデバイスのスループットを表す方法です。ネットワークの「ボトルネック」は、特定の PPS の量を処理する CPU の能力である場合があります、必ずしも bps の合計ではありません。

スループットとは

データのスループットは、まず *理論的な最大スループット* を計算し、次に *実効スループット* を算出します。サービスの加入者が利用できる実効スループットは理論的な最大値よりも常に小さいので、この計算は必須です。

スループットは、次のような多数の要因に基づきます。

- 合計ユーザ数
- ボトルネックの速度
- アクセスするサービス タイプ
- キャッシュおよびプロキシ サーバの使用状況
- MAC レイヤの効率性
- ケーブル プラント上のノイズとエラー
- その他の要因

このドキュメントは、DOCSIS 環境におけるスループットとアベイラビリティを最適化する方法についての説明と、パフォーマンスに影響を与えるプロトコル固有の制約についての説明を目的としています。パフォーマンスの問題をテストし、トラブルシューティングを行うには、『[低速のケーブル モデム ネットワークのトラブルシューティング](#)』を参照してください。

UpStream (US; アップストリーム) ポートまたは DownStream (DS; ダウンストリーム) ポートで推奨される最大ユーザ数については、『[CMTS ごとの最大ユーザ数](#)』を参照してください。

レガシー ケーブル ネットワークは、MAC プロトコルとして、ポーリングまたは Carrier Sense Multiple Access Collision Detect (CSMA/CD; キャリア検知多重アクセス/衝突検出) に依存しています。現在の DOCSIS モデムは予約方式に依存しています。この方法では、モデムから伝送時間を要求し、CMTS がアベイラビリティに従って、タイムスロットを付与します。ケーブル モデムには、Class of Service (CoS; サービス クラス) パラメータか Quality Of Service (QoS) パラメータにマッピングされた Service ID (SID; サービス ID) が割り当てられます。

バースト性がある Time Division Multiplex Access (TDMA; 時分割多重アクセス) ネットワークにおいて、要求元のすべてのユーザに対して一定速度のアクセスを保証するには、同時に送信できる Cable Modem (CM; ケーブル モデム) の合計数を制限する必要があります。同時アクセスユーザの総数は、統計学上の確率アルゴリズムであるポアソン分布に従って算出されます。

トラフィック エンジニアリングでは、テレフォニー ベースのネットワークで使用する統計として、ピーク時の使用状況の約 10 % が示されています。この計算は、このドキュメントの範囲外です。データトラフィックは、一方では、音声トラフィックと異なっています;そしてそれはユーザが精通したより多くのコンピュータになるか、または Voice over IP (VoIP) およびビデオ オンデマンド (VoD) サービスが利用できる時に変更します。分かりやすくするために、ピーク時のユーザ数の 50 % に、実際に同時にダウンロードしているユーザ数の 20 % をかけた場合について考えてみます。これは、ピーク時の使用状況の 10 % の場合も同様です。

同時に使用しているユーザはすべて、US と DS のアクセスで競合します。多くのモデムが、初期ポーリングでアクティブになる可能性があります。US では任意の時間内にアクティブになるモデムは 1 台だけです。全体的な効果としてノイズに加担するのは、一時点では 1 台のモデムだけなので、これはノイズの発生源という見地では好都合です。

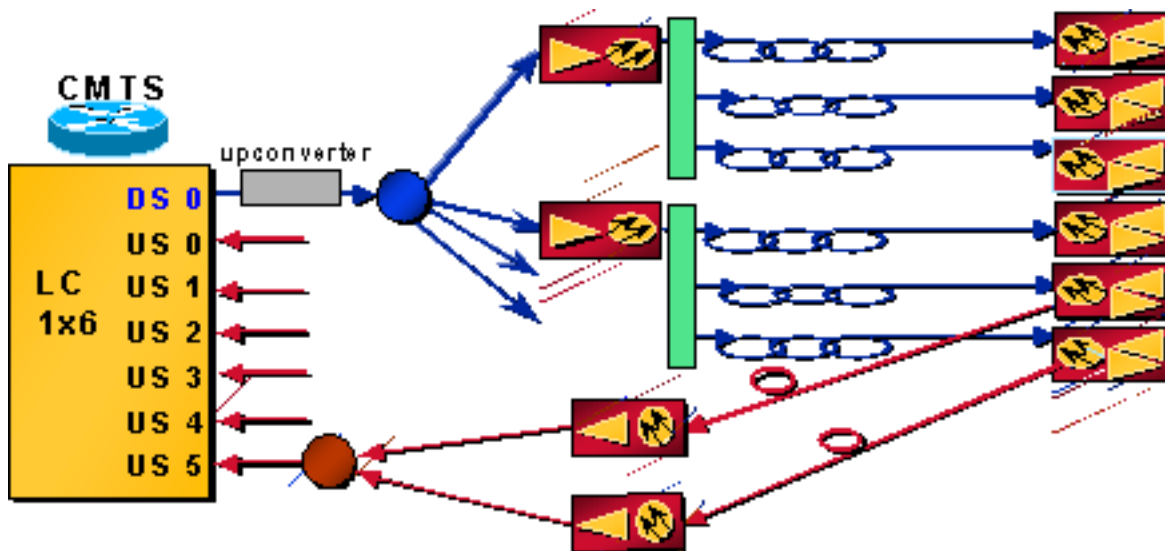
現在の規格に継承されている制約の 1 つは、単一の Cable Modem Termination System (CMTS; ケーブル モデム ターミネーション システム) に複数のモデムが接続されている場合、メンテナンスとプロビジョニングのために多少のスループットが必要とされることです。この分は、アクティブ カスタマーの実際のペイロードから取られます。これはキープアライブ ポーリングと呼ばれ、DOCSIS では通常 20 秒に 1 回発生しますが、より頻繁に発生する場合があります。また、モデムごとの US 速度は、このドキュメントで後述するように、要求と認可のメカニズムによって制約を受ける可能性があります。

注: ファイル サイズの参照は 8 ビットから成るバイトであることに注意してください。つまり、128 kbps は 16 KBps に相当します。同様に、2 進数は常に 2 の累乗の数になるため、1 MB は 1,000,000 バイトではなく、実際には 1,048,576 バイトと等しくなります。5 MB のファイルは、実際には $5 \times 8 \times 1,048,576 = 41.94 \text{ Mb}$ であり、予想よりもダウンロードに時間がかかる可能性があります。

[スループットの計算](#)

DS ポートを 1 つ、US ポートを 6 つ搭載した CMTS カードを使用していると仮定します。1 つの DS ポートは分割されて、12 のノードを供給しています。このネットワークの半分を [図 2](#) に示します。

図 2 : ネットワーク レイアウト



- $500 \text{ ノード} \times 80\% \text{ ケーブル使用率} \times 20\% \text{ モデム使用率} = 80 \text{ モデム/ノード}$
- $12 \text{ ノード} \times 80 \text{ モデム/ノード} = 960 \text{ モデム/DS ポート}$

注: Multiple Service Operator (MSO; マルチプル サービス オペレータ) の多くでは、ノードごとの Households Passed (HHP) として、システムが数量化されます。Direct Broadcast Satellite (DBS) の加入者が High Speed Data (HSD; 高速データ) サービスまたはビデオ サービスのないテレフォニーだけを購入している現在のアーキテクチャでは、これが唯一の定数となります。

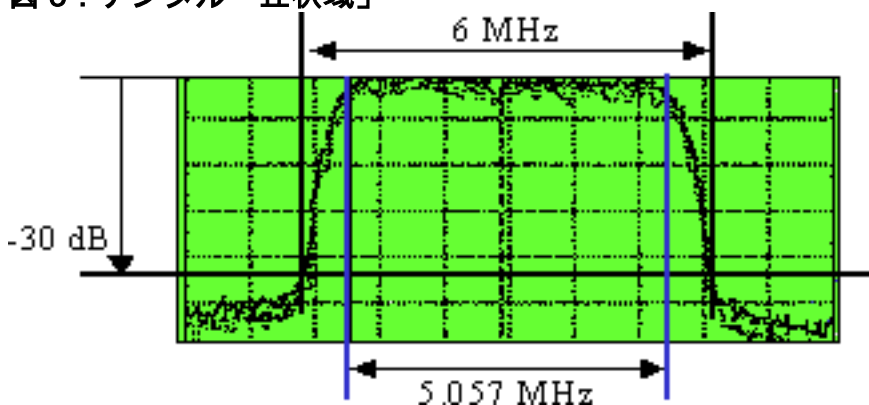
注: 2つのノードで1つのUSポートが賄われるため、これらの各ノードからのUS信号は、おおよそ 2:1 の比率で統合されます。

- $6 \text{ US ポート} \times 2 \text{ ノード/US} = 12 \text{ ノード}$
- $80 \text{ モデム/ノード} \times 2 \text{ ノード/US} = 160 \text{ モデム/US ポート}$

ダウンストリーム

DS シンボル レート = 5.057 Msymbols/s または Mbaud です。約 18% のフィルタ ロール・オフ (アルファ) は $5.057 \times (1 + 0.18) = \sim 6$ 図 3 に示すように MHz 幅「三角波」、与えます

図 3: デジタル「丘状域」



64-QAM が使用される場合、 $64 = 2^6$ の第 6 電源 (2⁶) への 2。6 の指数は 64-QAM のためのシンボル毎に 6 ビットを意味します; これは $5.057 \times 6 = 30.3 \text{ Mbps}$ を与えます。全体の Forward Error Correction (FEC; 前方誤り訂正) と Motion Picture Experts Group (MPEG) オーバーヘッドを計算すると、ペイロードに対しては約 28 Mbps が残されます。DOCSIS シグナリングと共有され

ているため、このペイロードはさらに少なくなります。

注: ITU-J.83 Annex B では、Reed-Solomon FEC が 128/122 コードで示されています。これは、128 シンボルごとのオーバーヘッドが 6 シンボルであることを意味し、 $6/128 = 4.7\%$ となります。トレリスコーディングでは、64-QAM の場合 15 バイトごとに 1 バイト、256-QAM の場合 20 バイトごとに 1 バイトのオーバーヘッドがあります。それぞれ、6.7% と 5% になります。MPEG-2 は、4 バイト (場合によっては 5 バイト) のオーバーヘッドを伴う 188 バイト パケットから構成されるため、 $4.5/188 = 2.4\%$ となります。64-QAM での速度が 27 Mbps、256-QAM での速度が 38 Mbps になるのは、このためです。イーサネット パケットでは、1500 バイト パケットまたは 46 バイト パケットでも、18 バイトのオーバーヘッドが発生することに注意してください。また、6 バイトの DOCSIS オーバーヘッドと IP オーバーヘッドもあります。これにより、合計で約 1.1 ~ 2.8% のオーバーヘッドが追加され、DOCSIS MAP トラフィックのために、さらに 2% のオーバーヘッドが追加される可能性があります。64-QAM での実際のテスト速度は、26 Mbps にさらに近くなっています。

可能性は低いことですが、960 のモデムすべてがまったく同時にデータをダウンロードしている場合、各モデムには約 28 kbps しか割り当てられません。より現実的なシナリオとして、ピーク時の使用状況が 10% の場合を想定してみます。この場合は、最も混雑した状況でのワーストケースシナリオとして、理論的には 280 kbps のスループットが得られます。1 人の顧客だけオンラインである場合、顧客は論理上 26 Mbps を得ます; しかし TCP のために送信する必要がある米国確認応答は DS スループットおよび他のポトルネックをなります明白に制限します (PC が Network Interface Cards [NIC] のような)。実際には、ケーブル配信会社では、サインアップする加入者が増えた場合に、利用可能なスループットが達成できないと認識されないように、これを 1 Mbps または 2 Mbps にまでレート制限します。

アップストリーム

2 ビット/シンボルでの QPSK の DOCSIS US 変調では、約 2.56 Mbps になります。これは、 $1.28 \text{ Msymbols/s} \times 2 \text{ ビット/シンボルのシンボル レート}$ から算出されます。フィルタ アルファは 25% で、 $1.28 \times (1 + 0.25) = 1.6 \text{ MHz}$ の帯域幅 (BW) が提供されます。FEC を使用している場合は、約 8% 少なくなります。また、メンテナンス、コンテンション用の予約済みタイムスロット、確認応答 (「acks」) のために、約 5 ~ 10% のオーバーヘッドが発生します。そのため、全体としては約 2.2 Mbps になり、これが US ポートごとに 160 の潜在的な顧客で共有されます。

注: 64 ~ 1518 バイトのイーサネット フレーム (VLAN タギングが使用された場合は 1522 バイト) に対して、DOCSIS レイヤ オーバーヘッド = 6 バイトです。これは、最大バースト サイズおよび、連結またはフラグメンテーションが使用されるかどうかによっても異なります。

- US FEC 可変です: $\sim 128/1518$ または $\sim 12/64 = \sim 8\%$ か $\sim 18\%$ 。メンテナンス、コンテンション用の予約済みタイムスロット、および確認応答 (「acks」) に、約 10% が使用されます。
- BPI セキュリティまたは拡張ヘッダー = 0 ~ 240 バイト (通常は 3 ~ 7)。
- プリアンブル = 9 ~ 20 バイト。
- Guardtime ≥ 5 シンボル = ~ 2 バイト。

ピーク時の使用状況を 10% と仮定すると、ワーストケース ペイロードは、加入者あたり $2.2 \text{ Mbps} / (160 \times 0.1) = 137.5 \text{ kbps}$ になります。(たとえば、Web ブラウジングなどの) 一般的な住宅でのデータの使用状況に関しては、DS ほど多くの US スループットを必要としない場合がほとんどです。この速度は、住宅での使用には十分である可能性がありますが、商用サービスでの展開には不十分です。

制限要因

「実際の」データ スループットに影響を及ぼす制約要因は数多くあります。これらは、要求と認可のサイクルから DS インターリービングまで広範囲に渡ります。制約を理解することは、予測と最適化に役立ちます。

ダウンストリーム (DS) のパフォーマンス : MAP

モデムに送信される MAP メッセージの伝送によって、DS スループットは低下します。時間に関する MAP が DS に送信されると、モデムは US 送信時間の要求を許可されます。MAP が 2 ミリ秒ごとに送信された場合、全部で $1 / 0.002s = 500 \text{ MAPs/s}$ になります。MAP が 64 バイトを占める場合、 $64 \text{ バイト} \times 8 \text{ ビット/バイト} \times 500 \text{ MAPs/s} = 256 \text{ kbps}$ となります。CMTS シャーシで単一ブレードの 6 つの米国ポートおよび 1 つの DS ポートがある場合、これは $6 \times 256000 \text{ ビット/秒} = \text{モデムの MAP メッセージすべてをサポートするのに使用される DS スループットの} \sim 1.5 \text{ Mbps}$ です。これは MAP が 64 バイトであると、そして実際に各 2 氏現実には送信されると、MAP サイズ使用する米国帯域幅のモジュレーションスキームおよび量によってわずかにより大きい、可能性があります仮定します。これは、3 ~ 10 % のオーバーヘッドとなるものと簡単に算出できます。さらに、DS チャネルで送信される他のシステム メンテナンス メッセージもあります。これらはまたオーバーヘッドに増加します; ただし、効果は一般的に僅かです。Central Processing Unit (CPU; 中央処理装置) はすべての MAP をトラッキングする必要があるため、DS スループットのパフォーマンスだけでなく CPU にも、MAP メッセージによる負荷がかかる可能性があります。

同じ US に TDMA および Standard Code Division Multiple Access (S-CDMA; 標準符号分割多重接続) チャネルを配置する場合、CMTS は各物理ポートに対して「重複 MAP」を送信する必要があります。そのため、DS MAP 帯域幅の使用量は倍になります。これは DOCSIS 2.0 仕様の一部であり、相互運用性のために必要です。さらに、US チャネル ディスクリプタと他の US コントロール メッセージも倍増します。

アップストリームのパフォーマンス : DOCSIS 遅延

US パスでは、CMTS と CM 間の要求と認可のサイクルだけが、他のすべての MAP を活用できます。これは、Round Trip Time (RTT; ラウンドトリップ時間)、MAP の長さ、および MAP アドバンス時間によって変わります。これは、DS インターリービングの影響を受ける RTT、および、DOCSIS ではモデムが任意の時点で単一の要求を処理待ちにできるという事実、さらには、関連する「要求と認可の遅延」に起因します。この遅延は、プロトコルに依存する CMTS と CM 間のコミュニケーションが原因と考えられます。簡単にいうと、CM では、データを送信するために、まず CMTS に許可を要求する必要があります。CMTS ではこれらの要求に対応して、MAP スケジューラのアベイラビリティをチェックし、次のユニキャスト送信に備えてキューに入れる必要があります。DOCSIS プロトコルによって指定された相互の通信によって遅延が発生します。モデムは最後の要求からの認可が DS に戻るのを待機しているため、その他の MAP がすべて失われる可能性があります。

従って 2 ms の MAP 間隔は $500 \text{ のマップ/秒} / 2 = \sim 250 \text{ MAP 機会/秒}$ という結果に、250 PPS 終わります。500 のマップは 2 で、「実質」プラントで、要求とアクセス許可間の RTT が 2 ミリ秒より大いに長いので割ることによって求められます。その他すべての MAP 機会である 4 ms のは以上である可能性があります。1518 バイトのイーサネット フレームから構成されている一般的なパケットを 250 PPS で送信した場合、1 バイトは 8 ビットであるため、約 3 Mbps に相当します。したがって、これが、単一のモデムの US スループットに対する実質的な制約となります。250 PPS 前後の制約がある場合、小さな (64 バイト) パケットはどうなるでしょうか。128 kbps になります。これは連結が助けるところです; この資料の[連結およびフラグメンテーション効果](#)セクションを参照して下さい。

US チャネルで使用されるシンボル レートおよび変調方式によっては、1518 バイトのパケットの

送信に 5 ミリ秒以上かかる場合もあります。US から CMTS へのパケットの送信が 5 ミリ秒を超える場合、CM では DS 上の MAP 機会が約 3 つ失われるだけです。PPS が 165 くらいだとします。MAP 時間を減らすと、DS のオーバーヘッドが増加して、MAP メッセージが増加する可能性があります。MAP メッセージが増加すると US 送信の機会も増えますが、実際の Hybrid Fiber-Coaxial (HFC; 光ファイバ/同軸ハイブリッド) プラントでは、いずれにしてもそれ以上の機会を失います。

幸い、DOCSIS 1.1 は Unsolicited Grant Service (UGS) を追加します。これにより、音声トラフィックではこの要求と認可のサイクルが避けられます。代わりに、音声パケットはコールが終了するまで、10 ミリ秒または 20 ミリ秒ごとにスケジューリングされます。

注: CM は (たとえば、20 MB ファイルなどの) 大きいブロックのデータ US を送信している際に、個別の要求を使用しないでデータ パケットで帯域幅要求をピギーバックします。その場合でも、モデムでは要求と認可のサイクルを実行する必要があります。ピギーバック方式では、コンテンツ スロットの代わりに、専用のタイムスロット内のデータで要求を送信できます。これにより、衝突および要求の破損が排除されます。

TCP または UDP ですか。

スループットのパフォーマンス テストを行う場合にしばしば見落とされる点は、使用中の実際のプロトコルです。TCP のようなコネクション型プロトコルなのか User Datagram Protocol (UDP; ユーザ データグラム プロトコル) のようなコネクションレス型プロトコルなのかということを考慮する必要があります。UDP は受信品質を無視して情報を送信します。これは、よく「ベストエフォート」配信と呼ばれます。受信したいくつかのビットにエラーがあった場合、それで賄って次のビットに移ります。TFTP は、このベストエフォート型プロトコルのもう 1 つの例です。TFTP は、リアルタイム オーディオやストリーミング ビデオでは一般的なプロトコルです。一方で、TCP では、確認応答を要求して、送信したパケットが正しく受信されたことが検証されます。FTP は、これの一例です。ネットワークがよく管理されている場合、プロトコルが十分にダイナミックになり、確認応答が要求される前に多くのパケットを連続して送信できる可能性があります。これは、「ウィンドウ サイズの拡大」と呼ばれ、Transmission Control Protocol (TCP) の標準的な部分です。

注: TFTP についての 1 つの注意点は、UDP を使用するためにオーバーヘッドが少なくなるとは言え、スループットには不利なステップごとの確認応答アプローチが通常使用される点です。これは、確認応答待ちのデータ パケットを複数は置けないことを意味します。そのため、実際のスループットをテストするのに適しているとはいえません。

ここでのポイントは、DS トラフィックでは、より多くの確認応答の形態で US トラフィックが生成されるという点です。また、US で短時間の中断が発生した結果として TCP 確認応答がドロップされると、TCP のフローが遅くなります。UDP ではこのようなことは起こりません。US パスの状態が悪化すると、最終的には、約 30 秒後に CM がキープアライブ ポーリングに失敗し、再び DS のスキャンを開始します。TCP パケットはキューイングされるか喪失されても、DS UDP トラフィックは維持されるため、TCP と UDP はどちらも短時間の中断では存続します。

同様に、US スループットにより、DS スループットが制約を受ける場合もあります。たとえば、DS トラフィックが同軸ケーブルか衛星経由で送信され、US トラフィックが電話回線経由で送信される場合、最大で 10 Mbps としてアドバタイズされていても、28.8 kbps の US スループットでは DS スループットは 1.5 Mbps 未満に制約されます。これは、低速のリンクでは確認応答の US フローに遅延が加わり、TCP で DS フローの速度が低下するためです。このボトルネックの問題を軽減するために、Telco Return では Point-to-Point Protocol (PPP; ポイントツーポイント プロトコル) を利用して、確認応答をより小さくしています。

DS 上での MAP 生成により、US 上の要求と認可のサイクルが影響を受けます。TCP トラフィックが処理される際に、確認応答は要求と認可のサイクルも通過する必要があります。US で確認応答が連結されていないと、DS に深刻な悪影響が及ぶ可能性があります。たとえば、「ゲーマー」が DS 上のトラフィックに 512 バイトのパケットを送信するとします。US は 234 PPS に制限されていて、DS が 2 パケット/確認応答だとすると、 $512 \times 8 \times 2 \times 234 = 1.9 \text{ Mbps}$ に相当します。

Windows の TCP/IP スタック

一般に、Windows でのダウンロードレートは 2.1 ~ 3 Mbps です。UNIX または Linux デバイスの場合は、TCP/IP スタックが改良されており、DS パケットの受信ごとに確認応答を送信する必要がないため、パフォーマンスが向上しています。Windows TCP/IP ドライバにパフォーマンス上の制約があるかどうかを確認することができます。確認応答のパフォーマンスに制約がある場合、このドライバ機能が低下することがよくあります。インターネット上のプロトコルアナライザを使用できます。これは、サーバに送信した TCP パケットから直接抽出されたインターネット接続パラメータを表示する設計になっているプログラムです。プロトコルアナライザは、特化された Web サーバとして機能します。しかしそれは異なる Web ページを動作しません; むしろ、それは同じページとのすべての要求に応答します。要求側クライアントの TCP 設定により、値が修正されます。次に、実際に分析および結果の表示を行う CGI スクリプトに制御が渡されます。プロトコルアナライザを使用すると、ダウンロードしたパケットが 1518 バイト長 (DOCSIS Maximum Transmission Unit (MTU; 最大伝送ユニット)) かどうか、US 確認応答が約 160 ~ 175 PPS で実行されているかどうかを確認できます。パケットがこれらのレートより低い場合は、Windows ドライバをアップデートし、UNIX や Windows NT のホストを調整してください。

レジストリの変更して、Windows のホストを調整できます。まず、MTU の値を増加できます。MTU と呼ばれるパケットサイズは、ネットワーク上の 1 つの物理フレーム内で転送可能な最大データ量を表します。イーサネットに関しては、MTU は 1518 バイトです; PPPoE のために、それは 1492 です; そしてダイヤル式接続のために、それは頻繁に 576 です。この違いは、大きなパケットを使用している場合は、オーバーヘッドが小さく、ルーティングの決定回数が減少し、クライアントのプロトコル処理およびデバイス割り込みが減少するという事実から来ています。

各送信単位は、ヘッダーと実際のデータから構成されます。実際のデータは、送信可能な TCP データの最大セグメントを定義する、Maximum Segment Size (MSS; 最大セグメントサイズ) と呼ばれています。基本的には、 $MTU = MSS + \text{TCP/IP ヘッダー}$ となります。したがって、各パケット内の最大有効データを反映するために、MSS を 1380 に調整する可能性があります。また現在の MTU および MSS 設定を調節した後、Default Receive Window (RWIN) を最適化できます: プロトコルアナライザは最もよい値を提案します。また、プロトコルアナライザを使用して、次の設定を確認できます。

- MTU Discovery ([RFC1191](#)) = ON
- Selective Acknowledgement ([RFC2018](#)) = ON
- Timestamps ([RFC1323](#)) = OFF
- TTL (Time to Live) = OK

さまざまなネットワークプロトコルの利点は、Windows レジストリ内の異なるネットワークの設定から得られます。ケーブルモデムの最適 TCP 設定は Windows のデフォルト設定と異なります。したがって、各オペレーティングシステムには、レジストリを最適化するための固有の情報があります。たとえば、Windows 98 以降のバージョンでは、TCP/IP スタックにいくつかの改善がされています。これには次のものがあります。

- Large Window のサポート、[RFC1323](#) で説明

- Selective Acknowledgments (SACK) サポート
- 高速再送信および高速リカバリのサポート

意味する Windows 95 のための WinSock 2 アップデートは TCP 大きいウィンドウをサポートし、TCP/IP をどのようにの処理するかバージョン 2. Windows NT にオリジナル ウィンドウズ ソケットをアップデートすればタイムスタンプは、Windows 9x とわずかに異なります Windows 98 推奨事項を使用する可能性があります。Windows NT を微調整した場合、Windows 9x ほどパフォーマンスの向上が見られません。これは単に、NT がネットワークに対してより最適化が行われているためです。

しかし、Windows レジストリを変更するには、Windows のカスタマイゼーションに習熟している必要があります。レジストリの編集に自信がない場合は、レジストリに最適な値を自動的に設定できる、「使用可能な」パッチをインターネットからダウンロードする必要があります。レジストリを編集するには、Regedit (**START > Run** を選択し、Open フィールドで **Regedit** と入力) のようなエディタを使用する必要があります。

パフォーマンスの改善要因

スループットの決定

データのスループットに影響する可能性がある多くの要因があります。

- 合計ユーザ数
- ボトルネックの速度
- アクセスするサービス タイプ
- キャッシュ サーバの使用状況
- MAC レイヤの効率性
- ケーブル プラント上のノイズとエラー
- Windows TCP/IP ドライバ内部の制約などの、その他多くの要因

より多くのユーザが「パイプ」を共有するほど、サービスの速度はより低下します。さらに、使用中のネットワークではなく、アクセスしている Web サイトがボトルネックになっている可能性もあります。使用中のサービスについて考慮すると、時間の経過に関しては、通常の E メールと Web サーフィン是非常に非効率です。ビデオストリーミングが使用される場合、このサービスタイプにはより多くのタイムスロットが必要です。

プロキシ サーバを使用して、頻繁にダウンロードされるサイトをローカル エリア ネットワーク内のコンピュータにキャッシュできます。これはインターネット全体のトラフィックを軽減するのに役立ちます。

「予約と認可」は DOCSIS モデムで推奨される方式ですが、モデムごとの速度に制約があります。この方式は、ポーリングや純粋な CSMA/CD よりも、住宅での使用に対して非常に効率的です。

アクセス速度の増加

多くのシステムでは、Passive Optical Network (PON) や Fiber-To-The-Home (FTTH) に対するノードごとのホームの比率を、1000 から 500、250 へと減らしています。PON は正しく設計された場合、アクティブ状態の接続がない場合、ノードごとに 60 人まで送信できます。FTTH はいくつかの領域でテストされていますが、それは現在でもほとんどのユーザに対して非常にコスト高です。ノードごとのホームを減らしても、まだヘッドエンドのレシーバーを組み込む場合は、実際には以前より悪い状態になる可能性があります。2 台のファイバ レシーバーは 1 台の場

合より悪い状態ですが、ファイバごとのホームが少ないほど、入力からのレーザー クリッピングに遭遇する可能性は低くなります。

最も明確なセグメンテーション技術として、より多くの光伝送機器を追加することが挙げられます。一部の新しい設計では、ノードごとのホームの数が 50 ~ 150 HHP に減少されます。HeadEnd (HE; ヘッドエンド) に再び組み込む場合は、ノードごとのホームを減らしても効果はありません。ノードごとに 500 ホームの 2 つの光リンクが HE で組み合わせられ、同じ CMTS US ポートを共有する場合、現実的には、ノードごとに 1000 ホームの光リンクが 1 つ使用された場合よりもさらに悪い可能性があります。

多くの場合、アクティブ状態が多数集中しても、光リンクはノイズの制限に効果的です。ノードごとのホームの数だけでなく、サービスのセグメント化も必要です。CMTS ポートまたはサービスごとのホームの数を減らすには、より多くのコストがかかりますが、これは特にボトルネックを軽減します。ノードごとのホームを少なくする利点は、レーザークリッピングを引き起こす原因となるノイズと入力が少なくなり、後での少数の US ポートへのセグメント化が容易になることです。

DOCSIS では、DS と US 用に 2 つの変調方式、および、US パスで使用する 5 つの異なる帯域幅が指定されています。それぞれのシンボル レートは、QPSK または 16-QAM のような異なる変調方式で 0.16、0.32、0.64、1.28、および 2.56 Msymbols/s となります。これにより、使用中のリターン システムに必要とされるロバストネスに対して、必要なスループットを選択する上での柔軟性が提供されます。DOCSIS 2.0 では、柔軟性がさらに増強されています。それについては、このドキュメントの後の方で詳しく取り上げます。

周波数ホッピングの可能性もあり、これにより「非コミュニケータ」が異なる周波数に切り替える (ホップする) ことができます。この妥協案としては、より多くの帯域幅冗長性を割り当てる必要があり、できれば、ホップが行われる前に「他の」周波数がクリーンな状態であることが望ましいところです。一部の製造業者では、モデムに「look before you leap」機能が設定されています。

テクノロジーが発展するにつれ、より効率的に圧縮する方法やより高度なプロトコルを使用して情報を送信する方法が発見され、いずれによっても、ロバストネスは強化されるか、または帯域幅の負荷が低減されます。これには、DOCSIS 1.1 QoS プロビジョニング、Payload Header Suppression (PHS)、または DOCSIS 2.0 機能の使用が必要となる可能性があります。

ロバストネスとスループットの間には、常にトレードオフの関係があります。ネットワークから送出される速度は、通常使用する帯域幅、割り当てられるリソース、干渉に対するロバストネス、またはコストと関連しています。

チャンネル幅と変調方式

前述の DOCSIS 遅延により、US スループットが 3 Mbps 前後に制約されているようにみえることとなります。また、US 帯域幅を 3.2 MHz に増加したり、変調方式を 16-QAM に強化したりすると、理論的には 10.24 Mbps のスループットとなりますが、これは問題ないように見えます。チャンネル帯域幅 (BW) と変調方式を増強しても、1 台のモデムあたりの転送レートは顕著には増加しませんが、チャンネル上でより多くのモデムが送信できるようになります。US は TDMA ベースのスロット コンテンション メディアであり、タイムスロットは CMTS によって付与される点に注意してください。チャンネル帯域幅 (BW) が増加すると、US bps が増加することになり、サポートできるモデム数が増加します。したがって、US チャンネル帯域幅を増加させることには意味があります。また、1518 バイトのパケットでは US 上のワイヤ時間のうち 1.2 ミリ秒しかかからないため、RTT 遅延には有効であることを想起してください。

また、DS 変調を 256-QAM に変更できます。これを行うと、DS 上のスループットの合計が 40 % 増加し、US パフォーマンスのインターリーブ遅延が減少します。この変更を行う際には、システム上のすべてのモデムが一時的に接続解除されることに注意してください。

注意： 細心の注意は DS 変調を変更する前に使用する必要があります。システムで 256-QAM 信号をサポートできるかどうかを確認するために、DS スペクトルに対する徹底した分析を行う必要があります。そうしないと、ケーブルネットワークのパフォーマンスが著しく低下する場合があります。

注意： [cable downstream modulation {64qam を発行して下さい | 256-QAM に DS 変調を変更する 256qam}](#) コマンド:

```
VXR(config)# interface cable 3/0
```

```
VXR(config-if)# cable downstream modulation 256qam
```

US 変調プロファイルおよびリターンパスの最適化についての詳細は、『[リターンパスのアービタリティおよびスループットを増加させる方法](#)』を参照してください。また、『[Cisco CMTS のケーブル変調プロファイルの設定](#)』を参照してください。Interval Usage Codes (IUC) が短い場合は、デフォルトの mix プロファイルで、uw8 を uw16 へ変更してください。

注意： 細心の注意はチャンネル幅を増加するか、または米国変調を変更する前に使用する必要があります。16-QAM をサポートするのに適切な Carrier-to-Noise Ratio (CNR; 搬送波対雑音比) が確保される十分な帯域幅を見つけるには、スペクトルアナライザを使用して、US スペクトルに対する徹底した分析を行う必要があります。そうしないと、ケーブルネットワークパフォーマンスが著しく低下するか、US 全体が停止する場合があります。

注意： 米国チャンネル幅を増加する [cable upstream channel-width コマンド](#)を発行して下さい:

```
VXR(config-if)# cable upstream 0 channel-width 3200000
```

『[拡張スペクトル管理](#)』を参照してください。

[インターリーブ効果](#)

アンプの電源と DS パス上のユーティリティ電源に由来する電気的なバースト性ノイズは、ブロック内でエラーが発生する原因となります。これは、熱雑音から発生するエラーよりも、スループットの品質に対して悪影響を及ぼします。バースト性エラーの影響を最小限に抑えるには、継続的にデータを展開する、インターリーブングとして知られている技術が使用されます。送信側でシンボルが混合され、受信側でそれらが再構成されるため、エラーが分散するように見えます。FEC は、分散されたエラーに対しては非常に有効です。インターリーブングを使用している場合、干渉の比較的長いバーストによるエラーは、FEC によって修正できる可能性があります。多くのエラーはバースト的に発生するため、エラーレートを改善するためには有効な方法です。

注: FEC インターリーブの値を増やすと、ネットワークに遅延を付加することになります。

DOCSIS では、5 段階のインターリーブング (EuroDOCSIS は 1 つのみ) が指定されます。128:1 がインターリーブングの最高値で、8:16 が最低値です。128:1 は、それぞれが 128 のシンボルで構成される 128 のコードワードが 1 対 1 の比率で混合されることを示しています。8:16 は、コードワードごとの列に 16 のシンボルがあり、他の 7 つのコードワードからの 16 シンボルと混合されることを示しています。

次の表は、Downstream Interleaver Delay (ダウンストリーム インターリーブ遅延) に設定できる値をマイクロ秒 (μ s または usecs) で示しています。

| I (タップの数) | J (増分) | 64-QAM | 256-QAM |
|-------------|----------|--------|---------|
| 8 | 16 | 220 | 150 |
| 16 | 8 | 480 | 330 |
| 32 | 4 | 980 | 680 |
| 64 | 2 | 2000 | 1400 |
| 128 | 1 | 4000 | 2800 |

入れ込むことは FEC のような付加ビットを追加しません; しかしそれは音声およびリアルタイムビデオに影響を与える可能性があるレイテンシーを追加します。また、要求と認可の RTT も増加します。RTT が増加すると、1 回おきの MAP 機会が 3 回ごとか 4 回ごとになる場合があります。これは二次的な影響で、ピーク時に US データ スループットが減少する問題の原因となります。したがって、一般的なデフォルトの 32 より低い値に設定されている場合には、US スループットを (PPS/モデムの方法で) 若干向上できます。

インパルス ノイズ問題の回避策として、インターリーブ値を 64 または 128 に増加できます。しかし、この値を増加すると、パフォーマンス (スループット) が低下する可能性があります; または DS のノイズ安定性は強化されます。すなわち、どちらかプラントはきちんと維持する必要があります; または DS のより多くの修正不能なエラー (失われたパケット) はモデムが接続を緩め始めるより多くの再送信があるポイントに、見られ。

ノイズの多い DS パスを補正するためにインターリーブ深度を増加すると、ピーク時の CM US スループットが減少することになります。通常の住宅でのケースでは、これは問題になりませんが、このトレードオフについて理解しておくことが必要です。4 ミリ秒で 128:1 の最大インターリーブ深度にした場合、US スループットに重大な悪影響を及ぼします。

注: 64-QAM と 256-QAM では、遅延は異なります。

[ケーブル ダウンストリーム `interleave-depth {8}` を発行できます | `16` | `32` | `64` | `128` | コマンド](#)。次の例では、インターリーブ深度を 8 に減らしています。

```
VXR(config-if)# cable downstream interleave-depth 8
```

注意: このコマンドは設定されているとき、システムのすべてのモデムを切ります。

US のノイズに対する堅牢性に関して、DOCSIS モデムでは可変または FEC なしが可能です。US FEC をオフにした場合、オーバーヘッドがいくらか取り除かれ、さらに多くのパケットを転送できますが、ノイズに対するロバストネスは損なわれます。バーストのタイプに関連付けて、さまざまな規模の FEC を置くことも有効です。バーストは実際のデータに対するものか、ステーションメンテナンスに対するものか、データ パケットが 64 バイトか 1518 バイトかによって異なります。大きなパケットに対しては、より厳密な保護が必要になる場合があります。また収獲逓減のポイントがあります; たとえば、7%からの 14% FEC への変更は 0.5 dB により多くのロバストネスしか与えないかもしれません。

現在、US にはインターリーブがありません。これは、送信がバースト性であり、バースト内にインターリーブをサポートする十分な遅延がないためです。一部の半導体メーカーでは、この機能を DOCSIS 2.0 のサポートに付加しており、家庭電化製品から発生するすべてのインパルス ノイズを考慮する場合、これが大きく影響する可能性があります。US インターリーブ

グにより、FEC がより効率的に動作するようになります。

ダイナミック MAP アドバンス

Dynamic MAP Advance では、MAP 内でダイナミック ルックアヘッド時間を使用することにより、モデムあたりの US スループットが著しく向上されています。Dynamic Map Advance は、特定の US ポートに関連付けられている CM のうち最も遠いものを基準にして、MAP 内のルックアヘッド時間を自動的に調整するアルゴリズムです。

MAP Advance の詳細な説明は、『[ケーブル マップ アドバンス \(ダイナミックまたはスタティック\)](#)』を参照してください。

Map Advance がダイナミックかどうか調べるには、[show controllers cable slot/port upstream port](#) コマンドを発行します。

```
Ninetail# show controllers cable 3/0 upstream 1
```

```
Cable3/0 Upstream 1 is up
Frequency 25.008 MHz, Channel Width 1.600 MHz, QPSK Symbol Rate 1.280 Msps
Spectrum Group is overridden
BroadCom SNR_estimate for good packets - 28.6280 dB
Nominal Input Power Level 0 dBmV, Tx Timing Offset 2809
Ranging Backoff automatic (Start 0, End 3)
Ranging Insertion Interval automatic (60 ms)
Tx Backoff Start 0, Tx Backoff End 4
Modulation Profile Group 1
Concatenation is enabled
Fragmentation is enabled
part_id=0x3137, rev_id=0x03, rev2_id=0xFF
nb_agc_thr=0x0000, nb_agc_nom=0x0000
Range Load Reg Size=0x58
Request Load Reg Size=0x0E
Minislot Size in number of Timebase Ticks is = 8
Minislot Size in Symbols = 64
Bandwidth Requests = 0xE224
Piggyback Requests = 0x2A65
Invalid BW Requests= 0x6D
Minislots Requested= 0x15735B
Minislots Granted = 0x15735F
Minislot Size in Bytes = 16
Map Advance (Dynamic) : 2454 usecs
UCD Count = 568189
DES Ctrl Reg#0 = C000C043, Reg#1 = 17
```

前述のように、インターリーブ深度を 8 にすると、DS 遅延が少なくなるため、Map-Advance をさらに減少できます。

連結とフラグメンテーション効果

DOCSIS 1.1 および現在の一部の 1.0 機器では、連結と呼ばれる新機能がサポートされています。また、DOCSIS 1.1 ではフラグメンテーションもサポートされています。連結によって、いくつかの小さな DOCSIS フレームを 1 つの大きな DOCSIS フレームに統合でき、1 つの要求としてまとめて送信できます。

要求されるバイト数は最大で 255 ミニスロットで、通常は 1 つのミニスロットあたり 8 または 16 バイトであるため、1 つの US 送信インターバルで転送できる最大バイト数は約 2040 または 4080 バイトになります。この量には、FEC と物理レイヤのオーバーヘッドがすべて含まれてい

ます。つまり、実際のイーサネット フレーミングの最大バーストはその 90 % 近くあり、フラグメント化された認可には関連しません。2 ティックのミニスロットにおいて 3.2 MHz で 16-QAM を使用する場合、ミニスロットは 16 バイトになります。これは制限 16 の $\times 255 = 4080$ バイトを -10% 物理層のオーバーヘッド = ~ 3672 バイト作ります。さらに連結するには、ミニスロットを 4 または 8 ティックに変更し、最大連結バースト設定を 8160 または 16,320 にします。

1 つの警告は、これまでに送信された最小バーストが 32 または 64 バイトであることです。そして、パケットがミニスロットに分けられる場合、この精度の粗さによってさらに丸めエラーが起きます。

フラグメンテーションが使用されない場合、最大 US バーストは、VXR シャーシ内の MC28C または MC16x カードでは 4000 バイト未満に設定する必要があります。また、VoIP を実行している場合は、DOCSIS 1.0 モデムの最大バーストを 2000 バイト未満に設定します。この理由は、1.0 モデムではフラグメンテーションが行えないためです。そして、2000 バイトは UGS フローが正しく送信するには長すぎるので、音声ジッタが発生する可能性があります。

したがって、連結は大きなパケットにはあまり役に立たない可能性もありますが、すべての短い TCP 確認応答に対しては優れたツールです。送信チャンスごとに複数のパケットを許可する場合、連結により基本的な PPS 値がその倍数で増加されます。

パケットが連結される際には、パケットが大きいほどシリアライゼーションに時間がかかり、RTT と PPS に影響します。このように普通 1518 バイト パケットのための 250 PPS を得れば、それは当然連結する場合廃棄します; しかし今連結パケットごとのより多くの総バイト数があります。1518 バイト パケットを 4 つ連結できるとすると、3.2 MHz で 16-QAM を使用して送信するには、少なくとも 3.9 ミリ秒かかることになります。DS のインターリービングと処理による遅延が追加され、DS MAP は約 8 ミリ秒程度ごとだけになる可能性があります。PPS は 114 に廃棄しますが、今 PPS を 456 とし現われさせる 4 を連結してもらいます; これは $456 \times 8 \times 1518$ のスループットを = 5.5 Mbps 与えます。「ゲーム」の例を考えてみます。この場合、連結により、1 つの要求に対して多くの US の確認応答 (ack) が送られるのが許可され、DS TCP フローがより高速になります。この CM のための DOCSIS コンフィギュレーションファイルが 2000 バイトの最大値米国バースト設定を備えている仮定し、モデムサポート連結と仮定して下さい: CM は論理上 31 64 バイト Ack を連結する可能性があります。この大きなパケット全体を CM から CMTS へ送信するにはある程度時間がかかるため、PPS はそれに応じて減少します。小さなパケットで使用する 234 PPS の代わりに、より大きいパケット用の 92 PPS に近いものになります。 $92 \text{ PPS} \times 31 \text{ ack} = 2852 \text{ PPS}$ となる可能性があります。これは、 $512 \text{ バイト DS パケット} \times 8 \text{ ビット/バイト} \times 2 \text{ パケット/ack} \times 2852 \text{ ack/秒} = 23.3 \text{ Mbps}$ に相当します。しかし、ほとんどの CM では、これよりはるかに低くレート制限されています。

US では、CM は理論的に、 $512 \text{ バイト} \times 8 \text{ ビット/バイト} \times 110 \text{ PPS} \times 3 \text{ 連結パケット} = 1.35 \text{ Mbps}$ となります。これらの数は、連結なしで得られた元の数値よりもはるかに向上しています。ミニスロットの丸めは、各フラグメントで丸めが発生するため、フラグメント化するとさらに悪くなります。

注: 2 つのパケットの連結は行わず、3 つのパケットを連結する場合のある古い Broadcom の問題が存在していました。

連結を利用するためには、Cisco IOS ソフトウェア リリース 12.1(1)T、または 12.1(1)EC 以降が稼働している必要があります。可能であれば、Broadcom 3300 ベースの設計によるモデムを使用してみてください。CM で連結がサポートされていることを確認するには、CMTS で `show cable modem detail`、[show cable modem mac](#)、または [show cable modem verbose](#) コマンドを発行します。

```
VXR# show cable modem detail
```

| Interface | SID | MAC address | Max CPE | Concatenation | Rx SNR |
|-------------|-----|----------------|---------|---------------|--------|
| Cable6/1/U0 | 2 | 0002.fdfa.0a63 | 1 | yes | 33.26 |

連結をオンまたはオフにするには、[\[no\] cable upstream n concatenation](#) コマンドを発行します。ここで、*n* は US のポート番号を指定します。ケーブル インターフェイス ラインカード上の最初の US ポートに対する有効な値は 0 から始まります。

注: 最大バースト サイズの設定に関する DOCSIS 1.0 および 1.1 と連結の問題についての詳細は、『[最大アップストリームバーストパラメータの履歴](#)』を参照してください。また、変更を有効にするために、モデムをリブートする必要があることに留意してください。

1 台のモデム速度

大きいフレームを連結し、モデムごとの最高の速度を実現することが目的である場合は、8160 の最大バーストを許可するためにミニスロットを 32 バイトに変更できます。この変更の落とし穴は、それがこれまでに送られた最小パケットが 32 バイトであることを意味するという事です。これは、たとえば 16 バイト長しかない要求などの小さな US パケットに対してあまり効率的ではありません。要求はコンテンツ領域にあるため、大きいパケットほどコリジョンの可能性が高くなります。また、パケットがミニスロットに区切られている場合、さらにミニスロットの丸めエラーも加わります。

このモデムの DOCSIS コンフィギュレーション ファイルには、最大トラフィックバーストと最大連結バースト設定が 6100 前後に指定されている必要があります。これにより、1518 バイトフレームが 4 つ連結されるようになります。また、より管理しやすい部分に分けるために、モデムではフラグメンテーションもサポートされている必要があります。次の要求は通常、ピギーバックされて最初のフラグメント内にあるため、モデムでは期待値よりもよい PPS レートが得られる可能性があります。各フラグメントに対して、CM が 1 つの長い連結パケットを送信しようとするよりも、シリアルサイズの方が少ない時間ですみます。

モデムごとの速度に影響を与える可能性があるいくつかの設定について、説明する必要があります。最大トラフィックバーストは 1.0 の CM で使用され、1522 に設定する必要があります。いくつかの CM では、この値を 1600 より大きくする必要があります。これは、この値に含まれるはずではない他のオーバーヘッドが含まれているためです。最大連結バーストは、フラグメント化にも対応した 1.1 のモデムも対象になるので、1 つの要求で多くのフレームを連結できますが、VoIP 上の考慮事項により、2000 バイトのパケットへのフラグメント化も可能です。最大トラフィックバーストと最大連結バーストを互いに等しく設定する必要がある場合があります。このようにしないと、一部の CM はオンラインになりません。

効果のある CMTS のコマンドの 1 つは、[cable upstream n rate-limit token-bucket shaping](#) コマンドです。このコマンドは、コンフィギュレーション ファイル設定の指示に従って、自身のポリシングを行わない CM をポリシングするのに役立ちます。ポリシングによりパケットで遅延が発生する可能性があるため、スループットのスロットリングが疑われる場合はこれをオフにしてください。これにより、最大トラフィックバーストを最大連結バーストと同じ設定にすることで、作業が必要になる可能性があります。そのため、さらに多くのテストでの保証が行われる場合があります。

東芝では、CM で Broadcom チップセットを使用しなかったため、連結やフラグメンテーションなしでの対応に成功しています。東芝では PCX2200 以上の CM で Libit を使用していましたが、現在は TI を使用しています。東芝ではまた、より高い PPS を実現するために、次の要求を認可の前に送信します。これは要求が便乗されないし、コンテンツ スロットにあるというファクトを除いて、うまく作動します; それは多くの CM が同じ米国にあるとき廃棄できます。

[cable default-phy-burst](#) コマンドでは、CM 登録の障害を起こさず、DOCSIS 1.0 の IOS ソフトウェアから 1.1 コードへ、CMTS がアップグレードされるようになります。通常、DOCSIS コンフィギュレーション ファイルは、最大トラフィック バーストのデフォルトが 0 または空白になっているため、モデムが登録時に reject(c) で失敗することになります。0 は、1.1 コード (VoIP サービス、および最大遅延、遅延、ジッタのため) では許可されない、無制限の最大バーストを意味するため、これは拒否 CoS です。cable default-phy-burst コマンドにより、0 の DOCSIS コンフィギュレーション ファイル設定が無効にされ、2 つの番号の低い方が優先されます。デフォルト設定は 2000 で、最大値は現在 8000 です。これにより、1518 バイトのフレームが 5 つ連結されるのが許可されます。オフにするには、0 に設定します。

```
cable default-phy-burst 0
```

モデムごとの速度テストに関するいくつかの推奨事項

1. 6.4 MHz チャンネルでの 64-QAM で、US 上で Advanced Time-Division Multiple Access (ATDMA) を使用します。
2. ミニスロット サイズ 2 を使用します。DOCSIS 制限はバースト毎に 255 のミニスロット、ミニスロット毎にそう 255 の $\times 48$ バイト = 12240 の最大バースト $\times 90\% = \sim 11,000$ バイトです。
3. フラグメント化および連結が可能であり、全二重方式でファストイーサネット接続を持つ CM を使用します。
4. DOCSIS コンフィギュレーション ファイルに最小値なしで、上りと下りで最大値 20 MB を設定します。
5. US レート制限のトークン バケット シェーピングをオフにします。
6. [cable upstream n data-backoff 3 5](#) コマンドを発行します。
7. 最大トラフィック バーストと最大連結バーストを 11000 バイトに設定します。
8. DS 上で 256-QAM と 16 インターリーブを使用します (インターリーブ 8 も試してください)。これにより、MAP に対してより少ない遅延が提供されます。
9. [cable map-advance dynamic 300 1000](#) コマンドを発行します。
10. フラグメント化を正しく処理する IOS ソフトウェアリリース 15(BC2) イメージを使用し、[cable upstream n fragment-force 2000 5](#) コマンドを発行します。
11. UDP トラフィックを CM にプッシュして、最大値を見つけるまで増分します。
12. TCP トラフィックをプッシュする場合、1 台の CM で複数の PC を使用します。

結果

- Terayon TJ735 では 15.7 Mbps が提供されています。これは、優れた CPU と連結フレームごとのバイト数が少ないため、おそらく速度は良好です。それは、16 バイトのフラグメントヘッダーおよび内部の 8200 バイトの最大バーストで、最初のフレームに対して 13 バイトの連結ヘッダーを持ち、以降は 6 バイトのヘッダーを持つようです。
- Motorola SB5100 では、18 Mbps が提供されています。さらに、DS 上の 8 インターリーブおよび 1418 バイト パケットで 19.7 Mbps が提供されています。
- Toshiba PCX2500 では、4000 バイトの内部最大バースト限界があるようで、8 Mbps が提供されています。
- Ambit は Motorola と同じ結果を与えました: 18 Mbps。
- 他の CM トラフィックとコンテンションが発生している場合には、これらのレートの一部を

低下させることができます。

- 1.0 の CM (フラグメント化不可) の最大バーストが 2000 未満であることを確認してください。
- US の使用率 98 % での 27.2 Mbps は、Motorola と Ambit の CM で実現されたものです。

新しいフラグメント コマンド

cable upstream n fragment-force fragment-threshold number-of-fragments

| パラメータ | 説明 |
|----------------------------|---|
| <i>n</i> | アップストリームのポート番号を指定。ケーブル インターフェイス ラインカード上の最初のアップストリーム ポートに対する有効な値は 0 から始まります。 |
| <i>fragment-threshold</i> | フラグメンテーションが開始されるバイト数。有効な範囲は 0 ~ 4000 で、デフォルトは 2000 バイトです。 |
| <i>number-of-fragments</i> | フラグメント化された各フレームが分けられる、同じサイズのフラグメントの数。有効な範囲は 1 から 10 で、デフォルトは 3 フラグメントです。 |

DOCSIS 2.0 の利点

DOCSIS 2.0 では、DS への変更はありませんが、US には多数の変更が加えられています。DOCSIS 2.0 の高度な物理レイヤの仕様には、次が追加されています。

- 8-QAM、32-QAM、および 64-QAM 変調方式
- 6.4 MHz チャネル幅
- 16 までの T バイトの FEC

また、モデムと US インターリービングで、プレイコライゼーションの 24 のタップが許可されます。これにより、反射、チャネル内部の傾き、グループ遅延および US のバースト性ノイズに対しするロバストネスが追加されます。また、CMTS の 24 タップのイコライゼーションは、より古い DOCSIS 1.0 のモデムに役立ちます。DOCSIS 2.0 では、A-TDMA に加えて S-CDMA の使用も追加されています。

64-QAM での大きいスペクトル効率により、既存のチャネルとさらに多くのキャパシティがより良く活用されます。これにより、より優れた PPS で US 方向により高いスループットが提供され、モデムの速度が若干速くなります。6.4 MHz で 64-QAM を使用すると、通常よりもはるかに速く CMTS に大きいパケットが送られるので、シリアル化の時間は短くなり、PPS が向上します。広いチャネルほど、優れた統計多重化が作成されます。

A-TDMA を使用して得られる理論的な US レートのピークは、およそ 27 Mbps 程度 (集約) です。これは、オーバーヘッド、パケットサイズなどによって異なります。より大きい集約されたスループットへの変更によって、より多くの人に共有が許可されることに注意してください。しかし、必ずしもモデムごとの速度が追加されるわけではありません。

US の A-TDMA を実行する場合、それらのパケットは非常に速くなります。US 上での 6.4 MHz の 64-QAM では、連結されたパケットが US 上でより速くシリアル化され、PPS が向上します。

A-TDMA で 2 ティックのミニスロットを使用する場合、ミニスロットごとに 48 バイトが獲得されます。これは要求ごとの最大バーストとしては、 $48 \times 255 = 12240$ になります。64-QAM は、6.4 MHz、2 ティック ミニスロット、10,000 最大値 Concat バースト、および 300 Dynamic Map Advance 安全 ~15 Mbps を与えます。

現在の DOCSIS 2.0 でのシリコン実装ではすべて、入力取り消しが採用されていますが、これは DOCSIS 2.0 の一部ではありません。これは最悪のプラント障害に対してサービスを口バーストにして、スペクトルの未使用部分を開き、ライフライン サービスの保険の尺度を追加します。

その他の要因

直接ケーブルネットワークのパフォーマンスに影響を及ぼす場合がある他のファクタがあります: QoS プロファイル、ノイズ、レートリミット、過度の使用結合する、ノード等。これらについての詳細は、『[トラブルシューティング：低速のケーブル モデム ネットワーク](#)』を参照してください。

また、見た目には現れていない可能性がある、ケーブル モデムの制約があります。ケーブル モデムには、CPU の制約や PC への半二重イーサネット接続がある場合があります。パケット サイズおよび双方向トラフィック フローによっては、これは考慮されていないボトルネックである可能性があります。

スループットの確認

モデムが存在するインターフェイスで、[show cable modem](#) コマンドを発行します。

```
ubr7246-2# show cable modem cable 6/0
```

| MAC Address | IP Address | I/F | MAC State | Prim Sid | RxPwr (db) | Timing Offset | Num CPE | BPI Enb |
|----------------|----------------|---------|-----------|----------|------------|---------------|---------|---------|
| 00e0.6f1e.3246 | 10.200.100.132 | C6/0/U0 | online | 8 | -0.50 | 267 | 0 | N |
| 0002.8a8c.6462 | 10.200.100.96 | C6/0/U0 | online | 9 | 0.00 | 2064 | 0 | N |
| 000b.06a0.7116 | 10.200.100.158 | C6/0/U0 | online | 10 | 0.00 | 2065 | 0 | N |

モデムの機能を確認するには、[show cable modem mac](#) コマンドを発行します。これは、モデムに何ができるかを示しており、必ずしも何をしているかを表示してはなりません。

```
ubr7246-2# show cable modem mac | inc 7116
```

| MAC Address | MAC State | Prim Sid | Ver | QoS Prov | Frag Concat | PHS | Priv | DS | US |
|----------------|-----------|----------|--------|----------|-------------|-----|------|----|----|
| 000b.06a0.7116 | online | 10 | DOC2.0 | DOC1.1 | yes yes | yes | BPI+ | 0 | 4 |

モデムの物理レイヤのアトリビュートを表示するには、[show cable modem phy](#) コマンドを発行します。この情報の一部は、CMTS で [remote-query](#) が設定されている場合のみ表示されます。

```
ubr7246-2# show cable modem phy
```

| MAC Address | I/F | Sid | USPwr (dBmV) | USSNR (dBmV) | Timing Offset (dBc) | MicroReflec (dBc) | DSPwr (dBmV) | DSSNR (dBmV) | Mode |
|----------------|---------|-----|--------------|--------------|---------------------|-------------------|--------------|--------------|-------|
| 000b.06a0.7116 | C6/0/U0 | 10 | 49.07 | 36.12 | 2065 | 46 | 0.08 | 41.01 | atdma |

モデムの現在の US 設定を確認するには、[show controllers cable slot/port upstream port](#) コマンド

を発行します。

```
ubr7246-2# show controllers cable 6/0 upstream 0
```

```
Cable6/0 Upstream 0 is up
Frequency 33.000 MHz, Channel Width 6.400 MHz, 64-QAM Sym Rate 5.120 Msps
This upstream is mapped to physical port 0
Spectrum Group is overridden
US phy SNR_estimate for good packets - 36.1280 dB
Nominal Input Power Level 0 dBmV, Tx Timing Offset 2066
Ranging Backoff Start 2, Ranging Backoff End 6
Ranging Insertion Interval automatic (312 ms)
Tx Backoff Start 3, Tx Backoff End 5
Modulation Profile Group 243
Concatenation is enabled
Fragmentation is enabled
part_id=0x3138, rev_id=0x02, rev2_id=0x00
nb_agc_thr=0x0000, nb_agc_nom=0x0000
Range Load Reg Size=0x58
Request Load Reg Size=0x0E
Minislot Size in number of Timebase Ticks is = 2
Minislot Size in Symbols = 64
Bandwidth Requests = 0x7D52A
Piggyback Requests = 0x11B568AF
Invalid BW Requests= 0xB5D
Minislots Requested= 0xAD46CE03
Minislots Granted = 0x30DE2BAA
Minislot Size in Bytes = 48
Map Advance (Dynamic) : 1031 usecs
UCD Count = 729621
ATDMA mode enabled
```

モデムのサービス フローを確認するには、[show interface cable slot/port service-flow](#) コマンドを発行します。

```
ubr7246-2# show interface cable 6/0 service-flow
```

| Sfid | Sid | Mac Address | QoS | Param | Index | Type | Dir | Curr | Active |
|-----------|------------|-----------------------|----------|----------|----------|-------------|-----------|------------|---------------|
| | | | Prov | Adm | Act | | | State | Time |
| 18 | N/A | 00e0.6f1e.3246 | 4 | 4 | 4 | prim | DS | act | 12d20h |
| 17 | 8 | 00e0.6f1e.3246 | 3 | 3 | 3 | prim | US | act | 12d20h |
| 20 | N/A | 0002.8a8c.6462 | 4 | 4 | 4 | prim | DS | act | 12d20h |
| 19 | 9 | 0002.8a8c.6462 | 3 | 3 | 3 | prim | US | act | 12d20h |
| 22 | N/A | 000b.06a0.7116 | 4 | 4 | 4 | prim | DS | act | 12d20h |
| 21 | 10 | 000b.06a0.7116 | 3 | 3 | 3 | prim | US | act | 12d20h |

特定のモデムで固有のサービス フローを確認するには、**show interface cable slot/port service-flow sfid verbose** コマンドを発行します。これは US または DS フローの現在のスループットおよびモデムのコンフィギュレーション ファイル設定を表示します。

```
ubr7246-2# show interface cable 6/0 service-flow 21 verbose
```

```
Sfid : 21
Mac Address : 000b.06a0.7116
Type : Primary
Direction : Upstream
Current State : Active
```

```

Current QoS Indexes [Prov, Adm, Act]      : [3, 3, 3]
Active Time                               : 12d20h
Sid                                       : 10
Traffic Priority                          : 0
Maximum Sustained rate                   : 21000000 bits/sec
Maximum Burst                             : 11000 bytes
Minimum Reserved Rate                    : 0 bits/sec
Admitted QoS Timeout                     : 200 seconds
Active QoS Timeout                        : 0 seconds
Packets                                   : 1212466072
Bytes                                     : 1262539004
Rate Limit Delayed Grants                 : 0
Rate Limit Dropped Grants                 : 0
Current Throughput                        : 12296000 bits/sec, 1084 packets/sec
Classifiers                               : NONE

```

遅延またはドロップされたパケットが存在しないことを確認してください。

修正不可能な FEC エラーがないことを確認するには、[show cable hop](#) コマンドを発行します。

```
ubr7246-2# show cable hop cable 6/0
```

| Upstream Port | Port Status | Poll Rate (ms) | Missed Poll Count | Min Poll Sample | Missed Poll Pcnt | Hop Thres | Hop Period (sec) | Corr FEC Errors | Uncorr FEC Errors |
|---------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------|------------------|-----------------|-------------------|
| Cable6/0/U0 | 33.000 Mhz | 1000 | * * * | *set to fixed frequency | * * * | * * * | 0 | 0 | |
| Cable6/0/U1 | admindown | 1000 | * * * | frequency not set | * * * | * * * | 0 | 0 | |
| Cable6/0/U2 | 10.000 Mhz | 1000 | * * * | *set to fixed frequency | * * * | * * * | 0 | 0 | |
| Cable6/0/U3 | admindown | 1000 | * * * | frequency not set | * * * | * * * | 0 | 0 | |

モデムがパケットをドロップしている場合は、物理プラントはスループットに影響を及ぼしているため修正を行う必要があります。

要約

このドキュメントの前のセクションでは、他の機能の影響について理解していない状態で、コンテキストからパフォーマンス番号を取り出す場合の欠点に焦点を当てています。特定のパフォーマンスメトリックを実現するか、またはネットワーク上の問題を解決するためにシステムを最適化できる一方で、別の変数が犠牲になります。MAPs/s およびインターリーブ値を変更すると、US レートが向上する可能性があります、DS レートまたはロバストネスが犠牲になります。MAP インターバルの減少させると、実際のネットワークに大きな違いは生じませんが、CMTS と CM 両方での CPU と帯域幅のオーバーヘッドが増加します。より多くの US FEC を組み込むと、US のオーバーヘッドが増加します。スループット、複雑度、ロバストネスおよびコスト間には、トレードオフと妥協の関係が常にあります。

アドミSSION コントロールが US で使用される場合、割り当ての合計が使い果されると一部のモデムが登録されません。たとえば、使用する US の合計が 2.56 Mbps で最小保証が 128 k に設定されている場合、アドミSSION コントロールが 100 % に設定されていると、モデムを 20 台だけその US に登録できます。

結論

期待されるスループットの値を把握し、加入者のデータ速度とパフォーマンスを判別する必要があります。理論的に可能な値を決定したら、急速に変化するケーブルシステムの要件を満たすために、ネットワークを設計して管理できます。それから、実際のトラフィック負荷を監視して、転送されているトラフィックを判断し、ボトルネックを軽減するために必要なキャパシティを追

加する時期を判断する必要があります。

サービスおよびアベイラビリティの認識は、ネットワークが正しく展開されて、管理されている場合は、ケーブル事業の機会を差別化するキーになる可能性があります。ケーブル配信会社が複数のサービスへ移行するにつれて、サービスの完全性に対する加入者の期待は、レガシー音声サービスによって確立されたモデルに近づきます。この変更によって、ネットワークが確実にこの新しいパラダイムに合うように、ケーブル配信会社は新しいアプローチと戦略を導入する必要があります。我々が単にエンターテイメントプロバイダーではなく、テレコミュニケーション業界である今、さらに大きな期待や要件が存在します。

DOCSIS 1.1 には、VoIP など高度なサービスの品質レベルを保証するための仕様が含まれますが、この仕様に準拠するサービスを展開するのは容易なことではありません。このためには、CATV 事業者は問題の全体を把握している必要があります。システムコンポーネントとネットワーク戦略の選択に対する包括的なアプローチの案出は、真のサービス統合性の展開を実現するためには必要不可欠です。

最終的な目標は、現在の加入者に対するサービスを低下させることなく、加入者の数を増やすことにあります。加入者ごとに最小のスループットを保証する Service Level Agreements (SLA; サービスレベル契約) がある場合、この保証をサポートするインフラストラクチャを構築する必要があります。また業界では、商用カスタマーに対するサービスと音声サービスの追加も注目されています。これらの新市場がアドレス指定され、ネットワークが構築されると同時に、それは新しいアプローチを必要とします: より多くのポートとのより密な CMTS、分散 CMTS 中間ずつとフィールドで、または何か (家へ 10baseF を追加することのように) 。

将来の展開にかかわらず、ネットワークがより複雑になり、技術的に困難な問題が発生してくることは確実です。また、ケーブル業界では、状況にあった方法で最高レベルのサービス統合性を実現するアーキテクチャやサポートプログラムを採用した企業だけが、この難問を解決できます。

[関連情報](#)

- [低速のケーブルモデムネットワークのトラブルシューティング](#)
- [トラブルシューティング: uBR ケーブルモデムがオンラインにならない場合](#)
- [Cisco CMTS のケーブル変調プロファイルの設定](#)
- [低速のケーブルモデムネットワークのトラブルシューティング](#)
- [CMTS ごとの最大ユーザ数](#)
- [Cisco Cable/Broadband Software Center \(\[登録ユーザ専用\]\(#\) \)](#)
- [ブロードバンドケーブル](#)
- [テクニカルサポート - Cisco Systems](#)