

目次

[概要](#)

[前提条件](#)

[要件](#)

[使用するコンポーネント](#)

[表記法](#)

[IP フラグメンテーションの問題](#)

[Path MTU Discovery](#)

[診断 \(Diagnosis \)](#)

[さまざまなクライアント コンピュータ オペレーティング システムのフラグメンテーション関連の設定パラメータ](#)

[Windows 9x](#)

[Windows NT 4.0](#)

[MacOS](#)

[Unix](#)

[関連情報](#)

概要

このドキュメントでは、VPN での IP フラグメンテーションと MTU パス ディスカバリについて説明します。

前提条件

要件

このドキュメントに関する固有の要件はありません。

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。

このドキュメントの情報は、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、クリアな (デフォルト) 設定で作業を開始しています。ネットワークが稼働中の場合は、コマンドが及ぼす潜在的な影響を十分に理解しておく必要があります。

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。

IP フラグメンテーションの問題

IP プロトコルは、さまざまな伝送リンク上で使用する設計になっています。IP パケットの長さ

の最大値は、65000+ バイトです。ほとんどの伝送リンクは、IP パケットの最大長より小さい、最大伝送単位 (MTU) と呼ばれる最大パケット長の制限を適用します。MTU は、伝送リンクの種類によって異なります。IP の設計では、中継ルータが発信先リンクでの必要性に応じて IP パケットをフラグメント化できるようにすることで、リンクパケットの長さの制限に対応しています。IP パケットの最終的な宛先では、必要に応じてフラグメント化されたパケットを再度組み立てる必要があります。

たとえば、イーサネット伝送リンク ([RFC 894](#)) 上の最も一般的な IP カプセル化の MTU は 1500 バイトです。 [慣例により、MTU にはすべての IP ヘッダーを含む IP データグラム全体が含まれますが、リンクカプセル化ヘッダーは含まれません。RFC 894 のカプセル化では追加のリンクレベルヘッダーが 18 バイトなので、最大イーサネットフレームサイズは 1518 バイトになります。](#)

理論的には、フラグメンテーションは最悪でもかなりマイナーなパフォーマンス問題にしかありませんが、実際には長いパケットを使用した通信が完全に不可能になる場合もあります。Path MTU Discovery は、以降で説明するフラグメンテーションを回避する一般的な技術ですが、致命的な失敗に陥ることがあります。

TCP 接続には 2 つの終端があり、フラグメンテーションはどちらの方向でも行われる可能性があります。各方向とも、TCP のパケット長は次の 2 つの要素によって制限されます。1 つは発信元コンピュータの発信インターフェイスの MTU であり、その IP のスタックによって分かります。もう 1 つは Maximum Segment Size (MSS; 最大セグメントサイズ) で、これがある場合は、宛先のコンピュータから TCP セットアップの際にアナウンスされます。(MSS の数値は、通常は MTU の数値より 40 バイト少なくなっています。これは MSS では 20 バイトの IP ヘッダーと 20 バイトの TCP ヘッダーが含まれないためです。)

IPSec では各 IP パケットに 1 つ、場合によっては 2 つの IP ヘッダーが追加されます。したがって、IP パケットが長くなり、フラグメンテーションの問題が悪化する場合があります。ここで追加されるヘッダーの長さは、選択する IPSec のプロトコルにより (さらに IntraPort の「NAT 透過性」が使用されているかどうかにより) 変動しますが、経験的にはパケット当たり 80 バイトを超えることはありません。イーサネット上での最も一般的な IP カプセル化の場合、標準 MTU は 1500 バイトです。ただし、アプリケーションが IPSec トンネルを通過する必要がある 1500 バイトのパケットを送信した場合、追加された IPSec ヘッダーで、各パケットのフラグメンテーションが必要になります。IPSec でのフラグメンテーションを回避するのに有効な方法 (実際には最適な方法) は、アプリケーションと IP プロトコルスタックが TCP 接続の両方の終端で両端で確認するインターフェイス MTU を削減することです。アプリケーションと IP プロトコルスタックは、インターフェイス MTU が 1420 バイト以下であると見なすと、イーサネットのサイズに対応可能なルータおよびリンクで転送できるように IPSec カプセル化を適用した後は、フラグメンテーションが必要となるパケットを送信しません。

[Path MTU Discovery](#)

Path MTU Discovery (PMTUD) は、TCP 接続において発信元から宛先へのパス上でフラグメントされない最大長のパケットを送信しようとする際に、最適な方法です。この方法には、IP パケットでフラグ DontFragment が使用されます。このフラグは、パケットが長すぎるために中間ルータがリンクでパケットを送信できない場合、そのルータの動作を変えるためのものです。通常、このフラグはオフになっています。その場合、ルータはパケットをフラグメント化し、それらのフラグメントを送信することになります。ただし、DontFragment フラグがオンにされると、ルータは長すぎるパケットを破棄し、パケットの送信元に問題を説明するエラーパケットを返します。PMTUD は基本的には優れた方式ですが、実際には脆弱です。不十分に、あるいは誤って設定された TCP 実装、さらに、不十分に実装されたルータや、誤って設定されたファイアウォールの環境では、TCP 接続の両端で、他端からの何らかの送信を待ち続ける状態になる可能性があります。

ります (この問題が生じたときのルータやファイアウォールは、面白いことに、Path MTU Discovery のブラックホールと呼ばれています)。

送信元が PMTUD を行う場合、最大パケット長 (インターフェイスの送信 MTU の最小値と TCP 設定中に宣言された MSS (存在する場合) に 40 をプラスした値) を開始点に、その長さを順に減らしながら、パケットに DontFragment フラグが設定されているとしても受信側に到達するはずのパケット長を見つけます。送信 MTU (および ISP) を慎重に選択すれば、最初の最大パケット長のパケットがフラグメンテーションを免れて送信されます。そのため、PMTUD によって問題が生じている場合には、この機能をオフにするだけでよく、パフォーマンスの問題はまったく生じません。

IntraPort 製品群では MTU Path Discovery がサポートされています。これを有効にするには、[General] セクションでキーワードと値のペアを次のように設定します。
PreTunnelFragmentation=true、MTUDiscoveryTimeout=10。

PMTUD 関連の詳細は、[RFC 1191](#) に記載されています。これを参照するには、[IETF Web サイト](#) にアクセスしてください。

[診断 \(Diagnosis \)](#)

使用しているリモートコンピュータの名前を Alpha とし、IntraPort Client を使用して Bravo という名前のサーバにアクセスを試みているものの、正しく動作していないと仮定します。デフォルトの ping パケットは非常に短い長さです。Bravo が「ping」に応答しない場合 (ただし Bravo がローカル LAN 上のコンピュータからの「ping」には応答する場合)、それはフラグメンテーションが問題ではありません。基本接続を確認してください。IntraPort の IP アドレスに対する traceroute (Windows では tracert) が、正しいルータを経由して到達しているかどうか、または、traceroute が「ルータ ループ」 (たとえば、同じ組み合わせのサーバ間で繰り返しやり取りしているなど) になっているのかどうかを調べます。

Bravo がデフォルトの ping に応答する場合、Alpha が Windows コンピュータであれば、(DOS プロンプトから) 「ping -l 2000 Bravo's IP address」を実行してみます。正常な応答のパーセンテージが高い場合 (>95%)、フラグメンテーションと再構成は正常に機能していることとなります。2000 バイトの IP パケットをフラグメント化せずにイーサネットで送信することは、まず不可能だからです。応答がない場合、あるいは応答損失のパーセンテージがデフォルトの長さの ping パケットの応答損失パーセンテージを大幅に上回っている場合は、おそらくフラグメンテーションが問題の原因となっています。

Windows での ping を操作する際には、「-l <n>」を指定すると、実際には <n> + 28 バイト長の IP パケットが生成されることに注意してください。これは、MTU の計算で使用される慣例と同じです。すべてが IP ヘッダーであり、リンクレベルのヘッダーはありません。また、ping パケットにも DontFragment フラグを設定することができます。その場合は、「-f」パラメータを使用します。「-f」フラグを設定した長いパケットを送信して、エラーメッセージも応答も返されない場合は、PMTUD ブラックホールが発生している可能性があります。「tracert」(Windows では traceroute) を使用してその場所を突き止め、自身と宛先との間にあるルータ チェーンを分析し、「ping」を送信して各ルータを調べることも可能です。

[さまざまなクライアント コンピュータ オペレーティング システムのフラグメンテーション関連の設定パラメータ](#)

[Windows 9x](#)

オプションのレジストリ パラメータ *MaxMTU* は、アダプタのバインディングに関連付けることができます。このパラメータは明らかに、IP プロトコル スタックに表される送信 MTU と、TCP 設定中に宣言される MSS に影響を及ぼします。MaxMTU がバインディングから欠落している場合、アダプタのデフォルト MTU (イーサネットの場合は 1500) が使用されます。フラグメンテーションの問題が見られる場合は、アクティブ TCP ネットワーク インターフェイスの MaxMTU を 1420 に設定してください。このように設定しても (リポート後に) 問題が解消されなければ、レジストリ パラメータ *PMTUDiscovery* を明示的に 0 に設定することを推奨します。

パラメータの設定場所の詳細については、Microsoft サポート技術情報の記事 [Q158474](#) を参照してください。 [MaxMTU パラメータについては、注意が必要です。どのバインディング \(4 桁の番号でインデックスが付けられています\) が必要であるかを判断するのは簡単ではありません \(ヒント: IP アドレスを探してください\)。また、かなりマイナーなネットワーク設定の変更によって、パラメータが消えてしまうこともあります。手作業によるレジストリの変更で OS をリスクに曝すことを避けたければ、評価版のユーティリティである *TweakDUN* か、オプションウェア ユーティリティである *MTUSpeed* を使用してみることもできます。](#)

[Windows NT 4.0](#)

NT IP レジストリ パラメータの詳細については、Microsoft サポート技術情報の記事 [Q120642](#) を参照してください。 [記事 Q183229](#) では、バージョン 3.3.x 以前の IntraPort Client で使用されている Remote Access Service に対する MTU のインタラクションについて具体的な詳細を説明しています。 [この記事では、最低でも SP4 をインストールし、指定されたレジストリを変更していない場合は、RAS 向けの 1500 バイトの MTU が原因になっていると説明されています。手作業によるレジストリの変更で OS をリスクに曝すことを避けたければ、評価版のユーティリティである *TweakDUN* を使用してみることもできます。](#)

[MacOS](#)

Macintosh 上で MTU を手作業で調整する方法はないようです。幸い、[OT advanced Tuner](#) という試用版ユーティリティがあります。 [このユーティリティには、Solaris の ndd との顕著な類似性があります \(以下を参照\)。](#)

[Unix](#)

UNIX では派生版によって方法が異なります。ifconfig ユーティリティは、インターフェイスの MTU の変更に使えます (root で実行)。古いタイプの Unix では、他のパラメータを変更するには通常はカーネルの再コンパイルが必要になります。新しいタイプの Unix では、通常、パラメータ値は管理ユーティリティを使用して実行時に変更できます。たとえば、Solaris 2.2 以降には、ndd という管理ユーティリティがあります。また、4.4BSD 以降では、sysctl というユーティリティが使用されます。man ページを確認してください、また、この点について取り上げている、W.リチャード・スティーブンスによる優れた著書『TCP/IP Illustrated, Volume 1』もご覧ください。

[関連情報](#)

- [テクニカルサポートとドキュメント - Cisco Systems](#)