

## IPv6を取り巻く技術・標準化動向(4)

### — 試験器・測定器 —

#### 1. IPv6 用試験器・測定器

今後、IPv6ネットワークが世の中でより広く実用化され活用されるには、ネットワークの根幹である中継ルータ、及びユーザー端末がIPv6プロトコルに対応している必要がある。IPv6プロトコルは、元来、単に中継ネットワークを実現するだけでなく、端末と端末、端末とサーバ、あるいは本稿第2回で取り上げたように端末とHA (Home Agent) の間で使われる通信プロトコルとしても実用化されてきた。そのため、この通信プロトコルが各中継装置に適切に装備されることにより、はじめてIPv6ネットワークを利用した通信サービスが利用可能となる。

IPv6技術が各中継装置に適切に装備できているかどうかを確認するためには、それを評価するための試験用のパケットを生成する試験器や、プロトコルの通信手順を確認する測定器が重要である。例えば、IPv6技術を活用した企業向けネットワークサービスを実用化するだけであれば、導入されている個々のユーザー端末や中継装置を対象に、相性のみを評価するだけで良い。しかしながら、公衆向けサービスネットワークとしてIPv6技術を実用化するには、お客様の所有する多様な端

末に対応するだけでなく、中継装置間のプロトコルの幅広い互換性の確保や、誤った実装による異常パケットに対する動作保障、また、各種性能のばらつきも評価する必要がある。

本稿では、IPv6技術を用いたサービスや性能評価の観点から、試験器・測定器に求められる機能について解説する。

#### 2. 中継系物理インタフェースの高速化

高速のインターネットや映像配信、データ通信を目的としたIPv6のサービスの実用化においては、中継装置でのユーザー個々の通信が数Mbit/s～数10Mbit/sにもなるため、1Gbit/sの帯域では同時に使用可能な人数が高々数百人程度にしかない。そこで、安価にサービスを提供するために同時使用可能な人数を増やすことが必要となるため、最近では10Gbit/sの物理インタフェースを装備した大容量装置が、中継区間では主流になりつつある。それに伴って、パケットを生成する試験器やプロトコル解析用測定器のインタフェースにも高速化対応が求められている。

また、IPv6ではプラグアンドプレイによるアドレス交換や、定期的隣接端末の死活監視機能(ノード間を相互に監視する機能)を装備し

ていることから、それらを容易に制御可能な機能が必要である。その結果、IPv6では、IPv4に比べ端末自体がダイナミックに動作する機能が多くなっている。このため、単純な転送性能を測定するための試験器にも、実際の中継装置と同様、これらの自律的な機能が求められる。いずれにせよ、IPv6に対応する中継装置の機能の高度化に伴い、それを評価する試験器・測定器も同様に、機能の高度化が要求されていくものと考えられる。

#### 3. UNI信号の試験器

ユーザー端末とネットワークインタフェースであるUNI (User Network Interface) では、お客様が所属する個々の加入者線をIEEE 802.1QによるVLAN (Virtual LAN) による識別機能を活用し、区別している。UNI試験器で試験用IPv6パケットを生成するには、ヘッダ内の発MAC (Media Access Control) アドレス、VLAN、発アドレス、着アドレスの4箇所を制御する必要がある。またIPv6パケットの特徴として、ネットワーク部分のアドレスが64bitと長いため、測定器内の試験回路の規模も拡大し、回路数も増加する傾向にある。そのため、従来のIPv4技

術の転送性能測定に用いられた試験器では対応が困難となってきた。

また、IPv6ではUNIのアドレス交換が自動的に行われるため、アドレス交換に掛かるCPU処理量が無視できないほど大きくなる。このため中継装置評価では、アドレス交換処理性能の評価が非常に重要となる。例えば、収容ユーザー数が増加した際に、定められた周期内（一定時間内）でアドレスの交換処理ができるかといった「周期の安定性」や、定められた周期にばらつきがないかといった「周期の公平性」を評価する必要がある。そのため、中継装置間でのプロトコル適合分析だけではなく、アドレス交換周期などの時間精度・ばらつき、規模に応じたばらつきの変動評価が求められる。しかしながら、現状ではまだこういった機能を持った試験器・測定器は存在しないため、新たな開発が待ち望まれる。

さらに、IPv6では有効期間が伴う高度なUNIプロトコルである（DHCP-PD（Dynamic Host Configuration Protocol - Prefix Delegation）など）を利用し、ルータが端末に対してIPv6アドレスの自動割当てを行う。そのため、ネットワーク側から払い出される情報が有効期間切れとなった際には、再度、端末に対し新たな自動割当てが必要となる。このような条件下でも安定した動作ができるように、UNI信号処理を行うプロセッサをインタフェース毎に搭載する試験器が増えている。一般的に、このようなプロセッ

サは、組込み機器の制御用によく用いられるPowerPCなどに適用されているが、VoIPの擬似端末やCDNの擬似端末としての動作をさせる動きもあることから、VoIPサービスにおけるR値（総務省が採用したIP電話の通話品質基準）などを評価できる試験器への適用拡大も進められている。

#### 4. マルチキャスト処理機能の試験器

IPv6では、フラグメント（IPパケットの分割）のされたパケット再構築を容易にするため、オプションヘッダとしてフラグメントヘッダ（分割されたIPv6パケットのヘッダ）が新たに定義された。これによりパケット抜けや順序逆転が発生しても、簡単に検出できるようになったため、映像配信などの広帯域サービスで使用される大きなUDPパケットを安定して効率よく送ることが可能になった。

多くのユーザーに同一の番組を配信する方式としてマルチキャストがある。最寄りの中継装置でIPパケットを複写し、配信するため、多数の視聴者が同じ番組を見る場合には、回線効率を劇的に上げることができる。しかしながら、確実な複写と配信を行わないと、視聴者に品質の悪い映像を提供することとなる。

最近では中継装置内のハードウエ

アの高速化に伴い、マルチキャストサービスにおけるパケットコピーの高速化が可能になり、1台で数千コピーが可能なルータも登場しつつある。特にコピー制御回路を中継装置内で共有する場合や入力側に集約している場合が多く、コピー性能が中継装置の出力ポートの数に大きく依存する。その結果、中継装置のインタフェースのポート数の増加に伴い、最近では装置内部で発生するコピー遅延時間の分散が問題となっている。したがって、大容量のコピーを行うルータの評価では、視聴者毎に品質のばらつきがないことを担保することと、コピー遅延時間の分散を評価する必要がある。これらの評価では、複数台の試験器と測定器を組み合わせて評価を実施する必要がある（図1）。また、フラグメントヘッダをたどることで、複数パケットに分割された個々のパケットを容易に識別し、各フロー毎にパケットの順序と抜けを検出できる測定器も昨年秋に登場しており、マルチキャスト機能による大容量コピーをサポートするルータの評価効率が大きく改善されつつある。

#### 5. QoS通信

IPv6とQoSの技術革新が並行して進んだため、IPv6-ready（IPv6



図1 測定器の組み合わせ

がサポートされた装置及びネットワーク)だけでなくQoS-ready(QoSがサポートされた装置及びネットワーク)の中継装置が登場してきた。QoSには2つの側面があり、1つは優先度をつけること、あるいは書き換えること、もう1つは、優先度に従って優先制御(あるいは非優先制御)することである。単純書き換えを行う前者の機能については、測定器で適切な入力値を生成し、その出力値との比較をすることにより動作状況を確認できる。しかし、より複雑な品質制御を行う輻輳発生時の評価については、優先パケット送出動作や優先度の書き換え機能は、現在の測定器の機能では評価が困難である。今後は、QoS制御のための優先送出や優先廃棄制御を評価する測定器の登場が期待される。

## 6. セキュア通信

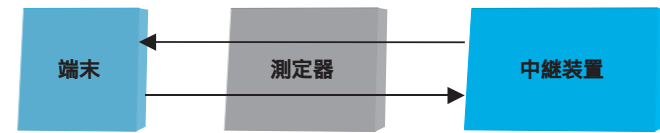
IPv6はIPトンネル技術が実用化された後に標準化されたため、IPsecなどのトンネル技術と親和性が高い。さらに、一度に送信できるパケットサイズであるMTU(Maximum Transmission Unit)の調整範囲も規定されており、IPsecを応用したMobileIP技術との親和性も高い。MobileIP技術ではオプションヘッダが使われるため、装置によっては透過できないことがある。そのため、測定器で様々な組み合わせのパケットを生成し、相互接続性を評価することが重要となる。

今後、IPv6ならではのサービスと

してIPsecを利用したセキュアな通信や、トンネル接続制御技術を利用したCUG(Closed Users Group)接続が考えられる。このようなCUG接続機能をもった装置の性能評価では、IPsecを処理

する試験器が必要になる。試験器には、IPsecのアクセラレータを搭載したり、インタフェース毎に搭載しているプロセッサを利用し、IPsecの処理を行うことのできる機能などが必須となる。今年になってhttp(Hyper Text Transfer Protocol)プロトコルを利用してHTTP/TCP/IPv4/IPsec/IPv6のプロトコルスタックを処理できる試験器も登場し、同時に千本の接続処理や開放処理の性能試験が容易にできるようになりつつある。一方、セキュア通信の内容は通常の測定器では確認できない。測定器で内容を確認できるとセキュアではなくなるため、測定器であっても内容が確認できてはいけない。こういった評価の際には“Man-in-the-middle”方式(通信を行なう二者の間に割り込んで通信の内容を取得したり書き換えたりする技術)の測定器により確認する(図2)。この方式では、両端のみの端末が共有している鍵を中継装置として動作する測定器に予め仕込んでおくことで、暗号の解読を可能にする。今後もセキュア通信における鍵の交換処理や

(1) 観測型



(2) Man-in-the-middle型



図2 試験形態の分類

認証処理、検証処理を評価する必要がある場合には、このような機能を備えた試験器・測定器が必要と考えられる。

## 7. サーバ性能評価

本稿ではIPv6ネットワークの構成機器の評価用の試験器・測定器について述べたが、サーバの性能評価についても少し触れる。IPv6化に対応したhttpやsmtp(Simple Mail Transfer Protocol)などのIPアプリケーションや、通信事業者が提供するVoIPサービスで使用されるIPv6対応のSIP(Session Initiation Protocol)など、接続制御に用いられる各種プロトコルのIPv6化が急速に進展している。それらに対応した試験器も、昨年夏から登場してきており、各種サーバと直接接続した形態での接続試験が可能となってきた。しかし、SIPプロトコルのように、上位レイヤに下位レイヤ情報を内包する必要があるプロトコルに対してはまだ完成度が低いいため、今後の開発促進が望まれる。