

UDLRとIETFにおける標準化

泉山 英孝

JSAT (株)

izu@jsat.net

本稿では、衛星リンクのような片方向通信リンクを用いたインターネットサービスの提供を行うためのアーキテクチャおよびプロトコルであるUDLR (Uni-Directional Link Routing) の簡単な解説を行うとともに、UDLR技術のIETFにおける標準化プロセスについて解説している。具体的には、筆者がIETFでの技術標準化を推進したUDLR技術が標準化トラックに乗るまでの実際のプロセス、UDLRの仕様、実装と評価の重要性等についての解説を行っている。また、今後、UDLRの標準化をさらに進めていくためのUDLR WGの活動計画についても議論を行った。

IETFでの標準化のプロセス

本章では、IETFにおける標準化プロセスの概要を簡単に解説している。IETFで標準化のために有効なドキュメントであると合意された文書(ドキュメント)は、RFC (Request For Comments)として、インターネット上にオンラインで公開されている。標準化プロセス自体も、RFCとして、RFC2026^[RFC2026]に明文化されている。IETFでは、インターネットの技術仕様にかかわる文書は、まず、Internet-Draftとして各個人が自分の考えを記述し、オンライン化される(6カ月でExpireされる)。Internet-Draftの内容は、それに関係するWorking Group (WG)で議論され、その結果、WG内で合意(これを“ラフコンセンサス; Rough Consensus”と呼んでいる)に至ることができたものは、WGが作成するInternet-Draftとして扱われる。このWG Internet-Draftは、その後RFCとして公開されるための土台となる。RFCは、その内容と目的に応じて、図-1に示すようにいくつかの種類に分かれる。

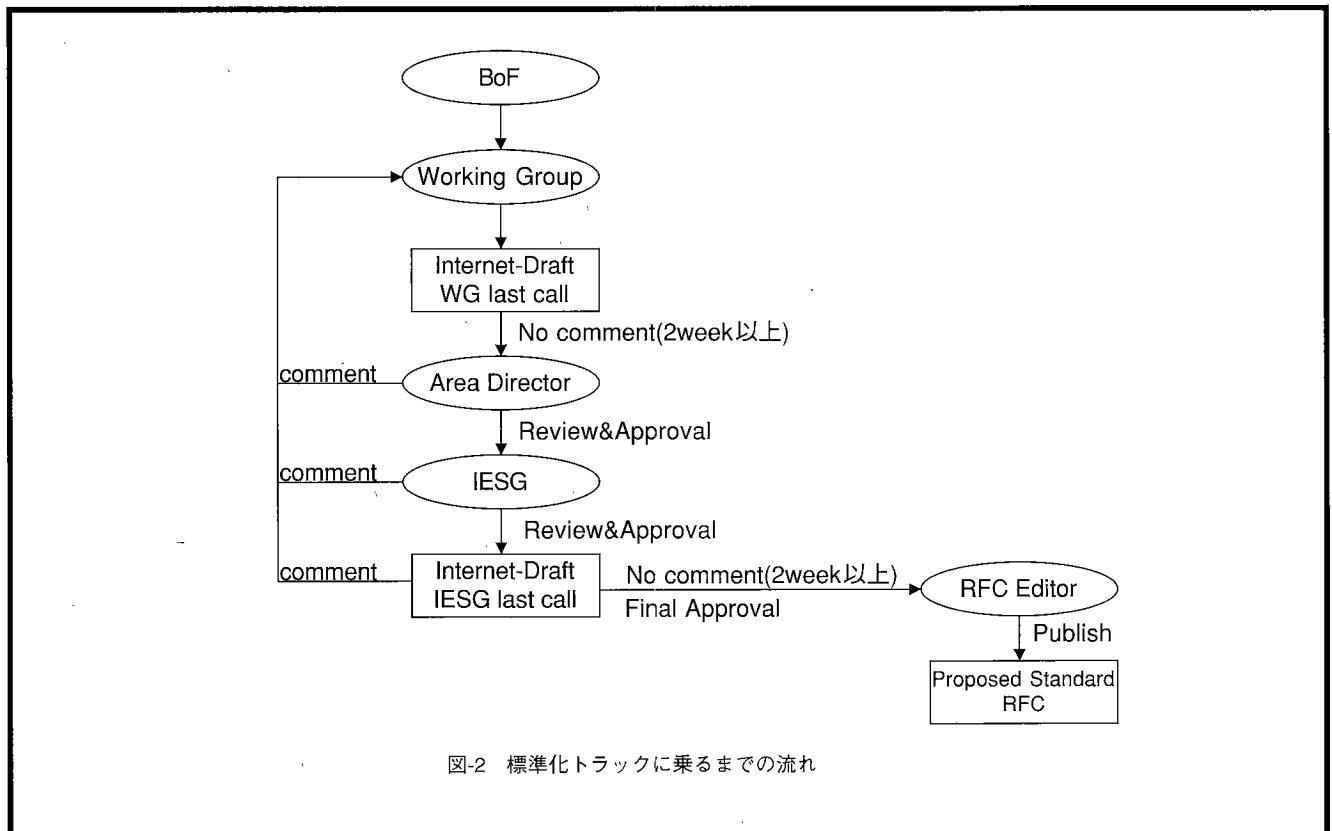
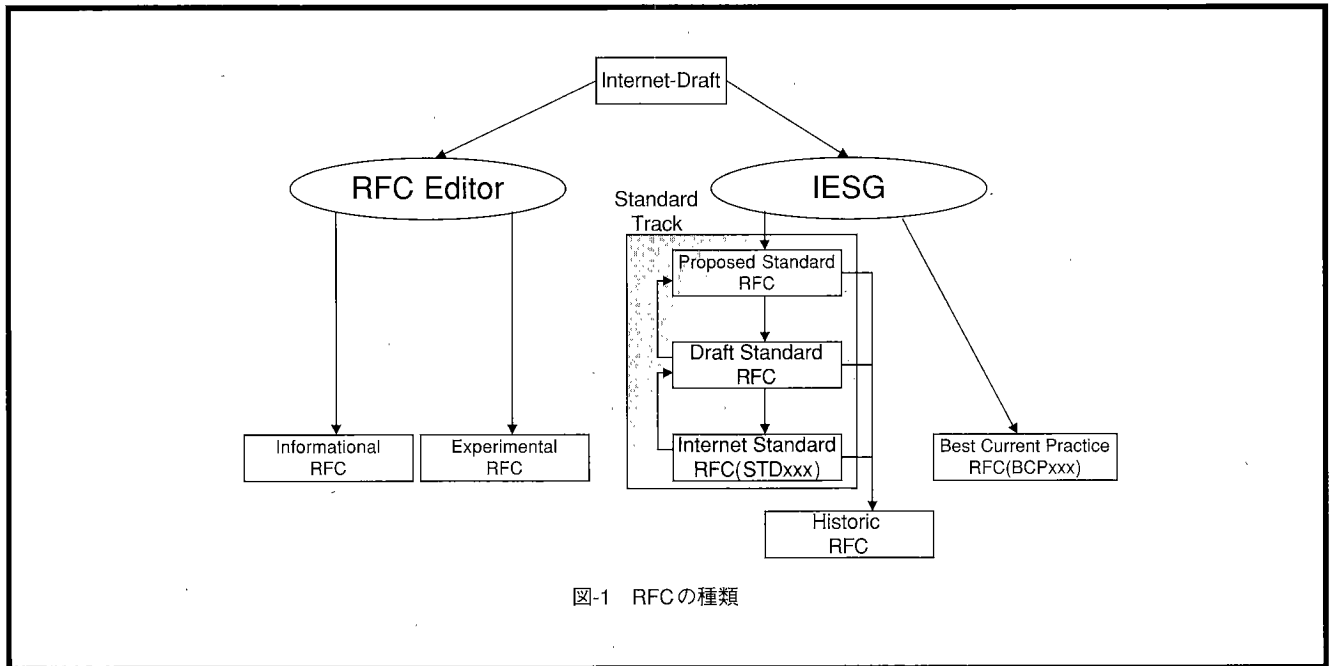
標準化を目指すInternet-Draftは、IESG (Internet Engineering Steering Group)へ送られる。IESGでの審議の結果、標準化する要件を満足していると認定されたInternet-Draftは、Proposed Standard (PS) RFCとなり標準化トラック(Standard Track)に乗る。その後、相互運用試験などを経ながら技術仕様の見直しを行い、Draft Standard (DS) RFC、さらにはInternet Standard (IS) RFCとなり、最終的にSTDxxxという標準化番号を付与され標準化を完了する。

このように、ISになるまでには多くの時間がかかるため急いで標準化することが必要なInternet運用上の規則等については、Best Current Practice (BCP) RFCとして迅速に仕様を確定し実運用に供することもできるような取り決めになっている。RFC2026もBCP RFCの1つである。

一方、非標準化トラックのRFCとして、Experimental RFCおよびInformational RFCがある。Experimental RFCは研究あるいは開発の成果の一部をインターネット技術に関連する情報として公開するものである。一方、Informational RFCはインターネットに関する一般的な情報としてタイムリーに公開されるものである。また、他のRFCによって置き換えられたような古い仕様など、過去の経緯などがいろいろな観点からドキュメント化する価値があると認められた場合には、Historic RFCとして公開される。

新しいテーマで標準化トラックのRFCを作るためには、該当する分野のWGに参加してそのWGで議論を行うか、あるいは新しいWGを新規に設立し、そこで議論を行う必要がある。図-2に新規にWGを設立し、PS RFCを作るまでのプロセスを示す。

WGを設立する前には、IETFで2回以上のBoF (Birds of Feather)を開催し、WGで議論すべき内容、共通の問題意識を持っている人の募集、設立趣意書(Charter)、活動スケジュールの作成、議長の任命、あるいは他のWGとの調整を行い、すべてが整った時点で該当するArea DirectorへWG設立を申請しIESGでの承認プロセスを経て、新しいWGが設立される。WGでは、メーリングリ



ストや現在では年3回開催されるIETF会議を通じてWGとしての合意をInternet-Draftとしてとりまとめる。このInternet-Draftは、WG内で合意を確認するためにLast Call (WGのメーリングリストに対して、これでコメントがなければ合意されたものとみなすという最終確認のメール)を送り、2週間以上コメントがなければ合意されたものとされ、WGで合意されたInter-Draftとなる。その後、Area Director、IESGのレビューと承認を経て、RFC EditorからPS RFCとして公開される。

UDLR-WGの活動経過とRFC化

UDLR技術は、衛星回線のような片方向回線に対して動的な経路制御を提供するために開発された技術である。UDL (Uni-Directional Link) へ送信できるノードをFeed、受信できるノードをReceiverとする。FeedからReceiverへはUDLを経由してパケットを送れるが、ReceiverからFeedへはUDLを経由してパケットを送れない。インター

ネットで使われている経路制御プロトコルは双方向回線を前提にプロトコルが設計されており、このようにReceiverからFeedへ通信できないリンクではReceiverからFeedへ経路情報を伝達できないため、FeedはUDLの先にネットワークが存在していることを知る事ができずそのままではUDLを利用した通信を行うことができない。

UDLR技術はこのような問題を解決するために、ReceiverからFeedへの通信を行うために、UDLとは別の回線(たとえば、インターネット)上にIPトンネリングを用いた仮想リンクを構築し、これを用いてReceiverとFeedの経路情報の交換を行うことによりUDLに対して動的経路制御機能を提供するものである。UDLR技術を記述したRFC[RFC3077]では、このような双方向通信をエミュレーションするための手順、FeedおよびReceiverに必要な機能、仮想リンクを構築するためにFeedからReceiverへUDLを経由して送られるDynamic Tunnel Configuration Protocol (DTCP)で使用するパケットフォーマットなどがドキュメント化されている。

1996年6月に最初のBoFを開催してから、2001年3月にStandard Trackに乗ったRFC3077として公開されるまでの約5年間にわたるUDLR-WGの活動経過は図-3のようであった。

UDLR WG設立フェーズ

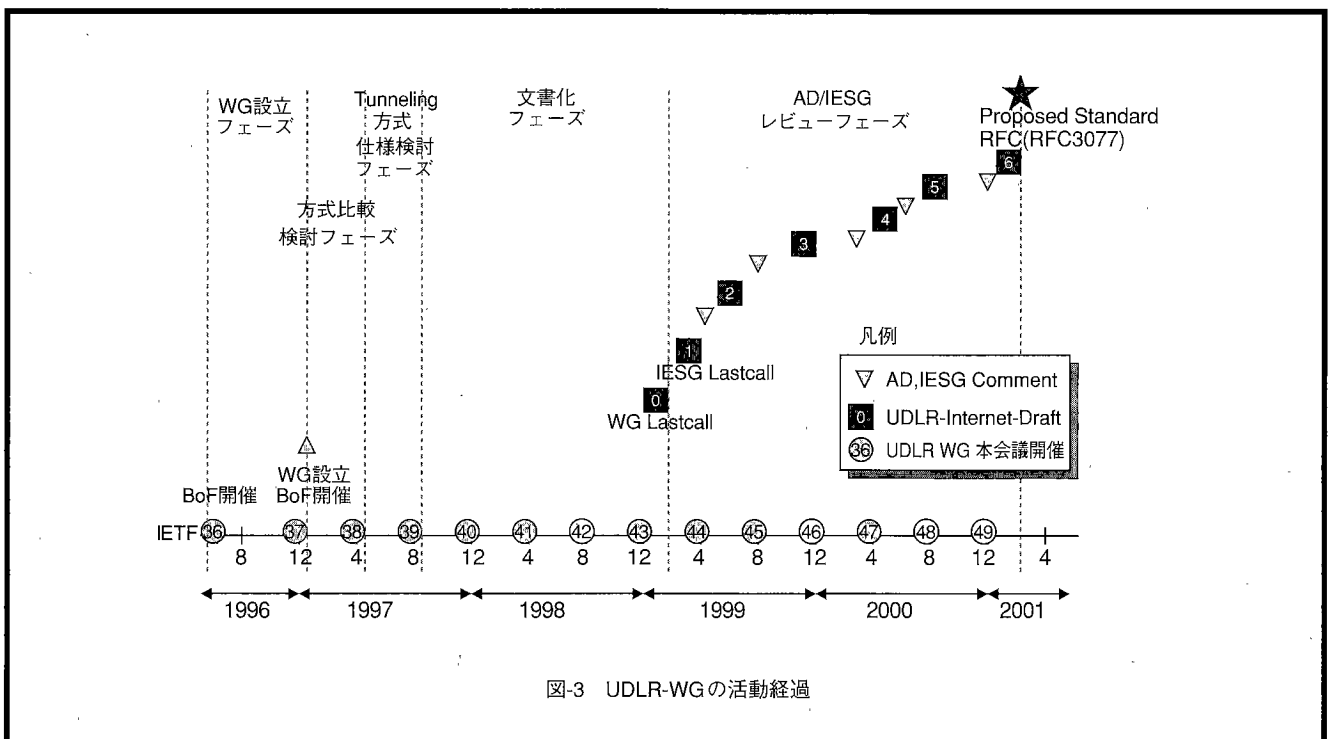
デジタル技術の発達とともに、1990年代の中頃より衛星通信を利用した片方向の高速伝送が比較的安価に

提供できるようになり、デジタル衛星放送の受信機などがインターネットの機器として利用可能となってきた。このような片方向回線(UDL)をインターネット上で利用する場合には、UDLが双方向通信可能な既存の有線のネットワーク上にあるという図-4のようなトポロジが一般的な利用ケースとして考えられていた。

JSAT(株)とWIDEプロジェクトは、このような衛星UDLをインターネットのインフラとして利用するため、UDLに対して動的経路制御を提供するための共同研究を1996年に開始していた。同時期にフランスの国立研究機関であるINRIAも衛星インターネットに関する研究を開始しており同じようなテーマで研究を行っていた。そこで、このように複数の機関が同じ課題に取り組んでいるのであれば、情報交換あるいは技術的議論をする場を設けることが有意義であろうという観点から、1996年6月の第36回IETFでUDLRの最初のBoFが開催された。

BoFの段階で話し合われたのは、(1)問題点をクリアにすること、(2)この問題がインターネット共通の問題であるかどうか、(3)興味があり実際に活動する人がどれくらいいるのか、(4)解決方法に目処は立っているのか、というようなことであった。多くの場合、この段階では具体的な解決方法に関する詳細な議論は行われない。この段階では参加者それぞれの間の問題や課題について共通の認識がないために、詳細な議論を行うことができないのである。

UDLR BoFはこの後1996年12月の第37回IETFでも開催された。BoFでの議論の中心は、問題点の明確化、対象



とするネットワーク環境の決定、および問題解決スケジュールであった。スケジュールの議論では、既存の経路制御技術をそのまま利用するあるいは可能な範囲で変更して採用するという短期的な解法と、リンクの双方向性についての前提を除くまったく新しい経路制御プロトコルを提案・設計・実装するという長期的な解法との、いずれを目指すかということであった。

長期的な解法は現状で解決の見通しが立っていないということから、まず、短期的な解法を決めることを目標とすることが合意された。UDLR WG設立のための趣意書および活動スケジュールが作られ、WGの議長にフランス INRIAの 研究員である Walid Dabbous 氏と米国 Hughes Research Lab.の Yongguang Zhang 氏の2人を選出、IESGの承認を経て1997年1月にUDLR WGが設立された。

方式比較検討フェーズ

WG設立後、UDLRを実現するための方式の具体的な技術的検討に入った。短期的な解法として、Routing Protocol Modification (RPM) 方式とトンネリング方式の2つの方式が提案されていた。

RMP方式はフランス INRIAが提案する方式で、現在の経路制御プロトコル(RIP, OSPF, DVMRP)を修正しUDLを扱えるようにしようというものである。具体的には、各経路制御プロトコルにオプションフィールドを追加して、UDLリンクに関する情報を別のリンクを使って送れるようにしようというものである。この方式では既存の経路制御プロトコルごとに修正を行わなければならない。したがって、この方式を議論するのであれば議論の場としてふさわしいのは、UDLR WGではなくそれぞれの経路制御プロトコルの仕様を議論しているWGであろうというコメントが出された。またこの方式では、UDLに直接つながっていないルータもUDL用に追加したオプションフィールドを理解するように変更する必要があるため、既存のインターネットに与える影響が大きいという課題も指摘もされた。

一方、WIDEプロジェクトが提案したトンネリング方式は、ReceiverからFeederというUDLの逆方向の通信には、トンネリング技術を使って、UDLとは別にある双方向回線(BDL: Bi-Directional Link)を使うことにより、UDLを仮想

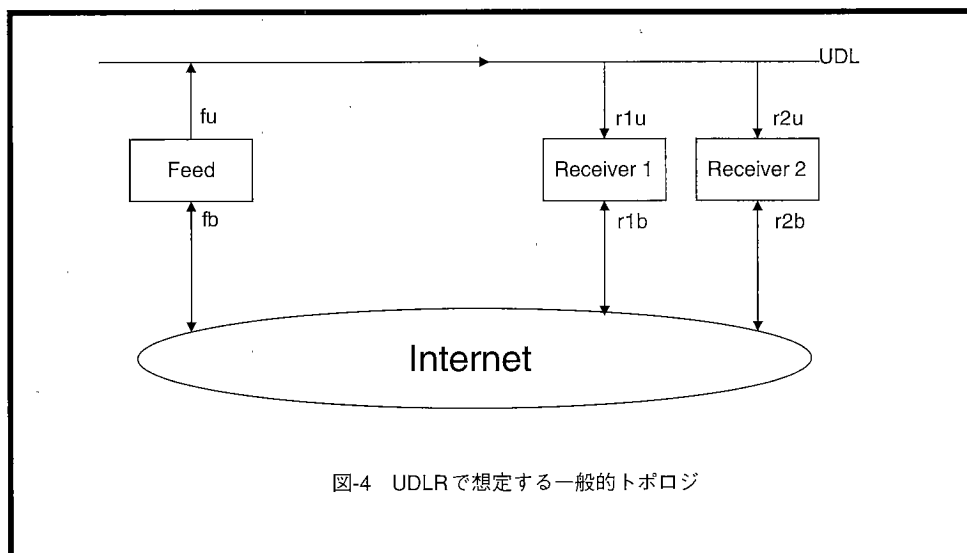


図-4 UDLRで想定する一般的トポロジ

的にBDLに見せるという方法である。これにより、既存の経路制御プロトコルの変更なしにUDLの逆向き方向にも経路情報を送ることができる。なお、経路制御プロトコルにおいてトンネリング経路のコストを高くすることにより、ReceiverからFeeder方向へ向かうデータパケットはトンネリング経路を通らないで普通にBDLを通るようにすることができる。不要なパケットがトンネルを通ることがないようにすることができる。WIDEプロジェクトは、第38回のIETFにおける発表で、図-3に示すUDLを含むトポロジで実際にトンネリング方式に基づいて開発した実装によりRIP, OSPF, DVMRPが正常に動作することを示した。

以上のような議論を経て、UDLR WGは、トンネリング方式が既存のネットワークへのインパクトが少なく現実的な方式と判断し、1997年4月の第38回IETFで採用を決定した。このように議論がまとまるまでの過程において重要であったことは、

- WIDEプロジェクトが実際に動作する実装 (Running Code) があることを示したこと。
- IETFの全体会議の前にINRIAとWIDEとの間でクローズなミーティングを行い、事前に技術的な議論をし、本会議での議論の“落としどころ”について、ある程度合意できていたこと。
- RPMが技術的に悪いのではなく、UDLR WGとして解法としてはふさわしくないという論理で、方式統一がスムーズにできたこと。

であろう。すなわち、IETFが技術的な議論だけの場ではないということが重要である。

トンネリング方式の仕様検討フェーズ

第39回IETFでは、トンネルを使った方法の詳細仕様について議論が行われた。いくつかの具体的な場面を

想定し、それぞれの場合において、トンネルを用いた場合に問題点はないかの検討を行った。

主な議論のポイントは、

- (1) Feedでは、IPアドレスとデータリンクアドレス対応表をどのようにして作るか。FeedがUDLにARP Requestを送っても、ReceiverからARP Replyが返ってこない。
- (2) UDLの利用開始、利用終了時に自動的にトンネルを設定・解除する機能 (Automatic Tunneling) をどうやって実現するか。具体的には、UDLが利用できなくなった場合には、自動的にトンネルを解除し、UDLを利用しないようにしなければ、UDLがブラックホールのようにパケットを吸い込んでしまう。また、Receiverの数が増えることが予想されることから、Receiverが立ち上がったときに自動的にトンネルを設定する機能も必要である。

という2点であった。

(1) は、IPパケットと同様にARP Replyのような非IPパケットも、ReceiverからFeedへ通信する必要があるときはトンネルを利用するのがよいという結論に達し、トンネルは、IPパケットだけでなくARP等のIP以外のパケットも通すことができるGRE (Generic Routing Encapsulation) をWGとしては推奨することとなった。

(2) の問題を解決するために、DTCP (Dynamic Tunnel Configuration Protocol) が考案されUDLRの仕様に盛り込まれた。DTCPはUDLを通して定期的にHelloパケットを送りトンネルを設定するために必要な情報を流すことにより、Receiverがこれを受信したら自動的にトンネルを設定できるようにするとともに、一定期間、このパケットを受信できなくなったら、トンネルを解除できるようにするというものである。

このような議論の結果、基本仕様については第39回IETF開催中にラフコンセンサスが得られた。

文書化フェーズ

第40回のIETFまでにWGとして共通Internet-Draftの作成を目標に作業を進めることになった。WG設立フェーズでは、INRIAがRPMに関するInternet-Draftを、WIDEがトンネリングに関するInternet-Draftをそれぞれ出していた。また、WGの議長はフランスINRIAの研究者と米国Hughes Research Lab.研究者であった。このように日本・フランス・米国という異なる機関が関係していたためもあり、明確に誰が文書化を担当するというはこの段階では決められていなかった。

第40回のIETFに向けて、WIDEでは実装を進めつつ仕様の詰めと文書化を行っていた。一方、INRIAも同様に実装と文書化を進めていた。その結果、第40回のIETF

では、トンネリング方式に関するInternet-Draftが2つの異なる研究機関から提出された。第40回のIETFでは、事前にINRIA—WIDE間で事前Meetingを開催し、UDLR WGの全体会議の進め方について議論を行った。2つの文書があるものの、内容的には両者は前回の第39回IETFでのラフコンセンサスに基づいて文書化をしているため大きな相違はないことを確認した上で、議長がINRIAということもあり、UDLR WGの全体会議では、INRIAの文書を前提に議論をし、WIDE側はこれを補足するという形で会議を進めることにした。どちらが文書化のイニシアティブをとるかということについて対立するよりは、トンネリング方式に決まった時点で方式としてWIDE側の主張が通っているので、文書化のイニシアティブは議長をしているINRIAへ譲った方が協力的に標準化を進めるためには重要と考えたためである。

UDLR WGの全体会議では、用語の定義等も含め活発な議論が交わされたが、INRIAとWIDEで事前に合意していたこともあり、議論が発散することなく会議は終了した。

その後、INRIAが中心となってWGとしてのInternet-Draftの作成作業を行い、第41回IETFの直前(1998年3月)にdraft-ietf-udlr-tunnel-00.txtができあがり、これをベースに第41回のIETFで議論を行った。その後、文書内容に関する議論はUDLR WGのメーリングリスト上で行われ第42回IETFではUDLR WGの会議は開催されなかった。第43回IETFではInternet-DraftはUDLR WGとしてはほぼ完成し、UDLRの本会議ではこのInternet-Draftを標準化トラックのRFCとして申請するか、単なるInformationalあるいはExperimental RFCとして申請するか議論が行われた。IETFの標準化トラックには、技術的な仕様を示すTechnical Specification (TS) と、どのようにしてTSが特定のInternet CapabilityをSupportするために適用されるかを規定したApplicability Statement (AS) の2カテゴリがある。UDLRはTSに該当する文書にするのが適当であるとUDLR WGでは判断し、標準化トラックに乗るべきRFCとして提出することにした。

その後、細かな文書の修正をし、WG Last Callを経た上で、1998年3月、第44回のIETFの前にIESGへProposed Standardとして申請した。

AD/IESGレビューフェーズ

UDLRのInternet-Draftは、標準化トラックに乗るためのプロセス(図2参照)にしたがって、ADやIESGのレビューを受けた。このレビューを通じて、GREに関する問題、セキュリティに関する問題の2つの問題点が指摘され、結果として標準化に時間がかかることとなった。

GREに関する問題は、UDLRでトンネリング技術として推奨しようとしているGREが、当時はInformational RFCだったため、「標準化文書で参照する文書は標準化文書でなければならないという規定」にひっかかったものである。したがって、GREの仕様を書いていた人にUDLRからのニーズを伝え、GREを標準化文書であるProposed Standardにするプロセスを加速してもらい、GREは2000年3月にRFC2784^[RFC2784]として標準化文書になりこの問題は解消した。

一方、セキュリティについては、セキュリティのArea Directorからのコメントで、UDLRでトンネリングを使うとセキュリティが確保できないのでセキュリティ対策についても記載するようにというものであった。トンネリングを使った場合のセキュリティ確保は、UDLR固有の問題ではなくトンネリングを使う場合に共通の問題であり根本的な解決策を提示することは短期間では困難なため、UDLRの文書ではセキュリティに関する注意書きを載せる対応をすることで合意された。

このようにして、ADやIESGからのコメントを反映した文書を作成し、WG設立時の予定スケジュールを大幅に遅延したものの2001年3月にUDLRの仕様はProposed Standard RFCとして公開されることとなった。

UDLRの実装と評価

IETFで議論を有利に進めるためには、提案している仕様をもとに、実際に動作する実装が存在することを示すことが重要である。机上の検討だけで仕様を作っても、実現性に問題があることも多い。UDLRの標準化の文書化フェーズにおいては、机上検討だけでなく実際に作ったコードを参照しながら文書化を行っていた。DTCPのパケットフォーマットや定数も実装・評価後に最終的に決定された。

また、文書化に参加していなかった人が、文書(Internet-DraftまたはRFC)だけを参照して実装を作成できることは重要である。これは文書に実装に必要な情報が書かれていることの証明となる。文書を書いた人だけが実装をしていない場合には、仮にその実装が正しく動いていたとしても文書に実装に必要な記述が不足している可能性は否定できない。UDLRの標準化の文書化フェーズでも、仕様作成にかかわっていなかった人が文書だけを見て実装を行い、不明確な記述や仕様について指摘してもらいそれを文書に反映するということが行われた。複数の実装があることは、標準化に対する実際の需要があることの証明でもあり、この技術の必要性をIESGに認識させ、レビューのスピードを加速

するのにも効果があった。

UDLRの実装は、現時点では、筆者の知る範囲では、研究機関としては慶應義塾大学、フランスINRIA、企業では、SONY(株)、(株)日立インフォメーションテクノロジーが行い、一部の実装間では相互接続性も確認されている。

今後の課題

今後、UDLR技術がPSからDSを経てさらにISになっていくためには、実運用を通じて、現状の仕様で本当に問題がないかどうかの検証をしたり、複数の実装間での相互接続性を確認しながら、仕様の規定で十分か、仕様にあいまいなところがないかを確認する必要がある。したがって、UDLR WGではWG設立時の趣意書を見直し、現在新しい趣意書案をIESGに提案中である。新しい趣意書では、各種の経路制御プロトコルを実ネットワークで運用した結果について、InformationalなRFCとしてとりまとめ、UDLRが実ネットワークで利用しやすくなるようにするための情報を提供し、広くUDLR技術が普及するための活動を行うことにしている。

まとめ

IETFでの標準化は、RFC2026に記述されているように手順としては明確であるが、今回、UDLR技術の標準化の過程のように、実際に、標準化を推進するためには多くの労力と時間が必要となる。したがって、IETFでの活動を継続的に行っていきける体制を整えることは重要である。IETFに限らず、標準化は複数の機関との調整の結果行われるものである。技術的な議論で自分の主張を通すことも必要であるが、本質的ではない議論では自分の主張を譲ったりしながら他の機関と協調関係を保ち、役割分担をして作業を行うことも必要である。また、IETFの本会議で発言するだけでなく、きちんとした実装を行い、メーリングリストを活用して議論を継続していくという地道な活動が、標準化を成し遂げる上では非常に重要である。

参考文献

[RFC2026] The Internet Standards Process-Revision 3.

[RFC2784] Generic Routing Encapsulation (GRE).

[RFC3077] A Link-Layer Tunneling Mechanism for Unidirectional Links.

(平成13年7月24日受付)