

IPv4 在庫枯渇問題と IDC 事業者としての 課題と展望

2008 年 09 月 30 日

株式会社ライブドア ネットワーク事業部

通信環境技術研究室 門馬 優子

要旨

現代の生活を見回すと実に多くのサービスがインターネットを利用して提供されており、今後、更にインターネットを利用したサービスは増加し、複雑化していくものと予想される。しかし同時に、このインターネットの成長を鈍くしうる問題が議論され始めている。それは、インターネットを介した通信に欠かせない IPv4 アドレスの枯渇問題である。しかし、多くのサービス事業者、利用者は問題の有無については知っていながら、その問題を把握していないのが現状である。本報告書は IPv4 の枯渇問題の背景、問題点をあげ、必要な対応策の検討を述べている。また各国の対応状況や、既に対応策を検証した結果について述べる。

目次

1. IPV4 アドレスの枯渇問題について	4
1.1. IP アドレスについて	4
1.2. IP アドレスを配る仕組み	4
1.3. IP アドレス在庫枯渇による影響	5
2. 対応策	5
2.1. IPv4 アドレスの再利用	5
2.2. NAT/NAPT を利用した接続	6
2.3. 新しい通信プロトコルの利用	6
3. 日本の状況	7
3.1. 通信事業者	7
3.2. コンテンツ事業者	8
3.3. 一般ユーザ	8
4. 世界の動向	8
4.1. 地域の需要予測シナリオ	8
4.2. 各地の取り組み	10
5. 具体的検討	11
5.1. 対応策の選択	11
6. IDC 事業者としての課題と展望	13
6.1. 回線事業者側	13
6.2. コンテンツサービス側	14
7. 検証実験における状況	14
7.1. NAT の導入によりポートの制限がなされた場合の検証	14
7.2. オンラインゲームの実証実験	15
7.3. IPv6 板@2 ちゃんねる	15
8. 今後の展望	15
9. 参考文献	15

1. IPv4 アドレスの枯渇問題について

インターネットとは複数のコンピュータネットワークを相互接続したネットワークである。インターネットの父と呼ばれる Dr. Robert Kahn が「インターネットは、論理的なアーキテクチャであり、スイッチやルータで形成された物理的なネットワークのことではない。インターネットは、デジタル情報が透明に流通する「コモンズ」の環境を提供する基盤である。」と述べている通り、誰でも自由に利用できるのがインターネットの特徴である。

だが今、「誰でも自由に」というその前提が崩れつつある。なぜなら、インターネット通信に欠かせない IP アドレス、現在最も普及している「IPv4 アドレス」が枯渇の危機にあるからである。

現在、なぜ IPv4 アドレスが枯渇の危機に陥っているのか、その背景を説明する。

1.1. IP アドレスについて

インターネット環境が各家庭に普及し始めてから、8 年が経つが、「1」内閣府調査によると 2000 年から普及が広まり、2008 年の現在ではパソコンの普及率は全世帯の約 85% になり、インターネットの普及率は人口に対する普及率は 69.0% になる。) www や電子メールの利用だけがインターネットではなく、実に様々な場面でこの技術は使われている。身近なところでは、誰もが利用するコンビニエンスストアやスーパーなどに設置されている POS レジ端末、鉄道の切符販売機やポータブルゲーム端末にもインターネット技術が使われている。

技術の進歩に伴い、生活様式も変化してきた。インターネット上でのネットバンキングやネットショッピング、ブログや SNS のコミュニケーション、IP 電話、公衆無線 LAN を使った場所を限定されないインターネット利用である。これらのインターネットを利用したサービスに欠かせないのが IP アドレスである。インターネットとは IP(Internet Protocol) を利用して相互接続されたコンピュータネットワークの事を

指し、そこで情報の送受信する機器を判別する為の識別子を IP アドレスという。現在多く使われている IP アドレスは「IPv4(Internet Protocol version 4)であり 32Bit のアドレス空間を持つ。インターネットを使用する世界中のマシンの識別を行う為、この IP アドレスが個々に割り当てられている。当然の事ながら IP アドレスを持たない機器はインターネットを利用したサービスを提供することも利用することも出来ない。

1.2. IP アドレスを配る仕組み

IPv4 アドレスの長さは 32Bit であり、アドレス数は 2 の 32 乗個であるが、マルチキャストアドレスなど、利用できないブロックを除くと、割り当て可能なアドレスは全体の約 86% となり、約 37 億個である。

また、IP アドレスはインターネットで利用するグローバルアドレスと内部ネットワークで利用するプライベートアドレスに分けられる。プライベートアドレスは自由に利用することが出来るアドレスであるが、グローバルアドレスは、インターネット上でユニークであることが保障されている IP アドレスであり、IP アドレスを管理する管理機関から割り当てられる必要がある。

IP アドレスが割り当てられる仕組みとしては、TOP に国際機関である ICANN(Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)が存在し、ICANN から「アジア太平洋」「ヨーロッパ」「北米」の地域にある「地域インターネット・レジストリ(RIR: Regional Internet Registry)」にアドレスブロックが一次的に割り当てられ、そこからインターネット接続事業者や企業、個人に対して二次的に割り当てられる。2008 年 8 月時点でのアドレス残量は 8 ブロックで換算すると 39 ブロックほどであり、個数に換算すると 6 億 5000 万個程度である。APNIC によると、特に技術革新による電子商取引の増加や、家庭、企業での PC の導入増加や、アジア各国の経済成長により、8 ブロック換算で、年間約 10 ブロックのペースで消費されている「2」。そのため、ICANN の在庫が

2-3 年後(2011 年)にはなくなってしまうと予測されており、順に RIR の在庫、そして、事業者の在庫が影響を受けるようになる。

1.3. IP アドレス在庫枯渇による影響

IPv4 アドレスの在庫枯渇により、具体的に発生する影響として、次のことが考えられる。

- ・事業者はサーバの増加が出来ない
- ・バックボーンの拡張が出来ない
- ・新規ユーザを収容できない
- ・サービスエリアの拡大が出来ない
- ・新サービスの展開が出来ない

さらに、IP アドレスのユニーク性を利用したサービス、アーキテクチャの最適化が強いられ、また、IP アドレスの利用価格が上がる可能性として考えられる。

JPNIC(日本ネットワークインフォメーションセンター)による今後の需要予測シナリオを見ると、ブロードバンド利用者数や電子商取引市場が世界各地で全般的に増加傾向にある。特に日本の場合をみた場合、日本の IP アドレス割り当て管轄主体が APNIC(Asia Pacific Network Information Center)であり、APNIC は経済成長著しい中国やインドを筆頭に、今後も発展が予想できる地域を網羅している為、今後 APNIC から日本の事業者へ割り当てられるアドレス数を考えると楽観は出来ない。具体的に述べると、日本の需要予測シナリオは、2008 年以降ブロードバンド接続は毎年 12% ずつ上昇し、電子商取引では毎年 24% の伸びを示している。IP アドレス数に換算すると年間約 2 千万アドレスずつ需要量が増えていく計算である。「 3」

但し、IPv4 アドレスの在庫枯渇により、すぐに全ユーザが影響を受けるわけではない。ICANN の在庫が枯渇しても、RIR や日本のプロバイダは、ある程度の在庫を持っている

3」。しかし、補充することはできない。先にインターネット利用が実生活上で増えていることを述べたが、それに伴い IP アドレスの消費も増えることになったとしても、補充が出来ないのであれば、そこでサービスの提供は不可能になり、インターネットの成長も止まりかねない。事業継続、計画の観点から、関係する事業者は早急に対策を講じる必要がある。今、関連各事業者は、その在庫不足を認識し、すべき対応を模索する時期にあるといえるだろう。

2. 対応策

JPNIC 及び、インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会では次の方法をあげている。

- 1) 自社網内からの捻出、再分配などの方法で捻出する。
- 2) NAT/NAPT を介しプライベートアドレスを利用する。
- 3) 新しいアドレス資源(IPv6)の導入。
- 4) 歴史的 PI アドレスから未使用のアドレスブロックを返却させる。

4)の PI アドレス(JPNIC で定義する歴史的経緯をもつプロバイダ非依存アドレス「Provider Independent Address」)に関して、2008 年 7 月時点の JPNIC 報告によると、その殆どが JPNIC 管理下に収まることになり、回収に至ったのは 2.9% 程度でしかない。「 4」また、1)、2)、3)それぞれいずれの方法を採用しても事業者側にコストが発生する。特に 1)、2)の方法については持続的な効果が望めないにもかかわらず、作業負担、対応機器のコスト負担が大きい為、持続的な効果を期待するならば 3)に平行して対応するのが現実的であろう。次にそれぞれの対応策に関し、その詳細を述べる。

2.1. IPv4 アドレスの再利用

1) にあげた「自社網内からの捻出、再分配」については、限度があり、あまり効果が認められないため、この方法については見直す程度は必要だが、根本的解決ではない。

2.2. NAT/NAPT を利用した接続

2)の方法はIPアドレスを節約する方法で、1つのアドレスを複数のノードで共有する方法である。ノードからの発信に共有アドレスを割り当て NAT(Network Address Translation)、もしくは NAPT(Network Address Port Translation)を利用して通信する。但し、受信の際はグローバルアドレスが共有アドレスのため利用する TCP や UDP の Prot 番号を予め決めておく必要がある。

この方法が利用される際には、ネットワークを LAN(local area network)と WAN(Wide area network)とに切り分け WAN 側は一つのグローバル IP アドレス、LAN 側をプライベートアドレスとする。通信の際のグローバルアドレスとプライベートアドレスの変換には2つの手法が用いられる。

- ・ 予めルールを設定。静的変換
- ・ 直近に行われた通信の実績による動的変換

NAT や NAPT は既に家庭内や事業所などで広く利用されている技術であり、LAN 内のノードから WAN 側へアクセスを試みる場合、基本的に通信の成立に問題がない。ところが、その逆の場合、「予め設定されたルール」を任意の第三者に広く知らしめる技術的な仕組みが無いため、ルールを知らない者からのアクセスは不可能である。よって、これを解決する方法が必要とされる。

メリットとして一定の IP アドレス節約効果が挙げられるが、以下に示すようなデメリット、及び懸念事項がある。

- ・ Web サイトなどサービス提供を前提としてサービスの場合「広く一般に」が実現できない可能性があり、効果が限定的である。
- ・ 通信に制限を施す必要がある。
- ・ 一つのアドレスを共有するので、問題が生じた場合に WAN 側からの原因の特定が難しい

- ・ 適用できる利用者が限られる可能性がある
- ・ 大規模 LAN における運用、構築ノウハウが乏しい
- ・ 技術的にどの程度の大規模集約が可能か、見積もりが難しい
- ・ 最終的に必要コストを見積もることが難しい

2.3. 新しい通信プロトコルの利用

3)の方法とは IPv6 への移行、または普及であり、IPv4 の枯渇問題と同時に注目されている。IPv6 とは IPv4 の後継プロトコルで、急速にインターネット利用機器の増加した中国及びインド等、アジア諸国における深刻な IPv4 アドレス不足を解消する手段としても注目されている。

IPv4 総数が 2 の 32 乗であるに対し、IPv6 では 2 の 128 乗 (約 340 潤個(340兆の1兆倍の1兆倍))の IP アドレスが利用できる。これは、100 億人が毎秒 1 億個使ったとしても 10 兆年間利用し続けることが可能な数である。そのため、この枯渇問題に対して非常に有効である事が見込まれる。

また、IPv6 は既にインターネット経由での緊急地震速報の配信や次世代ネットワークに利用されるなど 1996 年以降、実用化に向け数々の研究開発がされてきたため、現在、すでに実用化可能な段階にある。

通常 IPv4 と IPv6 は通信機器内では別の通信方式として扱われる。仮に別の通信方式として扱われないとしてもパケットヘッダのバージョン部で IPv4 と IPv6 が弁別されるため、既存ネットワークに IPv6 パケットを伝送しても問題が無い。

但し、v6 を導入する上でも、以下に示すようなメリットとデメリットが存在する。

(a) メリット

- ・ 事実上無限個の IP アドレス空間が得られる
- ・ 全ノードがグローバル IP アドレスを持つことができる
- ・ NAT や NAPT を利用する必要が無い
- ・ オートコンフィグレーションであり、DHCP 等のサーバが

なくても IPv6 ノードホストには自動的にアドレスとデフォルト経路が設定される

・アドレスの集約による基幹ルータでの経路表サイズの抑制可能である

(b) デメリットおよび懸念点

・IPv4 と IPv6 は、共存は出来るが互換性がないため、直接通信する事ができない

・ルータやソフトウェアの新規導入開発などの投資が必要となる

・NAT を使う場合、IPv4 ノードとの互換性を維持するため、アプリケーションごとに ALG (Application Level Gateway、アプリケーション・レベル・ゲートウェイ) を設定する必要がある・アドレス数に比例し、通信経路が増大する恐れがある

・普及率が低く IPv4 の通信量の 0.1% しかないことから現段階での認知度、ノウハウの蓄積が少ない。「 5」これらデメリットに関する詳細、および対応については 5 章詳記する。

3. 日本の状況

1991 年から IAB(Internet Architecture Board) や IETF(The Internet Engineering Task Force)で検討が開始され、1995 年 1 月に次世代インターネットプロトコルとして IPv6 が選定されてすぐ、日本では WIDE プロジェクト(Widely Integrated Distributed Environments project)により IPv6 のワーキンググループが発足され、翌 1996 年には世界初の IPv6 通信実験を実施している。1998 年 4 月に BSD 系 OS 上にインターネット技術の標準コードを実装することを目的とした KAME プロジェクトが発足し、IIJ、NEC、東芝、日立、富士通、横河電機各社による共同研究がなされた。このプロジェクトは 8 年にわたり活動が継続され、2005 年 11 月に IPv6 の基本規格の実装はほぼ安定したとし、完了宣言を出している。他に Linux 用 IPv6 プロトコル・スタック開発プロジェクトの USAGI プロジェクト(universal playground for IPv6 project)や、IPv6 製品の相互接続性の確保を目的とした TAHI プロジェクトがあり、それぞれ連携し、

作業を進めている。

また、1999 年 8 月から IIJ が商用 ISP として世界に先駆けて試験サービスを開始し、NTT コミュニケーション、BIGLOBE、KDDI、JENS がそれに続いた。ネットワーク機器においても、日立が 1997 年にトランスレータ機能付き IPv6 ルータを製品化し、NEC 富士通がそれに続くなど、諸外国の取り組みを先導する形で対応しており、技術開発の段階は終了している。特に実用サービス化においては、NTT が NGN(next generation network)に熱心に取り組んでおり、メディアコンテンツサービスや、電話サービスを統合的に実現するサービスを開始したが、これにも IPv6 プロトコルが利用されている。その他、既に利用されているものとして、ビル設備管理システムでの IPv6 利用があり、松下電工や、NTT ファシリティーズによって、汐留ビルやさいたま新都心ビル等へ導入されている。さらに、東京都美術館、東京芸術劇場にもビル施設のリモート管理制御や、エネルギー削減を目的として IPv6 が利用されている。

国レベルでの実証実験も行われており、医療系インターネットや、情報家電での実証実験などがなされている。IPv6 マルチキャスト技術を利用したものとしては NTT 東日本による地震速報や、Family Mart のコンビニ店舗への一括配信があり、各市町村でもセキュリティシステムや、情報収集サービス、映像配信サービス、環境モニタリング、在宅ケア支援システムにも利用されている。「 16」その一方、政府の電子政府システムの IPv6 化も進んでおり、2007 年度以降更改、新規導入されるシステムにおいては IPv6 に対応する方針を採っている。「 17」家庭や企業の IPv6 移行をサポートするガイドライン「 18」も策定されており、対応するに至っての準備は整いつつある。しかし、技術研究者やメーカー研究員、ネットワーク運用者の一部では非常によくこの問題について認識し、協議、対応しているにも関わらず、他の一般的事業者及び利用者には、対応はおろか、ほとんど認識されていない。ここでは、それぞれの各ステークホルダーの状況について述べる。

3.1. 通信事業者

2007年7,8月のJPNIC会員向けのIPv4アドレス枯渇問題におけるアンケートの結果をしてみると、7割以上の会員が時期も含めて枯渇問題を認知しているという結果が出た。これは通信事業者としての関心の高さが伺えるが、しかし必要性は理解していても対応策については未着手という結果が5割以上であり、対応策の必要はない、または分からないという回答と合計すると、ほぼ6割がまだアクションを起こしていない、もしくはアクションを起こす予定が無いという結果である。

IPv4アドレスの在庫枯渇に対して抱く懸念として、半数以上が事業上の発展性が損なわれること、対応策実施の為に投資を賄う事が困難、という不安を挙げているが、ビジネス上の課題や、技術的な課題が不明、技術力が充分ではないといった不安が3割を占めた。

日本の事業者については、JPNICのアンケートを見る限り、IPv4アドレス在庫枯渇問題については、認知しており、大部分が不安を抱えている。また中小企業については投資不安、技術力に対する不安があることが判明した。

3.2. コンテンツ事業者

前項の通信事業者において大規模事業者では、通信事業に加え、コンテンツサービスも同時に提供している場合がある。しかし、2008年7月に行われたJANOG(Japan Network Operators' Group)²²での、パネルディスカッションにおいて、ほとんどのコンテンツ事業者がこの問題を認知さえしていないという事が示されていた。特に、IPv4アドレス在庫枯渇問題については、まだまだ先の話であり、時期についても関心が無いという反応が伺えた。従来からこのJANOG22でのコンセンサスとして、既に具体的な技術対応の問題点についてアジェンダを出していた段階であり、コンテンツ事業者とネットワーク事業社との間とのギャップが露見したディスカッションであった。今回のこのミーティングには、ネットワークプレイヤー以外からプレイヤーを招くことで、現状のコンセンサスと今後の対応について協議することも目的であったが、

それぞれのプレイヤー間で認識に大きな差があることが明らかになった「6」。コンテンツ事業者側の率直な意見としては、現在がどんな段階であるのかは不明であり、ホスティング先データセンター事業者や契約先の通信事業者からの情報提供が無い限り、知りえる事ではないという主張であった。

3.3. 一般ユーザ

インターネットを利用しているユーザは、自分が利用しているインターネットのプロトコルなど意識してはいない。繋がれば繋がる程度の認識であり、当然IPv4枯渇問題に対する認知は殆どない。但し、そのためサービスを提供する側としては、繋がって当たり前のサービスを「繋がらなくなる」という事態に陥らないようにする必要がある。

4. 世界の動向

最早インターネットはライフラインの一つとしてなくてはならない手段になった今、国外では、その通信プロトコルであるIPv4のアドレス在庫枯渇問題についてどのような対応をしているのか。需要予測に伴う対応状況を確認した。

4.1. 地域の需要予測シナリオ

1.2で述べたが、IPアドレスは「アジア太平洋」「ヨーロッパ」「北米」の地域にある「地域インターネット・レジストリ(RIR: Regional Internet Registry)」によって管理されている。それぞれのRIR毎に「総固定資本形成」「ブロードバンド利用人口」「電子商取引」に基づいた需要予測は以下の通りである。

(IPv4アドレス在庫枯渇問題に関する検討報告書(第一次)より引用)

(a) APNIC(Asia Pacific Network Information Center)アジア太平洋地域
GFCF(総固定資本形成)は毎年11%の増加で推移
BBは37%の増加で推移

EC 電子商取引は 48% という高い確率で増加

(b) ARIN(American Registry for Internet Numbers)

北米、カリブ海周辺の一部地域

GFCF(総固定資本形成)は毎年 7%の増加で推移

BB は 3%の増加で推移

EC 電子商取引は 50% という高い確率で増加

(c) RIPE NCC(RIPE Network Coordination Center)

ヨーロッパ、中近東 アジアの一部

GFCF(総固定資本形成)は毎年 9 ~ 6%の増加で推移

BB は 30 ~ 20%の増加で推移

EC 電子商取引は 52% という高い確率で増加

(d) LACNIC(The Latin American and Caribbean IP address Regional Registry)

ラテンアメリカとカリブ海地域

GFCF(総固定資本形成)は毎年 7%の増加で推移

BB は 50 ~ 67%の増加で推移

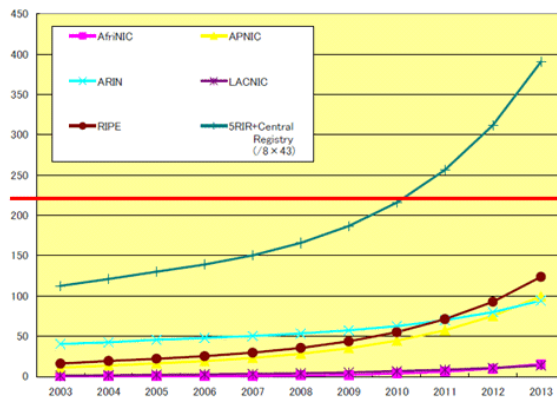
(e) AfriNIC(African Network Information Center)アフリカ地域

BB は 60 ~ 92%の増加で推移

また、政府最終消費支出と総固定資本形成、インターネット利用者数、ブロードバンド利用者数、電子商取引から算出した各 RIR の需要予測結果では世界各国の好調な経済情勢とブロードバンドの普及により、更なる必要 IPv4 アドレス数の拡大が予測されている。

表 3-13 IPv4 アドレスの分配量の SRIR 予測 (8 数)

AD	AfriNIC	APNIC	ARIN	LACNIC	RIPE	SRIR+Central Registry
2003	0.540	11.032	40.661	1.276	16.131	112.640
2004	0.580	13.711	42.569	1.766	19.434	121.060
2005	0.624	16.366	45.650	2.292	22.222	130.154
2006	0.730	19.340	47.912	2.830	25.283	139.095
2007	0.955	23.166	50.402	3.418	29.621	150.562
2008	1.359	28.361	53.515	4.220	35.532	165.993
2009	2.136	35.290	57.440	5.261	43.706	186.861
2010	3.632	44.662	62.698	6.729	55.199	215.920
2011	6.122	57.472	69.889	8.437	71.422	256.342
2012	10.045	75.148	79.952	10.742	92.871	311.758
2013	15.761	99.735	94.283	13.924	123.763	390.466



JPNIC 「IPv4 アドレス在庫枯渇問題に関する検討報告書 (一次)」より抜粋

利用できる IPv4 のアドレス空間の上限は 220(8)である。しかし、2010 年の予測は 215.9 であり、2011 年には 256 に達する為、<http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html> にある Geoff Huston 氏の予測より多少早まることもが予測される。

9 月現在の予測値は次の通りとなっている。

9 月上旬

Projected IANA Unallocated Address Pool Exhaustion:
23-Oct-2010

Projected RIR Unallocated Address Pool Exhaustion:
23-Oct-2011

9 月下旬

Projected IANA Unallocated Address Pool Exhaustion:
08-Nov-2010

Projected RIR Unallocated Address Pool Exhaustion:
09-Nov-2011

このように、予測では、あと 3 年の猶予があるとされている。

4.2. 各地の取り組み

(a) ヨーロッパ

フランスを中心に IPv6 の実験研究や製品のリリースをしている。欧州全体では 140 億円以上のプロジェクトを行っており、IPv6 関連プロジェクトは 17 を超える。「6NET」という学術系研究ネットワークと民間の通信事業者が参加する「Euro6IX」が全欧州的な IPv6 ネットワークとして構築されている。

また、ヨーロッパは IPv6 の実験研究に非常に積極的であり、バックボーンルータなどはヨーロッパ(北欧)のメーカのものから始りである。2008 年 5 月には EC(European Commission/欧州委員会)が、2010 年までに次世代インターネット・アドレスを使用するために EU ビジネス、公 権力、および家庭の 4 分の 1 が、現在のネットワークがアドレスを使い果たしているため、IPv6 が不可欠であるという、目標を定めた報告した。その一つに Web サイトの IPv6 化の準備が含まれている。そこでは「ヨーロッパの最も重要な Web サイトがリードし、目的に少なくとも放送局やオンライン通信社のようなトップ 100 のヨーロッパ Web サイト事業者から委任を受け、2008 年の終わりまでに計画が実行可能にすることを求めている。同時に、EU の europa.eu Web サイトが 2010 年までに「IPv6」の準備ができる」とされている。

(b) アジア

アジアは全世界の 60%もの人口を抱えているが、そもそも歴史的に割振られた IPv4 アドレスが多くない為、アメリカと比較しても IP アドレスの不足は深刻な問題になっている。ことに中国では経済成長も著しくインフラ整備も急速に発展した潜在的な IP アドレス需要は依然多く存在している為、国家戦略としての IPv6 への取り組みが開始されている。これは CNGI (China Next Generation Internet)と呼ばれ、国内 20 都市にある 25 大学を IPv6 ベースのネットワークで結び、大規模な実験も行われている。

例えば中国の携帯電話契約数はすでに 2 億 7000 万に達しているが、そのうち 10 パーセントがデータネットワークサー

ビスを使うだけでも、IPv4 アドレスでは支えきれない。その為、中国の携帯電話や電気通信事業者などはみな対応を始めている。「中国 6TNet (IPv6 Telecom Trial Network) の研究実験報告」にその詳細が書かれている)特に IPv6 実験成果として見られたのが、北京オリンピック会場であり、監視カメラ、照明、サーモスタットに至るまで、多種多様な設備が CNGI を使って管理され、競技やイベントはインターネットで生中継された。また、交通事情の悪い北京を走るタクシーも、IPv6 センサを介して CNGI に接続されるため、運行管理者がドライバーに渋滞を避けたルートを指示するといったことが事例として挙げられる。

(c) その他アジア地域

マレーシアではマレーシア・テレコム社による基幹ネットワークの IPv6 化が 2007 年 6 月完了、シンガポール、インドでも 2010 年までに段階的に IPv6 移行を行うとそれぞれ 2006 年 6 月 2007 年 8 月に発表している。「 20」

また、AI3(Asia Internet Interconnection Initiative)という AP テストベッドプロジェクトにおいて衛星を用いた IPv6 ネットワーク整備に関するテストベッドが実施されており、日本、香港、マレーシア、フィリピン、ベトナム、対、シンガポール、インドネシア、スリランカが参加している。台湾でも行政院国家情報通信イニシアティブが中心となって IPv6 への取り組みを推進している。

その他にも APNIC による DUMBO プロジェクトの発動と援助がミャンマーなどで行われている。DUMBO とは Digital Ubiquitous Mobile Broadband OLSR 災害直後、固定ネットワークインフラが無い、または破壊された状況で、アドホックな移動無線ネットワークを配備する活動である (VoIP を使って家族などへのショートメッセージや顔写真認識モジュールによる未確認被害者マッチングなど)。将来的に IPv6 で VoIP のサービスの実効性が実証されれば、非常なプラスになるものとされ、現在検証されている。

APNIC による IPv6 教育も行われている。トレーニングが通年で 2007 年度 51%、2008 年 7 月時点で 64%である。特にインドでは NIXI(National Internet eXchange of India)でのトレーニング需要が急増中である。「 7」

(d) 北米地域

最初から IPv4 アドレスの割り当て量が多い北米地域はアドレスの枯渇に対して、それ程深刻ではない。その為、欧州やアジアに比べて取り組みが遅れているといわれてきた。

「 8.9」しかし、1998 年に米国エネルギー省の研究機関が「 6REN 」(IPv6 Research and Education Networks Initiative)を設立し、IPv6 に取り組んできた。米国国防総省も実験ネットワーク(DREN)の機器調達にIPv6対応する計画も開始している。2005年8月、米連連邦行政管理予算局(Office of Management and Budget : OMB)が、全ての政府機関に IPv6 への移行計画策定を開始することを宣言し、2008 年 6 月までに運用を開始することを発表した。2007 年 2 月米国国立標準技術研究所(National Institute of Standards and Technology, NIST)から「合衆国政府における IPv6 向けプロフィール-バージョン 1.0」A Profile for IPv6 in the U.S.Government . Version 1.0 が発表され、各連邦政府機関へ最低限準拠しておくべき IPv6 の基準・企画を網羅した IPv6 導入を支援するための草案が出され、米国国防総省は 2007 年度に国防総省のコアネットワークの IPv6 移行とアプリケーション移行プランニングの為に、5,000 万ドルの予算をつけている。

アメリカ国防総省における Navy (海軍)、Army (陸軍)、Air force (空軍)の三軍は、それぞれ IPv6 への取り組んでおり、Navy は独自の世界規模通信網である FORCE Net の IPv6 化計画を開始し、すべての艦艇などに IPv6 が導入される予定である。また、Army はレーセントテクノロジーとネットワークを IPv6 へアップグレードする契約を 40 億ドルで結んだといわれる。Air force は、世界中に展開する兵士向けに独自の TV 番組提供網である GBS を、IPv6 によるネットワーク配信に切り替えるために 600 万ドルの予算を計上しているようである。このようにアメリカでも既に IPv6 への移行のためのロードマップが引かれている。一方、民間企業でも IPv6 アドレスを取得する ISP 事業者が 100 を超えている。

OMB が宣言した政府ネットワークの IPv6 化運用について

は、2006 年 2 月時点での実施状況は「INTERNET PROTOCOL VERSION 6 Federal Government in Early Stages of Transition and Key Challenges Remain」のサマリーによると 24 の主要機関のうちまだ責任者が定められた以外の行動が無いのが半数を占めた。2008 年 6 月 30 日にその期限を迎えたが、IPv6 への移行について進展は無かったようである。これは、米国において IPv4 アドレスの枯渇が深刻な問題になっていないことが原因とされる。しかし、一般民間企業の動きは、NIST による政府調達仕様と検証仕様を元に IPv6 の導入を進める準備が早まってきている。IPv6 Ready Logo(「IPv6 Forum」が定めた IPv6 対応機器の相互接続性の基準を満たす事を示す国際的な機能認証ロゴ)の取得数が 2007 年から 2008 年にかけて急激に伸びている。現在の取得数は次の通りとなっている。

Phase-1:基本的な通信機能のみを確認 日本 43% US 17%
Phase-2:暗号化通信など IPv6 ならではの機能も確認 日本 28% US39%

Phase2 に至っては 2008 年 9 月時点で 39%とトップの割合を占めている。但し、アメリカにおける IPv6 の現状は、それ程差し迫った需要は見られていない。[20,21,22]

5. 具体的検討

現在おかれている状況、対応策の有無について述べたが、より具体的な対応策について述べる。

5.1. 対応策の選択

インターネットの継続的発展、および事業継続の為に確保すべきインフラは、何かいまいのか前提条件を考えた場合、二つの条件が挙げられる。

(1) 国内での IP アドレスの補充が困難となった場合でもインターネットサービスの提供が継続できること。

(2) 枯渇可能性のある 2011 年までになんらかの初期対応が可能であること、及び着工の即時性。

(a) NAT/NAPT の利用

基本的には機器の追加で実現できるため、着工の即時性などを考えると現実的である。しかし、「サービスに制限が生じる」「運用経験が不足している」という、解決が困難な課題が存在する。しかし今後 IPv4 アドレスを補充することは難しくなるため、IPv6 アドレス導入と並行して対応することで有効性がある。

「NAT/NAPT」を採用した場合、WAN 側から LAN 内へのアクセスについて制限が生じることは回避できない。まず、NAT/NAPT 以下に収納されているノードについては特定のグローバルからのアクセスについて、事前に IP の対応やその他ルールについての説明などの対応が必要となる。その為、サービス提供において、運用は非常に大変であることが予想できる。また、ユーザ端末にはプライベートアドレスしか与えられないことから、ユーザ弁別が正確に行われにくい可能性がある。さらに、同時に通信できるセッション数についても制限がある。NAT はローカルのどのノードからグローバルのどのアドレス宛の通信がなされたかの履歴を把握することでグローバルからの返信を適切なノードに中継する為、中継可能なセッション数に制限が生じる。同時に通信されると正常に中継できない可能性がある。他にも先に述べた AGL 設定が必要となる。このように生じる制限を洗い出し、対応する方法を検討したうえで、NAT/NAPT が存在することを前提にしたサービスの設計が必要となる。

(b) キャリアグレード NAT について

自社での NAT/NAPT 対応もあるが、キャリアグレード NAT と呼ばれる通信キャリア側で提供するサービスを利用する方法もある。これは、通常の NAT/NAPT の役割を ISP 側のルータで行うものである。

キャリアグレード NAT にはいくつかの機能があり、P2P 通信や IP 電話などの利用を想定した「フルコーン NAT 機能」、「NAT 配下のユーザ同士の通信を折り返すヘアピンング機能」、「通信ログを残すロギング機能」がある。

これら NAT を実装する場所を変えることで、IP を節約することができる。他にもフルコーン NAT の他に、ポートや通

信方法に制限をかけた NAT の種類もある。通信したい相手側の NAT に制限が多い場合や、多段接続の場合にはうまく通信が出来ない場合があるが、それを解決する為に、STUN 技術等を利用する。接続性を確立する為に、キャリアグレード NAT を利用する場合、STUN 技術に対応している必要がある。STUN とは音声、映像、文章などの双方向リアルタイム IP 通信を行うアプリケーションで、NAT 越えを行う為の標準化されたインターネットプロトコルのことをいう。キャリアグレード NAT においては STUN サーバを用意し、NAT 同士の通信を統制する必要がある為、STUN サーバを置いて NAT の IP アドレスやポートの割り当てを STUN サーバに把握させ、通信を行う。これで、通信は可能となるが、前段でも述べている通り、多数の共有 IP アドレスユーザがいる場合、ユーザは不便を強いられる可能性がある。(7 で詳述) IP アドレス一つで用意できる TCP/UDP ポートは約 6 万 5 千ポートであり、予めアプリケーションに割り付けられる部分を除くと 6 万 4 千しかない。必然的に、1 ユーザに割振られるポート数が制限されてしまう。すると、昨今のアプリケーションは多数のセッションを要する傾向にあるため、利用に障害が発生する恐れがある。特にリッチコンテンツが増え、同時に数十から数百のセッションを張ることもあり、非常に使い勝手が悪くなることが予測できる。よって、この手段は延命処置として割り切り、IPv6 の導入と一緒に考えることが重要だ。

問題点として、ネットワークの負荷を分散できるという特徴を持つ P2P は、今後ゲーム機やネットワーク家電などでも使われる可能性が高い。しかし、今後 IP 不足が顕著になると、NAT を越えられないという問題が発生し、P2P の利用範囲が大きく制限されてしまう可能性がある。

他にも、STUN を使うとシンメトリック NAT を超えて PC 同士で通信してしまうことがある。すると IP アドレスを通信先の識別子とはなりえず、メッセージャーや、VoIP はアドレスを識別子として使えなくなる影響を受けてしまう。そればかりか、ユーザ識別が出来ない(ソース IP はグローバル IP なのでのプライベート IP ユーザか分からない)と、ACL を IP で行っている場合など影響が出てくる。

さらに、ペイロードに IP などを埋め込むアプリケーションはうまく動かなくなる可能性がある。この時、アプリケーションごとの ALG が必要になるが、その場合、どこで対応するのか事前に確認しておく必要がある。

グローバル IP アドレスを共有するため、例えばあるユーザがセッションを独り占めするような通信をしてしまうと、他のユーザが使えなくなるという懸念点もある。そのため、ポート数に制限がかけられる可能性がある

影響が考えられるサービスとして、RSS、google earth など google の提供サービス、オンラインゲーム、ポータルサイトやニュースサイト(広告が多い)、ガジェットを多く使っているような Blog など、セッション数が多いサービスは影響を受けると思われる。

(c) IPv6 の導入

2.3 で述べたように、IPv6 アドレス数は天文学的な数なので在庫を心配せずに割振ることができる。その為 IPv6 を導入した場合、NAT は不要になる。今後 IPv4 アドレス枯渇に対し、キャリアグレード NAT などで補うことになるが、先に述べた問題点により、昨今のサービスはリッチコンテンツが多く、オンラインゲームやその他 P2P など使いたいユーザは制限の無い IPv6 への移行を検討する可能性が高い。もとより NAT は永続性のある対応策とは言いがたいため、いずれは IPv6 の導入をしなければいけない。

ユーザが使用している PC であるクライアント側(Win vista / Mac OSX)では、既に殆どが IPv6 に対応している。サーバ側も OS は既に対応している。そこで、IPv4 と IPv6 を利用できるようデュアルスタックでの接続環境を用意することが必要である。ユーザは、接続ルータ、ファイアーウォールなどを IPv6 対応にすることで、IPv6 への対応が可能となる。

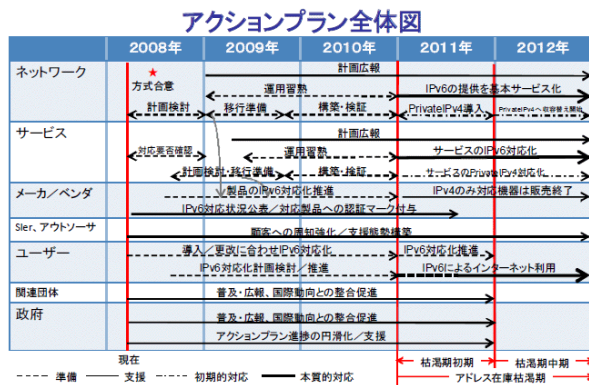
ユーザと同様に、ネットワークルータやサーバを IPv6 対応機器に置き換えてデュアルスタック対応にすることと、パッ

クポーンに IPv6 への接続性を導入することも必要である。この場合ユーザの弁別は IP での弁別になる。他、物理的に収容箇所を分ける、DNS の対応、トンネリング技術を使う(途中 IPv4 のネットワークを通るときにカプセル化する)など、提供サービスや自社ネットワークの特性に応じて、対応することになる。技術検証や運用テストが必要となり、いずれにしてもユーザ側の対応に比べ、が IPv6 対応するより、事業者の IPv6 対応には多大なコストが掛かると考えられる。

6. IDC 事業者としての課題と展望

IDC 事業者は顧客の安定したサービス提供のためにも、IPv4 の枯渇の問題は早急に検討する必要がある。安定した通信環境の提供は勿論のこと、顧客の事業拡大、新規参入の妨げにならないようにしなければいけない。その為には検討しなければいけない項目が多数あるが、JPNIC のアンケート結果にもあったように、どのような危険性があるかをまだ認識できていない事業者が少なくない。

以下は「インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究報告書」に纏められたアクションプランである。



少なくとも 2008 年中には検討は終わらせておく必要が指摘されている。ここで、回線サービス提供事業者側が行うべきアクションリストを提示すると、以下の通りになる。

6.1. 回線事業者側

- (1) IPv4 アドレスの自社在庫調査

- (2) 今後 3 年間の顧客獲得数の見積り(収益シミュレーション)
- (3) 必要 IP 数の割り出し
- (4) 方向性の確認
- (5) IPv4 のサービス継続に当たっての対応策決定
- (6) バックボーン提供側の対応方針の確認
- (7) 自社バックボーンの対応方針の決定
- (8) 必要コストの算出
- (9) IPv6 導入の有無を決定
- (10) IPv6 対応するならばその場合の対応策の決定
- (11) IPv6 のバックボーンの確保
- (12) 対応機器の見積り
- (13) 全体の影響範囲の確認
- (14) サービス内容の見直し
- (15) 必要であれば新規サービスの作成
- (16) 必要なアナウンスとプロモーションの見積り
- (17) 全てを踏まえた予算を織り込んで事業計画の作成
- (18) 事業計画の承認後ロードマップの作成
- (19) ロードマップとアクションリストの実行
- (20) 技術検証
- (21) サービス検証
- (22) テスト運用
- (23) サービス準備・アナウンス
- (24) 本番運用

6.2. コンテンツサービス側

一方コンテンツ提供側の方も回線提供者側と協議した上で対応が必要である。コンテンツサービス事業者側の対応アクションリストを洗い出すと次のようになる。

- (1) 今後 3 年間の顧客獲得数の見積り(収益シミュレーション)
- (2) 必要 IP 数の割り出し
- (3) 方向性の確認(v4 だけにするか v6 もにするか)
- (4) 回線事業者の対応内容を確認
- (5) 影響範囲の確認
- (6) 必要コストの確認

- (7) 事業計画の作成及びアクションリスト、ロードマップの作成
- (8) 実行
- (9) サービス内容の修正がある場合の対応
- (10) 技術検証
- (11) サービス検証
- (12) テスト運用
- (13) 本番運用

7. 検証実験における状況

既に、実際に対応策を検証しているところもあり、ここでは、どのような検証結果になっているかを述べる。

7.1. NAT の導入によりポートの制限がなされた場合の検証

JANOG22 において、NTT コミュニケーションの宍倉氏が ISP の NAT が導入された際の家庭における BB ルータのポート数制限を体験するというレポートがあった。この体験レポートは、ポート数を 300 に制限して検証したようだ。開いた Web コンテンツの表示に欠落が見られるなど、ポート数を絞るということはユーザの利便性を損なうという事である。

例 1 Yahoo! JAPAN のトップページ

(「IPv4 アドレス販売終了のお知らせ? ~ISP による NAT で起きること~」より)



例2 Google Map

(「IPv4 アドレス販売終了のお知らせ? ~ISP による NAT で起きること~」より)



一般ユーザのルータでの制限がこのような結果をもたらすため、広告を収入源としているポータルサイトやニュースサイトなど Ajax を多用した Web サイトは、より IPv6 プロトコルへのサービス対応が急務である。

7.2. オンラインゲームの実証実験

ゲーム会社の株式会社コナミデジタルエンタテインメントでは、既に NAT が導入された場合のオンラインゲームの利用の有無を検証していた。そこで示されていたのは、NAT 環境下におけるゲーム内機能の制限の可能性である。オンラインゲームにとっては、NAT の制限は非常に大きいことがわかり、ログを終えないことや IP アドレスでのフィルタリングが出来ないこと、遅延など、運用する側において NAT 越えが非常に大変であることが語られている。その為、それら運用、実装の手間などを鑑みると IPv6 への移行がいいという結論に至っているようである。「12」

7.3. IPv6 板@2ちゃんねる

IPv6 において、普及の妨げになっているのは、これといったコンテンツが無いことである。オリンピックの Web サイト

や Google など現在は大半 IPv6 での Web コンテンツもあるが、依然、寡少である。

現在どれだけの IPv6 ユーザがいるかアクセス数の把握とサーバにおける IPv6 の問題点の把握とを目的に、株式会社ライブドアでは日本最大級の掲示板サイトに IPv6 の板の運用を開始した。この板は IPv4 プロトコルでは閲覧は出来るが、書き込みが出来ないようにしている。2008 年 7 月に板を設立してから、8 月時点で IPv6 ユーザによるアクセス数は 1 時間当たり 1000PV と、IPv4 ユーザに比べるとその比率は 7:3 ではあるが、現段階で IPv6 を利用できるユーザがいることが分かる。

この板では、IPv6 の普及に当たって出てくる問題点をスレッドを立てて出し合うなど実際に利用しての問題を話し合っている。

8. 今後の展望

これまで、IPv4 アドレスの枯渇に関する問題や、対応策、検証結果について述べてきた。しかし、実際にインフラとして利用している企業ユーザは認識としては充分とは言いがたく、サービスを提供している側も楽観的なところがあるようである。実証実験の結果からみても、NAT の利用は永続的な対応策とはいえない。その為 IPv6 も一緒に利用できる環境の準備、及びサービスの整備が必要であるといえる。

IPv4 アドレス在庫枯渇問題に関する検討報告書によると、在庫の枯渇時期は 2 年後とされている。ユーザにいたっては問題の認知すらない可能性が高く、インフラサービス提供者側が主導し、この問題の対応策の検討と実行を行うことが重要である。

9. 参考文献

[1].総務省情報通信政策局「通信利用動向調査報告書世帯編平成 19 年度調査」

- [2].IPv4 address report APNIC チーフサイエンティスト Geoff Huston 氏のデータ
<http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html>
- [3].「IPv4 アドレス在庫枯渇問題に関する検討報告書(第一次)」社団法人日本ネットワークインフォメーションセンター
- [4].「歴史的PI アドレス回収に関する現状報告 ~ 歴史的経緯を持つPI アドレスの割り当て先明確化に関する取り組みの進捗報告 ~」社団法人日本ネットワークインフォメーションセンター
- [5].「インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会 報告書(最終案)」インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会
- [6]. JANOG22 ビデオアーカイブ
<http://www.janog.gr.jp/meeting/janog22/2008/08/post-11.html> 「IPv4 枯渇、あなたがお使いの Web サービスは生き残れますか?」「IPv4 アドレス 販売終了のお知らせ? ~ ISP による NAT で起きること~」
- [7].「The global Internet and JANOG Part2 APNIC」藤井美和氏 JANOG22 セッション
- [8].「第4部インターネット基盤の IPv6 移行に向けた検討(総務省)」
- [9].ニューヨーク駐在員報告(2003年8月)「米国における IPv6 を巡る動向」JEITA ニューヨーク駐在員(JETRO ニューヨーク・センター)
- [10].「ISP の NAT には何か求められるか」NTT コミュニケーション 西谷智広氏 JANOG22 資料
- [11].「IPv4 アドレス販売終了のお知らせ? ~ ISP による NAT で起きること~」NTT コミュニケーションズ 宍倉弘祐氏 JANOG22 セッション資料
- [12].「キャリアグレード NAT が導入されてもオンラインゲームは出来ますか?」株式会社コナミデジタルエンタテインメント 佐藤良氏 JANOG22 セッション資料
- [13].第4部 インターネット基盤の IPv6 移行に向けた検討 総務省
- [14].「中国 6TNet (IPv6 Telecom Trial Network) の研究実験報告」財団法人 マルチメディア振興センター
- [15].日経 NETWORK20089 月号 大型 NAT と IPv6 でインターネットはこう変わる
- [16].「IPv6 普及・高度化推進協議会による内外戦略展開」
- [17].「電子政府システムの IPv6 対応に向けたガイドライン」総務省
- [18].「IPv6 端末 OS における IPv6 対応・IPv6 機能活用ガイドライン」IPv6 普及・高度化推進協議会
- [19].「IPv6 に関するアンケート調査結果報告(サマリー)」IPv6 普及・高度化推進協議会
- [20].インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会 第3回(平成20年1月8日)資料3-2 IPv6 化に係わる海外の動向
- [21].「IPv6 Ready Logo の認定状況から分かること」財団法人電気通信端末機器審査協会(JATE)日本 IPv6 認証センター長 寺田昭彦氏
- [22].
<http://blog.internetnews.com/skerner/2008/06/ipv6-mandate-hits-us-govt-today.html>
- [24].「A Profile for IPv6 in the U.S.Government . Version 1.0」National Institute of Standards and Technology,