

ホームネットワークインフラ技術の検討状況

4C-3

家田 浩司 須川 智規 灰原 正* 坪川 信 久留巢 洋二

NTTアクセスサービスシステム研究所

*NTT情報流通基盤総合研究所

1. はじめに

デジタル技術やインターネット技術の急速な普及に伴い、一般家庭において大量のマルチメディア情報を利用できる環境が待ち望まれている。本報告では、国内外のホームネットワーク関連技術の動向およびFTTH(Fiber to the Home)に代表される公衆網の進展状況をふまえ、家庭内における情報化を促進するホームネットワークのインフラ技術について述べる。

2. ホームネットワークに求められるアプリケーション

郵政省電気技術審議会における答申「宅内の高度情報化の将来像と研究開発の推進方策(諮問第97号 平成10年度2月9日諮問)」^[1]によれば、将来の統合化されたネットワークでは、外部からの一般電話、ISDNサービス、高速データ通信、インターネット、放送等のサービスが混在化した形で提供され、10~156 Mbpsの速度で家庭内まで情報が流通すると予想されている。また、宅内はLAN(Local Area Network)化され156~600 Mbpsにわたる大容量の動画・文字・静止画・音声を含むデジタルコンテンツが転送、発信されると考えられている。いずれもこれまでに実現されている公衆網やLANの容量・速度を凌ぐ情報量であり、これらの情報の送受信をストレスフリーに扱うために、ホームネットワーク(以下HNWと略す)はこれに耐え得るものでなくてはならない。

次世代の家庭において、個々の家庭のニーズが大きく異なるために、使用されるアプリケーションを予測することは困難である。しかし、概ね現在と同様の、音声系、画像系、文書系、制御/トランザクション系のアプリケーションが混在すると考えられる。

音声系では、携帯電話契約台数の爆発的な増加と固定電話シェアの低下が示すように、使用場所に制限の少ない移動体電話が今後も増え続けると予想されている。一方、IP(Internet Protocol)系データでは、日本におけるインターネット普及率は世界的に見て低く(人口1万人当たりのインターネットホスト数:世界第22位^[2])、今後さらに伸び続けると予想され、2000年頃には全トラフィックに対するインターネット系のIPトラフィックの割合が、従来の音声電話向けのPSTN(Public Switch Telephone Network)に代わり逆転すると予測されている^[3]。

IPネットワークは電子メールやWWWのような最近のアプリケーションに加えて、VoIP(Voice over IP)、RealPlayer等が従来他の媒体で提供されていたアプリケーション(電話、オーディオ・ビデオ等)も吸収しつつある。このことは、将来においてIPプロトコルが公衆網の上で最も普及したプロトコルとなっている可能性が大きいということを示唆している。IPプロトコルが支配的ということは次世代のHNWアーキテクチャを考える上で極めて重要である。

また、通信のIP化と放送におけるデジタル化の流れがどのように融合するかということは、アプリケー

Basic View of Home Network Investigation for Multimedia Era

Koji Ieda, Tomoki Sugawa, Tadashi Haibara*, Makoto Tsubokawa and Yoji Kurusu

NTT Access Network Service Systems Laboratories

1-7-1 Hanabatake, Tsukuba, Ibaraki, 305-0805 Japan

*NTT Information Sharing Laboratory Group

*3-9-11 Midori-cho, Musashino, Tokyo, 180-8585 Japan

ションのお動向を考える上で重要である。すでに日本では1996年よりCS (Communication Satellite) 放送においてデジタル放送が開始されていて、地上波のデジタル化についても、2003年に開始予定である^[4]。放送がデジタル化されると、例えばMPEG2の圧縮画像データでは6 Mbps程度の広帯域性が必要となり、HDTV (High-Definition Television) ではさらに数倍の帯域が要求される。xDSL (x Digital Subscriber Line) や ATM-PDS (Passive Double Star) 方式で想定されている帯域はピーク値で1~30 Mbpsであるため本格的なHDTV映像を通すにはやや不足である。従って、放送系による動画像については、当面は共存状態にある衛星やCATV、地上波により配信され続けるものと思われる。しかし、放送系でないデジタル映像やデジタル音声配信、VOD (Video on Demand) やTV会議のようなアプリケーションでは利便性に優れたインターネットが利用される可能性が大きい。特定のユーザ間やグループ間といった閉域通信や双方向アプリケーションでは、このような高速イントラネットアクセスに品質保証が加わるサービスが利用されると考えられる。また、オンラインショッピングにみられるようなユーザの認証やセキュリティ保証などを含め、今後インターネットは、サービスのインテリジェント化が加速していくと考えられる。

2-1 アクセス網の高度化

アクセス網はLANや公衆網のコア網と比較して広帯域化が遅れていたが、最近ではFTTH (新光アクセスシステム、ATM-PDS等)、xDSL、CATVケーブルモデム等の有効な手段によりユーザが広帯域サービスを楽しめる環境が整ってきた。xDSLはヨーロッパや北米を中心として発展している。地中に埋設されている既存の加入者線を有効利用したい、という考え方に対しては有効な解決手段である。但し、xDSLはISDN回線の干渉を受ける場合があるため、伝送可能距離や速度に制約が生じることが明らかにされている^[5]。

CATV用ケーブルモデムは、CATV回線が既に敷かれている地域では有効である。CATVは映像伝送用に作られているため速い速度まで対応できる長所がある反面、機器コストのため現状のままでは双方向のデータ伝送に対応が難しいという短所もある。また、CATVは通常バスターミナルを用いて配線されるため、放送型のマルチキャストは容易だが、帯域共有に起因する伝送容量制限があるという短所もある。将来の拡張性に不安を有するが、都市型CATV等、すでにネットワークインフラを有する都市型エリアでは有効な技術の一つと言える。

FTTHは最も拡張性を有するアクセス網である。STM-PDS (Synchronous Transfer Mode Passive Double Star) 方式やATM-PDS方式等の低コスト化に向けたシステムの開発が精力的に進められ、コストの課題を解決しようとしている。電話サービス向けの光化手段としてNTTの新光アクセスシステムがあり^[6]、数Mbps以上の高速伝送にはFTTHが必須である。今後、多様なサービスを多重した伝送を行うことにより経済化が進み、普及が進展すると考えられている。

2-2 HNW装置

プロトコルの点からは、図1に示すウィングラスモデルのように、広域網への接続はIPプロトコルが使用されると予想されるが、その上位と下位に何が使われるかは非常に多くの選択肢があり現時点で絞り込むことは容易ではない。

次世代のセットトップボックスおよびホームゲートウェイは、将来のアクセス網に対するIPプロトコルのゲートウェイとしての役割のみならず、デジタル化されたTV放送の受信器としての役割も果たすと考えられる。HNWに再配信する機能も付随する。また、データのキャッシュ機能、番組の予約機能、宅内無線リンク装置の基地局としての機能やプロトコル変換を行う等のホームサーバ機能が内包されると考えられる。

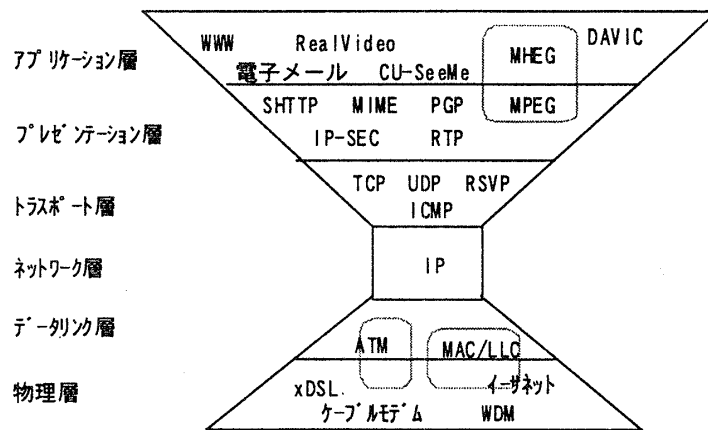


図1 ネットワークプロトコルのワイングラスモデル

2-3 宅内データリンク技術

宅内データリンクの選択は、ケーブルや伝送機器等のインフラを容易に置き換えることができないため、極めて重要な問題である。転送の対象となるデータは映像系、音声系、文書データ、制御データと予想されるが、伝送速度やリアルタイム性確保に対する要求条件はそれぞれ異なる。最も厳しいのはHDTVの画像データ転送であるが、MPEG2を用いてデジタル圧縮画像を転送する場合でも帯域は15~30 Mbpsが必要であり、リアルタイム性を保証しなくてはならない。宅内で同時に2~3チャンネルのHDTV番組が視聴されると仮定すればデータリンクには100 Mbps程度のリアルタイムデータの伝送能力が要求される。このような高速伝送をサポートし、かつリアルタイム性を保証できるHNWの protocols としてはIEEE1394が考えられる。一方、IPプロトコルであれば、ギガビット・イーサネットも候補にあげられる。また、IEEE1394上でIPをサポートするIP over 1394も検討されている。表1にIEEE1394とギガビット・イーサネットの比較を示す。

表1 IEEE1394とギガビット・イーサネットの比較

	長所	短所
IEEE1394	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム性を保証 Plug & Playをサポート 	<ul style="list-style-type: none"> 機器インターフェースプロトコルが複雑 ハズレセットがかかると全てのノードに影響有り 伝送距離が1ケーブル4.5m (S100, S200)
ギガビット・イーサネット	<ul style="list-style-type: none"> 全てのノードは同格 既存のMAC/LLC、TCP/IP使用可 10/100BASEイーサとの上位互換、共存可能 	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム性を保証せず ポート単価が高い PAM5はノイズに弱い

以上より、既存のIP系資産からの接続性を優先し、データ系中心のLANを構成する場合には、ギガビット・イーサネットも有力な候補と言える。但し、映像系機器等、多様なインターフェースが混在する家庭内環境では、IEEE1394に一日の長があると考えられる。

2-4 宅内配線システム

HNWに適した伝送媒体については、HNWのデータリンク方式の選択によって異なる。ここでは、IEEE1394もしくはギガビット・イーサネットを前提として考察する。IEEE1394ではメタルツイストペアを用いるが、伝送距離が1ホップ4.5 mと短いため部屋間リンクとして延長するためには、中継リピータを挿入する必要がある、煩雑である。従って、P1394bにて検討されているように、部屋間伝送が可能なPOF/GOFまたはベータモード転送で利用されるUTPが候補になると考えられる¹⁷⁾。

一方、ギガビット・イーサネットの場合は、カテゴリ6ケーブルやカテゴリ7ケーブルを布設することになると考えられる。

無線方式を使ったネットワークもソリューションの一つである。無線方式では数百Mbpsの高速伝送が難しいためHNWの幹線部分で使用されることは少ないと思われるが、短距離のリンク、特にBluetooth[®]やHomeRF[®]等の無線リンクを搭載した携帯端末が近い将来市場に出ると予測されているため、それほど広い帯域を必要としない携帯型の情報機器と、パソコン(PC)やホームゲートウェイ(HGW)、セットトップボックス(STB)との間の接続手段としての利用が期待される。

HNWを構築する際に、使用する媒体の選択は非常に重要である。いま仮に一種類のケーブルに通信や放送サービスを統合化し、配線を集約するとした場合、将来提供されるデジタルHDTV画像を伝送可能な帯域を有する媒体を選択しなくてはならない。また、伝送可能なチャンネル数は、チューナを配備する位置に関係する。図2にTVチューナを置く場所による配線状況の違いについて示す。

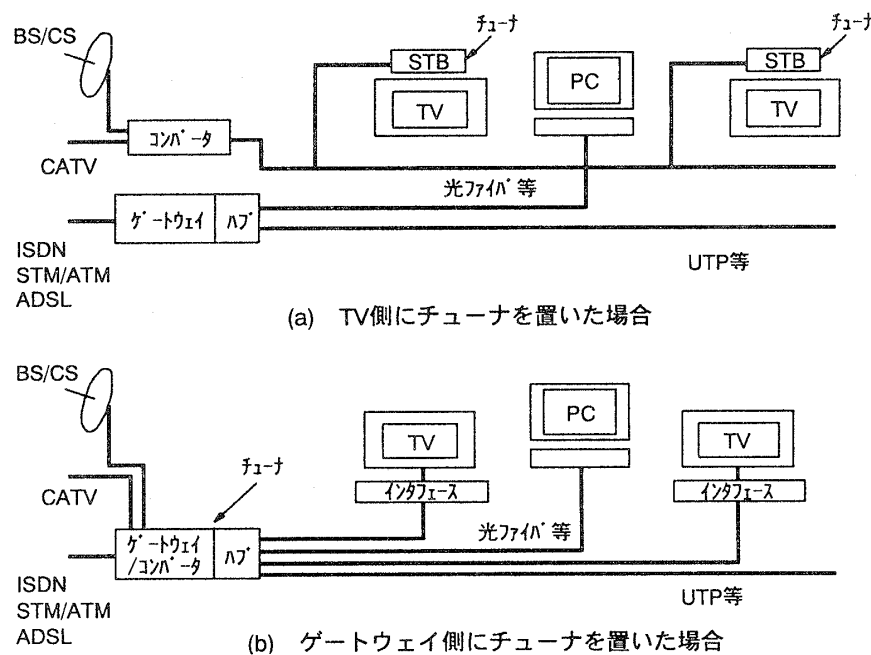


図2 TVチューナの配置場所の差による配線状況の違い

図2(a)に示すように、それぞれのテレビ受像器のすぐ近くにTVチューナを置くならば、HNWには全てのチャンネルを伝送しなくてはならない。仮に将来100チャンネル程度の多チャンネルが提供されるとすると、既存のLANやシリアルバスの技術での対応はもはや不可能である。よって、配線を集約するならば、100チャンネルのデジタルHDTV画像伝送を前提とすると、チューナを宅内側ネットワークの入口に置かざるを得ない。そこで、図2(b)のようにHNWの入口にチューナを置く配置を考える。宅内において、デジタルHDTV

画像を同時に最大4チャンネル視聴可能であるとする、デジタルHDTV1チャンネル当たりの伝送帯域を30 Mbpsとすれば、4チャンネルでは120 Mbpsとなる。従って、他のサービスも含めて必要な帯域としては200 Mbps程度で十分であると考えられる。さらに、従来放送で提供されていたコンテンツの受信形態としてVOD的な形態が増えると予想されることから、HNWの入口側にチューナを置く方が現実的である。

このような高速な伝送速度に対応可能な媒体としてはガラス光ファイバがある。しかし、端末側や伝送機器類にレーザ光源や光電変換装置の搭載が必要であるためコスト的に見て短所はある。また、ガラス光ファイバに比べて大口径のコアを有し、構造が柔軟で安価なLED (Light Emission Diode) を使用できるプラスチック光ファイバも選択肢としてあるが、接続の容易さと破断時の安全性を除くと伝送距離や伝送速度においてガラス光ファイバに対する目立った優位性はない。

メタル線については、光電変換回路が不要であるためコスト的に光ファイバより有利である。また、100 Mbps程度の伝送速度であれば伝送可能である。メタル線の中では同軸ケーブルよりUTPが、コネクタ価格や接続の容易さ、断面積、布設性の容易さ等から有利である。さらに10BASE/100BASE等の既存システムとの互換性もある。しかし、UTPは放射雑音が問題であり、シールド付き構造等の検討も必要である。

配線方式については、バス配線方式とスター配線方式とが考えられる。図3にバス配線方式とスター配線方式による違いを示す。バス配線方式では、情報コンセントでリピータにより延長していく形態であるが、線材の総延長が短くて済むかわりに、故障時の原因特定がしづらいこと、リピータへの電源供給が必要になること等の問題点がある。一方、スター配線方式では、線材を各部屋へ布設することから、必要とする線材は多くなるが、故障の特定はし易いことが特徴である。線材の値段は機器に比べて圧倒的に安価なため、スター配線が望ましいと言える。

HNWのデータリンクは、リアルタイムを保証し高速データ転送にも有利なIEEE1394と、既存システムとの互換性に優れたギガビット・イーサネットが候補にあげられる。

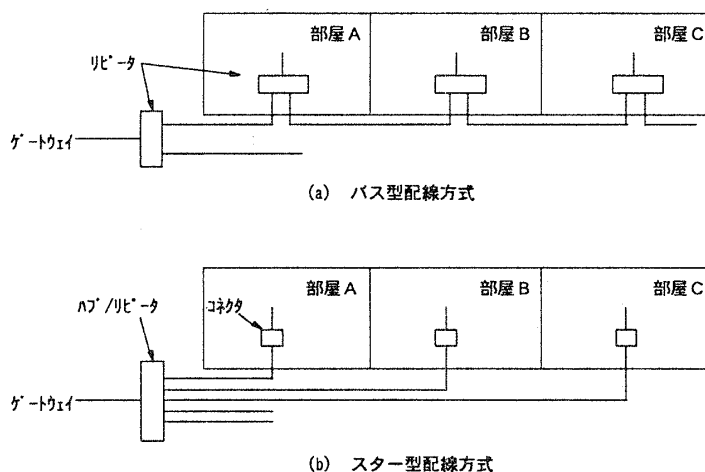


図3 バス配線方式とスター配線方式の違い

3. HNWの進展

現状のHNWでは、電灯線、電話線、テレビ映像/音声の通る同軸ケーブル、テレビとビデオやオーディオ装置間をつなぐピンケーブルやS端子ケーブル、パソコンのシリアル/パラレル/マウス/キーボードケーブルなど、それぞれの目的に応じた様々な種類のケーブルが使用されている。

ユーザは既存のサービスを捨てることは望まず、古いシステムに徐々に変更を加える形で新たなシステム

へ移行すると考えられる。そこで、HNWが形成され、進化していき、前節で提案したアーキテクチャに収束していくためには段階を踏んだHNWの進化を想定することが必要となる。

図4にHNWの進展における各ステージのモデルを示す。第1ステージ(1999~2001年)では、図4(a)に示すように、最初にHNWに影響を与えると考えられるものは、インターネットの高速化と常時接続化である。現状では、家庭からのインターネット接続のほとんどがダイヤルアップ接続によるものであり、アクセス回線の速度も32~64 kbpsが主流である。この構成では、動画データのスムーズに流すにはかなり厳しく、主に電子メールやWWW等の静的情報のアクセスに使用される。しかし、ケーブルモデムやADSLによって動画アプリケーションの普及に拍車がかかると考えられる。

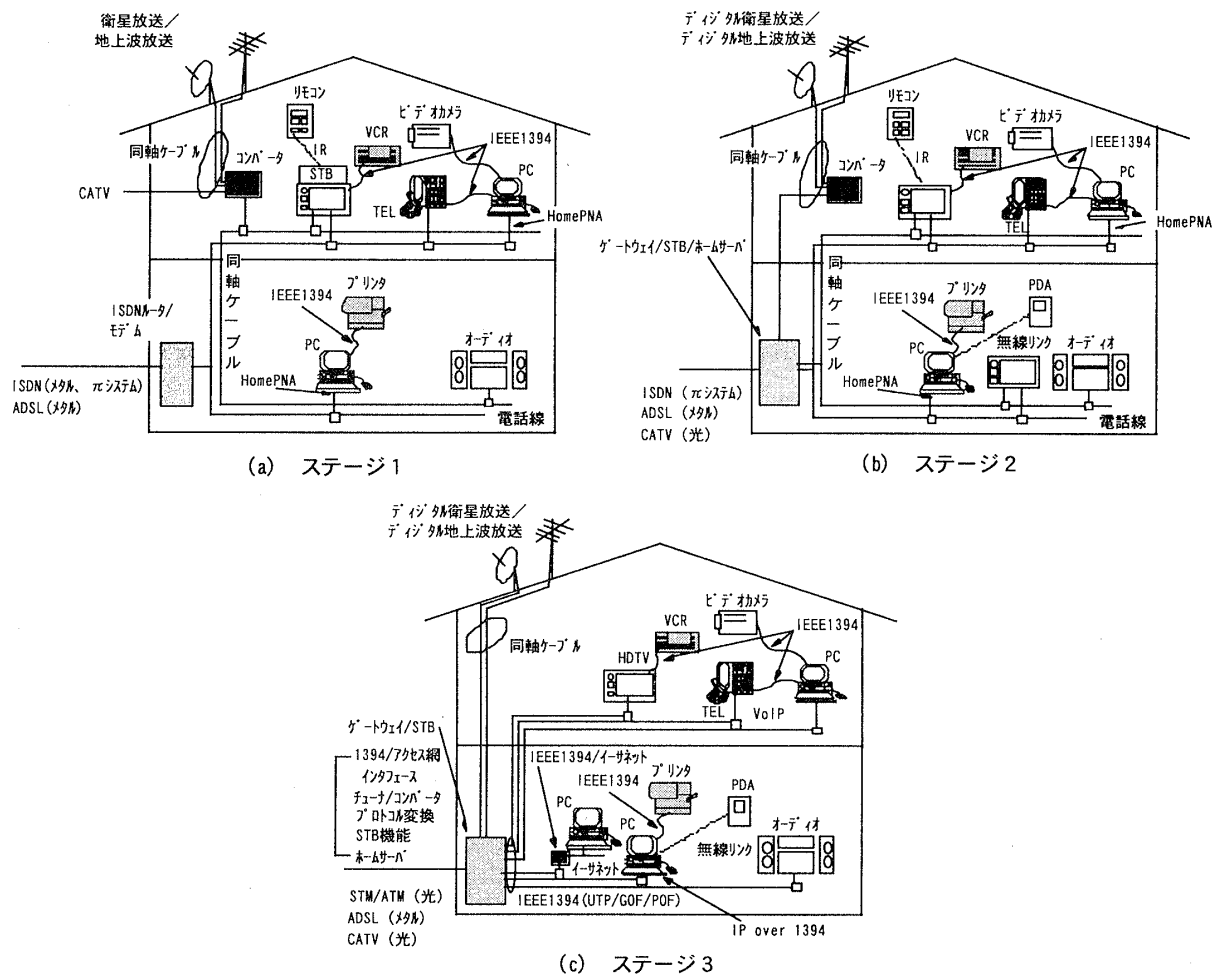


図4 HNWの進展

インターネットの利便性拡大は、家庭内にもネットワークを構築するモチベーションとなり得る。但し、布設費用の点から考えてUTPケーブルを布設するユーザはあまり多くないと予想される。より現実的な形態は既存の電話線を用いたLANや無線LANであり、このステージではHomePNA^[10]やHomeRF等が導入される可能性がある。

機器間インタフェースとしては、ハードディスクやカムコーダとパソコンとの接続など、広帯域を必要とする部分にはIEEE1394が徐々に普及すると考えられる。また、広帯域を必要としない低速の機器間接続はBluetooth、HomeRF等の無線ショートリンクが使用され始めると考えられる。

2002～2004年にかけての第2ステージ開始のモチベーションは放送のデジタル化である。第2ステージのHNWイメージを図4(b)に示す。

放送のデジタル化はCSでは既に開始されているが、2000年頃にBS放送もデジタルへ移行する計画が進められている。また、地上波のデジタル化も2010年までには行われる予定で準備が進められており、CATVのデジタル化も進展している。2002～2004年にはデジタル技術を利用した映像配信チャンネルがかなり増加していると予想される。

従って、このような大量のデータを選択するためのチューナ/セットトップボックスが大きな市場となっている可能性が高い。画像がデジタルで配信されるということは、画像データの加工や検索、複写等を容易にするための処理を行うホームサーバの機能も、セットトップボックス、ゲートウェイの中に含まれる可能性がある。

一方、キーボードやリモコン、携帯電話、PDA(Personal Data Assistants)等、可搬性のある装置とその他の装置、あるいは、可搬性のある装置同士の接続はかなりの部分がBluetoothやHomeRF等の無線リンクに置き換わっていると思われる。

第2ステージでは、放送系のネットワークと通信系のネットワークは独自に発達していくと考えられる。その後、FTTH等によるアクセス回線の高速化により、インターネット上でのVODやTV会議等の広帯域動画サービスが一般に使われ始める。このような状況では、放送と通信とを区別する意味が失われるようになり、従来独自に発達してきた放送系と通信系のネットワークは、よりシンプルでかつ相互接続が可能な構成に統合されていくと考えられる。統合される先はIEEE1394やギガビット・イーサネットを基幹としたHNWである。

ここで注意しなければならないのは、IEEE1394やギガビット・イーサネット機器のコストが下がらず、これらの普及が遅れた場合は、第2ステージの状態がかなり長い時間にわたって継続することである。ユーザが既存のHNWへの新規の投資をあまり望まない場合も同様である。このような第2ステージが長く継続する場合には、映像ネットワークとして従来の同軸ケーブルを再利用もしくは布設し、デジタル対応のセットトップボックスだけを新たに導入する可能性がある。既存のアプリケーションを前提に考えた場合、通信系のネットワークではHomePNA等の高速で既存の電話線をできるだけ長く使いつづけ、HomePNAが確保する10 Mbps程度のデータ転送がユーザニーズを満たす可能性もある。しかし、WANやLANのネットワークの高速化は急速に進んでおり、高速ネットワークを利用した新しいキラーアプリケーションの登場は、近年の技術進歩の度合いを考えるとそう遠い未来ではないと考えられる。従って、図4(c)に示す第3ステージの実現可能性は高いと考えられる。以上のHNWの進展における各ステージの特徴を表2にまとめた。

表2 HNWの進展における各ステージの特徴

	第1ステージ	第2ステージ	第3ステージ
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ADSL、ケーブルモデムによるインターネットアクセスの高速化 ・HomePNA等による家庭内LANの導入 ・IEEE1394の機器間インタフェースとして普及 	<ul style="list-style-type: none"> ・デジタルセットトップボックスの普及 ・ホームサーバの黎明 ・無線ショートリンクの普及 	<ul style="list-style-type: none"> ・IEEE1394、ギガビット・イーサネットによるホームネットワーク

4. 残された課題

前述のようなHNWの実現に際しては、次のような課題を解決していく必要がある。

- ①多様なサービスの特性に合わせるためのサービスQoS保証の問題
- ②配線やネットワーク機器の低コスト化
- ③セキュリティ
- ④ベースプロトコルに関する標準化とマルチベンダ環境でのインターオペラビリティ
- ⑤広帯域アプリケーション
- ⑥多チャンネル多重放送の取り扱い
- ⑦使い易いユーザインタフェースやホームインタフェースの提供

5. まとめ

国内外での文献調査、各種委員会、デファクト標準組織の動向調査等を通じて、将来のHNWアーキテクチャについて基本的モデルを構築した。

将来、宅内で流通するであろう映像・動画等のコンテンツを扱い、外部の公衆網とストレスフリーに接続するためには、一つのソリューションとして、プロトコルはIEEE1394、媒体は光ファイバをスター配線した光ネットワークがあげられる。このネットワークでは、数百Mbpsの信号処理が可能となり、オールデジタル化された通信と放送に基づく各種サービスを享受することができる。

一方、本ネットワーク実現のための様々な課題については、積極的に解決していく必要があること、サービスが高度になるほど、より上位レイヤの課題解決が必要になることを示した。

[参考文献]

- [1] <http://www.mpt.go.jp/pressrelease/japanese/tsusin/980629j503.html>.
- [2] <http://www.iaj.or.jp/isoc-jp/indexj.html>.
- [3] 日経コミュニケーション, No.286, 1999.1.18.
- [4] <http://www.mpt.go.jp/policyreports/japanese/papers/98wp3-4-1.html>.
- [5] <http://www.ntt.co.jp/xdsl/>.
- [6] 渡辺隆市, 玉木規夫, “光加入者系 (FTTH) 実現への道”, 信学会誌, Vol.82, No.3, pp.213-217, 1999.
- [7] <ftp://ftp.zayante.com/p1394b/drafts>.
- [8] <http://www.bluetooth.com/>.
- [9] <http://www.homerf.org/>.
- [10] <http://www.homepna.org/>.