ホームバスシステム (HBS) の提案と モデルハウスにおける実験

浜 辺 隆 二[†], 正会員 村 田 正^{††}
正会員 滑 川 敏 彦^{††}

あらまし ホームバスシステム (HBS) についての新たな標準化案を提案し、あわせて本標準化案の有効性を検証したモデルハウス実験について示す。この標準化案は、以前に提案した案 (KEC-HBS-Ver. 1.1) を基に、ベースバンドにおいては、機器相互の互換性と拡張性の点について、また、ブロードバンドの周波数配列においては、ほぼ全面的に新たな仕様を決定したものである。システム性能に大きな影響を与えるベースバンド制御用 LSI および情報コンセントについて、開発した性能仕様を示した。最後に、モデルハウス実験について、その実験システムおよび満足する結果が得られた実験項目を示し、本標準化案の有効性を述べている。

1. ま え が き

エレクトロニクスと通信制御技術の急速な進歩によってもたらされる近未来の情報化社会に対応したホームオートメーション (Home Automation: HA) の実現が予測されている。家庭内の種々のエレクトロニクス機器を有機的に結合し、豊かなホームライフを実現するには、ホームバスシステム (Home Bus System: HBS) の標準化が不可欠で、この件に関する研究が、日本、ヨーロッパ、米国で活発に進められている。

ヨーロッパにおいては、ホームバスとしてペア線を用いるフィリップス社 (オランダ) の D²B (Domestic Digital Bus) 案¹⁾やホームバスシステムとしてフランスのテレビのリモコンを中心とした SIDAV (System for Interconnection of Dynamic Audio Video) 案²⁾、米国においては、パワーラインを中心とした EIA (Electronic Industries Association) の標準化活動が知られている³⁾。また、日本においては、1 同軸のみによる関西電子工業振興センタ (KEC) を中心とした研究グループの KEC-HBS (Ver. 1.1) 標準化案⁴⁾、および最大 2 同軸 4 ペア線による郵政省案⁵⁾、NTT の HAN (Home Area Network) 案⁶⁾が発表されてい

る。

本論文は、KEC-HBS (Ver. 1.1) 標準化案に基づいて、再検討を行い、モデルハウス実験によって検証された新たな標準化案 Ver. 1.2 として提案するもので、あわせてその有効性を検証したモデルハウス実験について報告する。

2. KEC-HBS とは

KEC-HBS 方式は、ホームバスの導入対象を 1 戸建住宅とし、伝送媒体は同軸ケーブル 1 本で、情報の使用周波数帯域を図 1 のように分けて周波数分割多重方式で伝送する方式である。図 1 において、ベースバンドは主として制御情報の双方向伝送、また、ブロードバンドは主として高速データとアナログ情報および画像情報の伝送に使用する。

本方式の特徴は、

- (1) 配線が同軸ケーブル 1 本でよいため、工事的、保守性、経済性に富む。
- (2) 既存のホーム共聴システムがホームバスとして応用できる。
- (3) トポロジーはバス形式で、接続機器が互いに独立な分散処理システムであるので集中制御する

図 1 バンド アロケーション
Band allocation.

[†] 福岡工業大学工学部通信工学科

^{††} 大阪大学工学部通信工学科

"A Revised New Proposal for a Home Bus System (HBS) and Its Experimental Model" by Ryuji Hamabe (Faculty of Engineering, Fukuoka Institute of Technology, Fukuoka), Masashi Murata and Toshihiko Namekawa (Faculty of Engineering, Osaka University, Suita)

ホームコントローラは必ずしも必要ではない。

(4) 接続機器の最低のインタフェース条件を標準化して LSI 化し、インタフェースの小型化、低廉化が可能である。

などで、以上は KEC-HBS のすべてのバージョンに共通な概念である。

ホームバスの標準化案として高い評価を得ている方式として D²B 方式と HAN 方式が知られている。前者は、伝送媒体はペア線を用い、主として AV 機器を対象としているがテレビ信号等の高周波信号が扱えない。しかし、ペア線を多対使用することにより変復調器が不要であることから安価なシステムを構成できる。後者は、伝送媒体は最大 2 同軸 4 ペア線とし、これらの複数のバスを集中管理するバスコントローラが必要である。1 同軸は周波数分割多重方式で使用し、他の同軸は将来の衛星放送、高品位テレビ、PCM 放送に適応させ、また、4 ペア線は電話系端末や電源重畳等に対応させる予定である。

提案方式は、1 同軸のみでほとんどの情報を充分カバーし、電話系の情報は、将来ゲートウェイを開発してバス上に多重化し、また、電源重畳等はサブバスの範囲で吸収することを考えており、両者の中間に位置する方式と考えられる。

3. KEC-HBS 標準化案 Ver. 1.2 の提案

筆者らは、HA に関する研究を 1981 年より開始し、最も基本となる仕様 HBS-Ver. 1.0 を 1983 年 2 月に、また、ベースバンド制御用 LSI の試作と実験を経て仕様の変更を行った HBS-Ver. 1.1 を 1983 年 9 月に発表した。その後、多くの参加メーカを得て、1984 年 4 月よりモデルハウスを構築して提案方式の有効性を検証するため、サービスの面から 4 つのグループ(①家庭情報、②家事管理、③セキュリティ、④ AV (Audio-Visual))に分けて、さらに Ver. 1.1 の見直しと、より詳細な検討を行った。その結果、Ver. 1.1 に比して、ベースバンドにおいては機器の拡張性と互換性、また、ブロードバンドにおいては実験結果に基づく周波数配列の変更等の、より良い標準化案が得られた。

3.1 ベースバンド仕様

モデルハウス実験において各社機器間の互換性を実現するため、既存するほとんどの機器に対して各社共通の機器アドレスの割り付け、および制御コマンドとオペランドの体系を規定した。これに伴い端末数の拡張および新たなパケット形式の規定の必要性が生じた。Ver. 1.2 のベースバンド諸元を図 2 に示す。新たな

項目	諸元
1 伝送媒体	同軸ケーブル
2 端末数	255 (拡張可)
3 最大ケーブル長	200 m
4 トポロジー	バス
5 伝送速度	9600 bit/sec
6 伝送レベル	0~5 ボルト
7 伝送波形	NRZ
8 バスドライブ	不平衡、オープンコレクタ
9 パリティ	偶パリティ
10 伝送論理	正論理
11	<p>バイト形式</p> <p>5V 0V</p> <p>スタートビット ストップビット</p> <p>CSMA/CD</p>
12	制御手順
13	<p>パケット形式</p> <p>(a) データパケット: CW の 4 ビット目が 0 のとき</p> <p>SA: ソースアドレス (1~2 バイト) DA: デスティネーションアドレス (1~2 バイト) CW: コントロールワード (1~2 バイト)</p> <p>D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7</p> <p>バージョンアップ No.</p> <p>0: CW の拡張なし 1: CW の拡張あり</p> <p>0: ACK/NAK なし 1: ACK/NAK あり</p> <p>BC: バイトカウント (1 バイト) DATA: 256 バイト以内 FCC: フレームチェックコード (1 バイト)</p> <p>(b) コマンドパケット: CW の 4 ビット目が 1 のとき</p> <p>SA DA CW BC HD CMD1 OP1 CMDn OPn FCC</p> <p>CMD: コマンド OP: オペランド</p> <p>第 1 制御コマンド 第 n 制御コマンド</p>
14	パケット優先
15	エラー検出

図 2 ベースバンド諸元
・ Base-band specifications.

な仕様は、端末数とパケット形式である。機器アドレスの割り付け法を図 3 に示す。サービスの面から前述の 4 グループごとに 4 分割し、各グループ内使用機器は割り当て内アドレスを使用することとした。その結果、Ver. 1.1 の最大端末数 255 台では不足であることが判明し、各グループ内の 1 つのアドレス(図 3 の③)を拡張用に割り当て、さらに 256 台まで拡張可能となるようにした。また、一斉同報(図 3 の①)の他にグループ同報(図 3 の②)を設けた。したがって、最大論理端末数は、

$$256 - 9 + 256 \times 4 = 1271 (\text{台})$$

であり、将来出現する機器にも充分対応できる余裕が得られた。なお、アドレス表示は、上位 2 ビットで各グループのバスの優先権を設定した (00 が最優先) ため、リバース HEX 表示である (図 3 参照)。

パケット形式は、端末の増大に伴ない図のように SA, DA, CW を 1 バイト拡張可能とした。新たなコ

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	①															
1																
2																
3														②③		
4																
5																
6																
7														②③		
8																
9																
A																
B														②③		
C																
D																
E																
F														②③		

- (注1) ① 一斉同報
② グループ同報
③ アドレス拡張コード
- (注2) アドレスはリバース HEX 表示
(LSB～MSB を逆に読む)
ex.10000101→85H (通常の HEX 表示)
A1H (リバース HEX 表示)
- (注3) セキュリティー例 01H 10000000
家事管理例 41H 10000010
家庭情報例 81H 10000001
AV 例 C1H 10000011
アドレス優先ビット

図3 機器アドレスの割り付け法
Allocation of device address.

図4 周波数アロケーション
Frequency allocation.

マンドパケットは、CW の4ビット目でデータパケットと区別し、データ部の第1バイト目をヘッダ、これに続く255バイト以内のコマンドとオペランドの対

(またはコマンドのみ)の情報で連続した制御を行うことができる。ここで、ヘッダが00Hのとき各社共通のコマンド、01Hのとき状態返送コード、80H～FFHのときはメーカ独自コマンド(登録制)とし、その他は未定である。

3.2 ブロードバンド仕様

ブロードバンドの周波数配列を決めるに当たって、各地(6地区)の電界強度を測定した。その結果、環境雑音の高い市民バンド27MHz帯、アマチュア無線50～54MHzおよびテレビ中間周波数54～60MHzの近傍を避けた。また、Ver.1.1では、12～42MHzにR、G、B信号の伝送を規定したが、各信号に最低8～16MHzの追加帯域幅が必要であることから除去し、この付近をch. SUB1、ch. SUB2とした。Ver.1.2における情報の種類と周波数配列を図4に示す。なお、情報の方向性は、広帯域を充分カバーできる双方向用分岐・分配器が現存しないことから、250MHz以下の周波数範囲内で双方向可能とした。

4. 提案方式の技術上の問題点とその解決手段

提案方式における技術的問題点は、

(1) ベースバンドにおける伝送制御方式(プロトコル)の統一と、各機器に共通のインタフェースLSIの開発

(2) 高性能な情報コンセントの開発

(3) ブロードバンドにおける安価な変復調器の開発

(4) ヘッドエンド方式による衛星放送、CATVのホームバスへの取込み方法

である。モデルハウス実験では、(3)の変復調器および(4)の衛星放送(SHF1GHzをUHF13ch.ヘッダコンパート)は現行技術で、また、CATVは、テレビアンテナとの切替え利用を前提としており、(3)、(4)は共にHAの普及に伴って将来的に解決される問題であることから省略し、ここでは(1)、(2)について述べる。

4.1 ベースバンド制御用インタフェースLSI

インタフェースは、インタフェースLSIとトランシーバから成り、OSI(Open System Interconnection)モデルの下位2層をサポートする。

開発したLSIは、図2のベースバンド仕様を満足するプロトコルを備えるもので、ワンチップマイコンZ8によるセミカスタムLSIである。種々の応用機器に対応できるよう、表1に示す3種の動作モードが選択可能である。写真1に外観を示す。

4.2 情報コンセント

写真 1 インタフェース LSI
Interface LSI.

表 1 動作モード
Action mode.

動作モード	インタフェース法	データサイズ	用 途
通信 モジュール 1	パラレル ハンドシ ェイク	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内部 RAM モード時 Tx, Rx 共 40 バイト ・ 外部 RAM モード時 Tx 256 バイト Rx 256 バイト ×2 	8255 等の PPI およびワンチップマイコンとのインタフェース
通信 モジュール 2	DMA	<ul style="list-style-type: none"> ・ ホストから任意指定 Tx 256 バイト Rx 256 バイト ×<i>n</i> 	パソコン等の汎用システムとのインタフェース
通信 モジュール 3	I/O ポート	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内部 RAM モードのみ Tx, Rx 共 40 バイト 	直接ポートを介してのデータの出入力

↑ ↑

ペースバンドコンセント (RCAピンジャック型)	ブロードバンドコンセント (F型)
-----------------------------	----------------------

写真 2 情報コンセント
Information outlet.

情報コンセントは、ホームバス上の情報の出入口でシステム性能に直接影響を与える重要な機器で、以下の要求仕様を満足する物である。

- (1) テレビ共聴システムをホームバスとして使用する
ため直列ユニットと同一形状とする。
- (2) 双方向伝送が可能である。
- (3) 同一電気性能の情報コンセントでホームバス

表 2 情報コンセントの電氣的仕様
Electric specification of information outlet.

	特性 周波数	搜入損失	結合損失	逆結合 損 失	VSWR
ブロード バンド コンセント	DC～ペー スバンド	導 通	非導通	非導通	—
	10～250 MHz	2.0 dB 以下	13 dB 以下	13 dB 以下	1.5 以下
	470～770 MHz	2.0 dB 以下	13 dB 以下	13 dB 以下	1.6 以下
ペー ス バ ン ド コ ン セ ン ト	DC～ペー スバンド	導 通	導 通	導 通	—
	10～250 MHz	2.0 dB 以下	—	—	1.5 以下
	470～770 MHz	2.0 dB 以下	—	—	1.6 以下

システムを構成する．このとき，情報コンセントの双方向性の要求から結合損失，逆結合損失は等しくなるよう設計する．損入損失を 2 dB 以下とする．

- (4) ベースバンドとブロードバンドの短絡防止機構、相互干渉防止機構および誤接続防止機構を備える。

開発された情報コンセントの外観を写真2に、電気的仕様を表2に示す。

5. モデルハウス実験

ホームバスのシステム性能を規定するうえで重要なものとして次の2つが考えられる。

- (1) 機器相互の互換性およびシステムの拡張性を持ったものであること。
- (2) 各種の情報に、相互干渉することなく対応できるシステムであること。

これらについて、提案方式の有効性を検討するため、アプリケーションの面から4つのシステムグループに分けて実験を行った。

5.1 実験システムについて

モデルハウス (3 LDK) を 2 戸 (1 戸は新築, 他は既築住宅) 構築し, 各々に同じシステムを敷設し, 2 種の実験, 検証を行った. HBS のトポロジーは, FM, VHF, UHF, 衛星放送, CATV などの AV 情報を, 家庭用ヘッドエンドを経てホームバス上に分配する分岐・分配方式とした. この要求仕様は, 信頼性, 品質の面 (伝送損失) からブロードバンドでは 1 分配につきコンセント数を 4 または 5 個接続できることを目標として最大 16 個とし, ケーブル長は分配器から最長 50 m とする. また, ベースバンドにおいては, 伝送

図 5 AV システム
AV system.

表 3 各システムグループの実験内容
Experiments of each system group.

	目 的	実 験 装 置	検 証 項 目
家庭情報	家庭内情報の管理, 全端末機器のモニタと制御, システムの互換性	ホームコンピュータ	全端末の状態監視, 表示および制御
		パソコン	ホームコンピュータ付属のホームファイルと多量のデータ伝送
		ホームプリンタ	全端末からの必要データをプリント出力
家事管理	快適性, 利便性 省エネルギー性 サブシステムとの互換性	エアコン(4台)	制御コマンド体系の適合性
		エアコン集中コントローラ	ホームコンピュータとの連係動作
		バーナコントローラ	同上および制御コマンド体系の適合性
セキュリティ	防犯, 防災システム, 照明システムの制御 サブシステムとの互換性	各種アナログセンサ	制御コマンド体系の適合性
		サブステーション	メインステーションとの連係動作, 制御
		メインステーション	ホームコンピュータとの連係動作
		照明コントローラ	同上および制御コマンド体系の適合性
A V	ベースバンド, ブロードバンドの双方向多重通信による通信性能と相互干渉	赤外線 AV リモコン	全 AV 機器のモニタと制御
		玄関カメラ	制御と変調信号送信(テレビモニタへ)
		インターホン	双方向同時通信
		ビデオプリンタ	テレビ, カメラ信号等のハードコピー
		テレビ, テレテキスト	AV 多重伝送
		衛星放送	ヘッドエンドからの再送信
		VTR, VD, CD	パッケージメディアの再生

損失はほとんど無視できるのでコンセント数は特に規制せず, ケーブル長を分配器から 100 m とし, 伝送距離を 200 m 以内とする. モデルハウスは 1 戸建 2 階屋なので 4 分配器を使用し, 2 分配ずつ階下と階上

に分ける. システムのブロック図を AV システムを例にして図 5 に示す. IF は各機器に組込まれた LSI で, ベースバンドコンセントを経て AV 双方向コマンドで制御される. なお, 解決すべき技術的問題のひ

とつである変復調器は、市販のFM変調器を流用した。また、衛星放送はUHF 13chヘダウンコンバートし、テレビ信号はアンテナ信号を入力し、切り替え利用によるCATV信号は未実験である。

5.2 実験結果

敷設されたケーブル総長は約100m、コンセント数はブロードバンドが16個、ベースバンドが約30個である。家庭情報、家事管理、セキュリティ、AVの各システムごとに行った実験内容を表3に示す。家庭情報、家事管理、セキュリティは、主として各社の機器相互の互換性、すなわち制御コマンド体系およびインタフェースLSIの通信制御機能の検証を行った。また、AVは、主としてブロードバンドの多重伝送における相互干渉、情報コンセント性能、ベースバンド信号のブロードバンド信号への影響についてシステム(図5)の総合評価を行った。約6カ月間のモデルハウス実験の最終結果では、ベースバンドでの機器個々の操作性、高速性、制御コマンド体系の整備等の必要性はあるが、機器相互の互換性において良好な結果を得た。また、ブロードバンドの多重伝送においても、相互干渉することなく、一般に施工されているホーム共聴と同等の品質を有しており、視覚、聴覚上満足する結果が得られ、本提案方式の有効性が検証された。

6. む す び

本標準化案は、数度の実験によって検証されて発展して来た実用性の高い経済的なHAシステムである。今回のモデルハウス実験で、表3に示す多くの実験内容について良好な結果が得られ、提案方式の有効性が

検証された。この標準化案Ver. 1.2は、HBS研究会が現在までに標準化できるサービス情報として取り扱って来た範囲における最終的な案である。

残された重要な課題は、電話系からの外部情報の取り込みであるが、現時点では現行法上の問題点から標準化案としては取り扱わず、将来はサブバンドの高速デジタルデータ領域への多重化を考えている。

以上の研究は、KEC加入16社によって合意したものである。終りに、本研究に対して御指導いただいた故東京大学教授 宮川洋博士および多大の御助力をいただいたKEC事務局長 木村成一氏に深謝します。

なお、本研究の一部は、通産省自転車振興会の補助金によるものである。

(昭和60年9月11日受付、昭和60年12月18日再受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) "D²B Specification", Mullard Limited, Publication, No. 62833801 (1984)
- 2) "French Homes to Get Their Own Data Bus", Electronics, pp. 81-82 (May 5, 1981)
- 3) "ホームオートメーションの将来展望", 機械振興, 18, 4 (Apr., 1985)
- 4) M. Murata, T. Namekawa, R. Hamabe: "A Proposal for Standardization of Home Bus System for Home Automation", IEEE Trans., CE-29, 4, pp. 524-530 (Nov., 1983)
- 5) 村田, 滑川: "HBS (ホームバスシステム) について", 電気学会システム制御委員会資料, SC-83-41, pp. 39-47 (Sep., 1983)
- 6) "ホームバスシステムの開発調査研究, 中間報告書", (財)電波技術協会ホームバスシステム開発調査委員会 (Mar., 1985)
- 7) 岸本, 山本: "家庭内情報通信ネットワークコントローラの必要性と具備機能", 信学総全大, S 16-2 (1984)