

無線と有線による相互補完ネットワーク の校舎への適応

邊見和幸[†] 遊佐直樹^{††} 藤原俊弥[†] 峰野博史^{††} 山田園裕[†]

我々は家庭家屋用に開発した“相互補完ネットワーク”を、それより広く大きい大学校舎への適応を試み実用の可能性のある通信方式を得た。相互補完ネットワークは無線と有線により構成されている

Adaptation a school building of the mutual complement network

Kazuyuki henmi[†] Naoki Yusa^{††}, Toshiya Hujiwara[†], Hiroshi Mineno^{††},
Kunihiro Yamada[†]

東海大学専門職大学院 組込み技術研究科 Professional graduated School of
Embedded Tokai University[†], 静岡大学 Naoki Yusa[†]

We propose a mutually complementary network, developed for residences, to a larger university school building, resulting in practical, realizable communication. The mutually complementary network consists of wireless and wired network

1. はじめに

家庭における安全、エネルギー消費抑制制御と家庭内生活の利便性の向上を図ることを目的としている[2]。安全としては、防犯はもとより防災も含む。防災としては1995年1月17日の阪神淡路大震災や2004年12月26日のスマトラ島沖大地震による津波からも、各家庭のネットワークがセンサと警報として働き、地域の緊急ネットワークを構成する。家庭内においても図1のように温水器、インターホン、セキュリティ、インターネット、デジタル TV などのネットワークが幾つも存在するが全て独立している。そこで、これら個別のネットワークと無線と有線による相互補完ネットワークは「軽いゲーティング」結ぶことによる。「軽いゲーティング」とは全ての情報の受

け渡しでなく、そのネットワークが緊急状態に有るかどうかが、また反対に無線と有線による相互補完ネットワーク内が緊急状態であることを伝えることを言う。この場合その地域の多くの家庭がこのネットワークを使っていることが重要である。これらは家庭以外の建物にも同様な意味を持つ。

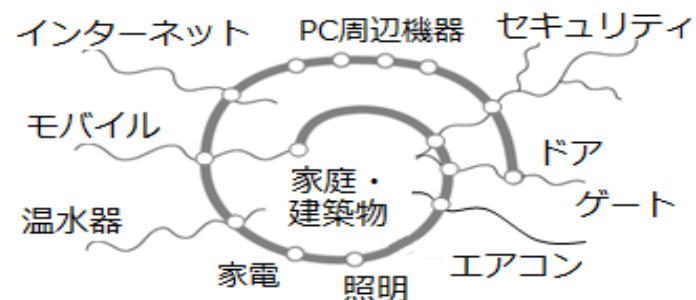


図1.家庭や校舎における無線と有線による相互補完ネットワークの適応

2. 無線と有線による相互補完ネットワーク

無線と有線による相互補完ネットワークは2つの特性が異なる通信を同時に併用するため、それらが単独で使う場合と比べて通信性能は大幅向上する。このネットワークは図2に示すように、AからBへデータを送信する場合、無線通信(Zig-bee)と有線通信(PLC)は常に同時に同じデータ送る。同じくAからCへデータを送信する場合も同様である。(出展追加3)

通信性能が向上する具体的な説明として、200平米の3階鉄筋コンクリート住宅での評価例を示す。無線通信には Zig-bee を有線通信には PLC を用い、この住宅でのこれらの単独の通信性能は無線通信80.0%と有線通信72.8%であった。同時に行われる2つの通信がお互いの独立であるなら論理的な通信性能は子の場合94.56%になる。ところが、実際の評価では、さらに良い100%の性能を得ている。すなわち、測定したどの2点間の通信も少なくとも、無線通信か有線通信ができていた[1]。また、これらの端子の価格は2つの通信機能を1つのモジュールにした場合は、1つの通信機能に比べ2倍は掛からず半導体技術により1.5倍から今後限りなく1に近づく予測している。

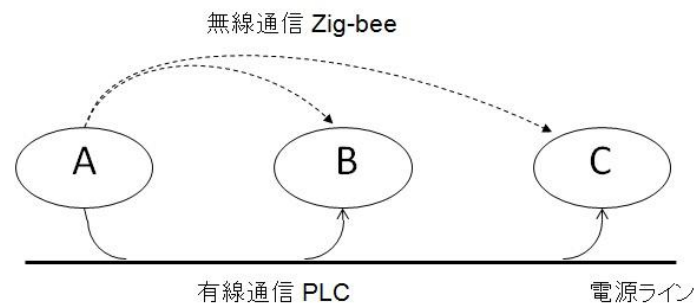


図2. 常に無線通信と有線通信が同時に実行される

3. 校舎への相互補完ネットワークの適応

3.1 直接通信方式の校舎への適合

直接通信方式とは、目的の端子に対して通信を行うが、もし、通信が出来なくとも他の端子を経由したりせず終了する。家庭で100%の通信性能を得ている”無線と有線による相互補完ネットワーク“の直接通信方式は、校舎では十分な通信性能は出せない[5]。それは無線では各教室や研究室と廊下の仕切りが厚い鉄筋コンクリートなどでできているからであり、有線PLCでは電源線がトランスから300mと長く、また途中2~3ヶ所で枝別れしているこれらが、無線と有線の通信性能を著しく低下させている。

評価対象である校舎(東海大学湘南校舎9号館)における直接通信方式での通信性能を、実測と計算より求める。この校舎は後に示す図7の地上4階地下1階5365平米鉄筋コンクリートの建物である。評価対象である校舎の4階フロアを図3に示す。そこでの直接通信方式で通信可能な部分を通信可能区分と名付け図3に楕円の破線で表している。これは後述する実験評価を反映させた通信性能推定の為のモデルである。それは、それぞれ4つの端子を含ませている。この通信可能区分が無線通信と有線通信により通信が出来る領域であり、この通信可能区分の重なりが通信路受継ぎを実現可能にする。これを基にこの校舎の通信性能を算出する。

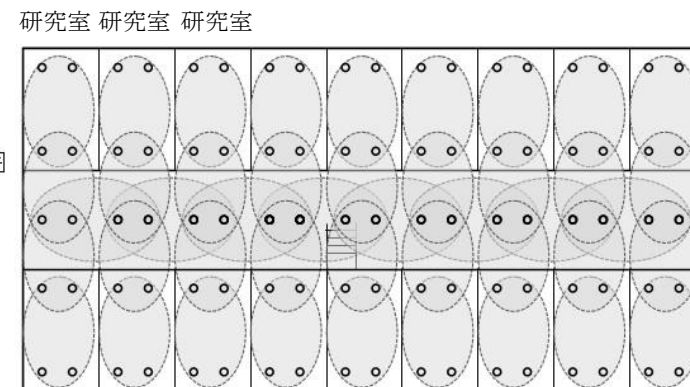


図3.校舎上面図

この1つのフロアには18の研究室と廊下を持ち、44の通信可能区分より構成されている。また、1フロアの端子は90で通信経路数は8010である。5フロアすなわち校舎全体では端子は450で通信経路の総数は202050になる。通信可能区分内の端子間通信は通信可能であるが、通信経路区分の端子間外は通信ができない。1972が通信経路区分内の端子間通信であり、通信経路の総数の202050から通信性能が算出され1.0%の値を得る。この性能ではこの校舎のネットワークとしては使えない。

3.2 簡易通信路受継ぎ方式の校舎への適合

簡易通信路受継ぎ方式は目的の端子への通信を試みてもし通信できない場合は他のノードを経由し、通信ができるまで他のノードを経由する方式である。図4に簡易通信路受継ぎ方式を示す。この場合、端子 A より端子 B にデータを転送しようとしているが、端子 A から端子 B には通信不能となる。そうすると端子 A より端子 C にデータが送られ、そして、端子 C より端子 B にデータが送られる。そして端子 A から端子 B へのデータ転送が完了する。この方式をコンピュータでシミュレーションを実施した

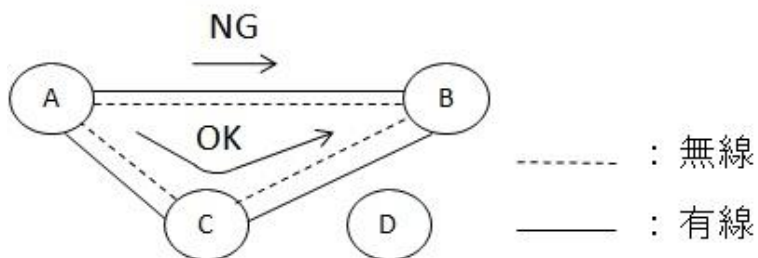


図4. 簡易通信路受継ぎ方式

順に端子を増やしていった時の端子数とルーティング回数の関係を図5に示す。同じくルート総数の関係を図6に示す。端子が10で受継ぎ回数の最大が24で平均が18となり、その時のルート総数は1000万に達する。450端子(ノード)をシミュレーションするつもりが10端子で計算時間が3昼夜になり、この段階で簡易通信路受継ぎ方式のみでの通信は今回断念した。シミュレーションプログラムの高速化は別の機会にする。

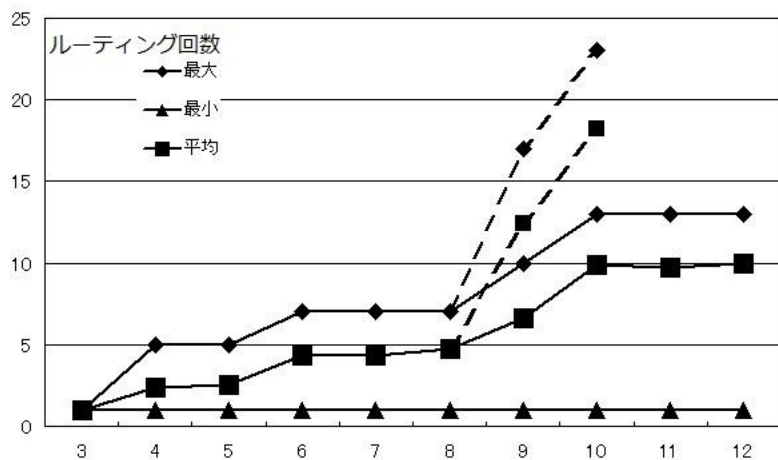


図5. 簡易通信路受継ぎ方式による端子数とルーティング回数

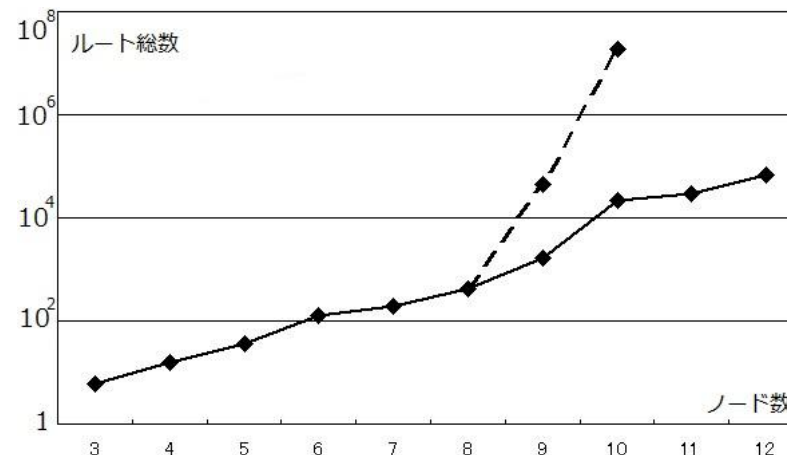


図6. 簡易通信路受継ぎ方式端子数とルート数

4. 複合通信路方式

1つの固定した通信方式を全てに適応することは受継ぎの経路探索や学習機能による経路記憶などで端子の機能規模が大きくなる。端子の機能規模が大きくなると困るのはコストが高くなるからである。そこで1000円を切り500円を下回る価格が必要であり(筆者は可能と考えている)、それは極力小さいモジュールであり、それは Zig-Bee 部、PLC 部、マイクロプロセッサと電源部の4つより構成される [1]。具体的には100平米以下の多くの部屋では簡易通信路受継ぎ通信方式を用いる。また、長い通路では端子固定受継ぎ方式を用いて通信させる。この通信方式を「無線と有線による相互補完ネットワークの複合通信路方式」と名付けた。

複合通信路方式を今回の評価対象校舎で実行させた場合の想定通信経路を図.7にしめす。図3の詳細図によると、4階の教室から地下1階の教室まで最長15の通信可能区分を通り16回の受継ぎ通信を行う。先ず部屋の中では簡易通信路受継ぎ通信方式で通信を実行させる。次に通路と部屋の通信は目的の部屋に通ずる通路に部屋出入端子と名付けた端子が設定され、部屋のなかには部屋代表端子と名付けられた端子が設定され、これら2つの端子が通

路と部屋を結ぶことになる。後に実験評価で得た通路と部屋の通信性能を示すが、校舎の中で一番通信性能が悪く対策が難しいのがこの部分である。部屋出入端子は通路に設けられている電源コンセントか照明具を活用する必要がある。

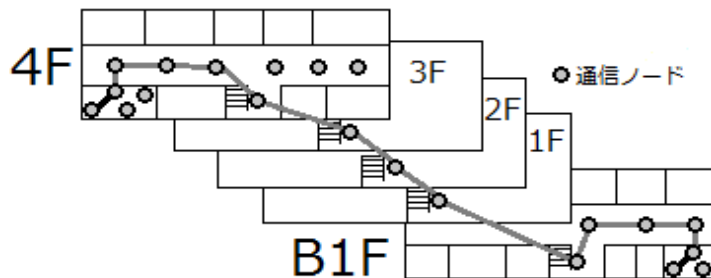


図7. 複合通信路方式 4階の部屋から地下一階の部屋に通信するときの経路

この校舎での通信方法を図8に纏めることができる。情報荷札は転送されるべきデータと荷札よりなり、荷札とは目的端子番地、制限時間値やデータ長などである。端子は荷札を読みそのデータを荷札に示されている目的端子番地まで転送する。また、複合通信路方式における、信路受継ぎ通信方式の動作決定方法を表1に示す。

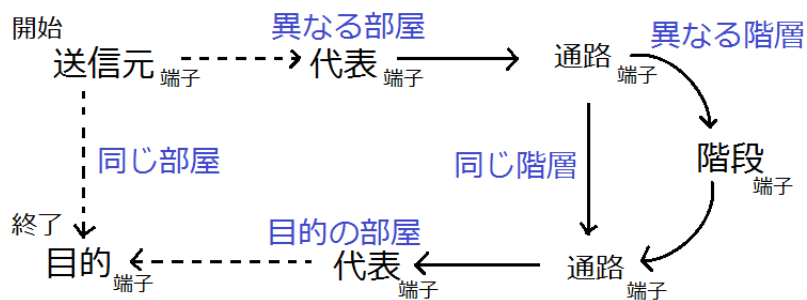


図8.通信手順 破線矢印は簡易通信路受継ぎ通信方式、実線矢印は端子固定受継ぎ方式を示す

表1. 信路受継ぎ通信方式の動作決定方法。送信元が K 階 L 番、送信先が N 階 M 番

N - K	M - L	動作
正	正、負、0	階段へ
負	正、負、0	階段へ
0	正	K階 L+1番へ
	負	K階 L-1番へ
	0	目的地に到達

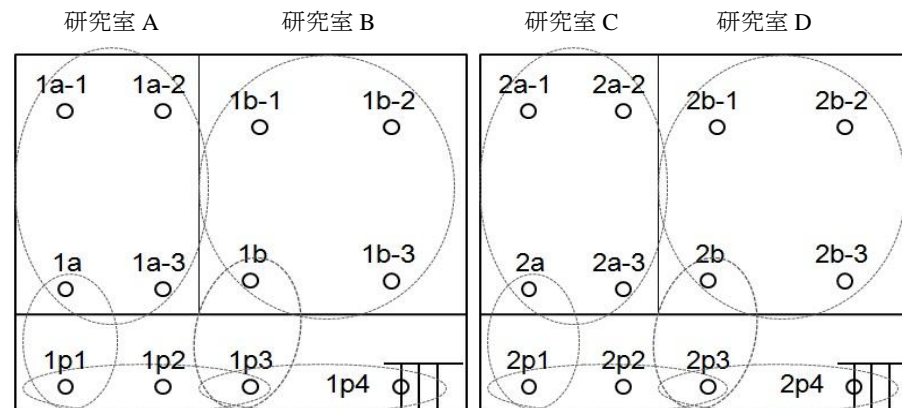


図9. 複合通信路方式の転送例

表2.研究室間の通信時に経由するノードの表

送信先 送信元	1a	1b	2a	2b
1a	直接通信	1a→1p1→1p3→1b	1a→1p1→1p3→1p4 →2p4→2p3→2p1→2a	1a→1p1→1p3→1p4 →2p4→2p3→2b
1b	1b→1p3→1p1→1a	直接通信	1b→1p3→1p4→2p4 →2p3→2p1→2a	1b→1p3→1p4 →2p4→2p3→2b
2a	2a→2p1→2p3→2b4 →1p4→1p3→1p1→1a	2a→2p1→2p3→2p4 →1p4→1p3→1b	直接通信	2a→2p1→2p3→2b
2b	2b→2p3→2p4→1p4 →1p3→1p1→1a	2b→2p3→2p4 →1p4→1p3→1b	2b→2p3→2p1→2a	直接通信

表3. 階を跨ぐ通信の端子移動回数

送信先 送信元	B1F	1F	2F	3F	4F
B1F	9	11	12	13	14
1F	11	9	11	12	13
2F	12	11	9	11	12
3F	13	12	11	9	11
4F	14	13	12	11	9

複合通路方式の具体的な通信の処理を図.9の例を用いて示す。部屋 A の1a-1の端子から部屋 C の2a-2の端子へと通信を行う場合、出発端子の1a-1はまず同じ通信可能範囲に2a-2が存在するかを確認する。この場合では、異なる通信可能範囲のため、部屋代表端子へと情報荷札が転送される。部屋代表端子は目的端子の位置情報を付加し、通路端子の1p1へと転送する。1p1では、動作決定方法に従い階段へと情報荷札の転送を行う。その際、階段へ行くための経路情報に従い1p2へと情報荷札の転送を行う。1p2でも同様な処理が行われ、階段端子である1p3を経由して二階の階段端子である2p3へと情報荷札を転送する。2p3端子では、動作決定方法に従い2p2へ転送し、2p2でも同様な処理が行われ2p1へと情報荷札が転送される。2p1では通信可能範囲内に目的の部屋があるため、その部屋の部屋代表端子2aへと転送される。2aでは、付加されていた位置情報を削除し、目的端子2a-2へと情報荷札を転送することで、通信が行われる。このときの受継ぎは、1a1→1a→1p1→1p2→1p3→2p3→2p2→2p1

→2a→2a2となり9回で通信ができていくことになる。これら4つの部屋からお互いの通信の端子移動を表2に示す。また、階を跨ぐ通信の端子移動回数を表3に示す。

4. 評価実験

以上の設計のように、今回の通信方式では、通信可能範囲の重なりを利用して通信を実現している。通信性能の評価は通路—通路、通路—部屋で測定結果を図9に示す。有線は同相で同じ枝でないとは通信は難しいが、それだけ分かり易い。無線の通路—通路の通信性能は20m程度離れていても高い。実際の端子間は5m前後であるため、十分な通信性能を得ることがわかる。部屋—通路の性能は部屋から通路へでて5mまでの範囲であることが確認できた。これは金属やコンクリートでなくとも無線の減衰が大きくなることによる。60mの通路での評価では30mで減衰し50mで再び上る。2.4GH の電波の反射が有効であるようだ。また、それは屋外の評価で5mしか届かないことでも明らかである。

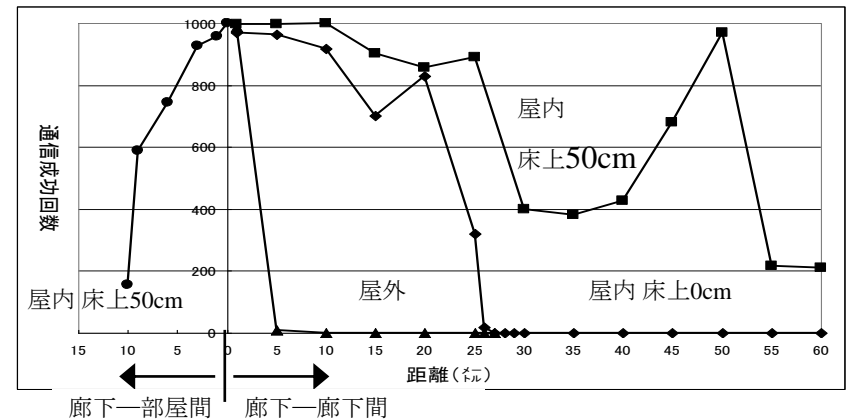


図9.Zig-beeでの通信実験結果

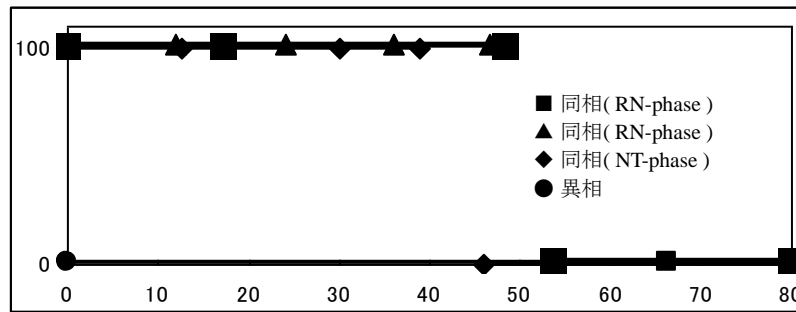


図10.PLCでの通信実験結果

次に、PLCによる距離別の測定結果を図10に示す。測定では、二箇所のコンセントに端子を設置し、その間での通信性能を測定した。距離は、コンセント間の直線距離を示している。測定結果のデータが45m から50m 近辺で途切れているのは、測定するためのコンセントがなかったためである。この結果から、電源層が異なる場合は距離が近くても通信ができず、電源層が同一の通信であっても距離が50mを越す場合、通信できないことがわかった。

5. 結論

我々は家庭家屋用に開発した「無線と有線による相互補完ネットワーク」を、それより広く大きい大学校舎への適応を試み実用の可能性のある通信方式を得、それを「無線と有線による相互補完ネットワーク・複合通信路方式」と名付けた。この方式は各々の通信可能区分の通信方法を予め定義することができる新たな方式である。この定義は状況に合わせて変化しても良い。これによりネットワーク全体における幾つかの通信環境に合致した通信方法で通信ができる。これにより、通信性能の向上と通信の端末の製造コスト削減が実現できる可能性を持つ。これらの研究はコンピュータシミュレーションや個別の通信性能評価に基きもので、今後複合通信路方式の論理シミュレーションと実際の駆動評価を合わせ実施推進する必要がある。それと校舎や家庭家屋での電気機器との具体的なネットワーク接合や他のネットワークとの軽いゲーティングの検討も必要である。

参考文献

- [1] Kunihiro Yamada, etc. "Dual Communication System Using Wired and Wireless Correspondence in Small Space," KES2004, Springer LNAI3214, pp. 898-904, 2004
- [2] Kunihiro Yamada, etc. "Home-Network of a Mutually Complementary Communication System by Wired and Wireless," KES2006, Springer Part III LNAI4253, pp. 189-196, 2006
- [3] Kunihiro Yamada, Kouji Yoshida, etc. "New System Structuring Method That Adapts to Technological Progress of Semiconductors", KES2009, Springer Part II, LNAI5712, pp.773-781, 2009
- [4] 渡部大樹 山田罔裕 “有線と無線の相互補完ネットワーク 50周年記念(72回)全国大会 東京大学 2010.3.8-12 pp.3-313 – 314
- [5] Naoki Yusa,etc. "Development and evaluation of a routing simulator for a Complementary Communication System by Wired and Wireless,Wireless",IWIN2010(2010.9.13-15)
- [6] 木村翔 古村高 山田罔裕,etc “有線と無線の相互補完ネットワークの小規模ビルへの適用”