

# 有線と無線の相互補完ネットワークにおける ルートシミュレーション (Route simulation in mutually complementary network between wired and wireless)

渡部 大樹

東海大学情報理工学部ソフトウェア開発工学科

山田 圀裕

東海大学専門職大学院組込み技術研究科

Daiki Watabe

TOKAI University School of Information Science  
and Technology, Department of Embedded  
Technology

Kunihiro Yamada

TOKAI University Professional Graduate School,  
Embedded Technology

## 1. はじめに

本研究は小規模ビルや校舎等に有線と無線の相互補完ネットワークの適用を図るための研究であり、今回行ったシミュレーションの結果、いくつかの工夫をする事でこの有線と無線の相互補完ネットワークシステムを小規模なビル等に適用可能であることを見出せた。

このネットワークシステムは有線通信と無線通信の 2 つの特性の異なる通信方式を相互に利用し、ネットワーク全体の通信性能の向上を図るものである。有線通信としては家庭内やビル内に配された電灯線を利用する。これは通信情報を電灯線に搬送信号として重畳する方式の PLC (Power Line Communication) を利用、無線通信には小型で低消費電力な Zigbee (IEEE802.15.4) を用いる。[1][2]

これまで行った実証実験より、家庭家屋内において PLC の単体通信成功率は 70%、Zigbee の単体通信成功率は 80%ほどで、これらを組み合わせた有線と無線の相互補完ネットワークシステムを適用した際の通信成功率は理論値では 94%であったが実測結果として 100%の通信性能を獲得した。

この相互補完ネットワークを導入する最大の目的は導入時のコストの削減にある。有線 PLC 装置は既存の電灯線を利用する事で大掛かりな LAN 回線を導入する際の時間的・金銭的成本を削減出来、無線の Zigbee 装置で最小限のアクセスポイントを設ける事で大量に通信機器を導入する無駄を省く事が出来る。この相互補完ネットワークを導入する際に必要とされるのが、どの場所で通信できて、どの場所で通信できないのかという事を把握するための手法である。今回の研究で考えた 1 つの手法が「ルーティングシミュレータ」である。

## 2. 通信の問題点と補完方法

家庭内においては高い通信成功率を実現できる相互補完ネットワークだが、小規模ビル内におい

ては無線でも有線でも通信できない場合があった。

有線通信での接続不能原因として考えられるものとして幹線の距離の問題が考えられる。家庭内では電灯線 (幹線) の距離は長くても数十メートルであるが、小規模ビルでは数百メートルに及ぶ。距離が長いと信号の劣化や減衰、外部からのノイズの影響を受ける事が多くなる。また、幹線自体の構造にも原因があり、電灯線を通信に利用する特性上、電力設備の分電盤やトランスを介することになる。幾重にも枝分かれした幹線経路を通る際、接続元と接続先が同一の回線 (幹線) でない場合がある (異層間通信)。層が違うと送信元ノードは送信先のノードを見失い、2 点間の通信は確立出来なくなる。

無線通信で接続不能になる原因とされるものの 1 つは床面積の違いである。家庭内においては広くても 200 m<sup>2</sup>程であるが、ビルとなればその床面積はその 10 倍を超える面積を持つ事もある。それだけ広い面積となると、無線通信機器の通信可能範囲を超え、フロア内での通信が不可能になる。もう 1 つの原因として、ビルや校舎では家庭家屋と違い鉄製の扉や窓、硬質なコンクリート壁、オフィス機器等の通信電波を遮断するものや干渉する物が数多く存在、設置されているため通信性能が低下、あるいは通信不能となることが考えられる。

これらの問題を解決し相互補完ネットワークシステムをビル等の建物に適用するには、PLC のノードを通信機器を使用する箇所に設置し、PLC の通信状況が良くない箇所での通信には Zigbee 機器を導入し、PLC の通信を中継、経由させ通信性能を補う。また、逆に Zigbee での通信性能が低い箇所では PLC 機器によって通信をすることで相互に通信を補完しあう方法のネットワークを構築する事とした。

3. ルートシミュレーションのアルゴリズム

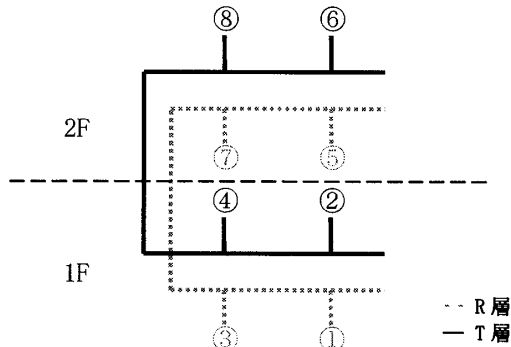


Fig.1 全ノード構成

通信性能を確保するため、PLC、Zigbee どちらの 2 点間の通信が不能であった場合、いくつかの中継ノードを経由する方法を検討した。

今回の前提条件として 2 階建ての 1 戸立ての家屋、2 点間で通信する際ルーティングを行う幹線ノードは、電源の R 層、N 層の 2 つの層、各フロアの各層に 2 つずつの計 8 ノードを持つものをモデルとした (Fig. 1)。各ノードには PLC、Zigbee の両機器が搭載されているものとする。2 点間の通信の可否条件について、PLC での有線通信の場合は同層であれば通信可能、異層間では通信出来ないものとし、無線通信の Zigbee の場合は、同階では通信可能で、階が異なる場合には通信不可とした。今回は通信可能であれば成功率は 100%、不能であれば 0%とした。各ノード間の通信可否を次の Table. 1 に示す。

Table. 1 2 点ノード間通信可否表 [%]

	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8
Node1	-	100	100	100	100	0	100	0
Node2	100	-	100	100	0	100	0	100
Node3	100	100	-	100	100	0	100	0
Node4	100	100	100	-	0	100	0	100
Node5	100	0	100	0	-	100	100	100
Node6	0	100	0	100	100	-	100	100
Node7	100	0	100	0	100	100	-	100
Node8	0	100	0	100	100	100	100	-

-の部分 は送受信とも同一ノードの為考慮しない

4. シミュレータのアルゴリズム

上記の Table. 1 示した通信不可 (数値が 0) の部分での通信を可能にするのが相互補完の目的である。相互補完ネットワークでは送信元のノードから通信先のノードへは無線・有線のどちらの経路を経由してもかまわないものとする。

通信不能であれば他のノードを経由して目的のノードへ到達させる「ルーティングシミュレータ」のアルゴリズムを次の Fig. 2 で示す。シミュレータは C 言語で実現する事とし、プログラムのアルゴリズムを考えた。

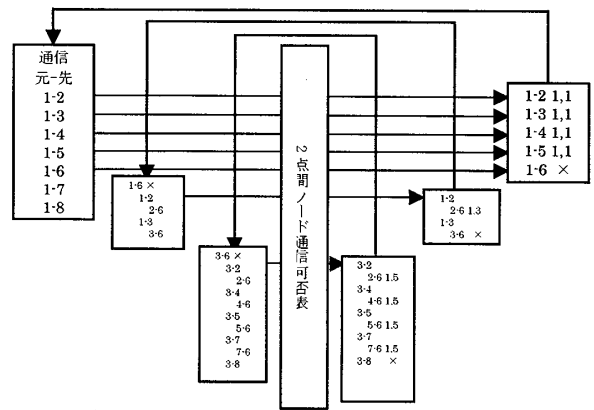


Fig.2 シミュレータアルゴリズム

まず、送信元と送信先のノードを指定する。これをルーティング情報とする。ルーティング情報は Table. 1 で示した 2 点ノード間通信可否表を参照し、通信可能ならば送信元、送信先の情報を持ったテーブルを作成し、ルーティングにかかったルート数、ルーティング回数の情報を保持する。2 点間通信可否表を参照したときに通信不可だった場合、他のノードを経由するアルゴリズムを用いる。このアルゴリズムとは、ノードを順番に当たっていく方式で、1234... というように順番に他のノードを経由し目的のノードにルーティング情報を到達させるものである。ルーティング情報の流れ (通信可否結果) を随時テーブル作成することで全体の流れを分かりやすいものとし、テーブル作成によって何段階にも拡張可能となる。

5. 今後の展開

これまで行ってきた実験で、相互補完ネットワークの有用性は十分に確認できた。本研究では実際に導入するにあたっての課題を解消するための手段を探る上で一つの手法を導いたに過ぎない。システムを導入する際に使用するこのシミュレータの実現によって相互補完ネットワークシステムの有効性が把握できれば、このネットワークシステムを導入する本来の目的である「コストの削減」の意義を提案する上で非常に重要なファクターになり得ると考えている。まだ骨組み部分を組み上げた段階であるこの研究を、より具体的に構築していくことで、このネットワークシステムの有用性を多くの人々、分野に提供・提案する事ができるようにしたいと考えている。

参考文献

[1] M16C/6S (2007. 9. 25)  
[http://documentation.renesas.com/jpn/products/mpumcu/rjj03B004\\_m16c6sds.pdf](http://documentation.renesas.com/jpn/products/mpumcu/rjj03B004_m16c6sds.pdf)  
 [2] Zigbee Alliance (2007/9/25)  
<http://www.zigbee.org>