

## 高知県吾川村における村立施設 LAN の構築と運用について

## --- 赤外線 LAN 接続による Backbone 構築 ---

片岡幸人  
高知大学大学院 (高知県吾川村)

菊地時夫  
高知大学理学部

## 概要

近年、インターネット技術の普及から各地方においても情報化の推進がうたわれている。しかし、情報化の中核になる基幹施設等を接続するようなバックボーンの整備は、小規模地方公共団体においては各障害要因によりほとんど実現されていないのが現状である。

本論文では、高知県中山間過疎地域に位置する吾川村に構築された、赤外線ビル間接続による各施設の LAN を結んだ地域バックボーンの運用、及び性能評価結果について述べる。また今後バックボーン上でのインターネット及び高知県情報スパークハイウェイへの接続、住民に提供できるネットワーク環境等の問題点についても言及する。

## Public institution LAN construction and implementation in Agawa village Kochi

## — Infrared LAN backbone —

Yukihito Kataoka  
Graduate, Kochi University.(Agawa village Kochi.)

Tokio Kikuchi  
Faculty of Science Kochi University.

## Abstract

Recently, people in local administration areas are promoted to become information-oriented with the aid of internet technology. Nevertheless, establishing electronic networks in small local government is hardly realized because of various obstacles in installing the network backbone between the public institutions.

In this paper, we discuss about implementations and performance measurements of Agawa Village Backbone which consist of infrared connection between LANs in public buildings. We further discuss the problems in connecting with the Internet and with Kochi Prefectural Information Highway, and those in providing network services to the local residents.

## 1. はじめに

高知県をはじめ過疎地域においては人口の減少が問題となっており、雇用・産業の創設が課題となっている。この中で情報基盤の整備によって空間的格差がなくなるという議論があり、地方における情報化の推進がうたわれている。しかし、人口密度の低い過疎地域においては投資に見合う効果をあげることは難しく、このことがかえって地域間格差を拡大させる可能性さえもはらんでいる。

高知県吾川村 (人口約 3,500 人、高齢化率 35%

以上) は四国山地の山々に囲まれた典型的な中山間過疎地域である。県庁所在地の高知市からは国道 33 号線で約 40km 離れている。公共交通機関は 1 日 3 往復の村営バスのみで、高齢者等の移動手段に事欠く状況である。そのような面で、情報ネットワーク網の整備、インターネット等の接続による公共サービスの促進、産業活性化を期待している。しかし、高知県下のほとんどのインフラが高知市周辺に集中し、大容量の通信インフラ整備には非常に厳しい条件にある。このような状況下

にある吾川村の中心、大崎地区の役場・公民館・小学校・中学校の4つの村立施設を赤外線ビル間接続により接続する backbone を構築し、性能評価試験等を行ったので報告する。

あわせて、「吾川村ネットワーク」のインターネットへの接続や、村民に提供できるネットワーク接続環境といった諸問題の展望についても言及する。

## 2. バックボーン構築

### 2.1 障害要因

今回のバックボーン構築には以下の障害要因が存在した。

#### (1) 施設の位置

図1にバックボーンで接続される予定の吾川村大崎地区における公共施設間の構成を示す。バックボーンで接続される施設間には、国道、民家等障害になるものが多い。また最長の小学校、中学校間は約291mの距離がある。

#### (2) インフラ整備の遅れ

現在この吾川村大崎地区には大容量のNTT専用線導入の例がなく、1.5Mbpsクラス専用線の導入までに時間を要する。また、最近サービスが開始された安価なNTTデジタルアクセス1500のサービス開始時期も未定である。

#### (3) 財政規模

吾川村の'97年度予算が約34億円であり、財政方針からバックボーン維持にかける事ができる費用は実質その1/2000以下である。

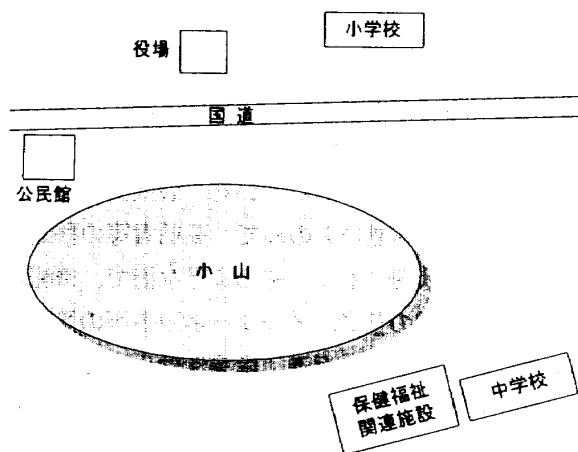


図1 吾川村大崎地区施設構成図

### 2.2 性能目標

以上の障害要因を考慮して、性能的には以下をクリアする事を目標にした。

#### (1) 2Mbps以上データ転送能力

バックボーン上で最低2Mbps以上データ転送能力を実現する。

#### (2) 通常時の安定性

地震災害、時間雨量30ミリを超える集中豪雨、大雪以外での安定稼働する性能。

#### (3) コストの低減

許認可、調整、通信料等の維持コストを押さえる。

これらの障害要因、性能目標をふまえ、バックボーンのビル間接続部分に無線LANを導入する事にした。

### 2.3 無線LANの選択

無線LANには、現在日本の電波法下で実用されているもので主に19GHz帯以下の無線、赤外線の2つに大別される。但し19GHz帯無線は免許申請が必要であり、今回のバックボーン採用対象外にした。今回の対象となったのは以下の2点である。

#### (1) 2.4GHz帯スペクトル拡散無線ブリッジ

伝送速度最大2Mbps（実測値は約25m範囲で1.6Mbps）、通信範囲はアンテナが互いに見える距離で約180m~1000m。

#### (2) 赤外線ビル間接続リピータ

伝送速度最大10Mbps、通信許容水平角度1~1.5°、距離約500m。 [1], [2]

接続間の距離、行政情報の性質、データ転送能力を考慮して約500m間を接続できる赤外線ビル間接続リピータを採用した。

### 2.4 バックボーン構築

今回採用した赤外線ビル間LAN装置 FiRLANは、IEEE802.3 CSMA/CDのプロトコルを採用している。最長距離150mのET340を公民館:役場間、役場:小学校間に、最長距離380mのET350を小学校:中学校間に用いた。バックボーン構築を図2に示す。FiRLAN以外の部分では、役場、小学校内部は10Base2、中学校、保健福祉関係施設は10Base5にて横断する。公民館から保健福祉関係

施設までのバックボーンの総延長は約 1Km (内、無線延長 480m) である。

途中、パケット整調、バックボーン拡張用に、小学校 10Base2 の終端と中学校に向きに設置した Firlan 間にストア&フォワード方式スイッチング HUB (SW-HUB)、リピータを設置した。公民館、役場、保健福祉関連施設にはルータを配し、かつルータから直結する HUB には SW-HUB を配した。ただ、小学校、中学校は現在のところバックボーンを同一セグメントとして利用しており、SW-HUB にて接続されている。(現在小学校、中学校間がバックボーンの使用頻度が高く、トラフィックの問題がないため、ルータの設置を今後に予定。) 支線はすべてカテゴリ-5 のツイストペアケーブルを用い、構内 LAN の部分は将来 100BaseTX に移行できるようにしている。

バックボーンに接続する端末は現状で、Windows95 が約 80 台、WindowsNT4.0Server が公民館、中学校にそれぞれ 1 台づつある。現在の利用状況はダイヤルアップルータ、プロキシサーバによるインターネット環境の共有、一部イントラネットコンテンツの利用等が中心である。

### 3. バックボーンのパフォーマンス

#### 3.1 パフォーマンス評価の目的

今回のバックボーンのパフォーマンス評価は以下の点について行った。

##### (1) 通常使用時を想定したデータ転送速度

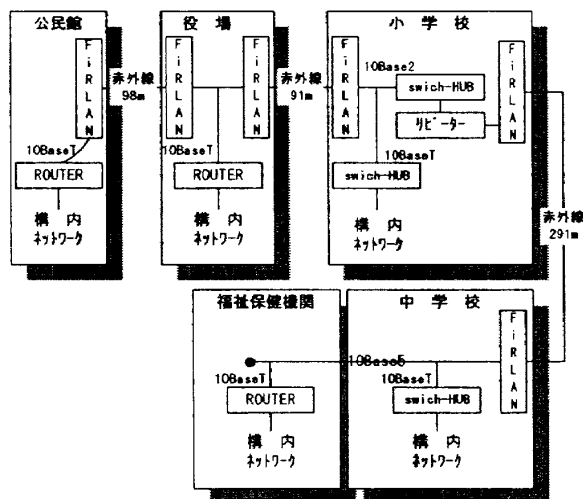


図2 バックボーン構成

TCP データ転送の実測を計測する。公民館構内 LAN でも同じ実験を行い、バックボーンとの性能差を把握する。天候不良時の転送速度を推測する。

##### (2) 遅延、パケットロス

通常使用での遅延時間、パケットロスの状況を Ping の計測から推測する。

#### 3.2 パフォーマンス評価環境

今回のバックボーンのパフォーマンス評価は通常使用時の機器構成にて行われている。使用したアプリケーションは、WindowsNT4.0 Server IIS、Windows95 Personal Web Server、Java にて作成した FTP データ転送時間計測プログラム、Windows95 Ping である。FTP Server は anonymous でアクセスできるように設定されている。FTP データ獲得時間計測は、FTP Server から PORT コマンドの応答を受け取り、RETR コマンドを発する直前から、RETR の転送完了応答が到着するまでのデータ転送時間を割り出している。Ping についてはパケットの遅延、ロスがどの程度あるかを計測するために用いた。

今回のパフォーマンス評価期間を行った日の天候はおおむね安定しており、時間雨量 30 ミリを超える降雨、濃霧、降雪等は発生しなかった。

#### 3.3 データ転送実速度

中学校、公民館の間をデータ転送時間計測プログラムにて、3,000,054bytes のバイナリデータを使用し、バックボーンでの FTP 転送速度をランダムに 212 回計測集計した。その結果を表 1、図 3 に示す。FTP データ転送速度は平均で 3.028Mbps であった。当初バックボーン構築の目標値 2Mbps の約 1.5 倍に及ぶ性能を発揮している。最低値でも 2.091Mbps と目標値を確保している。

次に公民館構内 LAN で同じ時間に同じ環境でのデータ転送速度を計測し比較した。図 4 にその結果を示す。公民館構内 LAN のデータ転送平均速度は 5.511Mbps であった。公民館構内 LAN と比較しても、バックボーンは平均 54.94% の性能を確保している。また、公民館構内 LAN に比べて 40% 以下 (約 2.2Mbps) に落ち込む事も少ない。Firlan

	転送時間 ms	転送速度 Mbps
最高値	5,990	4.007
最低値	11,480	2.091
平均値	7,927	3.028

表1 バックボーンFTP転送速度集計

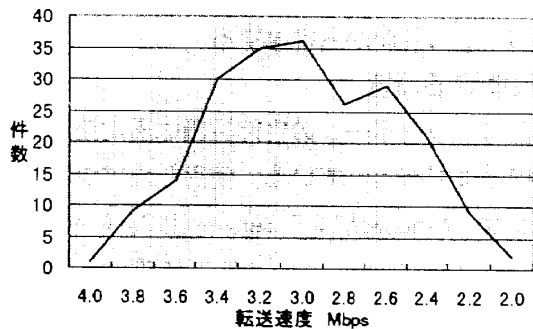


図3 バックボーンFTP転送速度別分析

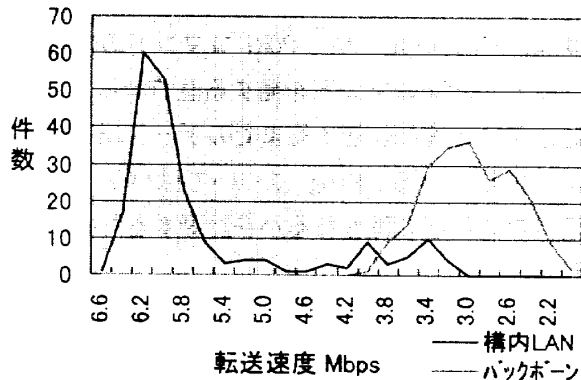


図4 構内LANとバックボーンの転送速度比較

を3対、ルータ1台、スイッチング HUB 2台、リピータ1台を余分に経由しているにもかかわらず、構内LANの50%以上の性能比を確保している。

また役場、公民館の FiRLAN にて、降雨、降雪等の赤外線受信低下を想定し、受光レンズ面積毎のデータ転送能力を計測した。図5にその結果を示す。受光面積を 1/18 (約 6%) に落としても殆ど影響はなく、受光面積を 1/24 (約 4%) から断線状態に近い。厳密な比較ができないためあくまで推測ではあるが、多少の時間雨量ではネットワークのパフォーマンスに影響しないと推測される。実際時間雨量 20 ミリ程度の降雨では Ping によるパケットロスも殆どなかった。

### 3.4 遅延とパケットロス

中学校 WindowsNT4.0 Server に Windows95 Ping

にて簡単な遅延とパケットロスの計測を行った。各データサイズとも 1,000 回のデータから平均時間、Time Out 回数を計測した。結果を表2に示す。遅延については 10bytes の Ping の結果を参照すると、平均 1.4ms である。帯域幅遅延積が約 1,700 bytes で、Windows95, NT のウインドウサイズはデフォルト値の 8,760 bytes のままだとしても、理論上のバックボーンの最大スループットは 10Mbps を確保している。Ping は 10bytes から 1,000 bytes までのバッファサイズでは全く Time Out を起こさなかった。小サイズの packets 転送によるパケットロスは全く発生しておらず、FiRLAN の断線状態は、天候の要因を除き発生しにくい事が推定される。5,000 bytes、10,000 bytes までは Time Out 率はそれぞれ 0.2%、0.7% で安定性が高いが、15,000 bytes から急激に 81.9% に上がっている。更に 20,000 bytes からは 96.7%、25,000 bytes 以上は 100% となった。このバックボーンでの実用的なパケットサイズは 10,000

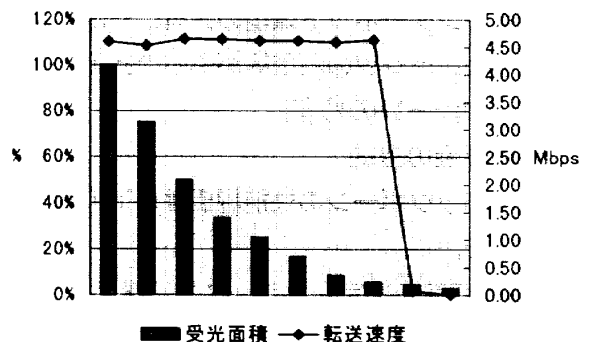


図5 FiRLAN 受光面積毎のデータ転送能力

データサイズ byts	平均時間 ms	Time Out回数
10	1.4	0
50	1.7	0
100	2.2	0
500	5.9	0
1,000	10.6	0
5,000	21.7	2
10,000	30.2	7
15,000	39.6	819
20,000	48.8	967
25,000	-----	1,000

表2 Pingによる計測

bytes 前後までと推定される。通常のネットワークのデータグラムサイズで適当と思われるのが 8 kbytes までであり、このバックボーンは十分な能力を持っている。

#### 4. バックボーン検証結果

今回性能評価中の赤外線 LAN によるバックボーンのパフォーマンスは、FTP を使っておこなったデータ転送の実速性能で 3.028Mbps である事を確認した。また理論上のバックボーンスループットは 10Mbps、パケットサイズは 10,000 bytes 前後まで実用性があることが推測できた。実際、吾川村ではこのネットワークを活用しているが、現状性能での問題点は特にはない。

今後、今回確認できなかった天候不良時等の性能評価を継続して行う。

### 5. 課題と展望

#### 5.1 課題

現在吾川村のバックボーンは順調に稼働しているが、構築時には障害対策はほとんどされていない。また、専用線がないため、セキュリティ対策も Windows95、Windows NT Server に付随するアカウント管理等の基本的なものしか行っていない。しかし、これから先に導入予定の、財務システム、健康管理システムには個人情報があり、このデータを守る必要がある。また、これから先に地域ネットワークをいかに進めてゆくか、また高知県情報スパークハイウェイとの専用線接続をいかに行うかが課題である。

#### 5.2 障害対策

現在バックボーンは安定稼働しており、唯一発生した障害は停電による数度の停止のみである。また予想以上に赤外線 LAN 機器にもトラブルはない。しかしながら、今後徐々に行政業務システムがバックボーン上で稼働予定であり、障害時の対策が必要となる。現在検討しているのが、INS64 によるバックアップ回線への手動切り替えによる対策である。停止させられない行政業務はデータベースに対する接続が主であり、入出力するデータも全てテキストベースである。接続を必要とする最低限のクライアント数も施設毎に 1～2 台

に限られており、緊急時に通信容量を要する処理は特にはない。障害時にバックボーンルータを停止し、ダイヤルアップルータを同一 IP にて起動させれば 64kbps での通信は確保される。

#### 5.3 セキュリティ

現在バックボーンはオープン指向のもとで構築されている。教育機関、行政窓口機関、保健福祉等あらゆる機関と接続しており、学校、公民館のパソコン教室では現在でも住民の方が利用している。また、将来は住民のアクセスサービスも検討している。しかし、行政情報には個人情報を含む機密情報がある。今後、財務、健康管理等のシステムの構築、接続が検討されており、セキュリティは急ぎ解決しなければならない問題の 1 つである。オープン指向を守りながらバックボーンを通過する業務データを、不正な改ざん、漏洩等から守る必要がある。これらを解消するには別の専用ネットワークを構築するに等しいセキュリティが必要である。しかし、このバックボーンにさらに平行した 1 線を構築するのは、容量に余裕がある現状では無駄である。別の方法でこのセキュリティを実現するため、現在注目している技術は VPN (Virtual Private Network) である。[3], [4]

通常 VPN は離れた 2 つのネットワーク間を接続するのに、インターネットを仮想的な専用線に見立てて接続する方法であり、オープン思考のバックボーンに応用できる。特に VPN 対応ルータでは、パケットが暗号化され、万一バックボーンから盗聴されても解読される可能性は少ない。この VPN は今回のバックボーンでは有効な方式と思われる。VPN 利用構想を図 6 に示す。公民館、役場、保健福祉関連施設は仮想的に 2 つに分けられたバックボーンに接続する。1 つは一般公開用で、教育関係と共用する。もう 1 つは行政業務用で、行政業務を中心に使用する。無論バックボーンは 1 つであるが、VPN ルータはトンネリングにより VPN ルーター同志のルーティングを行い、かつ静的ルーティングテーブルの利用により行政業務パケットを VPN ルータのみに配信する事ができる。これにより一つのバックボーンが仮想的に一般公開線、

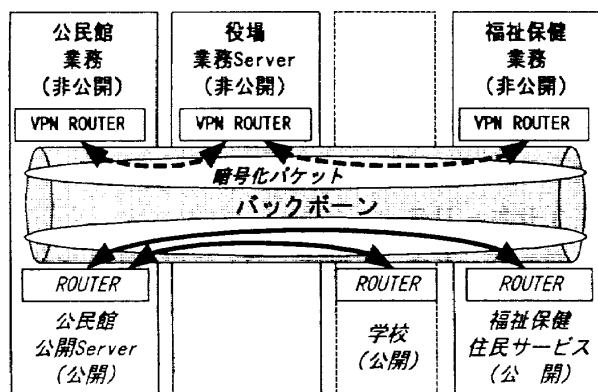


図6 VPN利用構想

行政業務線と分割される。また、行政業務パケットはVPNルーターにて暗号化されるので盗聴対策も並行して行う事になる。しかしながら、VPN対応のルータを増設し、かつ3施設に公開用セグメントを設置する必要があり、特にルータ関連の機器が高価な現在では簡単には導入できない。今後のネットワーク拡張と合わせて、入念な計画が必要である。

#### 5.4 高知県情報スーパーハイウェイ

高知県においては、情報スーパーハイウェイの構築が進み、県下各地区にアクセスポイントを整備予定である。[5]

高知県情報スーパーハイウェイは高知県中村市から土佐山田町を東西に横断する、50Mbpsの幹線をATM、VPNによりセキュリティを考慮して構築されている。またインターネットにはOCNに6Mbpsで接続されている。吾川村も今後専用線接続を予定している。但し、高知県情報スーパーハイウェイの仕様がVPN、SGS(Security Gateway System)を利用し、各VPN間にもゲートウェイを配置する等の部分しか公開されておらず、アクセスポイントへの接続形態がどのようになるか判断できないため、公民館に導入、ファイアーウォール構築の想定のみで、具体的な検討はこれからである。

#### 5.5 地域ネットワーク

吾川村中心部には行政機関を結んだバックボーンが構築された。将来には行政のイントラネットにより最新の政府、県、村単位の行政情報、生涯学習、学校教育情報、生活情報、福祉情報を住民に提供可能である。公共交通が乏しく、過疎が進

み、地区の運営も機能しなくなりつつある吾川村の現状から、今後はこれを各地区の中心にある学校、集会場に延長し、果ては各家庭でもサービスが受けられるような地域ネットワークに拡張する必要がある。現在、各地区の学校、集会場、家庭が、電話線を経由して構築されたバックボーンに接続できる拡張を検討中である。また、ほとんどの地区にはTV共同アンテナからケーブルが各家庭に広がっており、今後のケーブルモデム関連機器開発、普及が進めば通信料を必要としない高速ネットワークに拡張できる可能性もある。バックボーンに接続する地域ネットワークは、今後検討しなければならない最重要課題である。

#### 6. 終わりに

今回は現在もっとも安価である程度高速な通信環境を実現できる10MbpsのLAN機器を用い、赤外線ビル間接続装置を採用し、施設間のLANを接続するうえでの障害を回避して性能を維持したバックボーンが構築できた。この事例は過疎地区などの小規模な組織において十分参考になると思う。

今後、このバックボーンを中心に地域ネットワークに拡張するためにも、VPN、ファイアーウォール等のセキュリティの実現、ADSL、CATV、無線技術等による安価な接続技術等に注目している。

#### 参考文献

- [1] 重野 寛, 岡田 謙一: "無線LANの製品化事例", 情報処理学会誌, Vol. 35, No12, pp.1112-1114(1994)
- [2] 浅見 重幸, 田子 晃, 小林 保: "2.4GHz帯スペクトル拡散無線LANの性能評価", 電子通信学会論文誌, Vol. J79-B-1, No8, pp.519-527(1996)
- [3] 好川 哲: "OCN,VPN,エキストラネット", OPEN DESIGN, No20, pp.14-22(1997)
- [4] 日本シスコシステムズ株式会社: "Cisco IOS ソフトウェア 11.2"  
[http://www.cisco.co.jp/JAPANESE/product/pb/pb487/PB\\_487.html](http://www.cisco.co.jp/JAPANESE/product/pb/pb487/PB_487.html)
- [5] 高知県企画部情報企画課: "高知県情報スーパーハイウェイ",  
<http://www.pref.kochi.jp/~jyohou/highway/>