

フィリピンにおけるネットワークシステムの構築

-僻地でのネットワークシステムの実践-

情 04-2005 畦田 和芳

小林 孝史

概要

JICA(Japan International Cooperation Agency) は貧困対策プロジェクトから得られた教訓として、直接貧困の削減に繋がる手段として ICT(Information Communication Technology)を活用し、貧困地域に特化した情報流通を促進することが効果的であると提言している。

本研究では、第一に貧困地域、または僻地における地理的デジタル・ディバイドの問題を解消するため、インターネットにアクセスできる孤児院、ハウスオブジョイ(以降 H0J と表記する)とサンイシドロ高校(以降 SH と表記する)の LAN(Local Area Network)を、アンテナを使用し、結ぶ。そして SH 側から H0J 経由でインターネットへアクセスできる環境を整えることを目的とした。

本稿では、2005年8月27日から9月1日、2006年3月5日から2006年3月14日にかけて行ったフィリピン、サンイシドロ地区におけるネットワークシステム構築の実践報告と次回の構築手法についての考案を述べる。

Key Word: 僻地開発, 国際協力, インターネットインフラストラクチャー, 衛星通信, 無線通信, 指向性アンテナ, 無指向性アンテナ,

1. はじめに

欧州・北米間の情報通信量に比べ、アジア・太平洋域内およびアジア・太平洋と欧州、北米との情報流通量が格段に少ない。この現状を打破することにより、アジアすべての人々に情報通信技術の恩恵の享受、また社会・経済・文化の更なる発展が見込まれる。日本ではこのようなデジタル・ディバイド問題を解消するため、2003年3月に「アジア・ブロードバンド計画」を策定し、具体的施策の一つとして開発途上国等のネットワーク・インフラ設備の支援を掲げている。

2005年8月27日から9月2日、2006年3月5日から2006年3月14日、我々はアジアの発展に貢献するため、この計画に先駆けて、フィリピンの僻地にネットワーク

システムの構築を試みた。

1.1 僻地でのネットワーク構築の利点

アジアの開発途上各国の現状をみると、ブロードバンド・ネットワークの普及が進んでいる地域はある。しかし、都市部と僻地間のインターネット普及率などの格差が非常に大きいという問題がある(地理的デジタル・ディバイドの問題)。この地理的デジタル・ディバイドの問題を解消し、僻地の立地条件も配慮しながらブロードバンド・ネットワークの普及と利活用を一層進めていくことが必要である。

例えば、日本の僻地におけるブロードバンド・ネットワークを整備した場合、医療、福祉、教育、行政の分野で約

50-54 万円(世帯・年)の経済効果が試算できる()。よって、国内における情報格差を是正することは、アジアにおけるブロードバンド・ネットワークへの基盤設備を推進し、また各国の僻地の経済発展につながると考えられる。

1.2 フィリピンのデジタル・ディバイド問題

フィリピンにおける 2002 年のインターネット普及率は約 2.55%(表 1)と低い。

例えば、フィリピンの都市部におけるインターネット利用状況を考えてみる。セブ市において、労働者の最低賃金は 140 ペソであるのに対し、家庭での DSL 利用は、386Kbps での常時接続サービスの利用金額は月額 3500 ペソである()。これは一般的な労働者の一ヶ月の賃金に相当する金額である。従って、フィリピンでは限られた裕福な階層の人々のみがネットワークの恩恵を享受できる状況にあり、都市部、僻地に関わりなく貧困に基づいたデジタル・ディバイドの問題を抱えていると推測される。

表 1(2003.4 ITU)

Country	Internet		Hosts
	Saturation level	Users (1000)	PCs
Philippines	255.69	2,000.0	30,851
Korea Rep.	5,518.91	26,270.0	694,206
Japan	4,492.62	57,200.0	7,118,333

2. 事前システムの概要

2.1 通信回線

開発途上国は、山岳地域や島嶼地域が多く、有線によるインフラ設備には限界がある。よって、地理的条件に左右されずインターネット・アクセスを実現する手段として、衛星通信によるネットワークシステムが望ましい。フィリピンも 7000 以上の島嶼からなり、国土の 53%は森林地

帯である。よって有線によるインフラ設備には限界がある。これらの問題点を踏まえた上で、今回の通信施設において、衛星回線を利用したインターネット接続を設定する計画であった。

2.2 システムの構成

2.2.1 僻地、貧困地域におけるネットワークシステム

世帯収入の改善、直接貧困の削減に繋がるものであり、その手段として ICT(インターネット)を活用した以下の情報流通を促進することが効果的であると JICA は指摘している。

2.2.2 システムの導入

JICA では、活用しやすい ICT を導入するために考慮すべき事項は次の通りであると述べている。

- 機器の導入(供与を含め)、操作が容易であること。
- 現地言語が使えること。
- 割安料金で利用できること。
- 住民の所得や生活の改善に結びつくものであること。
- 維持管理が容易であること。
- 歩いて行ける公共施設で端末が利用できること。

これらの考慮事項が満たされれば、ICT は以下の効果を発揮すると述べている。

行政施策の透明化、住民ニーズの施策への反映に利用できる。

技術や生活上の情報やノウハウの提供・交換に活用できる。

貧困層のニーズの充足、エンパワメントに役立つ。

また、世帯収入の改善は、直接貧困の削減に繋がるものであり、その手段として ICT(インターネット)を活用し

た以下の情報流通を促進することが効果的であると指摘している。

2.2.3 導入する際の考案

2.2.2 節で述べたような JICA の提言を考慮し、現地では以下の項目を踏まえた上で構築する予定であった。

ネットワークの構築(導入)は、現地のエンジニアと共に行う。また、操作の指導は四日間の IT 教育を行う。

PC の言語環境は全て英語とした。

今回はボランティアの一環でネットワーク環境を提供する。また、設置後の接続料金もすべて負担する。

JICA の提言どおり、僻地や貧困地域にネットワークを構築することは、デジタル・デバイドの解消につながる。

現地のエンジニアがネットワークシステムを保守し、管理する。

高校に設置した施設を、共同利用型の通信施設として現地の人々に開放する。

2.2.4 事前ネットワークシステムの構図

下図(図 1)のような、ネットワークシステムを構築する計画であった。

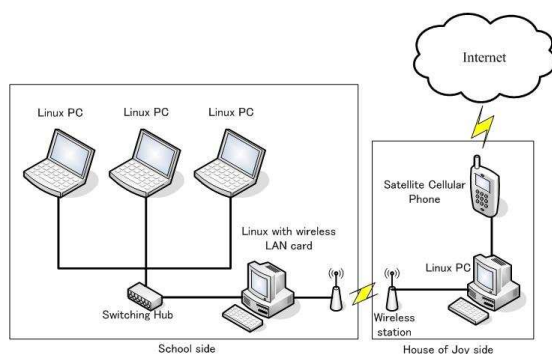


図 1 ネットワークシステムの概要

HOJ 側では衛星携帯電話を使い、インターネットへの接続が可能な環境を整える。そして、wireless station を設置し、無線で学校側と通信する。学校側では、一台の PC に wireless LAN card を付け、DHCP サーバの機能を持たせる。その PC からルーティング制御をし、また HOJ 側と無線通信を行い、学校にある client PC のインターネット接続を可能にする計画であった。

2.2.5 採用する OS

client PC の OS には OSS(Open Source Software)である Linux を採用する計画であった。

OSS の利点は、セキュリティ面、金銭面において優れているところにある。セキュリティ面において、ウィルスの数に有償のもと比べて非常に少ない点が上げられる。金銭面においては、無償であり、いつでも最新版が手に入れることができる。

また、海賊版が出回っているフィリピンにおいて、ソフト利用に関する知的所有権の問題も解決できる。

2.2.6 起動の設定

今回の対象地域では IT 環境がなく、現地ユーザの大多数はパソコンに触れたことがない。

よって現地ユーザはセキュリティ意識が低く、様々な脅威を引き入れてしまい、システムが破壊される恐れがある。そこでシステムの安全を確保するため、書き換えが不可能な CD-ROM を使って起動し、ウィルスの脅威やユーザの不要な書き換えを未然に防ぐ計画であった。

3 事前実験の概要

3.1 事前の状態

事前の実験では、HOJ 側と学校側を結ぶアンテナが用意できず、アンテナを使った実験はできなかった。

3.1.1 システムの評価

現地の状況を想定して,事前に下図(図 2)のようなネットワークを構築し,その接続状況を評価した.

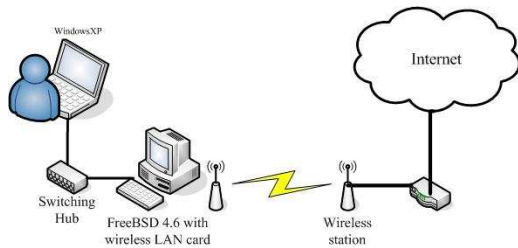


図 2 準備段階のネットワークシステム

実験では,2.2.2 節での環境のモデルとなる環境で実験を行った.client PC からインターネットへの接続は wireless station まで同等である.しかし,wireless station からインターネットへの接続は PC を介さず直接インターネットへ接続した.また OS は client PC に windows XP.DHCP サーバ機能を持つ PC に FreeBSD4.6 を使用した.インターネット回線速度は 2.053Mbps であった.

また,不安定な回線での検証も行った.ネットワーク回線を擬似的に,衛星回線並みの帯域に(384kbs)に制限した場合は 19.44 kbps であった.さらに,上記の帯域制限を行ったうえで確率的にパケットに対しドロップを発生(5%)させた場合は 11.77kbps であった.

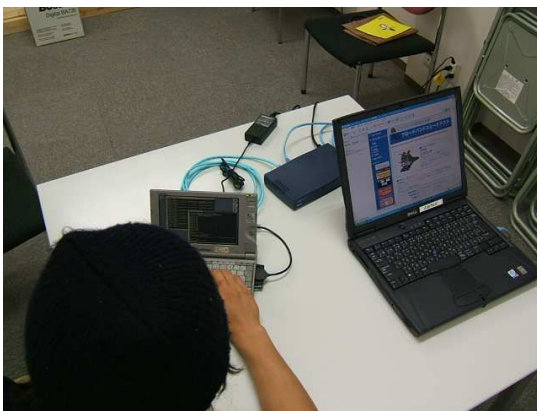


図 3 実践の様子

4 実践の概要

4.1 対象地域

フィリピンのダバオ市から 140km はなれたサンイシドロ高校とそこから約 350m 離れた孤児院ハウスオブジョイで行った.



図 4 フィリピンの地図

4.2 現地の状況

4.2.1 ハウスオブジョイの環境

H0J の事務所(下図 5)では電話回線が引かれていた.また,ダイヤルアップ接続によるインターネットへの接続が可能であった.



図 5 H0J の事務所の様子

4.2.2 サンイシドロ・ナショナル・ハイスクールの環境

この学校では以前、寄贈されたパソコンが 10 台あり (図 6)、またそれらのパソコンを結ぶ LAN が構築されていた (図 7,8)。他にも空調設備 (図 9) も整っていた。



図 6 パソコン



図 7 スイッチングハブ



図 8 LAN ケーブルポート



図 9 エアコン

4.2.3 両環境の問題点

HOJ のネットワーク環境は特に問題はなかったが、事前の予定と違い、この時点で HOJ のインターネット接続は予定していた衛星による通信ではなく、ダイヤルアップ接続であった。2005 年 12 月に常時接続の衛星通信に移行する予定である。

高校での問題点はパソコン 10 台中、8 台が故障していた。一台は完全に故障して動かなかった。原因を探ると、五台はモニターに問題があることがわかった。電源を入れて数秒で見えなくなる現象が起こった。また完全に映らないものもあった。残りはコンピュータウィルスに感染していた。感染経路は不明である。4.2.2 節の図 7 のスイッチングハブの 4 ポートは接続不可能であった。また図 8 の LAN ケーブルポートも数箇所接続が不可能であった。

4.3 再構築

4.3.1 設計要求

今回、SH と HOJ の OS に Windows XP,2000 を採用した。当初、パソコンの OS には Linux を採用する予定であった。しかし、現地の人々にとって Linux は扱いが難しいという意見があったので、今まで通り Windows を使用し続けることとなった。

4.3.2 パソコンルームの再構築

生徒がパソコンを使用するのに二つの問題があった。一つはこの学校では、パソコンを使用するのに月に 50 ペソの使用料金が必要であり、一部の限られた生徒、住民のみ使用できる環境にあること。もう一つはパソコンルームのパソコンは、4.2.3 で述べたような故障のためほとんど機能しておらず、使用の際、利用可能なパソコンの台数は 3 台という台数制限があったことである。

このような状況を打破しより多くの人々にパソコンを使用する機会を増やすため、学校側に提案を行った。それは、パソコンルームを再構築し、パソコンを復旧させる代わりに、使用料金をとらず、すべての生徒に使用許可をあたえるといった提案である。

結果、現在では高校 4 年生が週二回、授業で使用できるようになった。パソコンの復旧にはモニターを 5 台寄贈し、コンピュータウイルスを駆除し、10 台中 9 台が利用可能となった。



図 10 生徒と共に故障原因を探す様子



図 11 ウィルス検出の様子

4.3.3 ICT 教育

SH で一日だけ ICT 教育を現地の生徒、住民に行った(下図 21)。一つは TCP/IP over NetBIOS というネットワークの共有方法を使ったファイルの共有である。ペイント、メモ帳などで、ファイルを作成してもらい、それらを一つのパソコンにアップロードする。そして各パソコンからアップロードされたファイルを各自で閲覧するといったものである。もう一つは、コンピュータウイルスの検知の実例である。SH にあった、ウイルスに感染したパソコンをフリーのウイルス検知ソフトを使用し、ウイルスの検知、駆除までの流れを説明した。

また同日、本プロジェクトの説明も現地住民に対して行った。



図 21 生徒への ICT 教育

4.4 アンテナを利用した無線通信

4.4.1 利用したアンテナ

今回は Buffalo 社の指向性アンテナ WLE-HG-DYG(下図 12)と無指向性アンテナ WLE-HG-NDC

(下図 13)を利用し,H0J と SH との無線通信を試みた.



図 12 WLE-HG-DYG



図 13 WLE-HG-NDC

4.5 現地での実験

アンテナを使用した通信実験は都合上,日本で行えず,現地での実験のみ行った.

4.5.1 見通しのよい平地での実験

H0J と SH とを結ぶ一本道(下図 14)でアンテナの通信実

験を行った.H0J 側に無指向性アンテナを固定した.また,指向性アンテナを H0J から約 10m 地点,SH と H0J の中間地点にある民家,そして SH のすぐ脇の道で,距離を伸ばしながら通信を試みた.

結果,H0J から 10m 離れた地点,350m 離れた SH の脇道の二ヶ所で通信が可能であった.



図 14 H0J と SH を結ぶ一本道

4.6 実践

4.6.1 アンテナの設置

H0J 側と SH 側の間にある,森林や民家といった障害を避けて通信を行うため下記のように,アンテナを設置し,通信を試みた.

まず SH 側の PC ルームの屋根の上から,指向性アンテナを H0J 側に向ける(図 16, 17).そして,H0J 側では無指向性アンテナと SH 側から無指向性アンテナが確認できるように赤いスカーフを竹の先端に括り付け,それらをしてできるだけ高い位置に設置する(図 18).

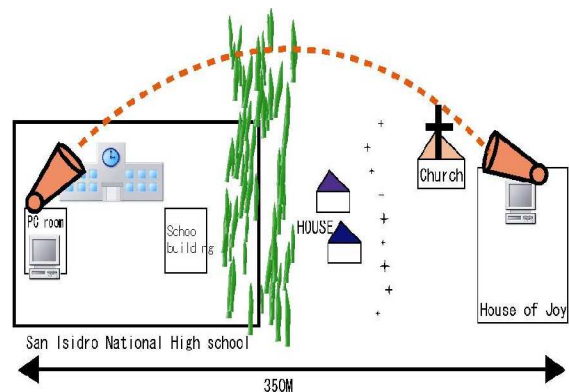


図 15 構築図



図 16 住民との構築作業



図 17 建物の高さ



図 18 HOJ 側で、無指向性アンテナ

4.6.2 結果

結果、両エリアでのパケット送受信はできなかった。

5 考察

5.1 問題の考察

5.1.1 電波減衰

当初、機器に問題があると考えたが、調べた結果、正常に動作していた。その他の問題点を考えると、電波減衰が問題であると考えられた。

4.6 節のアンテナの実験において、両エリア間の距離、約 350m アンテナを離しての通信はできた。しかし、アンテナを移動させたとたん、通信が行えなかった。そこで、アンテナ間に何らかの障害があるため、通信ができないのではないかという結論に達した。

5.1.2 電波減衰の種類

電波減衰はさまざまな要因、要素によって引き起こされる。電波は空間を飛んでく以上、途中で必ず減衰や吸収が発生する。また地上にアンテナを設置し使用する以上、まわりの環境からの影響も電波の減衰に大きく左右する。これらの電波の減衰を伝搬損失という。

5.1.2.1 フレネルゾーン

電波を伝送するには、アンテナ間を結んだ線上だけではなく、そのまわりの領域も必要となり、その領域をフレネルゾーンと呼ぶ。2.4GHz 帯無線 LAN の通信距離に対するフレネルゾーンの目安は

表 2 距離の目安

100m	r=約 1.8m	3Km	r=約 9.6m
500m	r=約 3.9m	4Km	r=約 11.1m
1Km	r=約 5.6m	5Km	r=約 12.4m
2Km	r=約 7.8m	6Km	r=約 13.6m

表 2 のように通信距離が長くなればなるほど、フレネルゾーンは大きくなり、フレネルゾーン上に木や建物な

どの障害物がある場合、電波エネルギーがすべて効率的に伝送することができず、伝送特性が劣化してしまう可能性がある。

今回の実践において、図 19,20 のように両エリア間には森林がありフレネルゾーンに障害があったのを確認した。

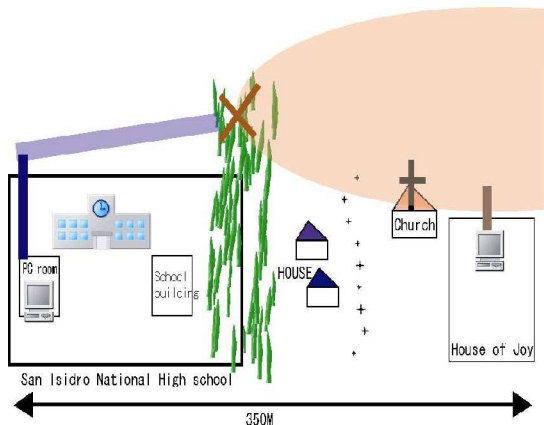


図 19 森林の位置



図 20 屋根からの H0J に向けた視界

5.1.2.2 マルチパス

電波を伝送する際には、直進波だけではなく、地面や海面また壁や木などに反射して伝送する反射波がある。もし反射がまったくなければ電波はそのまま相手のアンテナに伝わる。しかしそこに反射した電波が加わると、お互いに干渉して伝送特性を劣化させてしまう。スムーズな表面の場合 スムーズな表面(海面,水田,平らな地面,金属屋根など)は,反射しやすく,直接波と反射波はお互いに

干渉し伝送特性を劣化させる可能性がある。しかし,今回の構築環境にスムーズな表面ではない。反射した電波は分散し,相手のアンテナに影響を与えない。また平地での実験では問題なく通信が行えた。

5.1.2.3 ノイズ

今回使用したアンテナは 2.4GHz 帯のものを使用している。この 2GHz 帯域は電子レンジなどの家電製品や、場合によってはパソコンの CPU の動作周波数などがノイズとなって速度が低下しやすい。しかし,今回のネットワーク環境では、そのようなノイズが発生するような機器は見当たらなかった。よって影響はないと考えられる。

6. 次回の考察

6.1 アンテナの電波強度実験

今回,事後ではあるが,実験を行い,そこから問題点を再考察し,次回に向けての対策を考えた。

実験 (指向性と無指向性アンテナの電波強度比較)

実験概要

大学院棟の三階で行った。受信側に無指向性アンテナを立て,送信側に無指向性,指向性アンテナを交互に付け替え,電波を出力し,その強度を比較した。送信,受信アンテナ間の距離は約 5m である。

計測結果

計測結果は指向性,約-24dB,無指向性,約-33dB であった。

考察

実験場所は大学院棟でさまざまな電波の影響があり,電波状況はあまりよくないが,-9dB の差があった。この電波出力の差は約 8 倍に相当する。この距離(約 5m)でこれ

だけの出力差がでるのは問題である。よって次回構築の際は、電波出力を上げるため、指向性同士で通信しあうこととなった。

実験 (マルチパスの実験)

実験概要

電波は反射する。この性質を利用し、障害物を避けて電波通信を可能にしたい。そこで、反射率が高い金属、特にアルミニウムを使った無線通信実験を行う。指向性アンテナの電波をアルミ版(1m×1m)に向ける。アルミ板の面と向かい合った直線上に指向性、無指向性アンテナを置く。そして、電波を放射し、通信が可能であるか確かめる。

結果

通信はできなかった。

考察

実際にアルミの反射を利用する場合は、最低5m×5mのものを使用する必要がある。このサイズのアルミ板は現地で用意することが困難である。よってアルミを使った実験を断念することとなった。

実験 (指向性と無指向性アンテナの電波強度比較)

実験概要

地理的な環境を3パターンに分けて電波を測定した(図2)。木を数本(9本)挟んだ場合(A)、挟まない場合(B)、木を避けるように一方のアンテナを5m横にずらした場合(C)の3パターンである。また指向性同士、無指向性同士、指向性×指向性を使用した場合の3パターンを測定した。このように地理的環境を変更させたパターンと機材を変更させたパターンを組み合わせ、計9パターンの電波強度を計測した。また片方のアンテナを2.4GHzで電波出力し、もう一方を受信側として測定した。

。

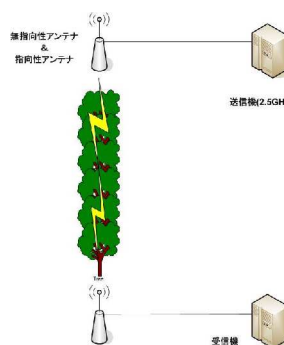


図1: 実験のイメージ

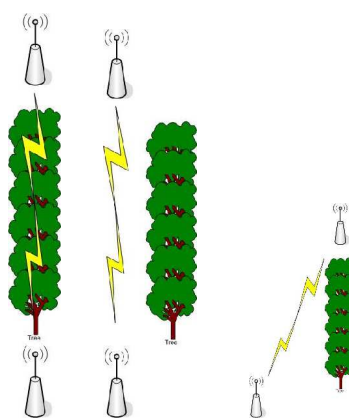


図2: 3つのパターン

測定結果

指向性×指向性の場合

(A) -52.24~-51.31(dB)

(B) -29.55~-28.93(dB)

(C) -28.01~-27.68(dB)

無指向性×無指向性の場合

(A) -51.58~-50.58(dB)

(B) -52.25~-41.17(dB)

(C) -54.50~-53.61(dB)

指向性×無指向性の場合

(A) -50.89~-50.03(dB)

(B) -38.47~-37.65(dB)

(C) -35.75~-35.33(dB)

考察

以前フィリピンで構築した組み合わせ（指向性×無指向性）で一番減衰が少なかったパターンは「木を挟まない場合」で、一番良いときで-38.75~-37.92dB で電波を受信できた。また 9 パターンすべての組み合わせで一番電波減衰が少なかった組み合わせは「指向性×指向性、木を挟まない場合」であり、-29.55~-28.93dB で受信できた。

また、同じ環境（木を挟まない状態）で 2 つの組み合わせ（指向性同士と指向性×無指向性）を比較すると、約-8dB の差があった。この電波出力の差は、約 7 倍になる。また指向性×指向性の場合、木を挟まない環境と挟む環境では約-15dB の差があった。よってこれらの結果より、次回構築において、安定した通信を行うため以下の 2 つの事柄を考慮し構築することとなった。

- ・ 障害（木）を避けるため、またフレネルゾーンを確保するためアンテナはなるべく高い位置で設置する。
- ・ 指向性同士のアンテナで設置する。

実験

実験概要（アンテナの向きを変化させたときの比較）

指向性×指向性アンテナでパケット通信を行った。通信距離は約 40m で、大学院棟から生協までである。片方のアンテナ（生協側）を固定して、もう片方のアンテナの向きと位置を変えて 3 パターンの環境でパケット通信を行った。両アンテナを平行に向かい合わせたとき、またその状態で片方のアンテナを左右に 1m ずつずらしたとき、片方のアンテナを約 10 度ずつ左右にずらし、測定した。

結果

の場合は問題なかった。の場合、3m まではパケットの送受信が行えた。の場合、20 度目には通信が不可能となった。

考察

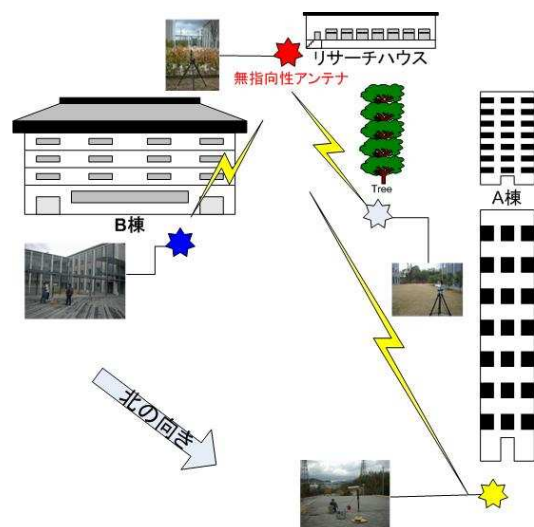
、の場合を考察すると、両アンテナの向きが互いにずれることなく平行、かつ同一直線上にあれば安定してデータの送受信ができるとわかった。また平行のずれが 3m 以上になると通信が行えないので、なるべくアンテナの位置を平行に保つ必要がある。よって今回の構築において、安定した通信を行うため以下の 2 つの事柄を考慮して構築することとなった。

- ・ アンテナの向きを一直線上、かつ平行に保つ
- ・ アンテナ同士の位置のずれを 3m 以下に抑える

実験

実験概要

無指向性、指向性アンテナを使い電波の伝搬損失を測定した。片方のアンテナを 2.4GHz での電波出力し、もう一方を受信側として測定した。指向性アンテナを移動させ、また無指向性アンテナをリサーチハウスに固定（赤色の ）し測定した。北の向きを 0 度とし右回り、かつ 20 度刻みでアンテナを回転させ、それぞれの電波強度を測定した。また地理的な環境を 3 パターンに分けて測定した。A 棟から B 棟に繋がる通路（白色の ）、B 棟前（青色の ）、A 棟前（黄色の ）の 3 パターンである。



測定ポイントのイメージ

結果

付録の通りである（青色の部分は一番減衰が少なかった方向である）。

考察

アンテナ間に「障害物を多く確認できる地点とそうでない地点」を相対的に見てみると、障害物が少ないと考えられる地点、例えば白色の地点では他の地点と比べ、全体的に電波強度が強かった。しかし幾つかの方向において、目視で「アンテナ間に障害物が少ない」と思われる地点と「アンテナ間に障害物が多い」と考えられる地点を比較したとき、「障害物が多い」地点のほうが強い電波をキャッチすることができた。これはマルチパスの影響を受け、反射によって電波が届いたものと考えられる。よって今回の構築において、安定した通信を行うため以下の事柄を考慮して構築することとなった。

- ・もしアンテナの向きを一直線上、かつ平行に保ちながら通信を行ったが上手くいかない場合、片方のアンテナを色々な方向に向けて通信を試み、設置する。

6.2 その他の解決策

障害物除去

見通しの良い区間での実験では通信が行えた。しかし、屋根の上からの通信は行えなかった。5.1.2.1 節、図 20 の障害物（森林）によって、フレネルゾーンが確保できなかった可能性があり、また、その影響で電波エネルギーがすべて効率的に伝送することができず、伝送特性が劣化してしまう可能性がある。

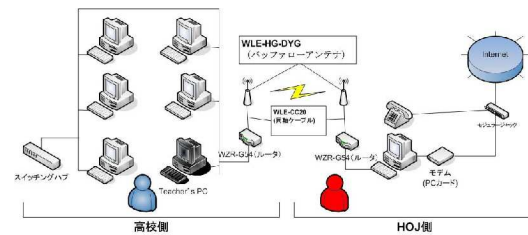
森林を伐採することで、フレネルゾーンが確保でき、通信が可能になる。それには現地の森林伐採許可と住民の協力が必要である。今後、それらを可能にするための交渉案を考えていく。

7 二度目のネットワーク構築

7.1

構築概要

3月3日から3月17日までのフィリピンでの活動を報告する。活動の内容は、以下のようなネットワーク構築である。

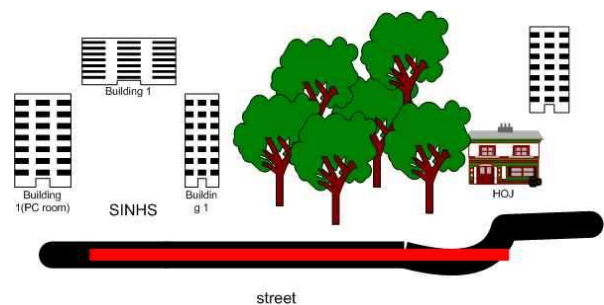


構築の実践

これまでの実験を考慮し、以下のような手法でアンテナ同士の位置を同一直線上、かつアンテナ同士の向きを平行に向かい合わせるように試みた。

6.1 の実験 を考慮した設置方法

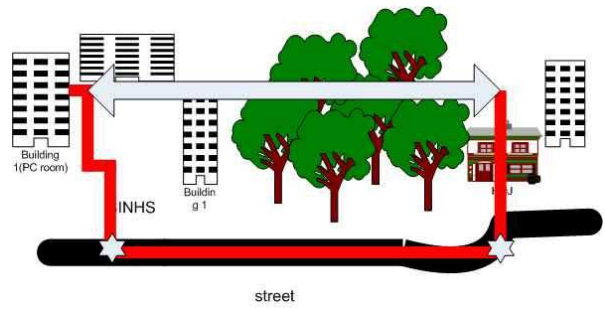
学校と HOJ のアンテナを同じ高さ、かつ同一直線上に設置するため、三角定規、ビニールテープ(150m x 2)と方位磁石で HOJ と高校までの直線距離(水平距離)を測った(赤い線)。



測定のイメージ



H0J から学校までの直線を測定



測定のイメージ



使用した機材 (方位磁石、三角定規、ビニールテープ)



垂直距離を測定

そして同様の方法で H0J、高校に実際にアンテナを設置する棟に向かって、道路に付けた両端点 () の印から直線距離 (垂直距離) を測定した (赤い線)。

この垂直の直線を測定する際、直線上に多くの障害物があり、一度で直線を引くことができなかった。その場合は障害物を避ける様に三角定規で直線上から 90 度を取り、障害物を避けた。そしてまた直線を測り、障害物を避けた時点で同様の方法で 90 度を取り、最初に進めていた方向に戻し、垂直距離を測定した。

垂直距離を測定した後、各々の地点からアンテナ同士が向かい合うようにアンテナを設置した。例えば片方のアンテナを方位磁石で東に向けたのなら、もう片方は西に向ける。このようにしてアンテナ同士を同一の直線上に設置し、位置のずれを抑えて設置した。

三脚と竹で固定した場合、両方とも鉄パイプで固定した場合、竹と片方の鉄パイプをさらに 2m ほど高いものにした場合の順、3 パターンの通信を行った。

7.2 測定結果

三脚と竹で固定した場合

3 回バケット通信を行った結果、バケットロス は 25% loss , 61% loss , 50% loss であった。



以前より高い竹を使用

両方とも鉄パイプで固定した場合

何度やっても通信不可だったが、一度 95% loss で通信できた。



トランシーブで通信を確認する様子

竹と片方の鉄パイプをさらに 2m ほど高いものにした

場合

パケットロスが 2% ほどで安定した通信が行えた。しかし両方とも鉄パイプで固定したとたん、減衰が発生した。最終的に通信不可となった。



約 6m の鉄パイプを使用する様子



パケットロスがほとんどない様子

7.3 考察

アンテナについて

今回、無線アンテナを利用したネットワーク構築はできなかった。まず三脚と竹でアンテナを固定した場合を考察すると、アンテナ自身が低い位置にあった。またアンテナ自身が風で酷く揺れ動いてしまう状態で通信を行った。結果、パケットロスが多く、不安定であった。しかし、アンテナを当初よりさらに 2m ほど高く上げた状態ではパケットロスがほとんど見られず、安定した通信が行えた。しかし、この高さを保ったままアンテナを竹

から鉄の棒に換え、固定し通信を行った結果、減衰が発生した。最終的に通信が不可能となった。

ICT 教育の様子

PC ルームについて

前回構築したイントラネットが分解されていた。学校側に分解した理由を尋ねてみると「パソコンルームに対する監査があり、PC 同士でファイルを共有することは違法であると考えたため」という返答があった。そこで我々は「前回構築したイントラネットは違法性が無いと」説明し、再構築を行った。数台 LAN ケーブルコネクタの接触不良があったため、前回の 9 台から、6 台の PC のみでイントラネットを構築した。



7.4 その他

ICT スキルの向上を目指すため、サンイシドロ高校の教諭 3 名に ICT 教育を行った。前回同様のファイル共有の概念、LAN 内でのファイルのアップロード、ダウンロードの方法を教えた。



4 考察

4.1 問題点

通信ができなかった原因として以下のようなことが考えられる。

- 1 金属ポールとのつなぎ方が雑で、接触不良を起こしている。あるいはどこかの装置が以上電圧の影響などで、故障している。
- 2 同軸ケーブルの減衰が大きい。
- 3 電圧の問題電圧が不安定で、送信側の電圧が掛からない。

4.2 解決策

上記の問題点を克服するための解決策として、以下のような解決策を次回構築時にとる

- 1 故障した恐れがあるので、ルータ、アンテナ、ケーブルを各 1 つずつ購入し、それらを使って故障部分を探る。もし故障機器があれば交換する
- 2 同軸ケーブルを 20m から 10m ものに換える。短くなった分は無線ルータを一台から二台に増やし、通信路を確保する。
- 3 安定した電圧を供給するため、送信側と受信側に UPS (無停電装置) を組み込む。

8 今後の予定

展望としては、更なる実践と調査を行い、それらの報告書を作成する予定である。そして貧困地域や僻地にネットワークを構築する際の手引書を作成したい。

謝辞

ご指導頂きました、関西大学総合情報学部、助教授・小

林孝史助教授, 教授・久保田賢一教授, 院生・岸麻紀子,
助教授・谷本奈穂助教授, 助教授・堀井康史助教授, 講師・
畑麻衣子先生, に心より感謝申し上げます. 以上をもって
謝辞とします.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION GENEVA, SWITZERLAND
(2002) PINOY INTERNET: PHILIPPINES CASE STUDY 2002

参考文献

株式会社野村総合研究所 地方部におけるブロードバ
ンド・ネットワーク整備の経済効果の検討 2004

民間・大学連携国際協力コンソーシアム フィリピン国
東ネグロス州教育支援案件形成基本調査報告書 2004

JICA(Japan International Cooperation Agency 日本
国際協力事業団) 国際協力の革新を求めて 2001

「アジア・ブロードバンド計画」実践化検討会 アジア・
ブロードバンド実践化検討報告 2003

付録 A

A 地点

角度()	デジベル(dB)
0	-72.15 ~ -69.15
20	-81.33 ~ -75.32
40	-63.33 ~ -63.02
60	-83.67 ~ -66.42
80	-67.83 ~ -66.94
100	-68.83 ~ -68.17
120	-64.50 ~ -64.94
140	-61.00 ~ -60.47
160	-72.00 ~ -71.10
180	-61.67 ~ -61.33
200	-58.83 ~ -58.30
220	-58.80 ~ -58.53
240	-49.50 ~ -49.33
260	-47.33 ~ -46.25
280	-57.33 ~ -57.17
300	-61.50 ~ -61.00
320	-66.33 ~ -65.50
340	-85.76 ~ -85.22
360	-71.25 ~ -71.10

B 地点

角度()	デジベル(dB)
0	-84.10 ~ -79.38
20	-72.50 ~ -70.00
40	-81.10 ~ -77.83
60	-93.67 ~ -88.20
80	-93.78 ~ -92.95
100	-83.26 ~ -82.67
120	-84.25 ~ -83.19
140	-90.16 ~ -89.67
160	-85.67 ~ -84.33
180	-81.17 ~ -80.50
200	-82.63 ~ -81.15
220	-80.00 ~ -79.83
240	-91.67 ~ -87.15
260	-88.25 ~ -88.17
280	-76.59 ~ -75.57
300	-79.50 ~ -77.25
320	-77.67 ~ -76.50
340	-86.58 ~ -84.20
360	-81.00 ~ -79.83

C地点

角度()	デジベル(dB)
0	-92.33 ~ -91.44
20	-96.24 ~ -94.04
40	-99.68 ~ -97.33
60	-98.23 ~ -97.00
80	-88.51 ~ -88.12
100	-83.83 ~ -88.51
120	-87.83 ~ -86.33
140	-80.00 ~ -79.17
160	-83.25 ~ -80.33
180	-73.25 ~ -72.25
200	-84.29 ~ -82.50
220	-89.00 ~ -87.33
240	-94.00 ~ -91.17
260	-97.38 ~ -96.58
280	-98.83 ~ -97.48
300	-98.83 ~ -95.58
320	-96.17 ~ -94.33
340	-94.58 ~ -93.67
360	-92.67 ~ -92.13

表1：日程表

日 程	午前	午後
2006/3		
5(日)	海	H0J と学校までの直線距離を測り、印を道路に付けた。
6(月)	前日、道路に付けた両端点の印から垂直距離を測定した。	竹に指向性アンテナを括りつけ、通信を行った。三回、パケット通信を行った。パケットロス は 25% loss , 61% loss , 50% loss であった。
7(火)	雷雨のため中止	雷のため中止(晴れたとき、H0J 側のアンテナを固定。雨天により途中で中止。)
8(水)	雷雨のため中止	山本君主体で、教員三名に teacher training を行った。
9(木)	停電。H0J 側のアンテナを金属ポールで固定した。	構内 LAN を再構築。6 台、LAN に接続した。学校側のアンテナを金属ポールで固定した。
10(金)	校長先生の誕生日会	午後、学校側の指向性アンテナを固定。通信を行った。結果、失敗。一時、95% loss でパケットの送受信ができた。
14()	?	?

付録3「ping」コマンドの結果

竹と三脚でアンテナを固定

・1回目

```
C:\Documents and Settings\karasuyama>ping 192.168.11.1
```

```
Pinging 192.168.11.1 with 32 bytes of data:
```

```
Request timed out.
```

```
Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=11ms TTL=64
```

```
Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=8ms TTL=64
```

```
Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=9ms TTL=64
```

```
Ping statistics for 192.168.11.1:
```

```
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
```

```
Approximate round trip times in milli-seconds:
```

```
    Minimum = 8ms, Maximum = 11ms, Average = 9ms
```

・2回目

```
C:\Documents and Settings\karasuyama>ping 192.168.11.1
```

```
Pinging 192.168.11.1 with 32 bytes of data:
```

```
Request timed out.
```

```
Request timed out.
```

```
Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=12ms TTL=64
```

```
Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=8ms TTL=64
```

```
Ping statistics for 192.168.11.1:
```

```
    Packets: Sent = 4, Received = 2, Lost = 2 (50% loss),
```

```
Approximate round trip times in milli-seconds:
```

```
    Minimum = 8ms, Maximum = 12ms, Average = 10ms
```

・4回目

```
C:\Documents and Settings\karasuyama>ping -t 192.168.11.1
```

Pinging 192.168.11.1 with 32 bytes of data:

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=8ms TTL=64

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=22ms TTL=64

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=23ms TTL=64

Request timed out.

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=15ms TTL=64

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=4ms TTL=64

Request timed out.

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=23ms TTL=64

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=9ms TTL=64

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=15ms TTL=64

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=25ms TTL=64

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=22ms TTL=64

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=5ms TTL=64

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=3ms TTL=64

Request timed out.

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=24ms TTL=64

Request timed out.

Reply from 192.168.11.1: bytes=32 time=25ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.11.1:

Packets: Sent = 36, Received = 14, Lost = 22 (61% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 3ms, Maximum = 25ms, Average = 15ms

鉄パイプでアンテナを固定

C:\Documents and Settings\karasuyama>ping -t 192.168.11.1

Pinging 192.168.11.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.11.100: bytes=32 time=8ms TTL=64

Request timed out.

Reply from 192.168.11.100: bytes=32 time=7ms TTL=64

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Reply from 192.168.11.100: bytes=32 time=30ms TTL=64

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Ping statistics for 192.168.11.100:

Packets: Sent = 74, Received = 3, Lost = 71 (95% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 7ms, Maximum = 30ms, Average = 15ms