

奄美大島の遠隔医療実験における 長距離無線 LAN (CFO-SS) ネットワーク

福家 直樹[†] 北辻 佳憲[†] 米山 暁夫[†]
篠永 英之[†] 秋葉 澄伯[‡]

[†] 株式会社 KDDI 研究所
〒356-8502 埼玉県上福岡市大原 2-1-15
[‡] 鹿児島大学医学部
〒890-8520 鹿児島県鹿児島市桜ヶ丘 8-35-1

E-mail: [†] {fuke, kitaji, yoneyama, shinonaga}@kddilabs.jp, [‡] akiba@m.kufm.kagoshima-u.ac.jp

あらまし 鹿児島県奄美大島において、2.4GHz 帯無線 LAN (CFO-SS) ネットワークを構築した。本ネットワークは無線 5 リンクから構成され、このうち 3 リンクは海上通信を伴う長距離区間 (11.3, 5.4, 5.0 km) である。奄美大島本島と離島の診療所が無線 LAN で相互接続され、更に鹿児島大学と ISDN 回線で接続されている。本稿では、長距離海上通信を伴うネットワークの特性と、MPEG-4 ベースのビデオ伝送ソフトウェア (PrimeSession) を用いた遠隔医療実験の概要について報告する。

キーワード 無線 LAN, 海上通信, 遠隔医療実験, CFO-SS, PrimeSession

CFO-SS Network in Amami Islands for a tele-medicine experiment

Naoki FUKU[†], Yoshinori KITATSUJI[†], Akio YONEYAMA[†]
Hideyuki SHINONAGA[†], and Suminori AKIBA[‡]

[†] KDDI R&D Laboratories Inc.
2-1-15, Ohara, Kamifukuoka, Saitama, 356-8502 Japan
[‡] Kagoshima University, Faculty of Medicine
Sakuragaoka 8-35-1, Kagoshima, Kagoshima, 890-8520 Japan

E-mail: [†] {fuke, kitaji, yoneyama, shinonaga}@kddilabs.jp, [‡] akiba@m.kufm.kagoshima-u.ac.jp

Abstract A 2.4GHz wireless LAN network interconnecting islands is constructed in Amami Islands, Kagoshima prefecture, employing CFO-SS wireless systems. The network interconnects three islands via five tandem CFO-SS10A(10Mbit/s) links including three long-range(11.3, 5.4 and 5.0 km) links over sea. Two clinics, which are located in the mainland and an isolated island separately, are joined with this wireless network, and the clinic in the mainland is also connected to Kagoshima University via an ISDN(128kbit/s) line. MPEG-4 audio/video transmission software(PrimeSession) is employed for a tele-medicine experiment or an education among the clinics and the university.

Keywords Wireless LAN, transmission over sea, tele-medicine experiment, CFO-SS, PrimeSession

1. はじめに

2.4GHz無線LANは特別な電波免許や通信費が不要であるため、屋内での無線LANとしての利用、屋外での有線専用線の置き換えや広域無線ネットワークの構築に用いられている。このため、導入コストのみで高速回線を構築できる無線LANは、地域情報網としての活用が有力視されている。

今回、KDDI 研究所では鹿児島大学との共同研究のもと、鹿児島県奄美大島において遠隔医療実験のためのネットワークを構築した。本ネットワークは離島間を相互接続するもので、通信手段は 2.4GHz無線LANを選択した。これは、前記の理由のほか、設置が容易であること、通常使用には十分な10Mbit/s程度の回線速度を有すること、雨・霧といった気象による影響を殆ど受けない点を考慮した。

ネットワーク構築にあたっては他の通信手段も考えられる。現地にはINS64回線が既に引かれている。しかし、本実験では動画像伝送を行うことを想定しており、容量の面で不足である。光ファイバ網は大容量であるが、新規敷設の必要があり現実的ではない。また、無線回線として、光無線システム(レーザー/赤外線)やFWA(Fixed Wireless Access)が挙げられる。光無線システムは10Mbit/s程度、FWAシステムは1.5~155 Mbit/s程度の通信速度を有しているものの、共に気象の影響を受けやすく、濃霧や豪雨の場合には通信断になる恐れがある。本ネットワークは、悪天候時に船が出ない場合にも通信手段を確保するのが目的の1つであり、気象条件に弱い無線回線は除外した。また、FWAシステムは通信費が必要であり、費用面で負担が大きい。

本稿では、2.4GHz無線LANネットワーク構成、及び海上長距離通信を含む本ネットワークの基本通信性能を主に報告する。また、MEPG-4ベースのリアルタイム画像伝送ソフトを用いた遠隔医療実験の概要も合わせて報告する。なお、本無線LANネットワーク及び実験は、設置場所にちなみサザンクロスプロジェクト[1]と名付けている。

2. 2.4GHz無線LANネットワークの概要

2.1 無線ネットワーク構成

図1に設置場所と無線ネットワークの構成を示す。奄美大島は鹿児島市の南西約380kmに位置し、機器

を設置した瀬戸内町[2]は奄美大島の南西部に位置する。瀬戸内町は本島の一部と加計呂麻島、請島、与路島の離島3島から構成されている。今回のネットワーク構築では、役場のある古仁屋地区と最も南西の与路地区の通信路確保を行った[3]。両地区には各々町のへき地診療所があり、診療所間のLANを構築するのが目的である。

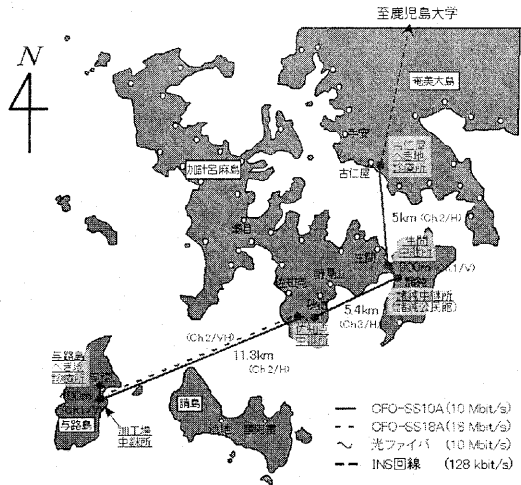


図1：無線ネットワーク構成

両診療所間は直線距離で約20kmあり、直接の見通しは無い。無線LANでは対向するアンテナ同士が見通せることが前提であるため、地理的条件を考慮したサイト選定を行った。最終的には、図1に示すように海上長距離区間3リンクを含む無線5リンクからなる構成に決定した。各中継所間の距離は、古仁屋へき地診療所-生間中継所が海上5km、生間中継所-諸鈍中継所が陸上900m、諸鈍中継所-佐知克中継所が海上5.4km、佐知克中継所-加工場中継所が海上11.3km、加工場中継所-与路島へき地診療所が陸上400mである。佐知克中継所では、諸鈍中継所側、加工場中継所側に見通しがある地点が500m程離れているため、光ファイバにより接続している。更に、古仁屋へき地診療所はISDN回線(128kbit/s)により鹿児島大学と接続されている。また、佐知克中継所-加工場中継所間には、海上通信の特性を取得する目的で、異なる速度の無線LANが設置してある。設置の様子は3.4節で述べる。

3. 2.4GHz 無線 LAN (CFO-SS) と機器設置の様子

本ネットワークで用いた無線 LAN は、KDDI 研究所が開発した 10Mbit/s 及び 18Mbit/s を有する CFO-SS 無線システム [4],[5] である。他にも IEEE802.11b 準拠の 11Mbit/s 無線 LAN があるが、電波状況が悪くなると、5.5、2、1 Mbit/s と順に伝送速度を低減させること、また、マルチパス（電波の多重反射）耐性が十分でないことから採用しなかった。

3.1 CFO-SS の概要

CFO-SS（Carrier Frequency Offset-Spread Spectrum：搬送波周波数オフセットスペクトル拡散）技術とは、スペクトル拡散された 2 Mbit/s の信号波を多重化し、通信の高速化を図る技術であり、マルチパスに強く長距離伝送が可能である。10Mbit/s の伝送速度を有する CFO-SS10A、及び 18Mbit/s の CFO-SS18A の 2 種類がある。表 1 に CFO-SS の基本仕様を示す。CFO-SS で使用可能なチャンネル数は表 1 に示すように 4 つであるが、互いに干渉無く通信可能なチャンネル数は 3 つである。

表 1: CFO-SS の基本仕様

変調方式	CFO-SS10A：CFO-SS (Carrier Frequency Offset・Spread Spectrum) 方式 CFO-SS18A：CFO-SS+DPST (Dual-Polarization Staggered Transmission)方式
使用周波数帯	2,400～2,483.5MHz 2,471～2,497 MHz
チャネル帯域幅	26 MHz
チャネル数	4 チャネル
伝送速度	CFO-SS10A：10 Mbit/s CFO-SS18A：18 Mbit/s
インターフェース	10 /100Base-T
空中線電力	0.082 mW/MHz
アンテナ利得	24 dBi
アクセス制御	CSMA/CA

通信形態は、ポイント-ポイント (P-P) 構成及びポイント-マルチポイント (P-MP) 構成の双方に対応しているが、本ネットワークでは全て P-P 構成を用いた。また、他の無線システムへの影響を軽減するため、不要なパケットを無線回線に送出しない機

能、すなわち MAC アドレスによるフィルタリング機能を具備している。

3.2 CFO-SS の装置構成

CFO-SS10A の構成を図 2 に示す。CFO-SS10A は、室内ユニット (IDU：Indoor Unit)、屋外ユニット (ODU：Outdoor Unit)、アンテナの 3 つから構成されている。装置の外観を図 3 に示す。IDU は LAN インタフェースを有し、有線パケット・無線パケットの処理を行っている。ODU では送受信の切り替え、周波数変換、及び送信に必要な電力増幅を行っている。ケーブル長は、IDU-ODU が 30m、ODU-アンテナ間が 1m である。なお、CFO-SS18A は 2 つの偏波を用いるため、ODU 及びアンテナが各々 2 つ必要である。

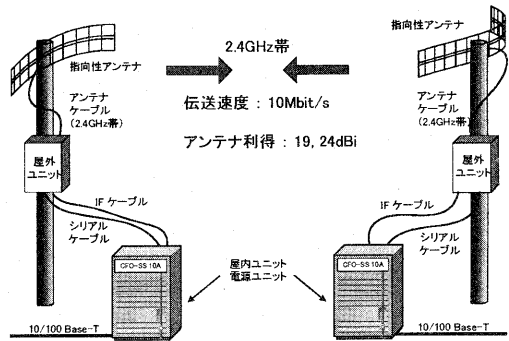


図 2：CFO-SS10A の構成

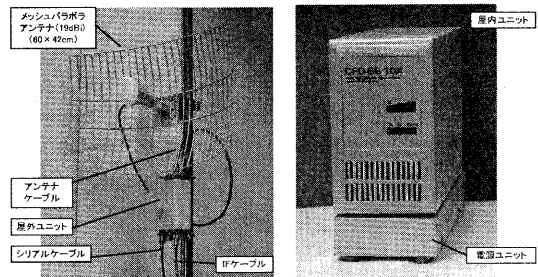


図 3：CFO-SS10A の外観

3.3 CFO-SS のネットワーク管理機能

CFO-SS では、装置パラメータ、装置の動作状態及び通信品質を把握する手段として SNMP によるネットワーク管理機能を備えている。SNMP により取得及び設定が可能な MIB (Management Information Base) 項目は、標準の MIB-II の他、独自のプライベート MIB 項目を定義し実装している。

プライベート MIB では、通信周波数・受信レベルといった無線伝送に関わるパラメータや、送受信したパケットの統計情報を取得可能であり、遠隔地からの回線状況の監視を可能としている。また、これらの項目は、Telnet 及びシリアル経由での設定も可能である。

3.4 機器設置の様子

設置に当たっては、工事費を抑えるため既存の建物がある場所、及び近くに商用電源が引かれている等、設置工事が容易である場所を選択している。IDU・ODU 間のケーブル長が 30m であるため、与路島へき地診療所を除き、IDU は屋外ボックスに収容し、アンテナ下部に設置した。使用したアンテナは、海上通信の 3 リンクについては 24dBi メッシュパラボラアンテナ、残りの陸上 2 リンクについては短距離であるため、19dBi アンテナとした。電波干渉を避けるため、隣接する無線リンクでは通信周波数と偏波が互いに異なるよう設定してある。具体的なパラメータは、図 1 中にチャンネル番号と偏波種別 (V: 垂直偏波、H: 水平偏波) で示した。初期設定の周波数で通信品質が劣化した場合にも、通信周波数は遠隔から変更が可能である。

図 4、図 5 に機器設置の様子を示す。図 4 (a) の古仁屋へき地診療所では建物外壁を利用し、24dBi メッシュパラボラアンテナを設置した。図中で、アンテナ下の白箱は屋外ボックスである。図 4 (b) の与路島へき地診療所では、建物の屋上からは対向側のアンテナが見えないため、建物の脇に柱 (パンザマスト) を設置し、その上部にアンテナを取り付けている。IDU は建物内部に設置してある。また、図 5 の加工場中継所では、1 本の柱に 5 面のアンテナが有り、最頂部のアンテナは与路島へき地診療所向け、他は佐知克中継所向けである。佐知克中継所向けの 4 面は、垂直/水平偏波が 2 面ずつ有り、実験に応じて接続を変更できる構成としている。

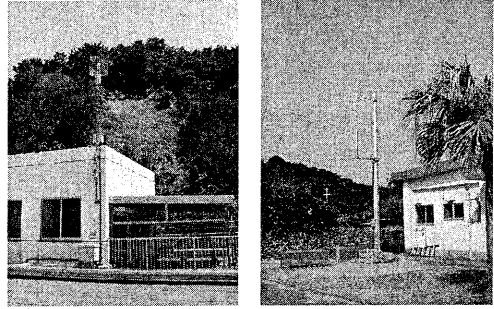


図 4 : 古仁屋(左)、与路島(右)の各へき地診療所

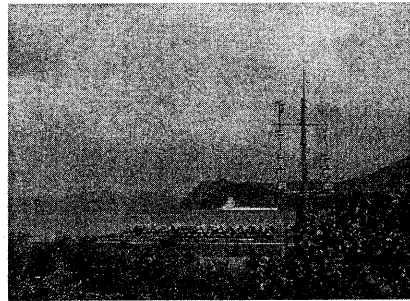


図 5 : 加工場中継所(与路島)

3.5 IP ネットワークと端末装置

図 6 に IP 網としてのネットワーク構成を示す。無線 LAN はブリッジまたはリピータとして動作するため、本ネットワークは 1 つのセグメントから成る IP ネットワークである。

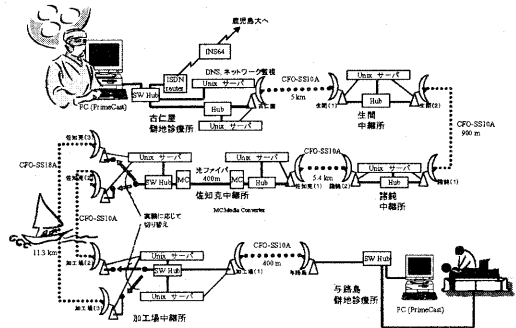


図 6 : IP ネットワーク

両端のへき地診療所には、5.1 節で述べるビデオ通信ソフトウェアをインストールした PC 端末が設置されている。更に、リンク毎の特性試験、及び無線

LAN への制御端末としてへき地診療所、各中継所には PC Unix マシンを設置している。

各中継所では、HUB を介して無線 LAN 同士が接続されている。佐知克中継所—加工場中継所については、CFO-SS10A リンクと CFO-SS18A リンクが併設してあるが、スイッチングハブのポートを ON/OFF することにより遠隔から回線を選択可能としている。また、鹿児島大学へは古仁屋へき地診療所に設置している ISDN ルータを介してダイヤルアップ可能である。

4. ネットワークの基本通信性能と回線状況の監視

本年 6 月より、無線 LAN ネットワークの基本通信性能を取得している。ここでは、無線の回線品質であるビット誤り率特性、及び IP 網のスループット特性、また、遠隔から回線状況を把握する監視ツールを用いた測定結果を示す。

4.1 ビット誤り率特性

長距離海上通信となる 3 リンクを対象とし、ビット誤り率特性を測定した。測定条件は次の通りである。なお、精度良く測定するためには、更に長時間の測定が必要であるが、今回は無線 LAN 回線を凡そ把握する程度の測定とした。

- ・ 伝送速度：10Mbit/s
- ・ 擬似ランダム符号：PN11
- ・ アンテナ：24dBi、水平偏波
- ・ 測定時間：5 分

測定結果は次の通りである。

- ・ 古仁屋—生間 (5km)： 4×10^{-9}
- ・ 諸鈍—佐知克 (5.4km)： 3×10^{-9}
- ・ 佐知克—加工場 (11.3km)： 4×10^{-9}

何れも無線 LAN が満たすべき回線品質 10^{-5} を十分に上回っており、回線品質は全く問題ないことが分かる。佐知克中継所—加工場中継所に関しては、19dBi アンテナによる測定も実施し、 1×10^{-8} と十分な品質が得られている。各リンクとも垂直偏波の測定も行ったが、水平偏波との有意な差は見られなかった。

4.2 スループット特性

TCP/IP ネットワークの特性として、古仁屋へき地

診療所から各中継所ごとに下記の測定を行った。

- ・ Ping による RTT (Round Trip Time)
- ・ FTP 1 セッションあたりのスループット

測定結果を図 7 に示す。FTP スループットは無線 1 リンクの測定値に対する割合で示した。

タンデム中継のため、ホップ数の増加に比例して RTT の増加が見られる。FTP はコネクション型の TCP を用いており、データの送達確認を行うため RTT の増加に伴いスループットの低下が見られた。スループットの向上のためには、PC 側でウィンドウサイズを増加させる方法が有効である [6]。

UDP を用いるような画像伝送はコネクションレス型であり送達確認を行わないため、遅延時間はあるものの、5 ホップの場合も 1 ホップとほぼ同等のスループットで通信が可能であった。

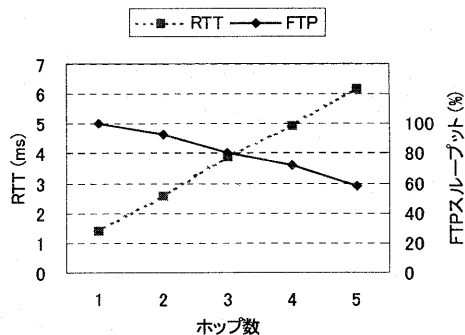


図 7 : RTT 及び FTP スループット

4.3 ネットワーク状況の監視

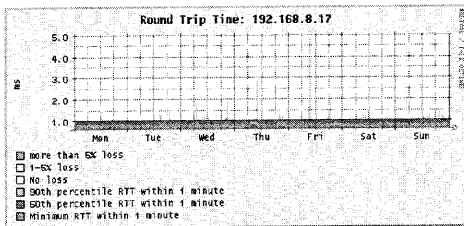
ネットワーク使用状況、及び、長距離海上通信を伴う本ネットワークの特性を監視するため、2 種類の測定ツールを導入している。

① 回線の負荷状況と障害検出

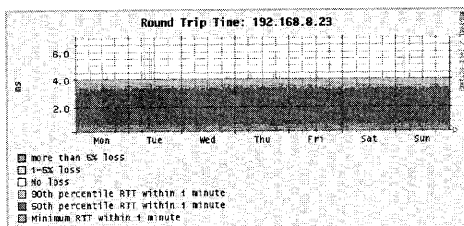
古仁屋へき地診療所の PC Unix 端末から、各無線 LAN に対して ICMP (Internet Control Message Protocol) による到達性の計測を行い、RTT を元に負荷状況の確認を行った。計測に当たっては、別途開発した RM (Reachability Monitor) [7] を用いており、複数のホストを同時に計測しても、RTT の測定誤差を小さく抑えることができる。生間、佐知克、加工場の各中継所に対し、1 週間

連続して取得した結果を図 8 に示す。

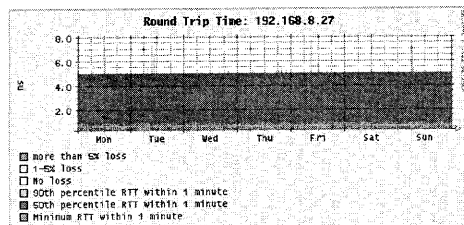
RM では 1 秒毎に ICMP パケットを送信し、1 分毎に集計する。集計では RTT を小さい順に並び替え、最小 RTT、送信した個数に対し 50% 及び 90% 位置の RTT、及びパケット消失率をそれぞれ描画している。



(a) 古仁屋へき地診療所-生間中継所



(b) 古仁屋へき地診療所-佐知克中継所



(c) 古仁屋へき地診療所-加工場中継所

図 8 : RM による到達性の計測

古仁屋へき地診療所から生間、佐知克、加工場の各中継所への RTT は順に増加しており、1 ホップ当たり約 1ms の RTT となった。また、日時によりネットワーク使用状況に伴う RTT の増加も見られるが、ネットワークに影響が出る程度ではない。

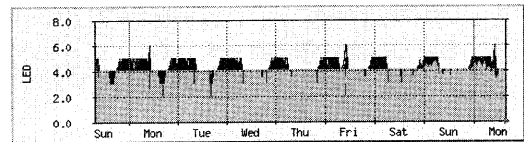
RM は回線使用率を知る手段としての他、無線リンクの疎通を確認する手段としても用いている。RM では無線 LAN 装置に対して ICMP パケットの送信を行っているため、万一、障害で回線断になった場合は迅速に障害箇所の特定制を行い、保守

対応を可能としている。

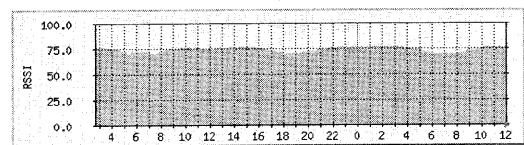
② 無線区間の回線品質

無線回線品質を監視するため、3.3 節で述べた CFO-SS の MIB パラメータを取得している。測定には MRTG (Multi Router Traffic Grapher) [8] を用い、5 分毎に受信レベル及び送受信パケット数を取得している。受信レベルは、アンテナ入力レベルに対応した RSSI (Received Signal Strength Indication) 値と、装置前面に表示する LED 値の双方が取得可能である。MRTG による測定は、無線回線の品質を細かく取得することが目的である。無線区間ではエラー発生時にパケット再送を行うため、ICMP パケットによる到達性の計測では無線区間の特性を厳密に見ることが出来ない。

図 9 に測定した受信レベルの変化を示す。(a) は古仁屋へき地診療所の受信レベル (LED 値) 変化を 1 週間通して描画したものである。また、(b) は加工場中継所の 1 日における受信レベル (RSSI 値) の変化である。(b) は RSSI 値であるため、LED 値表示に比べて受信レベルの変動を細かく反映している。



(a) 古仁屋へき地診療所の受信レベル (LED 値)



(b) 加工場中継所の受信レベル (RSSI 値)

図 9 : MRTG により取得した受信レベルの変化

図 9 では、潮位変化に伴う受信レベルの変動が見られ、ピークが満潮時に相当している。このように若干の受信レベル変動はあるが、無線 LAN の受信ダイナミックレンジ内であり、これまでのところ、大きな品質劣化は見られていない。

受信レベル変動の他、送受信パケット数及び再送パケット数を取得することにより、詳細な通信品質を把握することができる。また、潮位等周期的な変

動に対しては、受信レベルの推移をある程度予測することも可能となる。

5. 遠隔医療・教育システム

サザンクロスプロジェクトでは、IP ネットワークを使った医療面等での活用方法を検証することが目的の 1 つである。本節では、その概要と使用するビデオ通信ソフトウェアについて述べる。

5.1 ビデオ通信ソフトウェア (PrimeSession)

PrimeSession は、KDDI 研究所が開発した MPEG-4 ベースのビデオ通信ソフトウェア[9]で、独自の圧縮伝送制御により高品質なビデオ・オーディオの伝送が可能である。また、ソフトウェアのみで画像圧縮・解凍を行うため、パソコンで簡単にビデオ通信が可能である。画像通信を行う際に特別な装置が必要なシステムでは使い勝手が悪く、普段使用するパソコンで動作することは重要である。本ソフトウェアの画面例を図 10 に示す。



図 10 : PrimeSession の画面

本ネットワークは 10Mbit/s の無線 LAN により構築されているが、鹿児島大学へは INS64 (128kbit/s) 回線である。PrimeSession では画像品質、画面サイズ等を設定することにより異なる通信速度に対応している。画質は、静止画質優先 (動きはぎこちなくなる) と動画質優先 (静止画は粗くなる) のいずれかを選択可能である。

一般的なビデオ通信ソフトウェアは有線回線を前提で開発されているため、回線品質の劣る無線 LAN に適用した場合、動作が不安定になる可能性がある。

PrimeSession を本プロジェクトで用いるに当たり、エラー耐性を強化する等無線 LAN の特性を考慮した実装を行い、有線回線と同等の品質を保っている。

5.2 医療面での利用

① 遠隔診療

本ネットワークで相互接続した 2 個所の診療所のうち、与路島へき地診療所に医者は居らず、看護婦が 1 名常駐しているのみである。月 2 回程度の巡回診療はあるものの、他は医者の診察を受けることが出来ない。このような場合、古仁屋へき地診療所に居る医者が、画像を通して患者を診察するという利用方法が考えられる。

本プロジェクトでは、遠隔医療実験として、「治療」よりも「予防、保健、公衆衛生」を実験すること、専用のシステムではなく、毎日、事務処理などに使っている PC やインターネットを使って実験することを目的している。この趣旨に沿い、これまでに、遠隔からの健康教室として「タバコの害と禁煙教室」を実施し、大変に好評であった。今後も、同様の教室・実験を行い、本ネットワークと機器の評価、遠隔医療の評価を進める予定である。

② 医療情報の共有

医療現場では、患者のカルテ等様々なデータがやり取りされる。データが電子化されている場合、本ネットワークは医療情報ファイルの共有に利用できる。

5.3 教育面での利用

① 遠隔教育

IP ネットワークは情報の時間的・量的な格差を解消することが可能である。本プロジェクトでは、大学等から医療に関する遠隔講義、情報通信技術 (IT) に関する遠隔教育を想定している。

② 学校教育での利用

大学と現地の利用のみならず、地元の学校間で授業に用いることも想定される。学校間でのメールのやり取り、ホームページの公開やテレビ会議等 IT 教育の一環として用いることができる。

6. 今後の課題

6.1 海上伝播を伴う通信

既に述べたように、本ネットワークには異なる距離の海上区間が3リンクある。海上伝播を伴う通信では、図11に示すように、電波が海面反射することによるマルチパスが発生する。通常、2.4GHz帯の電波は気象による影響を受けないが、海上伝播区間では気象による海面状態の変動、及び潮位変化により通信品質が変動する可能性がある。これまでの観察では、4.3②で述べたように、潮位変化による若干の受信レベル変動を受けてパケットが損失し、RTTが増大する場合があった。受信レベルはアンテナ高・アンテナ方向(仰角・俯角)により異なるため、ダイバーシチ受信等を用い、更に安定した通信が行えるよう改善する予定である。

また、台風が数回通過したが通信品質には影響を与えていない。今後も、海上区間の通信品質を長期的に測定する予定である。

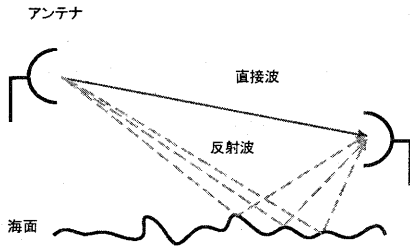


図 11 : 海上伝播を伴う通信

6.2 地域情報網としての利用

本プロジェクトでは遠隔医療実験を当初の目的としているが、最も大切なのは地元住民が本ネットワークを利活用することである。現在は診療所間及び地元学校での利用を想定しているが、将来的には地域住民が自由に利用できて初めてネットワークの価値が見出せる。具体的には、個人がインターネット回線として利用する他、地元自治体の情報網、CATVと併用した地元情報の映像配信等が考えられる。

7. まとめ

本稿では、鹿児島県奄美大島において構築した2.4GHz無線LAN(CFO-SS)ネットワークについて報告した。数km離れた離島においても安価で高速なネットワーク構築が可能であることを実証した。また、ネットワークの基本通信性能やビデオ通信ソフトウェアによる遠隔医療実験としての利用について報告した。

謝 辞

本プロジェクトの実施に当たっては多方面から多大な協力を頂いた。地元瀬戸内町の義永町長、保険福祉課池崎課長、教育委員会西田教育長、佐藤指導主事、与路島福島区長には各方面への調整、及び設置場所の選定に際して協力を頂いた。機器設置、及び通信試験においては、当初からご協力頂いた武原電気工事社、与路島へき地診療所の小田看護婦、及び(株)KDDI研究所・ネットワークエンジニアリンググループ、マルチメディア通信グループ、無線通信グループ各位に感謝する。共同研究の遂行に当たっては、鹿児島大学田中学長、中山工学部教授にご指導頂いた。また、遠隔からの健康教育は、鹿児島市市来歯科院長、与路島小中学校栄教諭のご協力のもと実施することができた。最後に、日頃ご指導頂く(株)KDDI研究所浅見所長、松島副所長、水池執行役員、山崎グループリーダー、中島グループリーダーに感謝する。

文 献

- [1] <http://www.kddilabs.jp/s-cross/>
- [2] <http://www.minc.ne.jp/setouchi/>
- [3] 福家、藤野、石川、杉山、篠永、"奄美大島の離島遠隔医療実験におけるCFO-SS無線ネットワーク"、2001年信学ソ大B-5-197。
- [4] H. Ishikawa, H. Shinonaga and H. Kobayashi, "Carrier Frequency Offset-Spread Spectrum (CFO-SS) Method for Wireless LAN System Using 2.4 GHz ISM Band," IEICE Trans. on Fundamentals, pp.2366-2371, Vol. E80-A, No.12, Dec. 1997.
- [5] H. Ishikawa and H. Shinonaga, "Design of Carrier Frequency Offset-Spread Spectrum (CFO-SS) System Using 2.4 GHz ISM Band," IEICE Trans. on Fundamentals, pp.2669-2676, Vol. E82-A, No.12, Dec. 1999.
- [6] 北辻、藤川、山崎、"奄美大島の離島遠隔医療実験における無線LANのTCP性能の評価について"、2001年信学ソ大B-5-199。
- [7] 北辻、山崎、飯作、浅見、"長期間の連続動作を可能とする到達性監視ツールの開発について"、2001年情報処理学会前期全大、3S-4。
- [8] <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg/>
- [9] 米山、柳原、中島、"奄美大島の離島遠隔医療実験におけるMPEG-4ライブ伝送"、2001年信学ソ大B-7-78。