

ITS 車車間通信におけるマルチホップ動画ストリーミングの実験評価

^{*1} 渡辺正浩 ^{*3} 田中信介 ^{*2} 小宮山牧兒 ^{*1} 小花貞夫 ^{*4} 藤瀬雅行

国際電気通信基礎技術研究所

^{*1} ATR 適応コミュニケーション研究所 ^{*2} ATR 波動工学研究所

〒619-0288 京都府「けいはんな学研都市」光台 2-2-2

E-mail: {watanabe, komiyama, obana}@atr.jp

^{*3} KDDI 研究所

特命先端研究グループ

〒356-8502 埼玉県上福岡市大原 2-1-15

E-mail: shinsuke@kddilabs.jp

^{*4} 独立行政法人情報通信研究機構

無線通信研究センター

〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 3-4

E-mail: fujise@nict.go.jp

あらまし IEEE802.11g 無線 LAN をベースとしてアドホック機能を有し, ESPAR アンテナと組み合わせた無線アドホックネットワーク実験装置: WACNet (Wireless Ad hoc Community Network)を開発した. 本装置では, ESPAR アンテナのオムニ及びセクタのビームを各種無線パケットに応じて制御し, 無線区間の伝送速度は 54Mbps から 1Mbps までの適応変調と伝送速度を固定することが可能であり, マルチホップ通信をサポートするルーティング機能として, 電波伝搬状況を考慮したプロトコルを実装している. 本実験装置にカメラ及びコーデックを接続して車載し, 移動体におけるマルチホップ通信による動画ストリーミングの特性について報告する.

キーワード ITS, 車車間通信, 無線アドホックネットワーク, マルチホップ, マルチパス, ストリーミング

The experimental characteristics of video streaming at multihop communication on WACNet (Wireless Ad hoc Community Network) test system for ITS inter vehicle communications

^{*1} Masahiro WATANABE, ^{*3} Shinsuke TANAKA, ^{*2} Bokuji KOMIYAMA, ^{*1} Sadao OBANA,
^{*4} Masayuki FUJISE

^{*1} ATR Adaptive Communications Research Laboratories

^{*2} ATR Wave Engineering Laboratories

2-2-2 Hikari-dai "Keihan-na Science City", Kyoto, 619-0288 Japan

E-mail: {watanabe, komiyama, obana}@atr.jp

^{*3} KDDI R&D Laboratories Inc.

Advanced Focus Technology Laboratory

2-1-15 Ohara Kamifukuoka City, Saitama, 356-8502 Japan

E-mail: shinsuke@kddilabs.jp

^{*4} National Institute of Information and Communications Technology

3-4 Hikarinoka Yokosuka City, Kanagawa, 239-0847 Japan

E-mail: fujise@nict.go.jp

Abstract We developed the WACNet (Wireless Ad hoc Community Network) test system based on IEEE802.11g and ESPAR antenna. ESPAR antenna is controlled to set sector beam or omni beam due to the several types of packets at the communication situation (Tx and Rx). We can choose the data transmission rate to be alternative or fixed among the duration through 54Mbps to 1Mbps for the purpose of experiment. Routing protocol supporting multihop communication is embedded with the consideration of microwave propagation condition to improve total throughput, total error rate and so on rather than the original protocol. In this paper, we will show the structure and wireless communication characteristics and the performance of moving pictures streaming at multihop communication with camera and codec connected WACNet test system on the mobile experimental cars.

Key words ITS, IVS, Wireless ad hoc network, multihop, multipath, streaming

1. はじめに

無線アドホックネットワークは、端末間での直接通信を可能とし、基地局のようなインフラの支援が不要である。また、端末自身がルータ機能を有しているため、所謂、端末間で電波が届かない場合には、中継端末を介して通信を確保するマルチホップ通信を行うことが出来る。このマルチホップ通信ではルーティングが重要であり、動的なネットワークでの使用を想定して、各種のルーティングプロトコルの開発が行われている。近年では低価格化と普及が進んでいる無線LANカード(IEEE802.11b)のアドホック機能とノートPCを用いて実験が行われるようになった。この場合、アンテナの指向性はオムニビームでの使用が前提となる。一方、アンテナのビームとしてセクタビームを想定すると、周辺端末との電波干渉の低減、周辺端末位置の計測、利得向上による通信距離の延伸化、等が期待出来る。しかし、セクタビームとの組み合わせによる指向性隠れ端末のような問題も想定されるので、総合的な検討が必要である。また、実際にフェージングやマルチパス等の存在する環境において動作確認する必要がある。そこで、セクタやオムニのビームを用いて、実環境における動作の確認を行うために、近年普及して来た比較的高伝送速度の高い802.11gの無線LANカードをベースに新たにアドホック機能を付加し、ESPAR アンテナ[1]と組み合わせるセクタ及びオムニのビーム制御を行うMAC(Media Access Control)及び各種ルーティングのプロトコルの適応性について実験・検討が出来るWACNet 実験装置を開発した。本稿では、本実験装置にカメラ及びコーデックを接続して車載し、移動体におけるマルチホップ通信による動画ストリーミングの特性について報告する。

2. 実験装置

2.1 構成

本装置(図2.1-1,図2.1-2)は、アンテナとしてESPAR アンテナを用い、2.4GHz 帯ISM (Industry Scientific Medical)バンドの周波数を使用し、DC電圧制御によりセクタ及びオムニのビームを切り替えて生成出来る。無線モジュールはIEEE802.11gの無線LANカードをベースとし、MAC層には衝突回避機能付きキャリア感知多重アクセス方式:CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)を用い、変復調方式として直交周波数分割方式:OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)を有し、伝送速度は適応変調または固定化の選択が可能となるように改造を施した。また、各種パケットに応じてESPAR アンテナで生成するセクタやオムニのビームを切り替えるために、今回用いたIEEE802.11g無線LANチップ用ドライバとビーム制御で連携動作させることとした。各端末は、セクタビームで一定周期毎に全方位走査(最大12方位)を行い、周辺端末はオムニビームで受信して、方位毎の受信信号強度の情報を交換し、AST(Angle Signal Table)を生成して、この情報を元にセクタビームを形成し、データ通信を行う。なお、詳細な角度方向についてシーケンシャルに得られた2つ(左右)のビームの受信信号強度を元に、モノパルス測角処理により求めている[2][3]。ノートPC(Linux Red Hat 9)を利用して操作装置とし、スループット、遅延時間、転送時間を計測する機能や、内部ログ、タスクの振る舞いを時系列的に把握する機能を有している。また、ルーティングプロトコルを実装し、RIP (Route Information protocol)

ベースとして、目的端末に、所謂、電波が届かない場合には、距離ベクトル型:DV (Distance Vector)のルーティングプロトコルにより、ルーティングテーブルからメトリック数(ホップ数ではない)の少ない経路を選択して、目的端末までのマルチホップ通信を行う。メトリック数は通常ホップ数と同じであるが、電波伝搬状況を考慮して受信信号強度:RSSI (Received Signal Strength Indicator)の値に応じて重み付けを行っている。従って、適応変調が行われる際には、マルチホップ通信の各区間を電波伝搬状況が良く比較的伝送速度の高い状態で利用して総合スループットを向上させる方式[4]~[7]である。なお、操作装置と無線モジュールはイーサネット:Ethernet(有線)で接続し、各種機器(HUB、画像用コーデック等)との接続の拡張性をもたせた。これにより、イーサネットフレームをカプセル化し、IEEE802.11g(無線)フレームに変換して無線区間をデータ通信することにより、イーサネットのインターフェース:Interface(I/F)にて接続された装置側では、無線区間を意識することなくデータ通信を行うことが出来るようにした。保守装置としてノートPC (Windows 2000 or XP)を用い、無線モジュールにおける送受信フレーム数、再送回数、タイムアウト回数等を計測し、CSMA/CA 下におけるデータ通信の統計情報を把握する機能を有している。更に、GPS (Global Positioning System)との接続機能を有し、GPSからの位置情報を利用するMAC及びルーティングの方式についても検討可能としている。

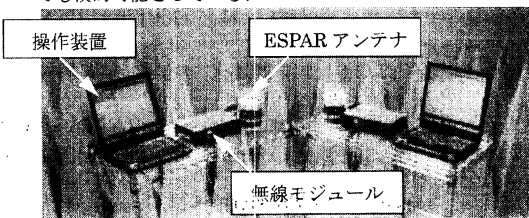


図2.1-1 WACNet 装置の外観

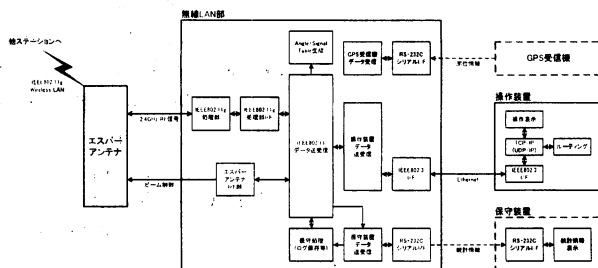


図2.1-2 WACNet 装置のブロック図

2.2 セクタビーム MAC

GPSからの位置情報を用いることなく、自端末がセクタビームを用いて周辺端末の方向情報を収集し、セクタビームを適切な方向に設定してデータ通信を行う方法である。AST 情報は、各端末がキャリアセンスを行いながら、作成元端末が周辺へ通知(Setup 信号)してセクタビーム(RQ 信号)を走査し、周辺端末がその各角度毎の受信信号強度の測定結果を返信(RE 信号)することにより収集される(図2.2-1)。このASTの値から振幅モノパルス処理(図2.2-2)を行い、詳細な方向が算出される(表2.1-1)。

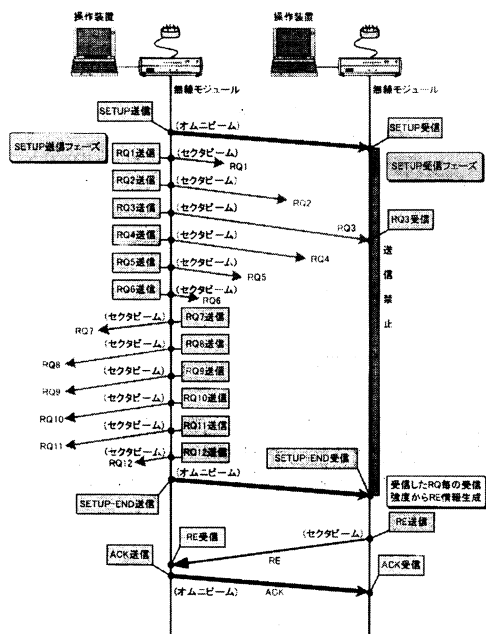


図 2.1-1 AST 作成手順

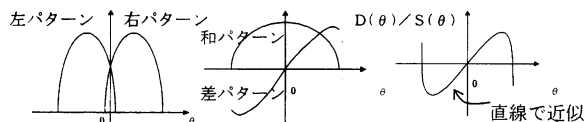


図 2.2-2 モノパルス処理

$$\theta = \theta_s \cdot (D(\theta)/S(\theta)) / k \quad \text{..... ①}$$

$$\sigma = \theta_s / k \sqrt{(\text{SNR} \cdot n)} \quad \text{..... ②}$$

θ : 測角処理値, θ_s : 和パターンの幅, σ : 標準偏差,
 k : 傾き, SNR : 受信信号レベル, n : 観測回数

表 2.1-1 AST 情報例 (端末 D)

角度 (°)	受信信号レベル (RSSI)		
	端末 A	端末 B	端末 C
0°	11.4	-59	-14
30°	4.3	-82	4.3
60°	-2.3	8.7	-13.6
330°	7.2	5.1	8.3
モノパルス処理	358度	78度	315度

従って、無線モジュールは電源投入後、内部の初期設定を行った後、オムニビームに設定し、無線 LAN 上の周辺端末の通信状況を確認する（待ち受け状態）。この時、Set up 信号を受信すると、続いて受信した RQ 信号を元に RE 信号を生成し Set up 信号送信元へ返信する。また、周辺端末が通信していなければ定周期で自端末の AST 生成フェーズに移行する。データ通信は、AST 情報を元に目的端末へセクタビームを向け送信する。ACK 信号が確認出来なければ IEEE802.11 規格により最短周期(SIFS 間隔)で最大 10 回まで再送が行われる。それでも、送信が成功しなかった場合には、端末のモビリティを考慮して、セクタビームを+1 した

方向(CW)で、次には-1 した方向(CCW)で、そして最後はオムニビームと同様に最大 10 回まで再送を行うものとした。パケットの送信完了待ちは、無線 LAN ドライバが生成する統計情報カウンタファイルを参照し、「Transmit OK」が増加したら送信成功とし、次のパケット送信処理を実行する。また、「Frame Dropped」が増加したら送信失敗とし、再送処理を実行する。双方のカウンタが増加しない場合は送信中と判断して、統計情報カウンタをポーリングし続けるものとし、無線 LAN チップドライバとビーム制御とで連携動作させている。

2.3 MAC 透過処理

無線モジュール(IEEE802.11g)と Ethernet I/F に接続された操作装置とのデータ転送処理 (MAC 変換処理) を MAC 透過処理と呼んでいる。ここでは、無線モジュールでは、操作装置からのイーサネットフレームを受信した場合、その宛先 MAC アドレスから送信先無線モジュールの MAC アドレスを判定し、イーサネットフレーム全体を IEEE802.11 フレームのデータ部として、カプセル化することにより IEEE802.11 フレームへと変換する。送信先 MAC アドレス変換 (DA→RA) については、操作装置と無線 LAN モジュールの MAC アドレスの対を予め記録した MAC アドレス変換テーブルを用いて変換を行っている(図 2.3-1)。MAC アドレス変換テーブルで送信先無線 LAN モジュールの MAC アドレスが見つからない場合は、そのイーサネットフレームは棄却されるものとする。但し、イーサネットフレームの宛先 MAC アドレスが自端末の場合には、MAC アドレス変換テーブルによる宛先変換することなく、自端末にて処理する。なお、ブロードキャストアドレスの場合は、そのままブロードキャストし、マルチキャストアドレスの場合は、マルチキャストを行う。

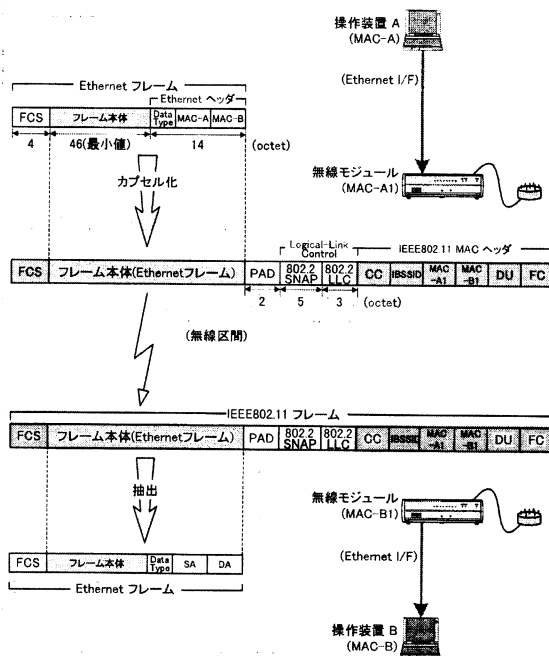
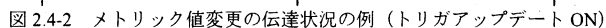
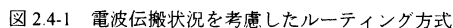


図 2.3-1 フレーム変換処理

操作装置として用いたノート PC の OS は、Linux 2.4.20 (Red Hat 9)で、ルーティング処理はZebOSのRIPv1をベースに受信信号強度を考慮してメトリック値に重み付けを施し、適応変調におけるマルチホップ通信を行う利用には、電波伝搬状況が良く伝送速度の比較的高い区間を利用して総合スループットを向上させる方式としている(図 2.4-1)。また、ルーティングテーブルの更新周期及び削除するタイムアウト時間は、アドホックネットワークの端末モビリティ特性に合わせて任意に設定出来るものとした。通常、有線用RIPでは更新30sec、タイムアウト3minである(図2.4-2)。また、本操作装置には、各種ルーティングプロトコル(テーブル駆動型、オンデマンド型等)[8]～[10]の実装も可能である。



3. 基本特性

3.1 最小受信感度

本装置を用いた1対1の対抗状態において、伝送速を固定化してpingコマンドを用いた時のエラーレートを計測する(図3.1-1)。最小受信感度としては、無線LANカードメーカー公称値とあったエラーレート10%で定義するものとする。この結果、最も低速レート(1Mbps)では約-90dBm、最も高速レート(54Mbps)では約-70dBmとなる。最も低速レートの場合を基準に回線設計(フェージングによる影響等を除く)を行うと最大通信距離は2,330mとなる(表3.1-1)。一方、最も高速レートでは最小受信感度が20dB上昇するので、最大通信距離は233mとなるが、高速変復調の場合は送信電力を低く抑える場合もあるので、これより少し短い通信距離となる。

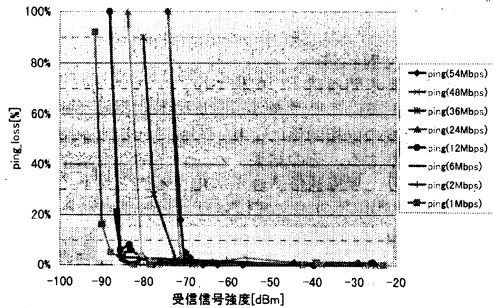


図 3.1-1 伝送速度毎の受信感度

$$R_{\max}^2 = P_t G_t G_r \lambda^2 L_t L_r / (4\pi)^2 S_{\min} \dots \quad (3)$$

表 3.1-1 回線設計例

記号	項目	諸元	単位	備考
f	周波数	2.472	GHz	IEEE802.11g, ch13 波長 $\lambda = c/f$ (c:光速)
Pt	送信電力	18	dBm	無線LANモジュール出力端最大値(公称)
Lt	アンテナ給電ロス	-4.2	dB	筐体内及び重載用RFケーブル×5m相当
Gt	送信アンテナ利得	6	dBi	セクタビームのアンテナ利得(Tx)
PGt	実効輻射電力	19.8	dBm	
Rmax	最大通信距離	2330	m	Pt = Sminとなる地点
Gr	受信アンテナ利得	2	dBi	オムニ方向のアンテナ利得(Rx)
Lr	アンテナ給電ロス	-4.2	dB	筐体内及び重載用RFケーブル×5m相当
Pr	受信機入力レベル	-90.0	dBm	
Smin	最小受信感度	-90.0	dBm	10%エラーで定義

伝送速度固定時のUDP、TCP、FTPの通信特性及び適応変調時の総合通信特性を以下に示す(図3.1-2～図3.1-5)。

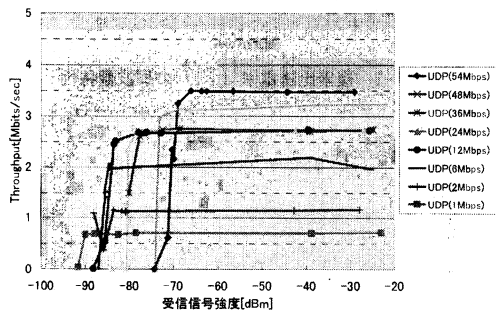


図 3.1-2 UDP 通信特性 (伝送速度固定)

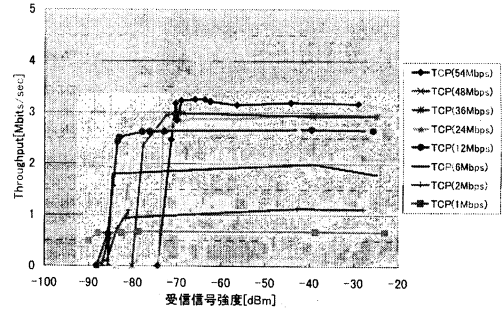


図 3.1-3 TCP 通信特性 (伝送速度固定)

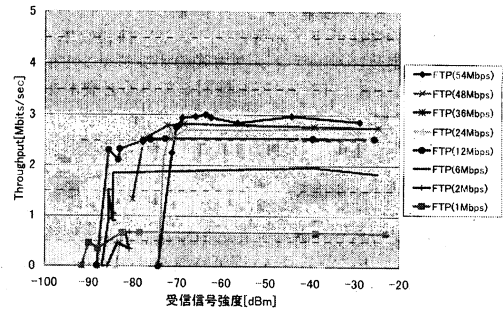


図 3.1-4 FTP 通信特性 (伝送速度固定)

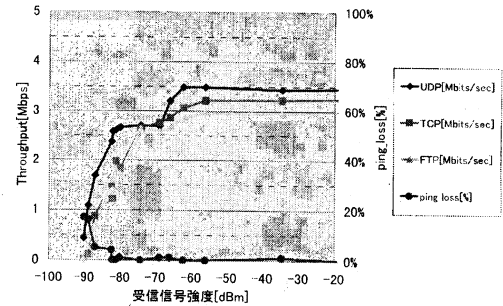


図 3.1-5 総合通信特性 (適応変調)

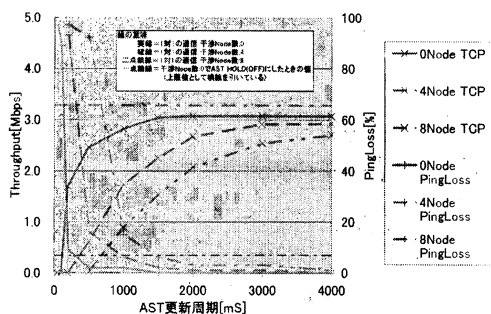
適応変調における総合通信特性により、ルーティングにおけるメトリック値は通信特性が劣化し始める約-60dBm以下で重み付けを施すのが良い(表3.1-2)。

表 3.1-2 メトリック値の設定例

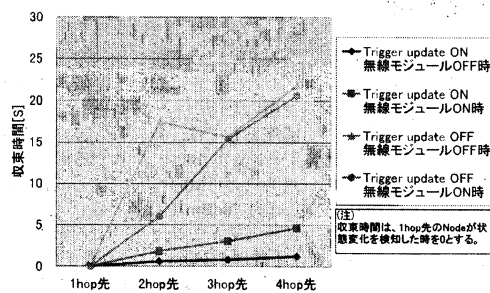
受信信号強度(dBm)	-60		-65		-70		-80	
メトリック値	1	2	4	8	16			

3.2 セクタビーム MAC の AST 情報

セクタビーム MAC 方式における AST 情報収集作業が無線通信特性に与える影響について検討が必要である。アドホックネットワークの端末モビリティ特性及び周辺端末数(検知出来る範囲の密度)に応じて、最適な更新周期を設定する必要がある。特に AST 情報の頻繁な更新はスループット等に影響を与える(図3.2-1)。



本装置においては、同一周波数 ch を使用する端末が増えて来たり、AST 情報の更新周期が 2sec より小さくなるとスループット等の性能低下が顕著となる。AST 情報収集の定期時間間の選定及びルーティング方式のオンデマンド的なやり方との組み合わせについても検討してみる必要がある。



3.3 マルチホップ通信

アドホックネットワークにおける各端末がAST情報やルーティングテーブル上で周辺端末を検知可能な状態、所謂キャリアセンスで周辺端末を検知可能で電波干渉が想定される状態における総合特性としてTCPにおけるスループット、ping コマンドによるロス・遅延時間を計測する(図3.3-1)。スループットはホップ数に対してほぼ反比例し、ロスや遅延時間は単調増加の関係にあることが判るが、オムニビームのみの場合との比較は別途報告する。

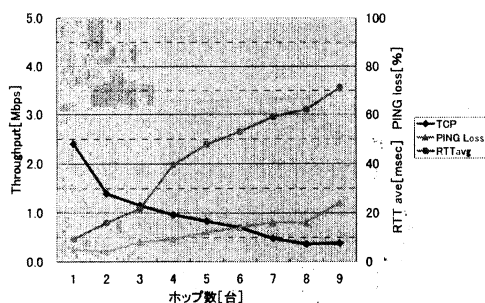


図3.3-1 マルチホップ通信の総合特性[セクタビーム含む]

3.4 ネットワーク内の状態変化の収束

アドホックネットワーク内の各端末が電波伝搬状況として互いに隣の端末だけを検知してシークエンシャルな接続を行っていく状態とする。この状態で、ある端末に状態変化が発生した時に、どのようにネットワーク内に伝達されていくかについて計測を行う(図 3.4-1)。状態変化としては端末の起動(ON)と電源断(OFF)とし、ルーティングプロトコルとして RIP ベースで、トリガアップデート(Tr)を ON と OFF の場合について行う。パラメータとしては、レギュラーアップデートを 10sec、タイムアウトを 60sec、ガーベージタイムを 40sec とする。トリガアップデート(Tr)ON の場合、起動(ON)及び電源断(OFF)の情報は、ほぼ同程度の遅延時間で伝達される。トリガアップデート(Tr)OFF の場合、レギュラーアップデート時間毎に伝達されるが、時間精度 $\pm 50\%$ (公称)を考慮すると、誤差の範囲でほぼ同程度の遅延時間で伝達される。但し、電源断(OFF)の場合は 1 秒¹⁾先に伝わるまでにタイムアウト時間が 60sec 必要となる。

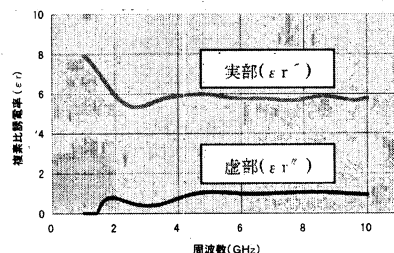


図 4.1-1 複素比誘電率 (ϵ_r) の周波数特性

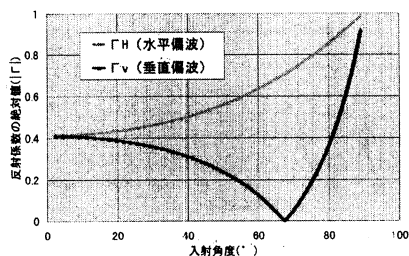


図 4.1-2 反射係数 (Γ) の入射角度特性

4.2 合成波の受信信号強度

ESPAR アンテナの垂直方向のアンテナパターンを基に、合成波の受信信号電力の値(Pr)は、直接波と路面からの反射波の2波合成モデルとし、複素比誘電率(ϵ_r)から求めた複素反射係数(Γ_v)を使用して下記の式から算出した。

$$Pr = Pt Gr Gt [Dd(\lambda/4\pi r_d) + Dr(\lambda/4\pi r_r) \Gamma_v e^{-j(k(r-r_d)-\Phi)}]^2 \quad \dots \textcircled{7}$$

Pr: 受信電力, Pt: 送信電力, Gt: 送信アンテナ利得, Gr: 受信アンテナ利得, Dd: 直接波の送受アンテナ指向性, Dr: 間接波の送受アンテナ指向性, r_d : 直接波の伝搬距離, r_r : 間接波の伝搬距離, $k: 2\pi/\lambda$, Φ : 反射係数の位相遅れ

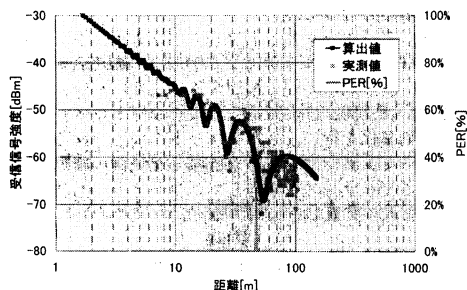


図 4.2-1 合成波の受信信号強度と PER(アンテナ高さ=1.8m)

実測した複素比誘電率(ϵ_r)から求めた反射係数(Γ_v)を用いた受信信号強度の算出値と、実測値は、ほぼ整合が取れることが判る(図 4.2-1)。また、バースト的な受信信号強度の低下の際に、PER が急激に増加していることが判る。マルチホップ通信におけるルーティングでは、このような急激な受信信号強度の低下に対しても適切なルート設定が行われることが望まれる。

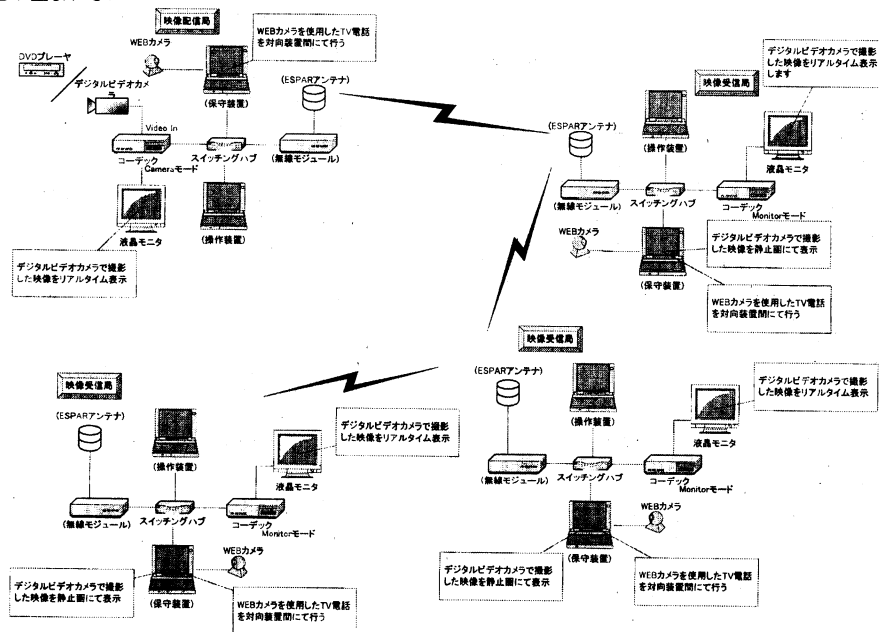


図 5.1-1 ストリーミング構成図

5. ストリーミング

5.1 構成

本装置とカメラ及び画像処理用コーデック[14]を、Hub を経由し Ethernet で接続して、ストリーミング配信技術を使用したアプリケーションを組合せることにより、移動局にて撮影した映像をマルチホップ通信によってリアルタイム配信し、直接電波の届かない移動局にて映像を表示することが出来る(図 5.1-1)。例えば、見通しの効かない道路の交通情報をマルチホップ通信により転送することで、渋滞情報や緊急車両接近情報を届けることや、交差点での出会い頭事故の低減にも効果が期待出来る。ストリーミング構成における主要性能を下記に示す。

- (1) ビデオビットレート 50kbps 以上
- (2) ストリーミングプロトコル RTSP, RTP
- (3) ストリーミング方式 ユニキャスト
- (4) 同時配信数 4 クライアント以上
- (5) 対向映像通信プロトコル H.323

尚、(5)は保守装置の web カメラによる 1 対 1 の通信である。各端末における IP アドレスの設定は以下の手順とし、斜体字の部分を号機番号への対応とした。

- (1) 無線モジュール 192.168.1.1
- (2) 操作装置 192.168.1.101
- (3) コーデック 192.168.1.102
- (4) 保守装置 192.168.1.103

操作装置と無線モジュールは MAC 透過処理により、Gateway の設定は無いが、コーデックと保守装置の Gateway は操作装置となる。従って、操作装置のスタティックルートにコーデックと保守装置の IP アドレスを登録しておく必要がある。また、操作装置と無線モジュール及びコーデックと保守装置では、Sub Netmask の設定を変え、255.255.0.0 及び 255.255.255.0 とした。

5.2 実験結果

ストリーミングの構成を実験車両に搭載して、ping によるエラーレートや遅延時間及び UDP、TCP のスループットを 1 回当たり 10 秒で、静止状態で 5 分間・移動状態で 10 分間の連続して、順次、計測評価を行った(図 5.2-1~図 5.2-3). ESPAR アンテナは車上部のキャリア上に据え付け、地上からの高さは 1.8m である。端末は全部で 4 台の 3 ホップのスタティックなマルチホップ通信であり、カメラを搭載した車両のみが移動または静止し、中継端末及び表示端末は静止状態とした。各端末間距離は、静止状態で約 50m 間隔・移動状態で 0m~100m の範囲を移動走行した。移動速度はクリープ状態で、ほぼ歩行状態と同程度である。

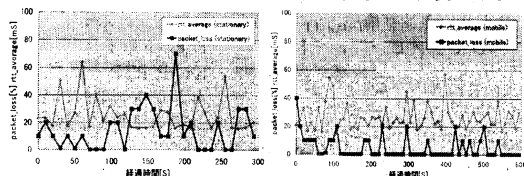


図 5.2-1a ping(静止)

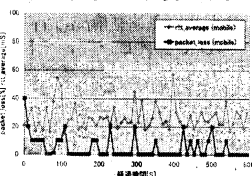


図 5.2-1b ping(移動)

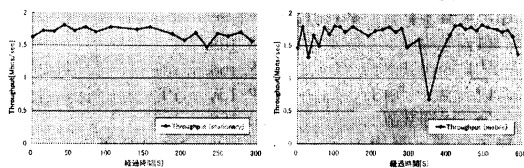


図 5.2-1a UDP(静止)

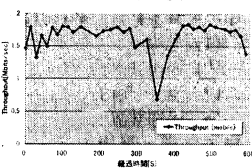


図 5.2-1b UDP(移動)

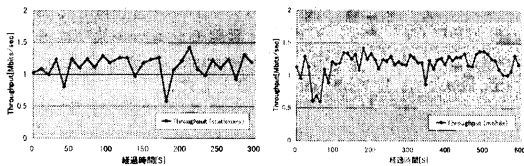


図 5.2-1a TCP(静止)

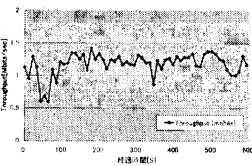


図 5.2-1b TCP(移動)

UDP(移動)におけるスループットの低下シーンは建物による遮蔽の影響と思われる。Ping 及び TCP は静止状態よりも移動状態の方が変動は少ないように思える。カメラからの動画の映像は MPEG4 方式で差分のみを伝送することとした。この結果、端末 4 台の 3 ホップの無線通信としてスループットは UDP、TCP 共に動画伝送に対して十分な値が得られているが、画面全体の映像がフルに変化するような場合には、UDP で残像が残ることが多かった。但し、遅延時間は少なく応答性に優れていた。TCP では殆ど残像は残らなかったが、遅延時間が UDP の場合よりも増えた。また、今回は発生しなかったが、TCP では再送制御で上手くいかなかった時には画面がフリーズすることも懸念される。コーデックにおけるビデオフレームのサイズは最大で 360×240 で比較的小さく、目的端末側でのモニタ画面の表示で拡大すると画面の粗さが目立つので表示方法に工夫が必要である。今後は、MPEG4 方式の差分伝送ではなく、AVI 方式のように 1 枚ずつの映像を連続して伝送するような方式も検討する必要がある。少なくとも、残像のような現象はないと思われる。今回はスタティックなルーティングを用いて画像処理用コーデックの特性も含めた基本性能を評価したが、今後は動的ルーティング(テーブル駆動型やオンデマンド型)を用いた検討も必要である。

6. まとめ

IEEE802.11g 無線 LAN をベースに新たにアドホック機能を付加し、ESPAR アンテナと組み合わせた WACNet 実験装置を開発し、基本特性を明らかにした。セクタビーム MAC では AST 情報を生成して周辺端末に関する位置を把握し、セクタやオムニのビーム制御を行うものとした。伝送速度は電波伝搬状況を考慮した適応変調と固定化を可能とした。受信信号強度に応じてメトリック値に重み付けを行うルーティングプロトコルを実装し、マルチホップ通信により端末単体の伝送範囲以上をカバー可能である。また、3 ホップのスタティックなマルチホップ通信にて動画のストリーミング伝送を行った。

今後、アドホックネットワークの端末モビリティ特性に応じて AST 情報やルーティングテーブルの更新周期及びルーティング方式について検討する。また、ビーム制御については、IEEE802.11g 無線 LAN チップドライバとの連携動作の効率化を行い、スループットの向上を図る。動画のストリーミングでは、残像を低減した映像の綺麗さと応答性の良さのバランスを考慮して、コーデックも含めた動画の伝送方式の見直しを検討する。

謝辞

本研究の一部は、情報通信研究機構(NICT: National Institute of Information and Communications Technology)の委託により実施したものである。

参考文献

- [1] 大平 孝, “エスバアンテナの動作原理とシステム応用”, 信学誌, 87, 12, pp. 1061-1064 (2004-12).
- [2] M. Watanabe, et al., “Directional Beam MAC for Node Direction Measurement in Wireless Ad hoc Network”, ECWT2003, pp.155-158, Oct. 2003
- [3] 渡辺正浩, 他 “WACNet(IEEE802.11b)による周辺端末の方向推定方式”, 信学技報, MoMuC2003-69, 11月 2003 年
- [4] 渡辺正浩, 他 “受信信号強度を考慮したルーティングプロトコルの提案”, 信学技報, RCS2004-130, 8月 2004 年
- [5] 渡辺正浩, 他 “受信信号強度を考慮したルーティングプロトコルの屋内実験評価”, B-5-125, 信学ソ大会, 9月 2004 年
- [6] S. Tang, et al. “A Robust AODV using RSSI with local update”, B-5-124, 信学ソ大会, 9月 2004 年
- [7] 湯素華, 他 “Link Heterogeneity を考慮したアドホック・ルーティング方式とその屋内実験評価”, 信学技報, MoMuC2004-85, 11月 2004 年
- [8] C. E. Perkins, “AD HOC NETWORKING”, Addison-Wesley Pub. 2000.
- [9] C. K. Toh, “Ad Hoc Mobile Wireless Networks Protocols and System”, Prentice Hall PTR, 2001
- [10] X. Hong, K. Xu, M. Gerla, “Scalable Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks”, IEEE Network, pp. 11-21, 2002
- [11] 渡辺正浩, 他 “WACNet(IEEE802.11b)無線通信におけるアスファルト路面反射の特性”, A-17-17, 信学ソ大会, 9月 2003 年
- [12] 渡辺正浩, 他 “WACNet(11b アドホック)におけるルータバイパリティの実験”, 信学技報, MoMuC2004-16, 5月 2004 年
- [13] M. Watanabe, et al., “Experimental results of route diversity in WACNet based on ESPAR antenna and 802.11b Ad hoc system”, ECWT2004, pp.301-304, Oct. 2004
- [14] Network Codec DM-NC40 VICTOR Company of Japan