

光無線 LAN による実時間双方向動画配信

小館香椎子・清水 賀代

Real-Time Interactive Transmission with Optical Wireless LAN

Kashiko KODATE and Kayo SHIMIZU

There is an increasing demand for more efficient and faster optical wireless communication, which can handle a large amount of data with flexibility. In this paper, the dependence level of an optical wireless system on the weather was investigated. The system was designed and set up between Japan Women's University and Waseda University (the distance of 800 m), using field experiment approach. The system proved to be applicable for an e-learning system and accordingly the distance learning lecture was held twice at the latter university, using optical wireless LAN. In order to further raise cost performance and operational ratio of the system, examination results of the P-MP (point to multi-point) system will be shown and analyzed. To achieve higher quality and stability will be the next step to be pursued.

Key words: optical wireless LAN, real-time interactive transmission, distance learning, P-MP (point to multi-point) system, atmospheric propagation

大容量配信の需要の急激な増大、情報環境の進展に伴い、自由度の大きい光無線通信の実現に対する要求が高まっている。波長が 800 nm 近傍の近赤外レーザーを用いる屋外光無線通信システムは、光の大容量性と無線の簡便性を兼ね備えたシステムとして、ファイバーケーブルの施設が困難な場所を接続する私設回線および地方自治体の地域ネットワーク、「学校インターネット」など、大規模なイントラネットの一部として利用が増えている。

筆者らのグループでは、次世代インターネット環境下における大学協調型コンテンツ配信システムの構築を目指し、マルチメディアモデルキャンパス展開事業（独立行政法人通信・放送機構，2001.9～2004.3）の採択を受け、教材や講義のコンテンツ化、アクセス認証システムおよび光無線を用いた e-learning 用双方向動画配信システムについて実証実験による検討を加えている¹⁾。光無線は 2.5 Gbps の伝送速度、すぐれた秘匿性、人体や電子機器への影響がない、電波法対象外のため免許不要、回線使用料が不要などの利点をもっている。しかし、電波無線に比べ、新しい技術であるため、大気伝搬特性をはじめ技術的なデータの蓄積が少ない。したがって、実時間双方向動画配

信を行う e-learning に適用するには、(1) 高信頼性に向け、光波伝搬に与える気象条件の影響および改善へ向けた光波伝搬特性の解析、(2) 低コストで簡単な屋外型多元接続方式の検討、(3) アイセーフ波長への移行、(4) 監視機能としての自動追尾技術、など技術的な検討を急ぐ必要がある²⁾。

本稿では、e-learning への導入にあたり、まず無線としての特性（伝送路上の気象条件の影響）をフィールド実験により確認したうえで、実時間双方向動画配信の実証実験を行い、システムとして得られた評価について述べる。さらに、2章では 1 対 N の多元接続についての検討を紹介し、3章では高品質・高安定なシステムの実現に向けて展望する。

1. 実時間双方向動画配信システムとしての光波伝搬特性の評価

大気中を伝送路とする光無線通信システムは、気体分子、エアロゾル、雨や雪などによる吸収・散乱の影響を受け、光波が減衰し回線の品質が低下する。したがって、装置の設置場所における回線稼働率を求める必要がある。回線稼働率は光波減衰と強い相関があり、評価基準として、

日本女子大学理学部数物科学科（〒112-8681 東京都文京区目白台 2-8-1） E-mail: kkodate@fc.jwu.ac.jp

表1 光無線装置仕様.

社名	浜松ホトニクス株式会社
製品	PHOTOLINER DO-L1000
波長	780830 nm
出力	10 mW
通信速度	10~300 Mbps
検出器	Si-APD
通信距離	2 km
サイズ	160 (W)×200 (H)×464 (D) mm

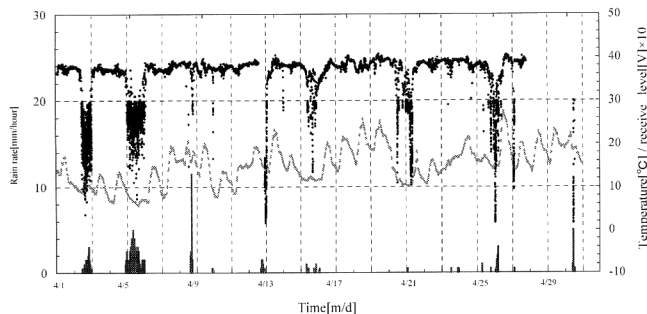


図1 大気伝搬特性.

昼間の空を背景として黒い物体を識別できる最長の距離と定義された「視程」が用いられている。しかし、回線品質の公的な評価の確立には至っていない³⁾。

本学と早稲田大学国際情報通信センター間(800 m)に、2台の光無線装置(表1)を対向するように設置し、受信光量, bit error rate (BER) を取得するフィールド実験を行った。さらに、気象条件が伝送品質および稼働率に与える影響について、東京気象台データと突き合わせて評価を行った。受信光量は1分間隔で測定し、BERは日本女子大学側から発信した125 Mbpsのランダム信号を、早稲田大学側の中継ユニットで折り返して1分間のエラーレートを測定した。フィールド実験は2003年1月~12月で、計測可能時間は延べ約311日分となった。このうち、降水量が10 mm/h以上となったのは22時間であった。モニターの出力が-43 dBm以下を不稼働時間として推定した稼働率は約99.9%となった。不稼働率のうちの50%は、9月26日に4時間以上にわたり計測地点で発生した霧によるものと思われる。以上の結果、かなり強い降雨条件でも伝送品質は低下しないことがわかった。受信レベルと大気伝搬特性を図1に示す。

800 m光無線システムのフィールド実験による良好な結果をふまえて、実時間動画配信によるe-learningの実証実験を、理学部3年生の講義(受講者数48名)で2回(2003.11.26, 2004.1.7)実施した⁴⁾。1回目は、屋外のシステムから、学内50 mの光無線LANと室内光無線LANを用いて学生のPCに送信し、画像圧縮方法(DV,

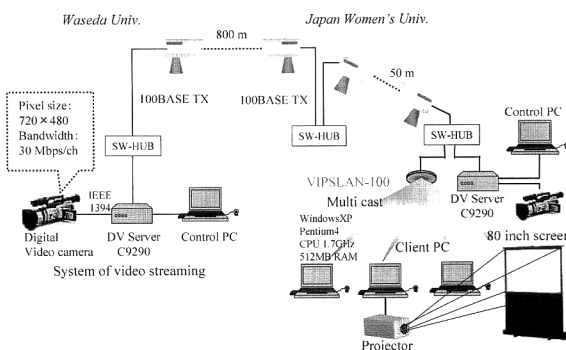


図2 光無線LANを用いた遠隔講義システム.

MPEG2)による映像比較, デジタルビデオ(DV信号: IEC61834)配信, 実時間配信(DV信号)を行った。2回目は、学内の配信を有線LAN(100 Mbps)と組み合わせ、90分間の講義を実時間双方向で配信した。配信図を図2に示す。1回目はe-learning用の独立回線を使用したため、安定した配信ができたが、2回目はDV信号の双方向配信で60 Mbps以上のスループットが必要であったため、音声・画像にノイズが生じた。今後は回線の利用状況を把握し、適切な動画画像圧縮手法を選択することで回避をはかっていく。

2回の実証実験により、現状の光無線LANシステムは、e-learning用実時間双方向動画配信として十分機能することが確認できた。e-learningを初体験した受講学生達の関心も高く、映像、音声など講義内容の理解に十分な臨場感があり、恒常的な実施に向けて高い評価が得られた。

2. 多元接続システム

屋外使用型の中長距離用の光無線装置は、1対1(point to point: P-P)の固定式配信が主である。光無線は、電波に比べ高密度に装置を集積できるが、多数の場所と双方向配信を行う場合、P-Pの集積では装置サイズがきわめて大きくなってしまふ。したがって、複数場所へ同時配信可能な1対N(point to multi-point: P-MP)の多元接続の実現は、コストの低下など効率のよい配信につながり、数箇所の会場をつなぐ遠隔講義の普及にも寄与すると思われる。

早稲田大学と筆者らのグループでは、光の鋭い指向性を利用し、反射鏡により強制的に光路を変化させ、長距離地点間でのP-MPの多元接続を実現するシステムモデル(図3)を提案し検討を行っている⁵⁾。中心局となる光無線装置の前方に、モーター駆動により周期的な回転で位置制御を行う反射鏡と、従属する局の枚数の反射鏡を配置している。この光空間伝送の中心局から従属局Aまでの下り回線は、反射鏡配列に向かって水平方向を変位させる回転反射鏡で一次反射をし、従属局Aに向かう仰角もしくはは

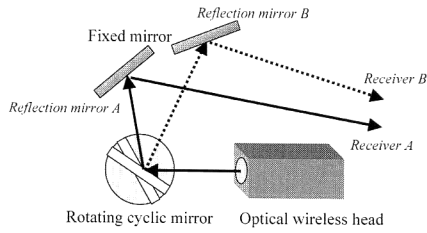


図3 AD/TDMA (angle division/time division multiple access) 方式。

俯角が調整された垂直方向および水平方向を変位させる反射鏡配列中の1枚の反射鏡で二次反射をする2段階反射により行う。同様に、従属局から中心局への上り回線は逆方向を辿る。したがって、反射鏡の角度制御により、周期的かつ均等な時間間隔でアクセスする従属局を切り替えることができるAD/TDMA (angle division/time division multiple access) 方式となっている。アルミコーティングした反射鏡のBERおよび受信電力に与える影響、反射鏡を制御するモーターの静止角度誤差との関係を明らかにする動作確認実験により、現在までに90 Mbpsのスループットが得られる予測結果を得ている。データ転送と角度の同期問題や接続方式の検討などが今後の課題である。また、ミラーの回転の動的駆動部分を高速駆動の強誘電体液晶空間光変調器に変えて光の偏波面を制御し、中心局と従属局との双方向回線を確立するPD/TDMA (polarization division/time division multiple access) 方式の検討も開始している。

3. 信頼性の向上に向けて

光ファイバー通信の回線稼働率の99.9996%と比べ、現状の光無線通信には、信頼性向上のための検討が必要である。継続的に降雨時の光波伝搬特性の測定報告にもとづき、稼働率を下げている要因として、バーストエラーがあげられている。これには、大気擾乱によるシンチレーションや、降雨時に発生する約1ms続く急激な受信強度の減衰(Dip)が影響していると考えられる⁶⁾。Dipは、本システムにおいても観測されているが、Dip発生のメカニズ

ムは、幾何学的散乱では説明ができていない状況にある。通信エラーを減少させ、より信頼性の高い回線設計手法確立のために、偏光を考慮した解析が進められている。

現状の光無線システムを用いた実証実験により、e-learning用実時間双方向動画配信として十分機能することを確認した。多元接続による回線の効率化、波面解析などシステムの高信頼性の検討が進むことにより、今後、広い分野の適用を促進すると期待できる。

本研究を行うにあたり、ご支援いただきました独立行政法人通信・放送機構(現在、独立行政法人通信情報研究機構)に感謝申し上げます。また、共同研究を行いました早稲田大学大学院国際情報通信研究科嶋本薫教授および嶋本研究室の皆様、浜松ホトニクス株式会社の若森和彦氏、日本女子大学理学部客員研究員の藤川知栄美氏に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 小館香椎子：“学校法人日本女子大学マルチメディア・モデルキャンパス展開事業”，通信・放送機構「成果展開等研究開発事業研究成果発表会資料(その1)」pp.(2004)43-59.
- 2) 有本好徳：“屋外光無線通信と衛星間光通信の動向”，オプトロニクス，5(2003)12-17.
- 3) 若森和彦，松本秀樹，浅野睦八，乙部 孝，鮫島彰孝，鈴木敏司，服部倫和，成井 勝：“光無線通信システムのための光波伝搬特性調査研究”，電子情報通信学会技術研究報告，OPE2003-81(2003)143-148.
- 4) 藤川知栄美，稲葉利江子，清水賀代，下村恭子，小館香椎子：“光学実験教育におけるe-ラーニングの導入”，光学，32(2003)390-395.
- 5) 山東 仁，李 イ，A. Chernov，嶋本 薫，藤川知栄美，小館香椎子：“長距離光通信における多元接続方式に関する研究”，電子情報通信学会技術研究報告，IN2003-17(2003)25-30.
- 6) M. Akiba, K. Wakamori and S. Ito: “Measurement of optical propagation characteristics for free-space optical communications during rainfall,” IEICE trans. Fundamental/Commun. Electron/Inf&Syst, E85-A/B/C/D(2002)1-5.

(2004年5月31日受理)