

光無線通信システム

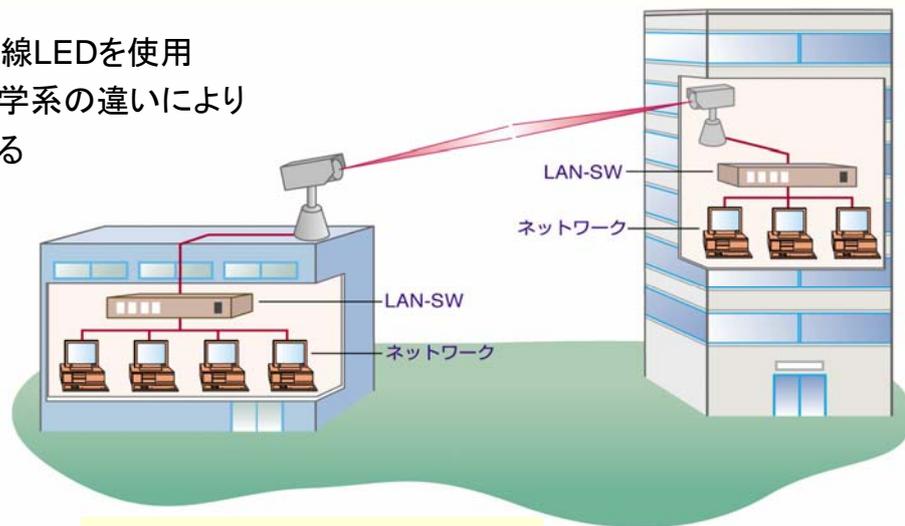
平成18年11月27日
東京理科大学
八嶋弘幸
yashima@ms.kagu.tus.ac.jp

目次

1. 光無線通信システムとは
 2. 光無線通信システムの特長
 3. 導入事例
 4. 稼働率とシステム設計
 5. 研究開発の流れ
 6. 解決すべき課題
- 参考資料

1. 光無線通信システムとは

- 光無線通信方式は、無線通信の一種
光無線方式では電波の代わりに赤外線を使用
- レーザまたは赤外線LEDを使用
光源とアンテナ光学系の違いにより
通信距離が変わる



光無線通信のイメージ

ク接続

ICSA光無線ガイドラインより

2

2. 光無線通信システムの特長

- ◆ 許認可不要で簡易な導入
免許不要な無線システム、迅速なネットワーク構築可能
- ◆ 高速・大容量
up to 1.25Gbps
- ◆ 非干渉性
高い設置密度、電波との共存可能
- ◆ 秘匿性(高いセキュリティ)
拡散無し、見通し内通信(傍受が難しい)
- ◆ 運用コストが非常に安い(後年度負担無し)
- ◆ 周波数資源の有効利用

短所 : 天候依存性、到達距離が短い

3

光無線、電波、有線(ファイバ)の特徴比較

	光無線	電波	有線(ファイバ)
伝送速度	○ (~1.25Gbps)	△ (周波数による)	○ (超高速)
工事費	○	○	×
レイアウト	○	○	×
モバイル性	○	○	×
電磁ノイズ	○	△	○
人体への影響	○	△	○
セキュリティ	△ (ビーム内に限り盗聴)	△ (盗聴)	○
通信エリア	△ (限定可、広域不可)	△ (全方位、但し、 限定しにくい)	△ (敷設に依存)
伝送距離	△	△ (周波数による)	○
天候依存性	×	△ (周波数による)	○

4

3. 導入事例

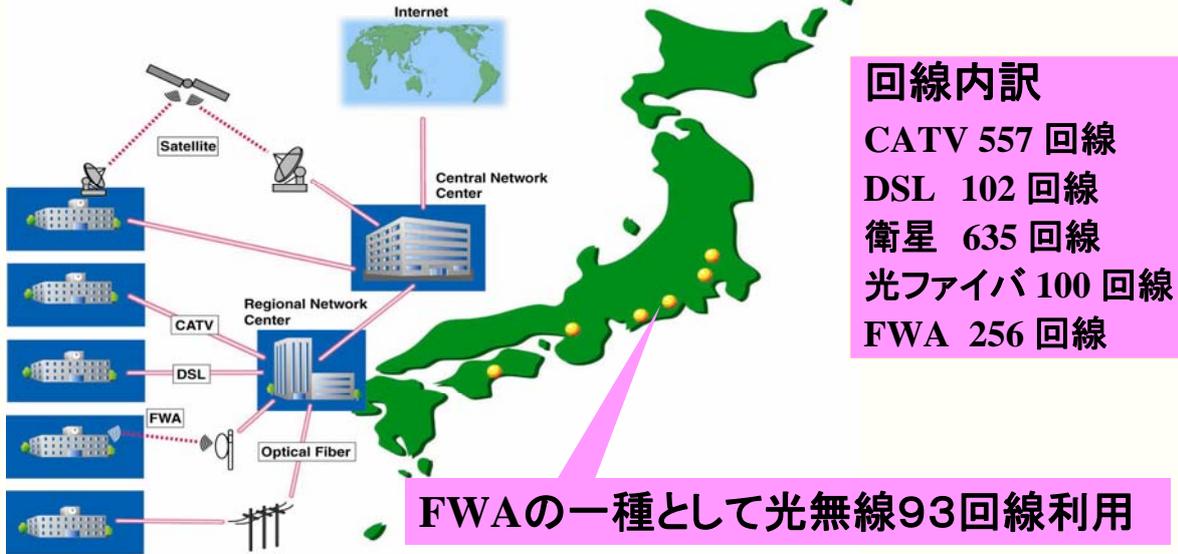
- ・学校
- ・自治体
- ・防災
- ・湖の対岸
- ・山間地
- ・河川・公道・鉄道の横断

5

学校

学校インターネット

全国55地域約1700校が各種高速アクセス回線によりインターネットに接続

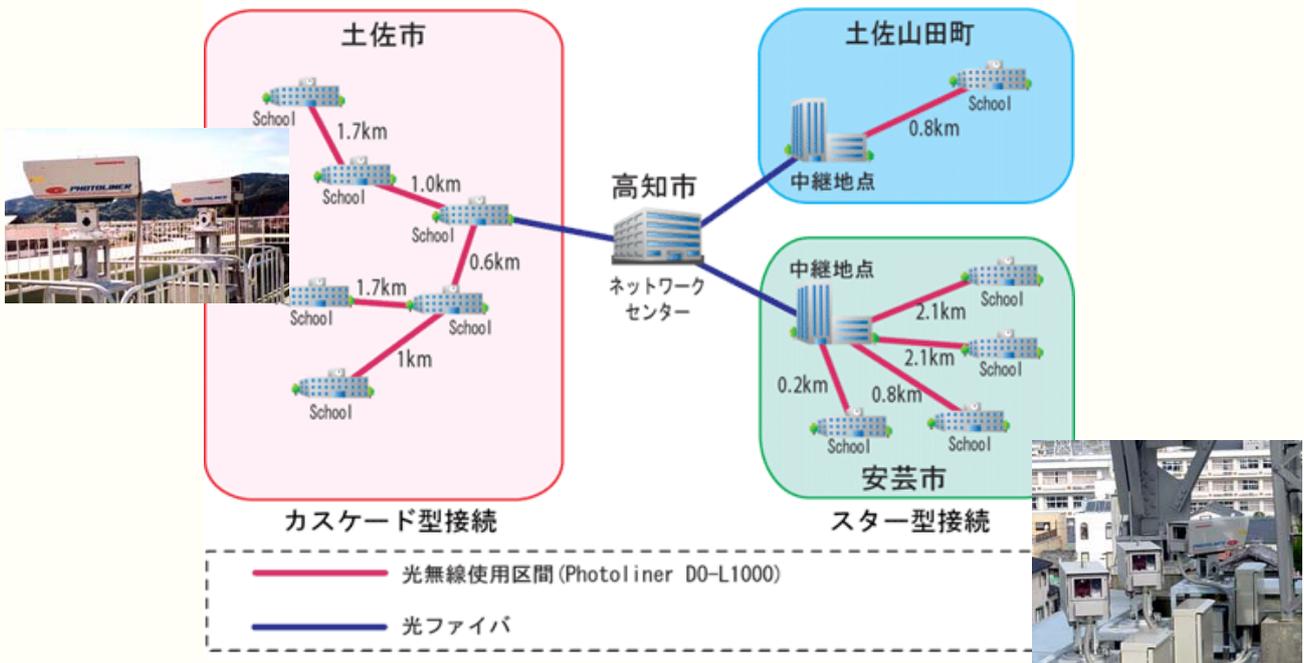


栃木県黒磯市、群馬県前橋市、太田市、茨城県潮来町、世田谷区、山梨県御坂町、
静岡県静岡市、浜松市、愛知県東郷町、岡崎市、大阪府守口市、京都府宇治市、兵庫県
広島県呉市、芸北町、高知県安芸市、土佐市、土佐清水市、熊本県熊本市、鹿児島県指宿市、
沖縄県那覇市 (市町村名は、プロジェクト当時のもの)

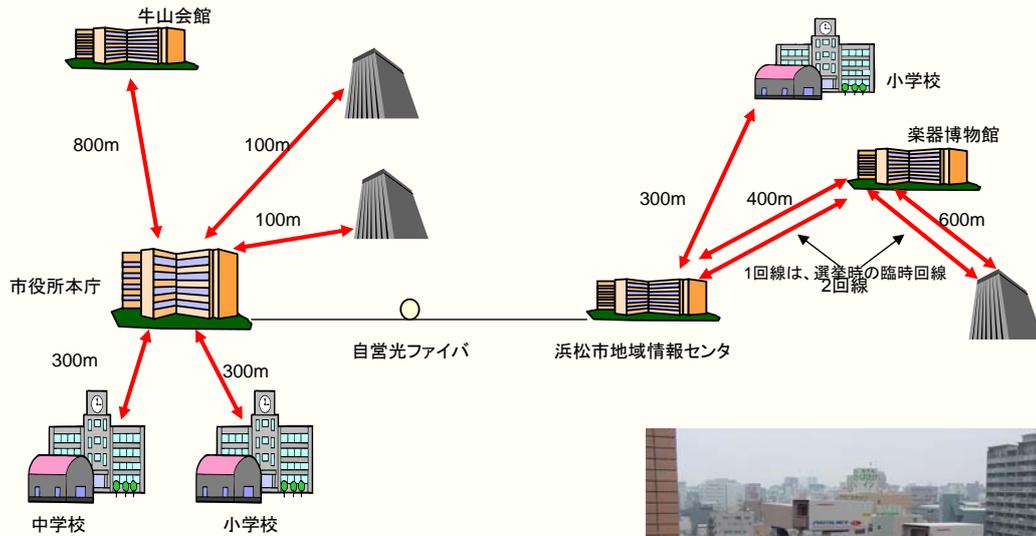
学校

「学校IN」: 高知県での利用例

< 光無線を利用した高知県の学校インターネット >



浜松市 光無線通信システム導入事例



浜松市役所は、庁舎の耐震対策により、一部庁舎の取り壊しが行われました。これにより、幾つかの部署が市役所周辺のテナントビルを使用しています。この建物間の通信には、光無線回線が利用され、100Mbpsの高速回線で結ばれています。

また、文部科学省・総務省の共管プロジェクトの学校インターネット終了後も、引き続き 光無線がインターネット用アクセス回線として利用されています。



楽器博物館屋上

山梨県広域通信ネットワークの光無線



山梨県広域通信ネットワークは、防災無線をベースに構築されています。しかし、防災無線の周波数は、有限であるため、一部の区間に光無線を使用しています。

比較的近い区間を光無線を利用することで、貴重な周波数資源を有効に活用できています。



防災 湖・海に対岸※

平成18年静岡県・浜松市総合防災訓練での使用例(臨時回線)

静岡県、浜松市総合防災訓練は、9月1日の防災の日に浜名湖のほとりの空地で行われました。この会場の周辺は、まだ光ファイバがひかれていないブロードバンド 条件不利地域です。

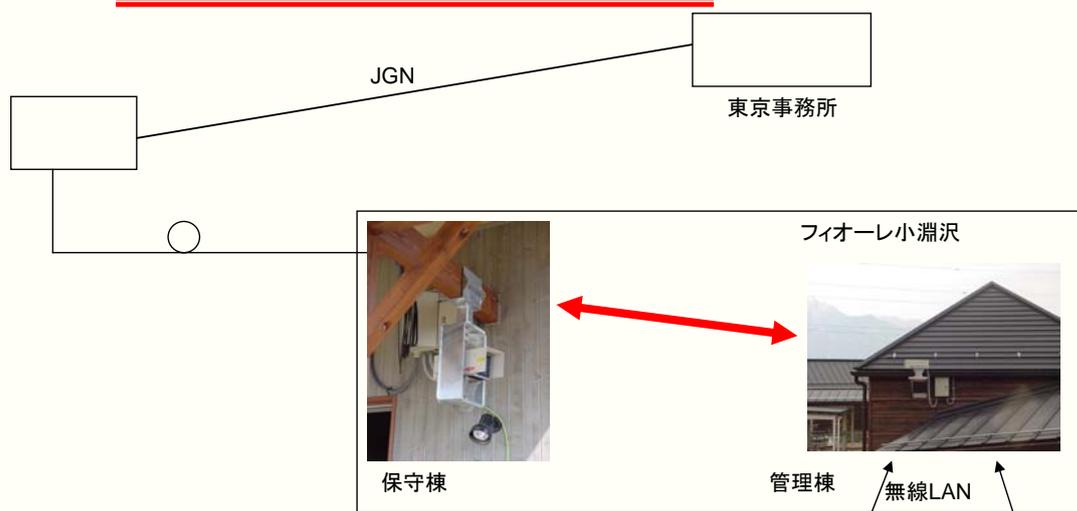
訓練の映像を、浜松市街まで配信するために、光無線を臨時回線として使用しました。最寄のNTT局舎までの5.8kmを光無線100Mbpsで接続し、高品位な映像の中継を可能としました。



※ 海に対岸での例として、東京湾10kmの光無線の例がある

10

山間地 山梨県小淵沢町のSOHO実験



小淵沢町(現 北杜市)では、町内に在住の動物写真家と協力して、SOHOの実験を行いました。山あいの地であるので、通信インフラの構築には、無線系を活用することとなりました。役場や事務所までの無線アンテナをフィオーレ小淵沢の管理棟につける必要がありました。フィオーレ小淵沢の保守棟までは、光ファイバが敷設されていましたが、施設内での工事が必要となりました。

フィオーレ小淵沢は、観光施設であり、光ファイバを営業期間中に敷設することが難しく、保守棟と管理棟の間を光無線で接続することになりました。これにより、短期間で施設の営業の支障がなく、100Mbpsの高速回線を構築することができました。



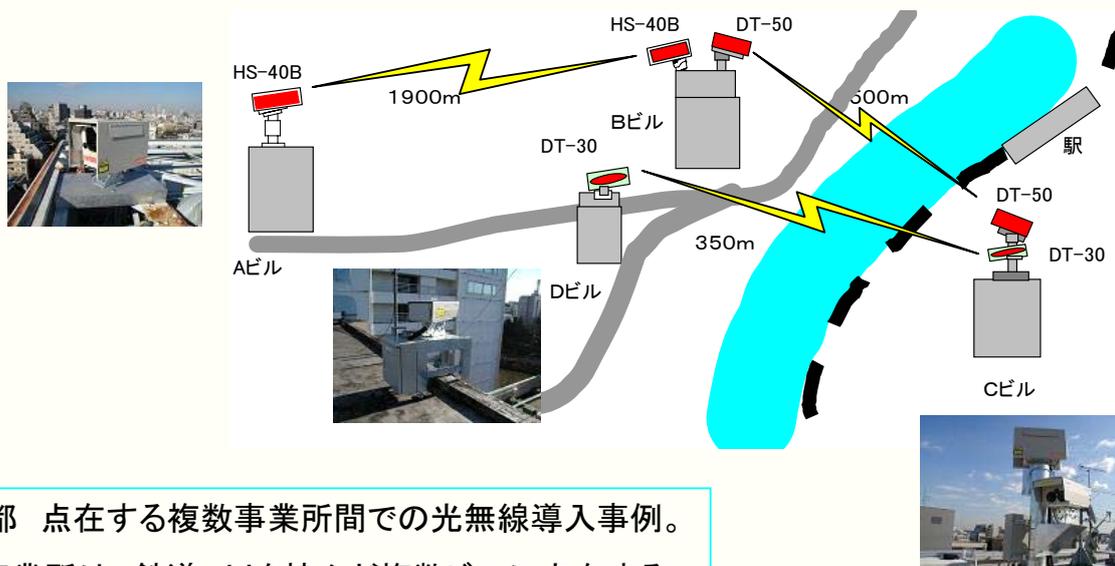
小淵沢町役場

写真家 小淵沢事務所

11

河川・公道・鉄道の横断

複数事業所間での光無線使用



東京都 点在する複数事業所間での光無線導入事例。
この事業所は、鉄道、川を挟んだ複数ビルに点在する
事業所間を光無線(100Mbps)で接続しています。

12

河川・公道・鉄道の横断

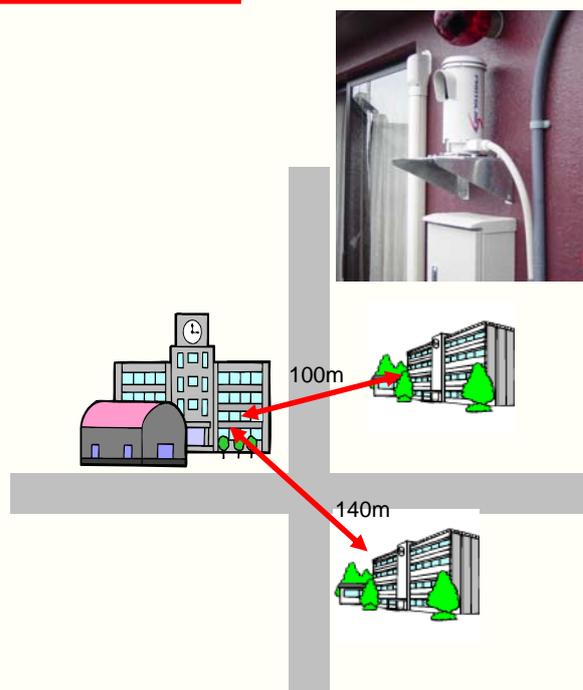
大学での校舎間ネットワークの導入事例

東京都世田谷区 K大学

通信距離 140m, 100m

通信速度 100Mbps

東京都世田谷区のK大学の導入事例。
東京都世田谷区のこの大学は、公道を
挟んで幾つかの校舎が点在しています。
これらの校舎間を光無線で接続してい
ます。
100Mbpsの高速かつ、高セキュリティな
回線を構築しています。



13

事例のまとめ

事例	光無線を用いた理由	使用期間	用途	伝送速度	問題点
学校インターネット	ランニングコストが安い FWAの周波数不足	1999/10～2004/3 浜松市では継続使用	インターネット用 アクセス回線	100Mbps	センター方式を 採用したため ネットワークセン タが必要
浜松市	ファイバが敷設されてい ない ランニングコストが安い	1996年～ 継続中	庁舎間通信(基幹系業務、 情報系) 不在者投票用臨時回線	100Mbps	伝送距離をも う少し長く
山梨県広域ネット ワーク	許認可不要 ランニングコストが安い FWAの周波数不足を補うため	2000/12～継続中	庁舎間通信(基幹系 業務、情報系)	100Mbps	導入コスト 伝送距離
浜松市防災訓練	ファイバが敷設されていない 高速回線が数時間で敷設可	2006/9/1の イベント時のみ	高品位画像のIP伝送	100Mbps	なし
小淵沢SOHO	許認可不要 ランニングコストが安い	2001/4～2004/3	大容量データ(画像 等)を小淵沢・東京の 事務所間で伝送	100Mbps	なし
大学校舎間	高速大容量の自営回線で ランニングコストが安い	2003/5～継続中	事務系のデータ伝送 インターネット接続	100Mbps	なし

14

4. 稼働率 とシステム設計

稼働率 (測定1989年～1999年)

東京 (156Mbps)		大阪 (156Mbps)	
伝送距離 (m)	稼働率 (%)	伝送距離 (m)	稼働率 (%)
100	100.000	100	99.994
500	99.998	500	99.985
1000	99.974	1000	99.972
1500	99.874	1500	99.910
2000	99.575	2000	99.775

但し、霧には弱いので山間部では難しい

実測に関する文献
若森他 "光無線通信システムの地域ブロードバンドネットワークでの運用と評価検討
～ 学校インターネットにおける光無線の稼働評価 ～," 電子情報通信学会技術報告
SAT2005-46, pp.19-24.

15

雨、霧、雪による受信光の減衰

降雨(R)と減衰量(σ)の関係

$$\sigma = 4.9 R^{0.63}$$

但し、減衰率：σ (dB/Km) ，
10分間降雨強度：R (mm/10分間)

強い雨：0.25～1.0mm/分→15mm～60mm/時間

システムのマージンを20dBとした場合の通信距離：
55.9 mm / 時間の降雨量ならば1.0 Kmまで通信可能。
29.4 mm / 時間の降雨量ならば1.5 kmまで通信可能。
18.6 mm / 時間の降雨量ならば2.0 kmまで通信可能。
3.0 mm / 時間の降雨量ならば6.2Kmまで通信可能。

視程(V)と光減衰率(σ)の関係

$$\sigma = \frac{13}{V}$$

但し、視程（見通し距離）：V km

システムのマージンを20dBとした場合の通信可能距離：
視程3.0 kmのとき、通信距離は 4.6 km
視程 1.3 kmのとき、通信距離は 2.0 km
視程 9.8 kmのとき、通信距離は 1.5 km
視程 0.65 km のとき、通信距離は 1.0 km

降雪(R)と減衰量(σ)の関係

$$\sigma = 5 + 2.9R$$

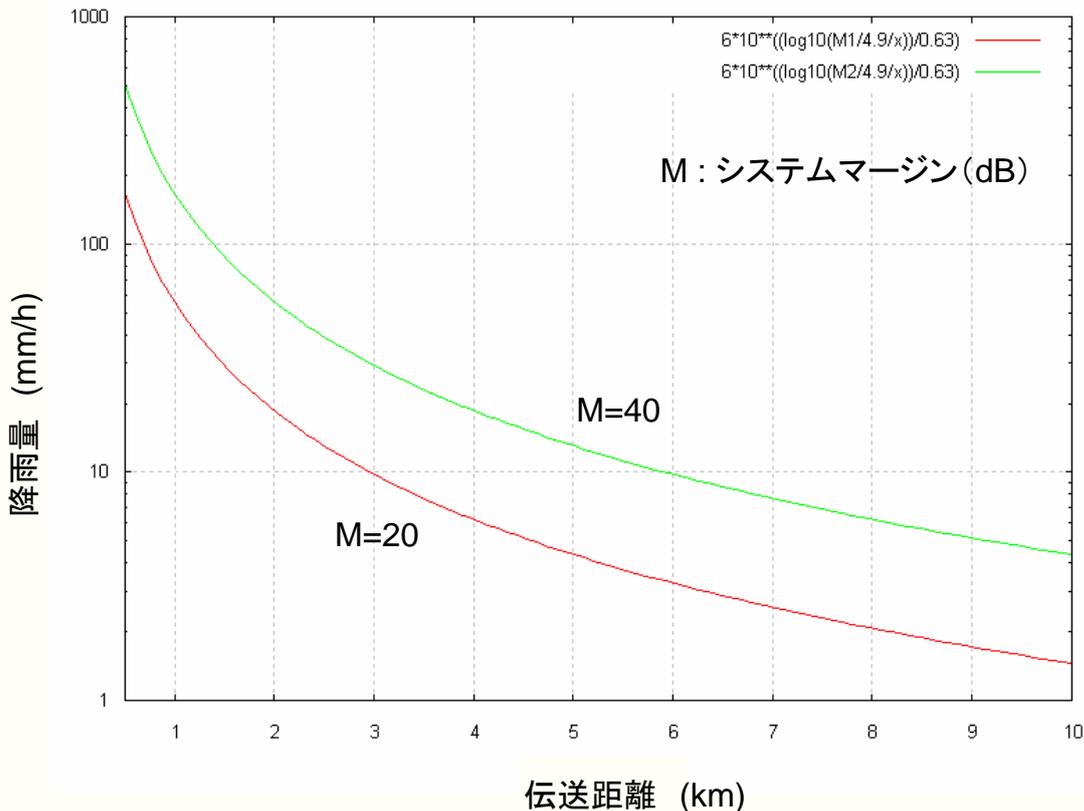
但し、減衰率：σ (dB/Km) ，
1 時間降雪量：R (mm)

システムのマージンを20dBとした場合の通信距離：
1.0 mm / 時間の降雪量ならば 2.5 Kmまで通信可能。
2.0 mm / 時間の降雪量ならば 1.8 kmまで通信可能。
3.0 mm / 時間の降雪量ならば 1.5 kmまで通信可能。

注) 雪の状態によって左式は不適。

(H12年度) 16

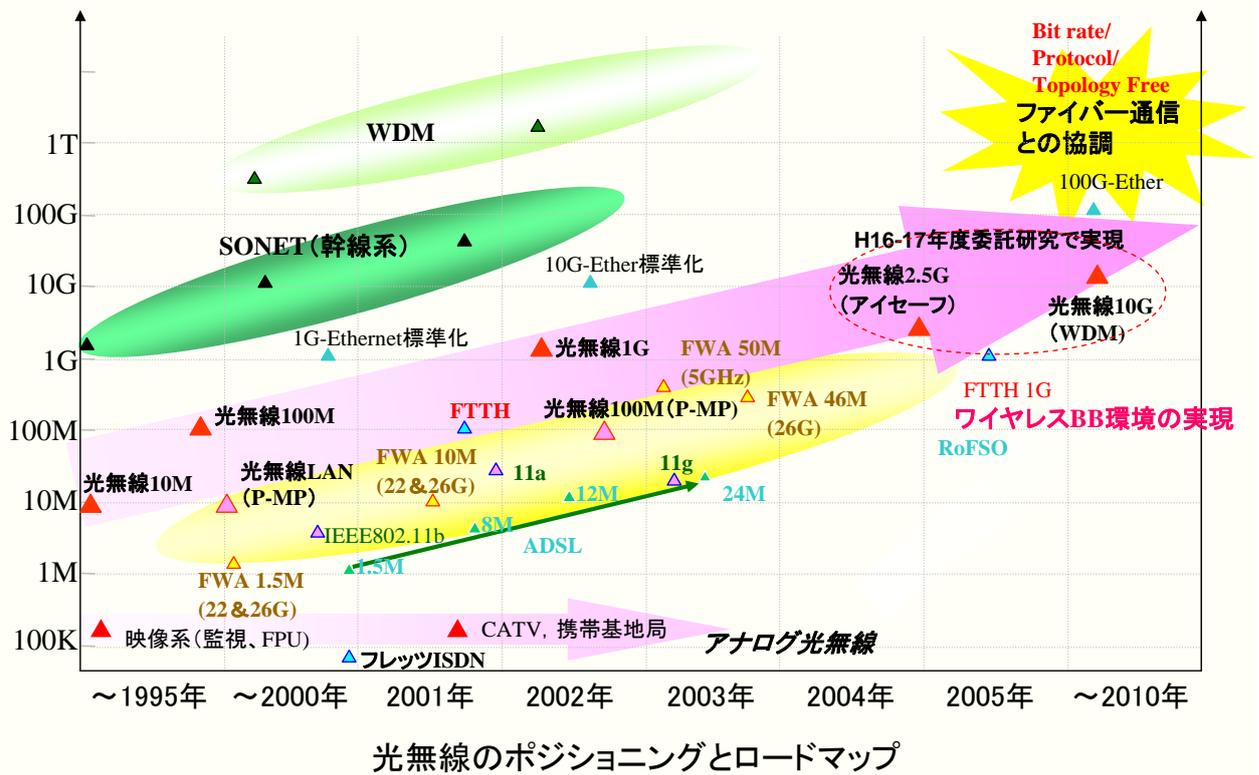
「簡易型インターネットアクセス網構築のための技術」研究・開発



降雨量と伝送距離の関係

5. 研究開発の流れ

ICSA技術部会資料より(一部最新情報追加)



近年の光無線関連の研究開発

研究課題	時期	備考
学校インターネット プロジェクト	平成11～15年度	全国規模でFWAの1種として光無線の運用(93回線)を行い地域イントラネットとしての利用が可能であることを実証
JGNのエントランス回線としての運用実験	平成11～15年度	設置の簡易さ、ファイバとの透過性等有効性を確認 課題:通信速度(1Gbps:ギガイーサーあたりが限界)やインターフェースによる制約
簡易型インターネットアクセス網構築のための技術	平成12～14年度	簡易型光無線伝送におけるターボ符号、副搬送波多重等を用いた新技術、およびSLDを用いた長距離化等の研究開発
屋外光無線回線品質向上	平成13年度	稼働率推計に関する評価法の明確化
新世代光無線アクセスシステム技術	平成14/1～17/3	ギガビットレベルの無線伝送アクセスを可能とする光無線伝送システムの実現のため、伝送方式の理論的検討、電波と光無線をシームレスに接続する伝送方式等
光無線と光ファイバのフル光接続技術	平成16～17年度	<u>O/E変換不要でファイバ網とのフルコンパチブルな無線伝送路提供が可能</u> な新しい光無線システム <u>10Gbpsの光空間伝送実証</u> 平成18年度情報通信月間総務大臣表彰(早稲田大) 次世代超高速ネットワークへの発展が期待できる
統合型光無線システム	平成18～20年度	「2010年へ向けた次世代ブロードバンド戦略」への貢献

標準規格策定

ARIB STD-T50 としてICSAで検討提案してきた

初版:平成9年2月 --- 10M-Ethernet対応
2.0版:平成14年5月 --- 100M-Ethernet対応 } 屋内光無線LANをターゲット
3.0版:平成18年12月(目標に作業中) --- 1Gbps対応 → 屋内外共通ターゲット

稼働率の定義 ICSA標準として推奨(平成13年)

伝送距離

定義:一定の稼働率を確保できると期待できる距離(ICSA標準としては下記の基準を推奨する)

標準距離:稼働率 99.9% 以上を基準地域(東京)において期待できる距離

最大距離:稼働率 99.5% 以上を基準地域(東京)において期待できる距離

最小距離がある場合は明記する。例:100~1000m 標準 500m

稼働率の定義:年間を通じて終日稼働する場合に所定品質で回線が維持される割合

(1) BER(Bit Error Rate)ベースでの測定/ITU-Tに準じた定義 ITU-T:国際電気通信連合-電気通信標準化部門

(2) 使用目的に合致した個別の定義 の2通りをICSA標準とする。

(1)の説明:1秒間におけるBERが 1×10^{-9} を越える時間をSES(Severely Errored Second)として、SESが連続して10秒以上継続する時間を不稼働時間とし、以下の式で稼働率を計算する。

$$\text{稼働率(\%)} = 100 - \text{不稼働率(\%)} \quad \text{不稼働率(\%)} = (\text{不稼働時間} / \text{年間総時間}) \times 100$$

(2)の説明:使用目的たる通信を行うに当たり、要求される通信品質を満足しうる時間率とする。

基本的に時間は年間を通じた終日稼働を前提とする。使用条件と品質を明記する。

BER:単位時間当たりの全伝送ビット数に対する符号誤りの割合。従来の低ビットレートの伝送システム設計上では単位時間は長時間とされているが、高速IP回線を前提とした本案では、 1×10^{-9} を計測できる時間以上の長さとする。

補足:稼働率は気象データにおける視程距離の累積確率から、個々の装置が伝搬路上で許容できる光波減衰量を元に算出される。ただし、鳥の通過やシンチレーション[2]等によるバーストエラー、装置の設置条件に起因する制約(太陽光の影響等)は計算対象外とする。

20

6. 解決すべき課題

- 伝送距離の拡大
- 天候依存性:霧、雨に弱い

誤り訂正符号:LDPCの使用

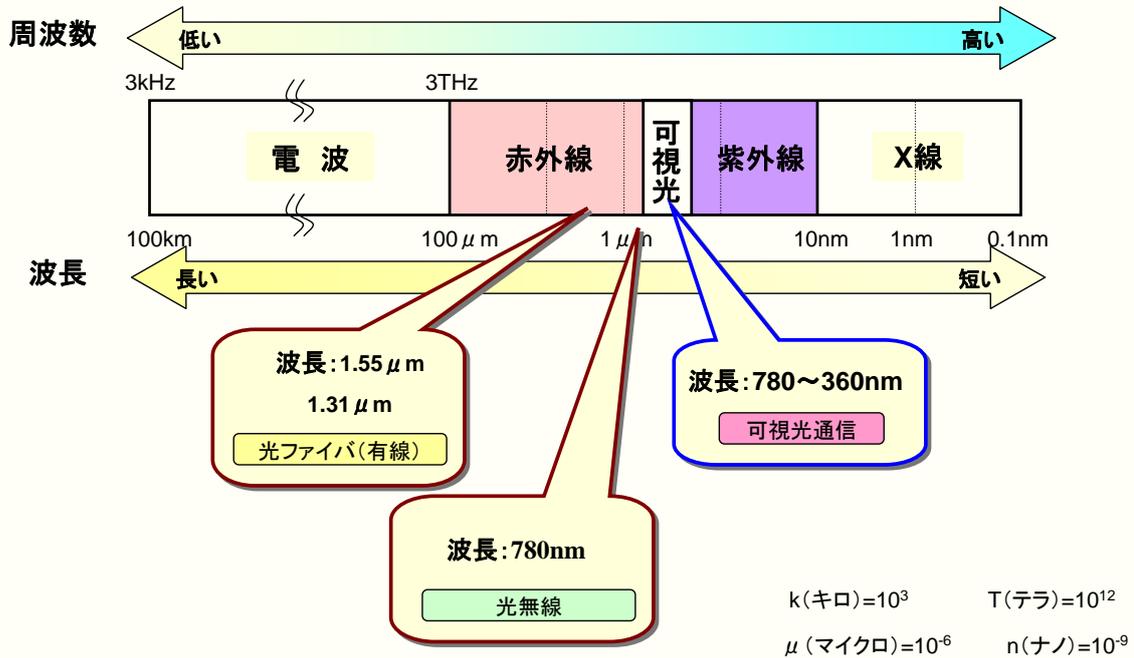
光学系の工夫:ダイバーシティ

ハイパワーレーザ:モードロックレーザは

光無線に使用できるか?

21

参考資料1 光通信と使用する波長



参考資料2 光無線通信システムのコスト

光無線通信機器の価格（定価）

100Mbps	
距離	価格
~200m	160~200万円
200m~600m	300万円
600m~2000m	400万円
2000m~4000m	500万円

1.25Gbps	
距離	価格
~200m	280万円
200m~1000m	400万円
1000m~2000m	450万円