

第3章 無線の高速化に向けた最近の技術動向

本章では、マイクロ波無線、ミリ波無線、赤外線無線の技術について、それぞれの分野の第一人者からご講演をいただき、ヒアリングを実施するとともに、最新高速無線技術（競合技術）のトレンドと動向を分析した。

3-1 マイクロ波無線 (TransferJet)

(テーマ) TransferJet

(講師) ソニー株式会社 CPDG, TJ 推進室 小高 健太郎 統括部長

講演概要

○TransferJet技術の狙いとコンセプトについて、将来の生活におけるアプリケーションを含むデモビデオの紹介や写真の即時転送の実演を行った。また、技術の概要として、誘導電界の利用や伝送フォーマット、プロトコル概要の説明、最後に、TransferJet Consortiumの活動内容やコンソーシアム・プロモーター・メンバー企業を紹介。

【TransferJet技術の狙いとコンセプトについて】

- ・不特定多数の中から通信相手を選択し通信する場合、その選択が面倒である。逆に通信先の決まっている無線機器は、誰でも使え、便利なものとなる。TransferJetは通信距離を短くすることで通信相手を限定可能とし、盗聴される可能性もほとんどない。つまり、通信相手と近接させることにより、盗聴可能性が低く、560Mbpsという快適な転送を実現する技術である。
- ・コンセプトビデオにより、TransferJetの利用方法が紹介された。具体的には、街に出かけて、電子掲示板に携帯端末を近づけて情報を入手したり、携帯端末に音楽をダウンロードしたり、写真を撮影してプリンタに近づけて転送しプリントしたり、携帯端末同士を近接させファイル交換をしたり、帰宅後に街中で入手した携帯端末の情報を家の端末に近接させホームサーバーに転送するといった、TransferJetによる将来のデータの取り扱いの例を示された。また、実際にTransferJetの機能の付いた携帯電話2台を用い、1台で写真（8Mピクセル）を撮影して、もう1台に即時転送する実演を行った。
- ・TransferJetの狙いは、“Touch & Get”であり、Touchすると接続・離すと切断というシンプルで分かり易い操作性とし、ネットリテラシーの低いユーザでも直感的に使える無線を目指している。モバイル機器がメインターゲットであり、1対1通信に限定したシンプルな構成とすることで、小型化・低コスト化を狙っている。

【伝送技術概要について】

- ・TransferJetのレイヤー構造は、Physical Layer (PHY)、Connection Layer (CNL)、Protocol Conversion Layer (PCL)、User Applicationとなっている。
- ・PHYは、縦波成分の誘導電界を利用することで、偏波無依存で近距離伝送に特化。本方

式では、4-6GHz（ $\lambda=7.5\sim 5\text{cm}$ ）が、動作距離、カプラ（アンテナ）サイズ等の点で使いやすい周波数となる。現システムでは、4.48GHz（4.2-4.76GHz）を利用。また、出力が-70dBm/MHz以下であることから、各国のUWB規制をクリアしている。各社にて様々なタイプのカプラが開発されている。

- CNLは、1対1通信に特化したリンク形式とデータ転送制御で、ネットワーク制御（L3）が不要。
- PCLは、SCSI（小型計算機システムインターフェース）、OBEX（デバイス間のバイナリ・オブジェクトの交換を容易にする通信プロトコル）といった既存の標準プロトコルをTransferJetの上に展開し、TransferJetの機器間の調整やアプリケーションソフトとのインターフェース機能を持つ。

【TransferJet Consortiumについて】

- 平成20年7月1日にソニー（株）他15社で発足。活動内容は、①TransferJetの技術規格の策定、②通信互換テストの開催、互換検証システムの策定、③TransferJetの普及に向けた広報活動、展示会への出展等である。

質疑応答

○コンソーシアムの構成メンバーは、日本のメーカーが中心であるが、他国への展開はどのように進めているか。

→あえて日本メーカーを選んだわけではない。アプリケーションを考えていただくメーカーとして数社に声をかけたところ、ほとんどのメーカーから反応があり、すぐに規模が大きくなった。ただし、海外メーカーはこのシステムを理解するのに時間がかかる。つまり、海外では「タッチ」ということ（文化）が想像できないからである。しかし海外でも徐々に理解が広がってきている。

○今回のデモは静止画であったが、動画等の大容量伝送にはどういった技術が求められると考えるか。

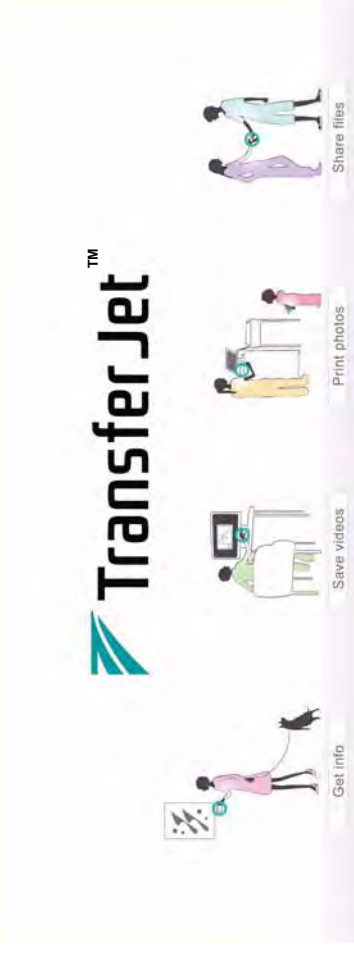
→ユーザの立場からすると、無線でも赤外線でも何でもよいのだと思う。タッチするなどの簡単な操作でデータがダウンロードできるというのが好ましいと考える。タッチするのも10秒程度までが限界だろう。そうすると簡単なビデオクリップが対象となる。地上波デジタル放送等になるとダウンロードに数分かかるだろうから、この速度が充分とは思わないが、メモリやハードディスクの問題もあるし、様々な方面の折り合いが必要になってくるだろう。

○タッチするのではなく、近接（例えば5cmとか）するだけの方がスマートではないか。

→最終的には、好みの問題になると思う。しかし、当社のFeliCaでの実験結果では、タッチではなく近接の場合、距離があいまいでありどこで接続が始まったり切れたりするかということがわかりにくく、品質保証ができなかった。居直って「タッチ」と決めれば、大多数が間違いなく使用できた。このようなFeliCaの実験での経験からも「タッチ」にこだわった。ユーザーインターフェースとして、タッチと同時にアプリケーションが始まることでわかりやすくした。ただし、長時間のアプリケーションで

はタッチにこだわるのではなく切断されないことにこだわる必要があるので、アプリケーションによってメリット・デメリットがあると思う。

- 感想になるが、このような使い方は慣れてくると一つの文化になる。今までUSB等で接続して使用していたモノが、TransferJetのようなちょっと置くだけで認識できるというモノに触れて、私たちが便利だなと思うと、もっと容量が欲しいとかもっと短時間でできないか等の要望が出てくるだろう。これが追い風となって我々が検討しているテラヘルツの必要性がより高まるかもしれない。タッチで接続し、大容量であればテラヘルツ等太い回線につながるなど、ケースバイケースでいろんな使い方が考えられる。
→現実に無線LANと近距離無線通信（NFC）を組み合わせる等いろいろなコンビネーション技も出てきている。タッチというのが分かりやすいという認識が広がってきている。
- コスト的には、どれくらいの価格を想定しているのか。
→まだまだ立上げの段階なので何とも言えないが、最終的には1～2ドル程度にならないと、本格的な普及にはつながりにくいと考えている。



TransferJet™

Get info Save videos Print photos Share files

2009.12.11
ソニー株式会社
CPDG,TJ推進室
小高 健太郎

TransferJet™ およびTransferJet ロゴはソニー(株)の商標です。

- ◆ TransferJetとは
 - その狙いとコンセプト
 - デモビデオ紹介
- ◆ 伝送技術概要
 - カプラと誘導電界
 - 伝送フォーマット
 - プロトコル概要
- ◆ TransferJet Consortium活動内容
 - メンバースhip
 - 活動内容
- ◆ まとめ

便利な無線ってなんでしょう？



テレビモコンは、ボタンを押すと必ずテレビが反応
携帯電話は電源を入れると、基地局に自動接続
あとは通常の電話と同じ使い勝手



PCはまずAP(アクセスポイント)に接続 あとは
Networkの世界へ



「既に通信先が決まっている」無線機器は誰でも使える、
無線の便利さを堪能できます(常時接続は一度設定すれば……)



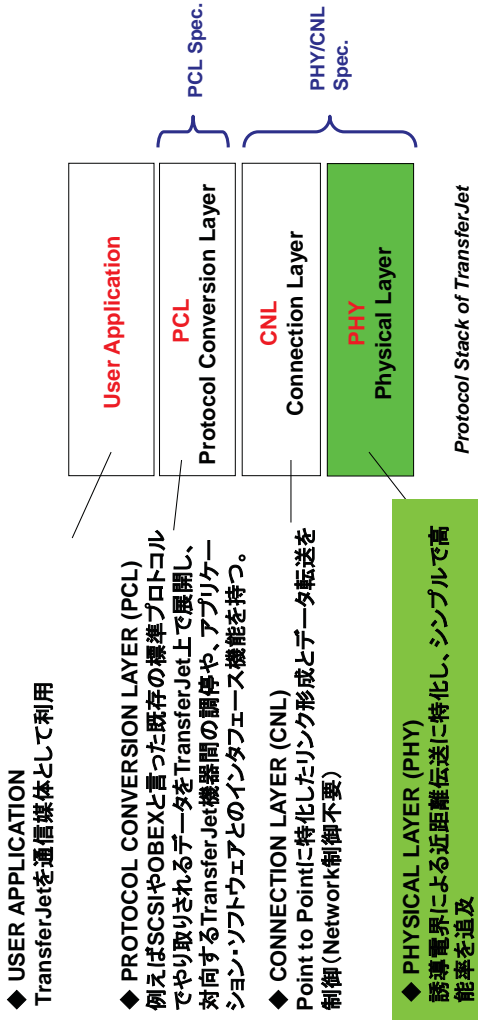
難しいのは、
不特定多数の中から通信先を見つけて通信する場合
通信したい相手が目の前にいるのに、選択が面倒
(ad-hoc 接続はその都度設定が必要)

飛ぶ無線 vs 飛ばない無線

通信距離が短いため、通信相手を限定することが可能(周囲の無線が見えない)
他人に盗聴される可能性がほとんど無い(通信距離、数cm以下)

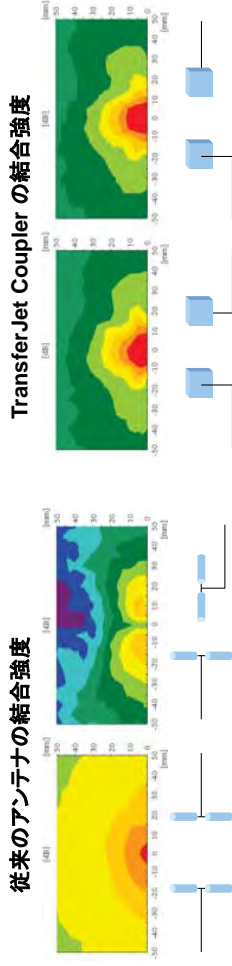
Situation	通常の無線(例えばWi-Fi)の場合	飛ばない無線(TransferJet)
渋谷駅前で写真交換	周りの端末が全て見えてしまうから	Fileを選択してTouch
会議室で資料交換	サーチして、相手を選択 その後転送処理	

TransferJet Layer Structure (PHY)



TransferJet Coupler のメリット I

- ◆ 偏波がない

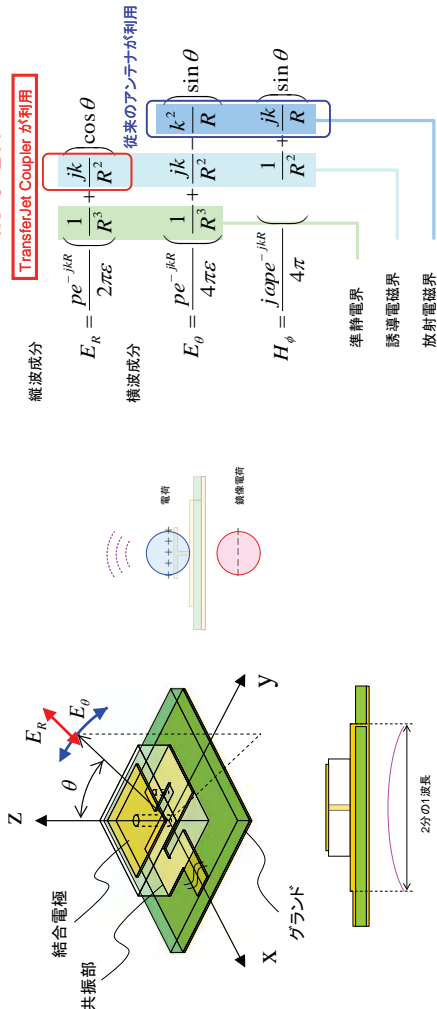


機器の向き依存性

- 電波は横波(進行方向に対して垂直に振動する波) アンテナの向きによって受信電力が変化 → アンテナの偏波
- TransferJetでは機器の向きによらず、同じ距離に近づけたときに常に同じアクション 縦波(音波と同様に進行方向と平行に振動する波)の電界を使い偏波をなくす **向き依存性を解消**

TransferJet Coupler の構成

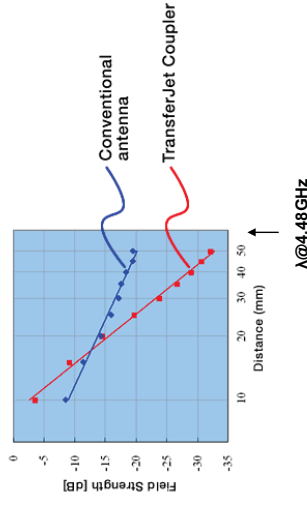
- ◆ 「結合電極の電荷」と「グラウンドのイメージ電荷」で微小電気ダイポールを形成
- ◆ 正面方向(Z軸方向)に電界の縦波を発生



TransferJet Coupler のメリット II

- ◆ 距離による変化が大きい

近くではGainが高く、
遠くなると一気にGainが下がります



メリハリのある操作性

- 距離の2乗に反比例して電力が減衰する従来の電波ではなく、距離の4乗に反比例して電力が減衰する誘導電界を用いて通信を行う
- 近距離では高い利得を得ながら、離れると受信電力が急激に減衰
- 近づけると通信が始まり離すと通信が終わるといいうわりやすい操作性を提供
- 他の無線方式に干渉を与えづらい効果もある

4~6GHz($\lambda=7.5\sim 5 \text{ cm}$) あたりが動作距離、カプラーのサイズなどから使いやすい周波数

様々なCouplerの例

◆ TransferJet用Couplerの開発は始まったばかり。感度、サイズ、実装方法などにより様々なタイプが出現中 (各社様ご提供のCoupler Sample写真)

高性能基本型(主にPCなどの据え置き機器用)

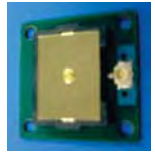
□10 mm以下 超薄型、NFCとの一体型なども開発中

超小型タイプ(主に携帯機器用)

□4~6 mm



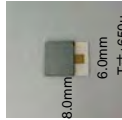
(株)村田製作所製



SMK (株)製



東京特殊電線(株)製



8.0mm
6.0mm
T.T.:650μ

(株)村田製作所製



(株)アドバネクス製



5.5mm
東光(株)製

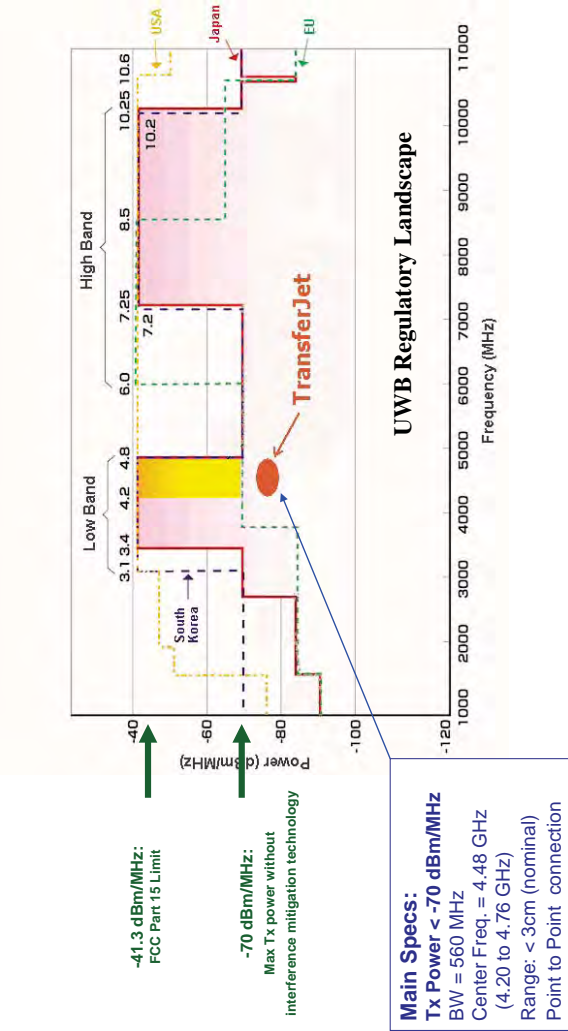
(株)村田製作所製

注:写真の拡大率は同一ではありません。
各デバイスの詳細は製造元までお問い合わせください

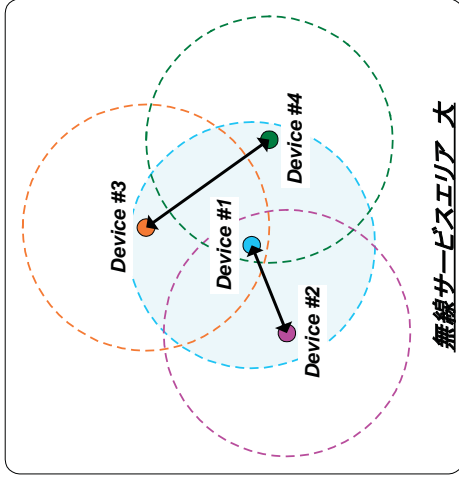
TransferJet PHY Specification

Center Frequency & Bandwidth	4.48 GHz 560 MHz (4.2 to 4.76 GHz)
Transmission Power	Under -70dBm/MHz E.I.R.P. (RBW=1MHz) Correspond to low-intensity radio wave regulation in Japan and with local regulations in other countries and regions
Modulation Scheme & Transmission Rate	DS-SS Max.560 Mbps (PHY)/ Effective 375 Mbps (usable throughput) The system is capable of selecting the appropriate transmission rate depending on the wireless environment
Communication Distance	a few cm

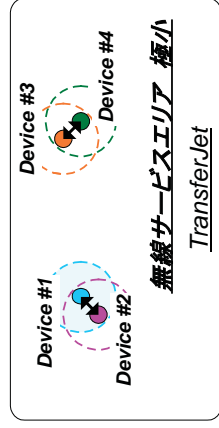
Regulatory Advantages



Connection Layerのコンセプト(極小のサービエリアを意識)



従来の無線:
無線帯域を公平にシェア

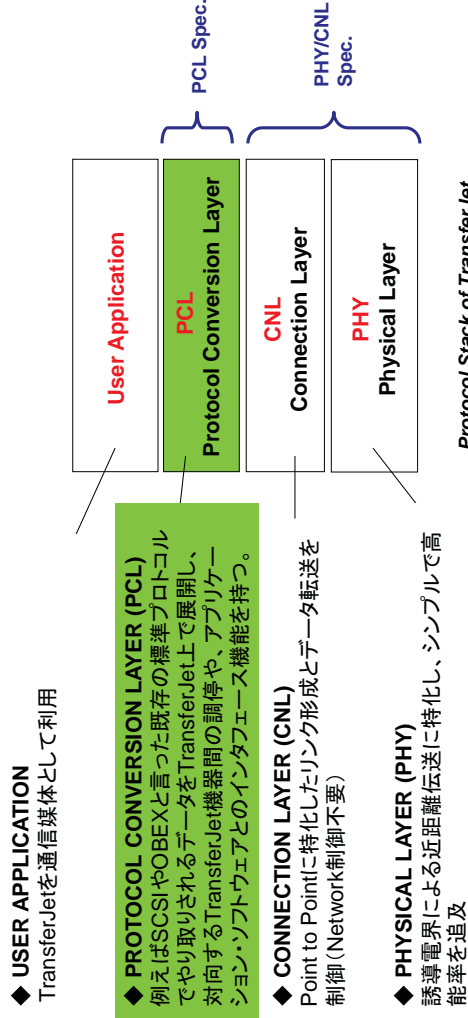


取得した無線帯域を保護
無線サービエリアの極小化

→サービエリア内の収容Device数を制限
*実質的にサービエリアに入り込めるのは1 Device
→サービエリア内のDevice=通信相手
- 無線リンク確立手順の簡素化
→通信相手以外との帯域共有手順不要

- *RTS-CTS手順を省略
- スループットの向上
- Network制御(L3)不要

TransferJet Layer Structure (PCL)



講演内容

- ◆ TransferJetとは
 - その狙いとコンセプト
 - デモ
- ◆ 伝送技術概要
 - カプラと誘導電界
 - 伝送フォーマット
 - プロトコル概要
- ◆ TransferJet Consortium活動内容
 - メンバースhip
 - 活動内容
- ◆ まとめ

TransferJet Consortium

- ・2008/7/1 15社で発足(発表は7/17)
- ・Adopter層の募集を2009年7月に開始
- 活動内容
 - ① TransferJetの技術規格策定
 - ② 通信交換テストの開催、互換検証システムの策定
 - ③ TransferJetの普及に向けた広報活動、展示会への出展等

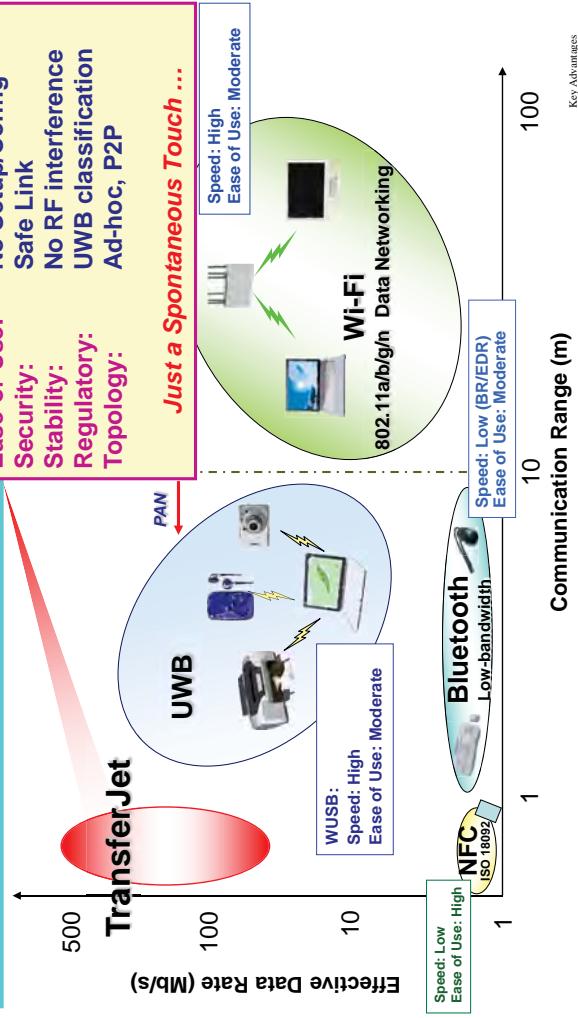
■コンソーシアム・プロモーター・メンバー企業(アルファベット順)19社

キヤノン株式会社	パナソニック株式会社
カシオ計算機株式会社	ハイオニア株式会社
Eastman Kodak Company	SAMSUNG ELECTRONICS. CO., LTD.
株式会社日立製作所	セイコーエプソン株式会社
JVC・ケンウッド・ホールディングス株式会社	シャープ株式会社
KDDI株式会社	ソフトバンクモバイル株式会社
日本電気株式会社	ソニー株式会社(事務局)
株式会社エヌ・ティ・ティ・コム	Sony Ericsson Mobile Communications
オリンパスイメージング株式会社	株式会社東芝

■コンソーシアム・アドプター・メンバー企業(11月末現在)22社

- ◆ TransferJetとは
 - その狙いとコンセプト
 - デモ
- ◆ 伝送技術概要
 - カプラと誘導電界
 - 伝送フォーマット
 - プロトコル概要
- ◆ TransferJet Consortium活動内容
 - メンバースhip
 - 活動内容
 - 各種規格書、ガイドラインについて
- ◆ まとめ

TransferJet: Many Benefits



TransferJetが創造する世界

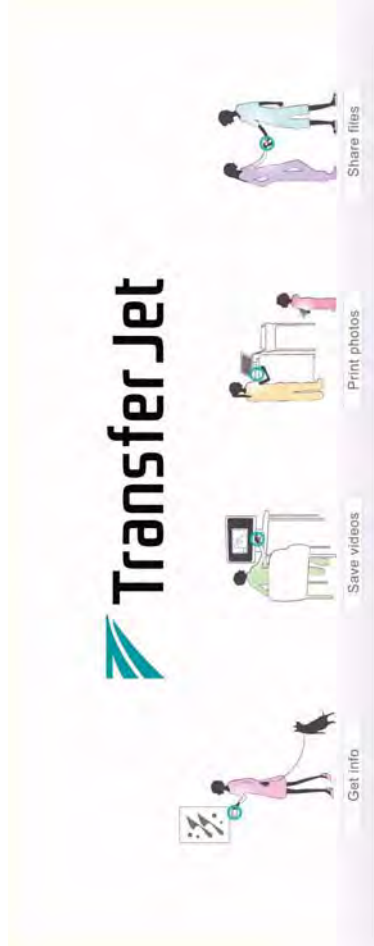
- ◆ 今、目の前にいる相手に簡単、安全、快適に伝送する手段がTransferJet
 - 最初はPersonal Contentsの交換から
 - DRM対応などは次の検討課題
 - NFCとの相性は抜群(データ交換と決済手段)
- ◆ タッチによるUser Experienceは日本発の文化
 - 便利さは必ず世界に浸透していく、
 - 新しい文化、思いもしない使い方が出現する予感
 - Digital Signageに最も適した媒体であり、すべてのCE機器にTransferJetが搭載され、街角にTransferJet Spotが溢れることが究極の普及シナリオ



何処でも何時でもつながるNetwork常時接続(WAN/LAN)と必要なときだけつながるad-hoc接続(TransferJet)は対極の概念であり、相互に補完しうるものである。

応用範囲は無限大 !!

- Consumer Electronics
 - Enterprise
 - Industrial
 - Location-Based
 - Harsh Environments
 - New Business Paradigms
- and so on.....



TransferJetは新しい文化を創造する



3-2 ミリ波無線 (60GHz 無線)

(テーマ) ミリ波 (60GHz など) 無線通信の動向と今後の展望について
(講師) シャープ株式会社 電子デバイス事業本部 末松 英治 副参事

講演概要

○60GHz帯ミリ波を用いた無線通信アプリケーションとして、広帯域特性を活かした屋内、屋外での多チャンネル映像伝送を中心に、システム構成、ハードウェアの開発状況、伝送実験状況について紹介。また、送受信回路におけるSi CMOS RFIC (高周波信号を処理する集積回路) とGaAs MMIC (モノリシックマイクロ波集積回路) の性能緒言、5GHz帯での無線映像伝送システムとの比較についても言及。

【ミリ波映像伝送のアプリケーションについて】

- ・屋外用途として、ミリ波無線を用いたマンション等の既設集合住宅でのデジタル放送の共同受信システムがある。屋上に設置した送信機からビルの側壁沿いに階下にミリ波で映像信号を送信し、各戸のベランダに設置した受信機で受信して室内に引き込む(縦系無線伝送)。ユーザメリットとしては、屋内の大規模な配線工事が不要で安価かつ容易にデジタル放送対応に改修できることであり、特にミリ波を使うメリットとして、2GHzを超える広帯域が使えることで地上デジタル放送からBS・CS放送までの多チャンネル放送を同時に送信できることと、波長の短さからアンテナ一体型で小型の送受信機であるためベランダのスペースを占有しない点が挙げられる。他に、ミリ波無線を用いたビル間の放送波伝送や、ビル影等の難視聴地域対策としての用途もある。いずれの用途でも、ケーブル等の大規模な施設工事が不要であることがメリット。
- ・屋内用途として、家庭内ではミリ波無線によるAV機器のフィーダレス化が挙げられる。アンテナ線が不要になることで、テレビ等のAV機器設置に伴う室内デザイン・レイアウトの自由度が増し、機器の移動も容易になる。また、家電量販店などでは、店舗内のアンテナ配線をミリ波無線伝送システムに置き換えることで、多数のテレビの頻繁な入れ替えやレイアウト変更にも容易に対応可能となる。5GHz帯を用いたAV機器間の無線伝送システムも商品化しているが、こちらは家の中全体をカバーすることを目的としており、一度に送信できるチャンネル数は限られている。一方、ミリ波は部屋間伝送は難しいが、一度に多チャンネルを送れるのがメリット。

【ミリ波伝送システム・デバイスについて】

- ・ミリ波送受信システムとして、SiBEAM社のものがある。SiRFCMOSを用いた送受信ICを搭載し、ビームステアリング方式を用いて無線リンク遮断の低減を図っている。ICは送受それぞれが12mm角の1チップ構成、消費電力は4W程度だが、コストダウンに向けたチップ縮小および低消費電力化が望まれる。GaAs HEMT MMICを搭載した自社のミリ波送受信器では、送信機で1.5W、受信機で0.75Wの消費電力。
- ・ミリ波の直進性から、上記ビームステアリングなどの遮蔽対策は必要であり、自社で

は反射板を用いた伝送実験なども行っている。反射板を用いることでミリ波の伝播経路に障害物が介在しないようにしている。

【ミリ波無線伝送システムの屋外実験結果について】

ミリ波の縦系無線伝送システムを実際の集合住宅に設置してフィールドテストを実施した結果についての紹介があった。14階立てビルの屋上に設置したミリ波送信機から1階ベランダの受信機まで(45m)の間で、正常な送受信ができていることを確認している。降雨による信号減衰は、無線区間では軽微で、アンテナに付着する水滴によるものが支配的であることなどの実験結果が示された。

質疑応答

- アンテナとセットボックス間を60GHz帯で伝送しているが、その理由等を教えて欲しい。
→放送波の帯域幅は、地上デジタル放送が300MHz、BS放送・CS放送が各500MHzであり、合計1.3GHzほどの帯域があるので、一度に伝送するには60GHz帯しかないということになった。
- 御社で5GHz帯を使ったWireless HDMIが製品化されていると伺ったが、それとの差異やメリット・デメリットを教えて欲しい。
→5GHz帯の製品は、リビングルームだけでなく家中をカバーできる無線LANのようなものとして選ばれた。
- 部屋の中で反射板を使用してリンクを張ったもののビームの幅はどれくらいあるのか。
→アンテナのビーム幅が±4度くらい。伝送距離により受信面積は変わる。
- 反射板は15センチ角くらいとのことだが、数メートルの部屋の場合、そのビームで大丈夫か。
→屋内数mを想定すると、ビーム幅は広がっている。距離によりビーム幅は変わるが、最低受信感度から考えて15センチ角で問題はない。
- 60GHzからもっと周波数を上げたときのメリット・デメリットは何か。
→周波数を上げると、周波数の安定性や位相雑音の問題など発振器に検討すべき材料が多くなる。また、デバイスもGaAsでも遮断周波数(ft)は150GHz、InPでも、ftは300GHzなので、テラヘルツになるとさらに高性能なInPくらいになってしまう。そういう意味ではデバイスの性能がもう一歩追いついていないかなという印象だ。
- CMOSのチップが大きい。その理由が、高性能化を求めたためという話だが、大きなチップだと安くはならないし、将来的にはどのように解決され、またどのような方向に向かうと考えるか。
→見通し外通信に対応するため現状のようになっている。IEEE 802.15.3cの規格化が進んでいるが、そこでは無理せず見通し内でのよいのではないかという意見も出ている。伝送距離を1mとか2mにすればチップも小さくなり値段も安くなるはず。そういう意味ではIEEE 802.15.3cの検討結果が期待できるのではないか。
- SiBEAM社と御社のGaAs MMICの電力変換効率はどうなっているか。
→送信機については、15Vで160mA、電力としては2W程度である。ワイヤレスHDの場合は、

送信機、受信機とも電力は6Wくらい出ている。受信側は1チップ化しているので、15Vで40mAで、電力では0.6Wと非常に小さくなっている。CMOSに比べて電力変換効率が高い。

ミリ波(60GHzなど)無線通信の動向と
今後の展望について

シャープ株式会社

1

Agenda

1. ミリ波映像伝送アプリケーション
 - (a) 屋外・屋内用途(低コスト・小型化)
 - (b) 基本回路構成のまとめ
2. システム及び伝送路検討
 - (a) 屋内伝送について
 - Wireless HD方式
 - 反射伝送方式
 - (b) 屋外伝送について
 - 屋外伝送 縦系伝送
 - 屋外伝送 横系伝送

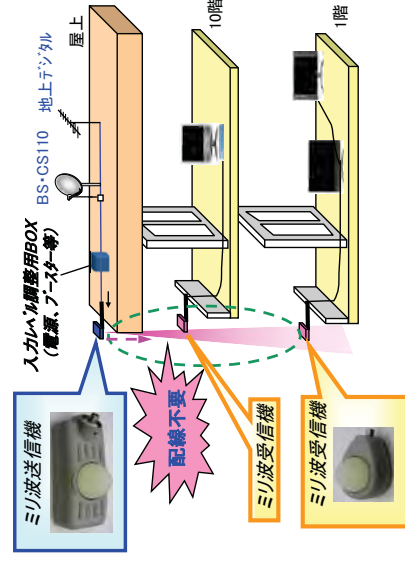
3. まとめ

2

ミリ波による放送信号の伝送 (屋外)

集合住宅でのデジタル放送波の伝送

- ・ 既設集合住宅の共同受信設備を大規模な配管・配線工事をすることなく、安価/容易にデジタル放送対応に改修できます。
- ・ BS・CSデジタル放送までの多チャンネル伝送に対応できます。
- ・ アンテナ一体型構成の小型送受信機のため、自立たす、バルコニーのスペースを占有しません。



1. ミリ波映像伝送アプリケーション
(a) **屋外・屋内用途(低コスト・小型化)**

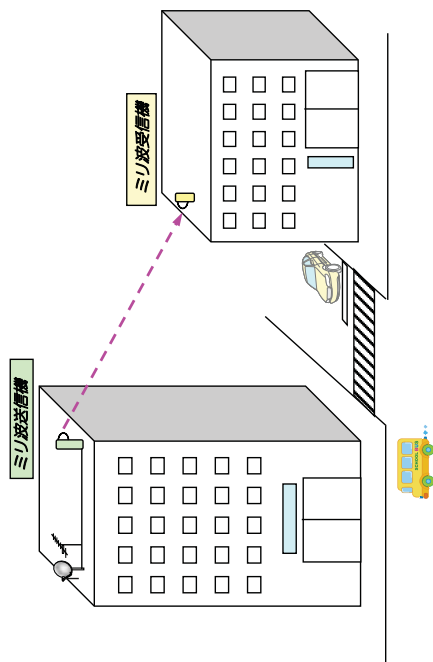
3

4

ミリ波による放送信号の伝送（屋外）

ビル間伝送

- ・新たに受信用アンテナを設置することなく、放送信号を受信することが出来ます。
- ・長距離のケーブルを引き回す必要がありません。

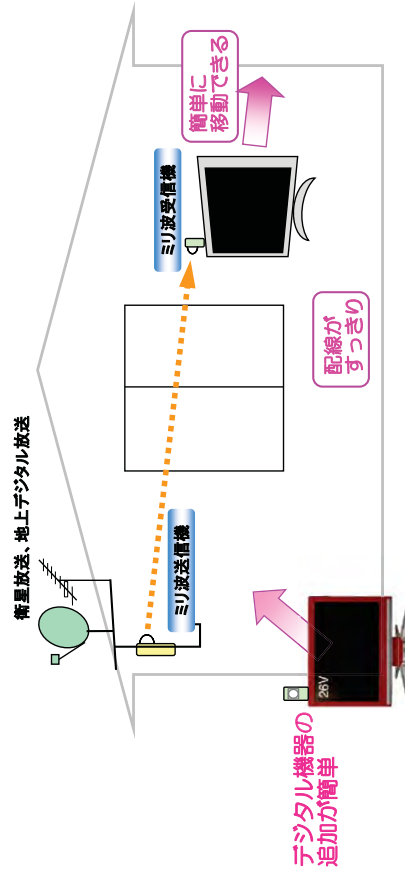


5

ミリ波による放送信号の伝送（屋内）

室内のワイヤレス伝送

- ・アンテナ線を「ミリ波伝送モジュール」に置き換えることで、従来配線のできなかった密蔵への設置や移動して利用するなど、新しいレイアウト提案ができます。
- ・機器の移動も自由に、簡単に！

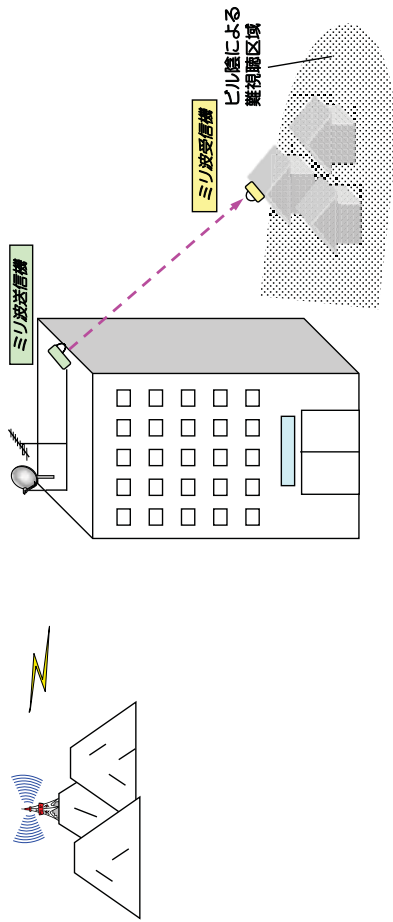


7

ミリ波による放送信号の伝送（屋外）

難視聴地域対策

- ・ビル影などによる弱電界地域対策として利用できます。
- ・大規模な敷設工事が不要です。



6

ミリ波による放送信号の伝送（屋内）

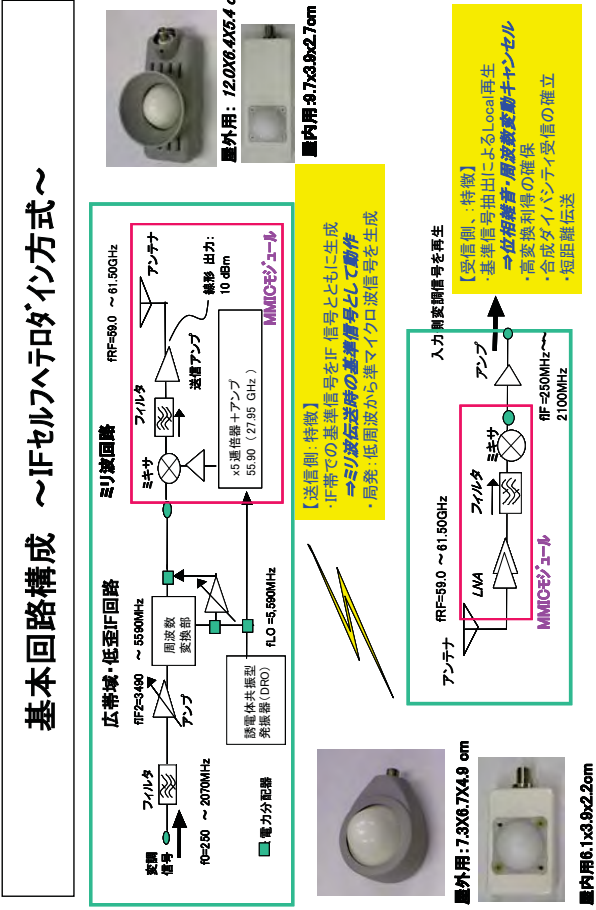
店舗内伝送

- ・店舗内アンテナ配線を「ミリ波無線伝送システム」に置き換えることで、複数のTVに信号を送ることができます。
- ・頻繁な商品入れ替え、レイアウト変更にも容易に対応できます。

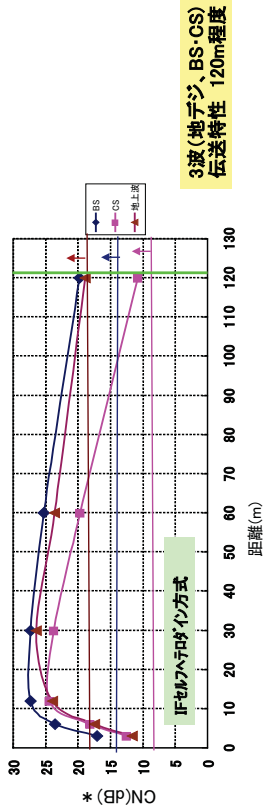


8

1. ・ミリ波映像伝送アプリケーション
(b) 基本回路構成



伝送距離特性 (アンテナ利得、TX:23dBi、RX:23dBi)



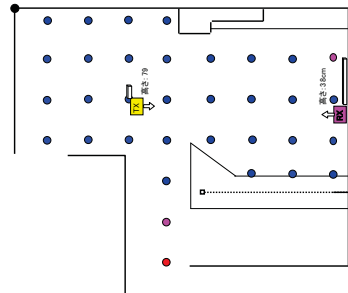
各水平線はブロッグ雑音生ずるCN値 (送受アンテナ利得各々23dBi:地上デジタル7波、BS・CS110は全波伝送時)

2. システム及び伝送路検討
 (a) 屋内伝送

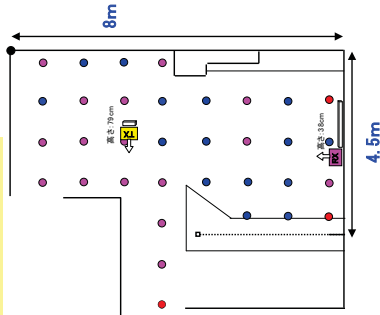
- **Wireless HD方式**
- **反射伝送方式**

WirelessHD方式の特性について リビングルーム(約20畳)での電波・伝搬特性

TXの向き：対向



TXの向き：90度回転



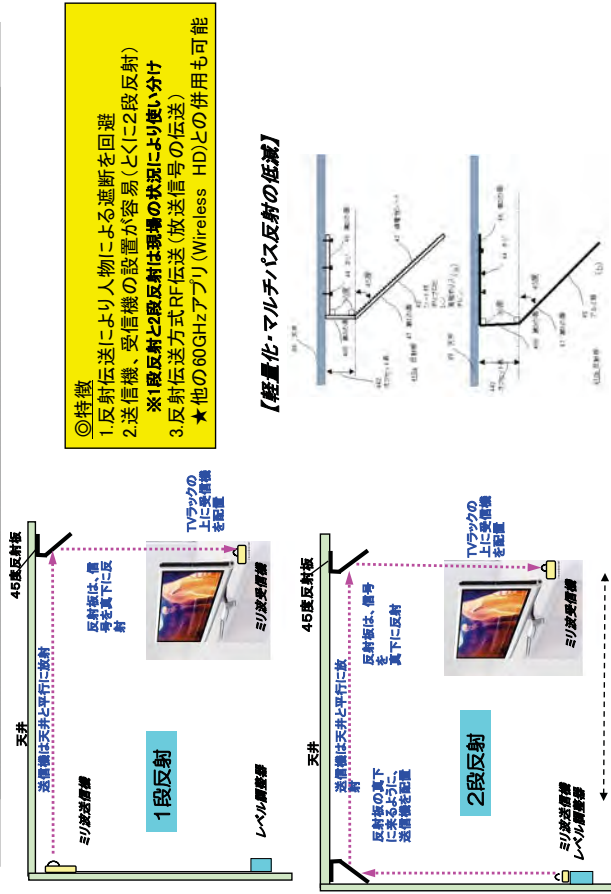
・リンク状態が悪くなるとアダプティブに伝送レートも、変化。(1000p画質を、完全維持できていない)

- 対向する方向に配置 ⇒ 室内で見通し外伝送可能
- 90度異なる方向に配置 ⇒ 見通し外伝送ができない位置がある

2. システム及び伝送路検討 (a) 屋内伝送

- Wireless HD解析
- 反射伝送方式

反射伝送方式の検討 (45度反射板15cmx15cmの利用)



- ◎特徴
- 1. 反射伝送により人物による遮断を回避
- 2. 送信機、受信機の設置が容易(とくに2段反射)
- 3. 反射伝送方式RF伝送(放送信号の伝送)
- ★他の80GHzアプリ(Wireless HD)との併用も可能

【軽量化・マルチパス反射の低減】



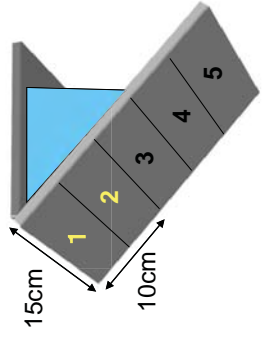
反射板の設計

測定範囲内では、15 x 15cmの反射板が良い特性を示す事が分かった。

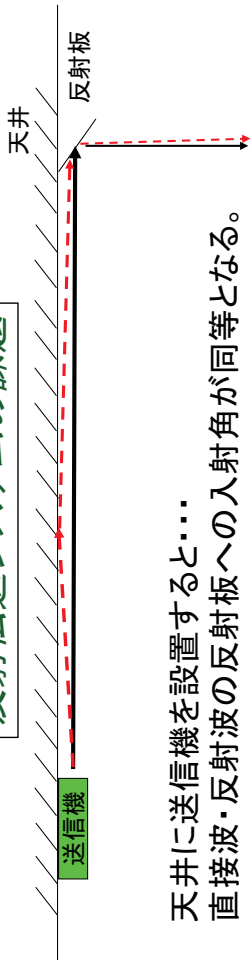
しかし、15 x 15cmの反射板の特性には少し劣るが、10 x 15cmの反射板からも同等の結果を得ることが出来た。

反射板の大きさによる受信状態の比較

	受信レベル [dBm]		GN比 [dB]	
	地デジ	CS	地デジ	CS
1.2段 (10 x 15cm)	-40.6	-46.9	27.2	17.3
1.2.3段 (15 x 15cm)	-40.0	-46.0	27.6	17.3



反射伝送システムの課題



天井に送信機を設置すると...

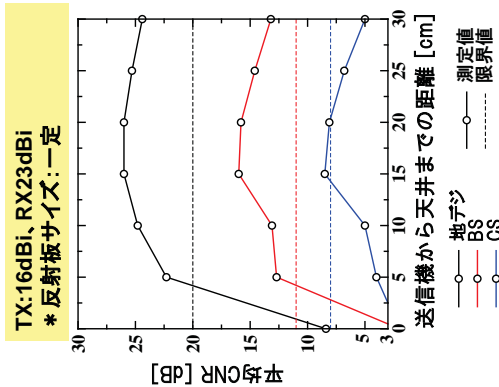
直接波・反射波の反射板への入射角が同等となる。

➡ 反射波の影響が大きくなる。

- ・反射波は、直接波に対して180°の位相差がある。
- ・...反射波を受信すると直接波と干渉を起こし結果的に受信レベルが下がる。

➡ 反射波の影響の少ない構造を検討!!!

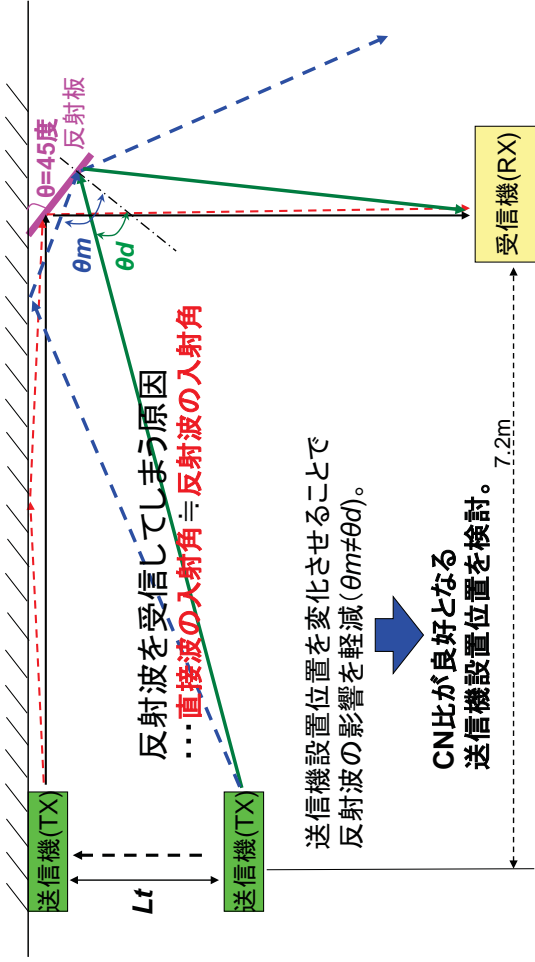
送信機 設置位置の検討



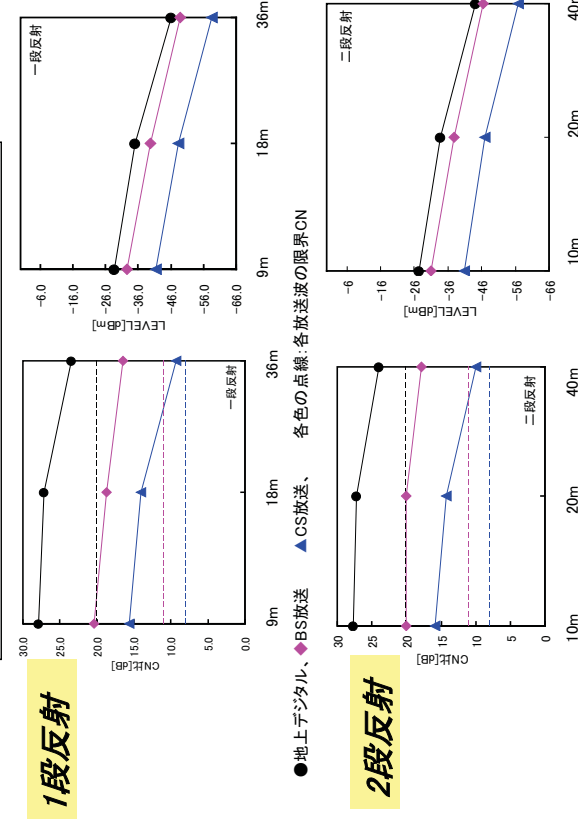
送信機と天井との距離を変化させながら
・地上デジタル
・BS
・CS
のCNR比を測定。

送信機設置位置
天井から5cm~20cm!!!が最適
※送信機のアンテナ利得が高いほうが、天井からの反射の影響小さい。

送信機 設置位置の検討



ミリ波反射伝送特性

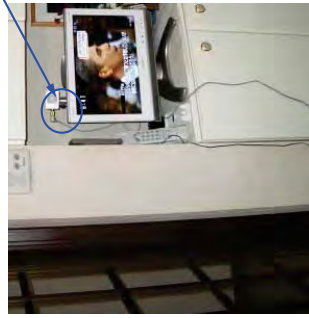


※横軸はトータル伝送距離(減衰板の損失から算出)、入力信号は、放送波信号CNR値>27dB。
※送信機は屋外用で送信・受信アンテナ利得は23dBi

ミリ波伝送 設置事例(直接伝送)



ミリ波送信機



ミリ波受信機



ミリ波受信機 (裏面)

- ・送受信機の設置 (回転、調整機能が複雑)
- ・人の遮断の影響

分波器

2.システム及び伝送路検討

(放送波再送信用広帯域無線システム)

- (b) 屋外伝送
 - ・縦系伝送
 - ・横系伝送
 - ・伝送路のモデル化

ミリ波伝送 設置事例(反射伝送)



送信機

- ・送受信機の設置 (送受信機設置は比較的簡単)
- ・人の遮断の影響無し



反射板
15cmx15cm



受信機
(ラックの上)

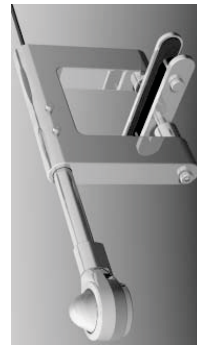
※反射板の小型軽量化と取り付けやすさが課題

集合住宅向けミリ波無線伝送システムの設置例

<屋上への取り付け>

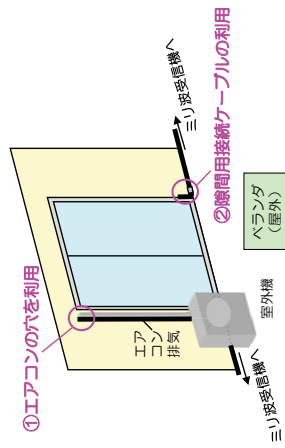


<バルコニーへの取り付け>



衛星用アンテナの取り付け治具を応用 (格子用、コンクリートバルコニー用など)

<バルコニーから屋内への引き込み>



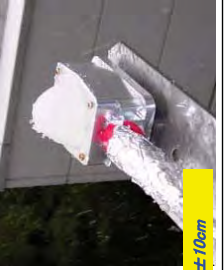
フィールドテスト、降雪・積雪の影響



10F屋上に設置した送信機



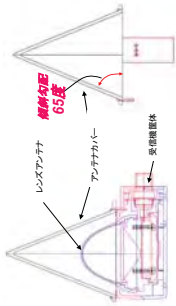
3Fに設置した受信機



受信機重への雪の付着(この状態では伝送はOK)

これまでの検証結果

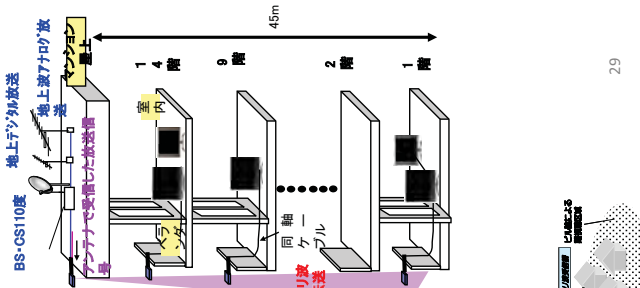
- ◎ミリ波送受信機の降雨減衰について:
 - ・衛星区間とミリ波区間では、降雨減衰は、90%以上衛星区間で生じている。⇒地上波放送のミリ波区間の降雨減衰は極めて軽微(次ページ)データ、断断は生じていない。
 - ※CN値の降雨減衰の主な要因は、送信・受信機のレンズアンテナに付着する水滴(送信機側はフードで対策)。
 - ・降雪の影響検討、積雪カバーの設計・試作⇒降雪のためには60度以上の傾斜が必要



積雪カバー付きミリ波受信機

積雪カバー付きミリ波送信機

北海道地区(札幌)での実施試験



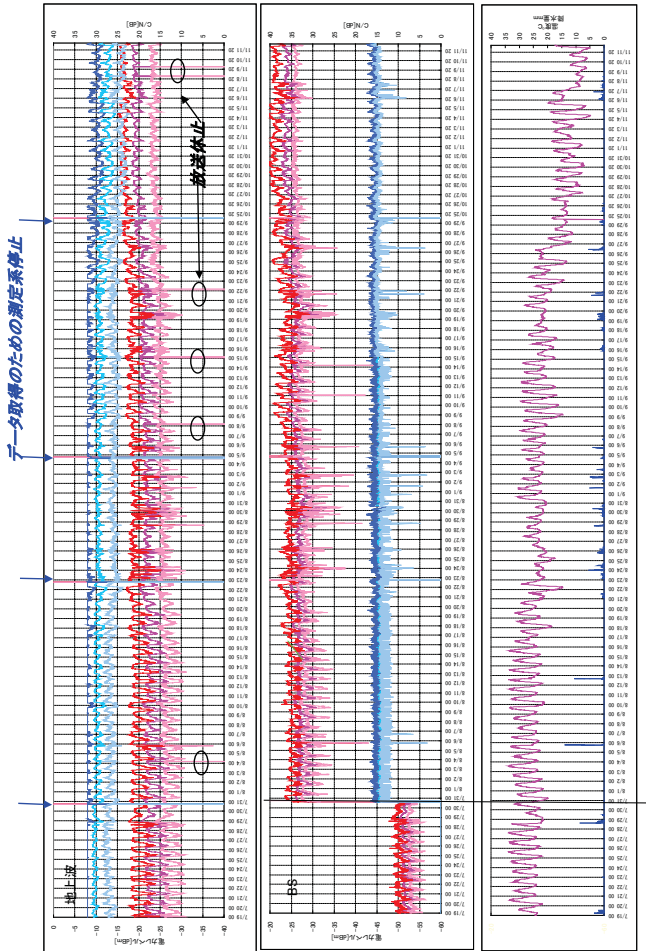
(システム提案)
 ・2011年7月の地上波アナログ放送停止に伴い、地上デジタル放送への対応が急務になっています。大規模な改修工事をすることなく、地上デジタル/衛星放送の視聴が可能。

(特長)
 ・特定小電力規格に準拠し、無線免許が不要なため、手軽な簡易ギヤプファイアとして機能
 ・UHF帯ギヤプファイアとは異なり、回り込みの影響や、送信機設置による干渉の二次的な被害発生をしない。

◎ミリ波送受信装置で生ずる周波数帯差のキャンセル機能。
 周波数帯差を補償するルビジウム発振器、OCXO(*1)やTCXO(*2)不要⇒小型・低コスト化に貢献

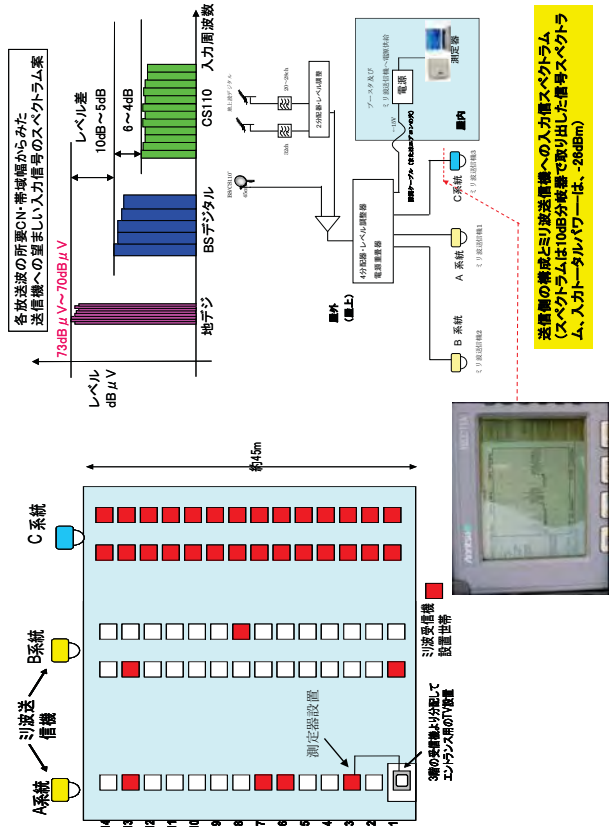
- ・ビル影対策、共振システム・ケーブルTVへの応用展開
- ・辺地の極小規模探検地帯等(簡易ギヤプファイアとして)への応用展開
- ・酸素による減衰が大きい(15dB/km)こと、指向性アンテナを用いることで、周波数の繰返し利用が可能
- ・電波法によりアンテナ利得は最大47dBまで対応できるため、パラボラアンテナを用いて目的に依りて伝送距離をさらに拡大(MAX: 1km)

(*1)OCXO: Oven Controlled Crystal Oscillator
 (*2)TCXO: Temperature Controlled Crystal Oscillator



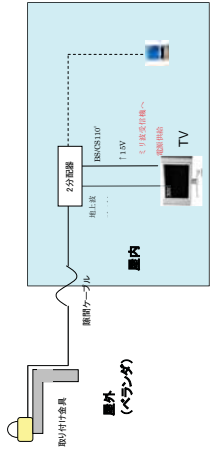
衛星開始 → O次試作機での評価試験 (08年7月~11月)

伝送距離特性と小型化試作、ビル・マンション用地テッ'改修のため実施試験、追加実験



送信機の構成ミリ波送受信機への入力周スペクトラム
 (スペクトラムは10dB分解帯で取り出した周波数ベクトラム、入力ターナルパワーは、-26dBm)

伝送距離特性と小型化試作、ビル・マンション用地デジ改修のため実施試験、追加実験



(a) 受信側の構成



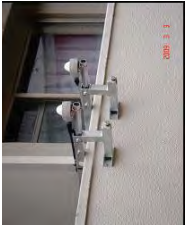
※1Fの底での簡易的なレベル&CNチエック
各chで70dB/1V (-39dBm)以上、地上デジタルで
CN24dB以上を確認



送信部



C系統追加実験全景



受信部



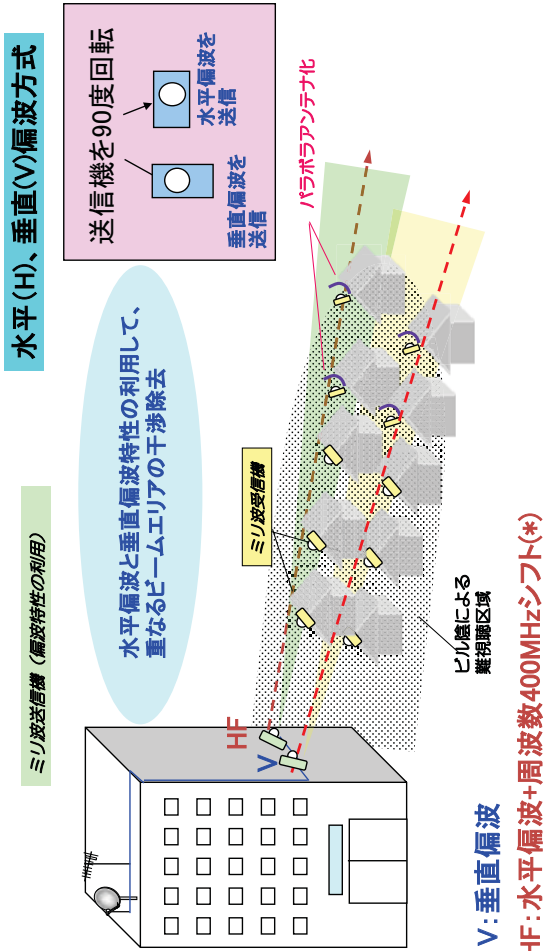
(複数の受信系
(工事途中段階)

2.システム及び伝送路検討

(放送波再送信用広帯域無線システム)

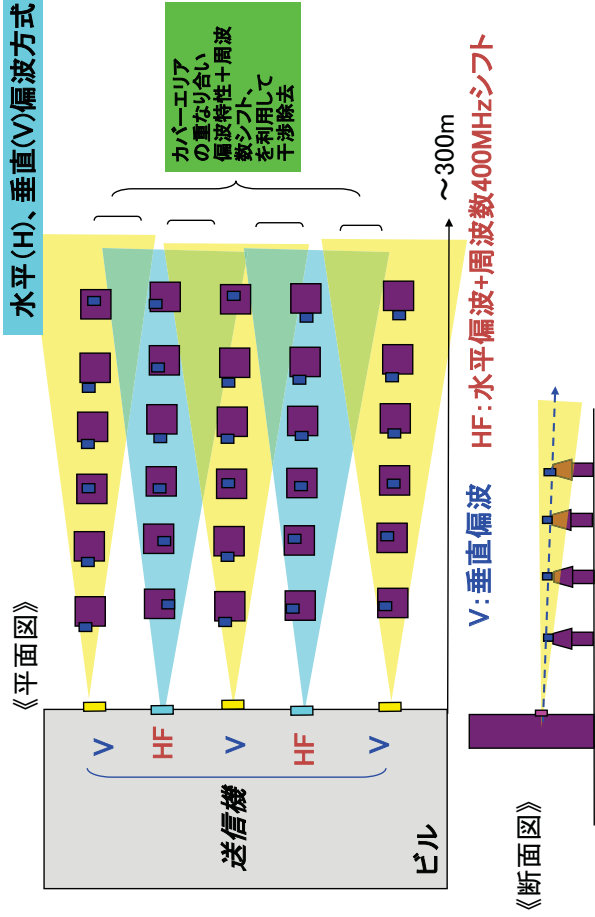
- (b) 屋外伝送
 - ・縦系伝送
 - ・横系伝送
- ・伝送路のモデル化

横系への展開: ミリ波簡易ギャプファイナ、カバーエリアの拡大 (手法 1)



*周波数シフトさせることにより交差偏波特性が改善
⇒交差偏波比(干渉波除去比) 30dB以上を確保
、アンテナ部機構構造の変更によって、さらに5dBの改善可能

横系への展開: ミリ波簡易ギャプファイナ、カバーエリアの拡大



4. まとめ

全体のまとめ

- (1) 屋内伝送用として、主にワイアレスHD方式、反射伝送方式について紹介。
- ③ 屋外用途として、地上デジタル放送+衛星放送に対応したビル・マンション用縦系伝送システム及び、横系伝送について紹介



3-3 赤外線無線 (Giga-IR)

(テーマ) 競合技術のトレンド ～ IrDA ～

(講師) ローム株式会社 先端化合物半導体研究開発センター 市原 淳 センター長

講演概要

- IrDAは赤外を使った近接通信で通信速度が百 kbps 程度の通信から始まり、遠赤外線 (FIR) の 4Mbps の通信仕様へと高速化が進み、現在は Giga-IR いう 1Gbps の通信仕様に対して開発が進められている。
- FIR の 4Mbps の場合だと 2 メガピクセルの画像データが 1 秒、音楽データで 7 秒かかっていたものが Giga-IR だと画像データは 4 ミリ秒、音楽データは 30 ミリ秒と高速の伝送が可能になる。
- 携帯デバイスの技術標準の位置付けとして IrDA は数 cm 程度の近い距離で活用される技術である。
- モバイルデバイスの記憶容量は急激な勢いで増加しており、例えば SD カードは平成 13 年の 64MB から平成 20 年で 32GB、iPod の容量も平成 14 年の 5GB から平成 20 年で 160GB となっている。
- アプリケーションの例として以下のようなものがある。
 - ・モバイルデバイスと PC 間のファイル・情報交換、モバイルデバイス間のファイル・情報交換。
 - ・モバイルデバイス (デジカメ等) からプリンタ、ミュージックプレーヤーと DVD、HDD レコーダーとのファイル・情報交換
 - ・照明のように赤外線 (IR) 光を空間に照らして、そのエリアにいる人のモバイル機器に情報を配信。音楽やムービーを販売機のようなものから簡単にダウンロード。
 - ・デジタルビデオカメラからの画像を TV に見通し距離で 1Gbps 以上で転送。
- 医療市場で IrDA 利用は年間 5～10%で成長している。体重計・血圧計を代表するヘルスケア製品での IrSimple/OBEX の採用により情報交換・情報同期が行われている。その他、生体情報取得関連医療器や緊急車両と心拍心電計等にも IrDA 機能を装備し、実用化されている。
- 工業製品市場でも IrDA を利用が進んでいる。通信アダプタやデータロガー、ガス検針器、アクセス制御装置、自動販売機、ポスターミナルなど、平成 19 年度は対前年比 25%伸びであった。電波の利用ができない領域、電波への子供への影響が心配される領域において無線電波の代用として採用されるケースが増大。
- 光ワイヤレス通信の特徴としては、超高速化が可能で 1Gbps を超える通信が簡単。見通し範囲でデータ交換が可能。電波による健康被害、電子機器への影響が皆無。光学デバイスは 1mm²以下とコンパクト。
- Giga-IR の概要は以下のとおりである。
 - ・ 2つの光通信技術を採用 (短距離通信 (10cm 以下) にはレーザーを使用。長距離通信 (1m 以上) には発光ダイオード (LED) を使用。)

- ・ 2種類の超高速通信速度をサポート（1 Gbps と 0.5 Gbps があり、0.5 Gbps でレーザーと LED は互換性を確保する。）
- LED タイプでは 1 m を超える通信距離が可能。目に対する保安基準が確保できるため。照明通信や可視光通信の応用が可能。レーザータイプは目に対する保安基準を守るため、高出力にはできず、出力を抑える必要があり、数センチレベルの範囲だが、10 Gbps 以上の通信が可能で、デバイスの簡素化、省電力化が容易。
- ベースバンド周波数は 1.28 Gbps でレーザーディスク（LD）タイプは応答が速いため直接変調が可能だが、LED タイプのモジュレーションは 4 値振幅偏移変調（ASK）の強度変調をするため複雑になっている。
- IrUSB とは USB を IrDA を使ってコネクタレスにするもの。IrUSB 採用の利点としては、コネクタレスとなるため防水・耐水設計が可能、デザインの自由度が大きくなるなどがある。
- Giga-IR 物理層を他の規格（USB、IEEE1394（AV 機器やコンピュータを接続する高速シリアルバス規格）等）に共通利用が簡易にできると考えられ、検討が進められている。

質疑応答

- 現状で数センチまでの伝送というのは、技術的なものなのか、未検討なのか。
 - レーザーを使用する場合、規格が決まっているため光のパワーを強く出せない。またアンプの受信感度と受信側のレンズの大きさで距離が決まってくる。携帯機器だとレンズを小さくしなければならないので、ある程度限界がある。現状では 5~10cm 以下。大型化してよいのであれば、たくさん並べるとそのような問題は起こらないし、大きなレンズでもよく、IC の感度がよくなれば距離が伸びるだろう。
- レーザーを使うとき、可視光や長波長へ領域を伸ばすことは考えていないのか。
 - IrDA の規格で波長は 850~900nm くらいと決まっている。通常の赤外用 LED も同じくらい。Giga-IR を検討する場合にも、従来品との互換性もあり、実際には 850nm 位の波長を使っている。もっと長波にすれば距離も伸ばせるが、新たに規格を作る必要があるため今回は検討していない。可視光関係については別グループで、プロトコルを可視光通信に乗せることを検討している。
- 波長が 850~900nm 程度に決まった理由は何か。
 - おそらく、赤外線であることと目に見えないということから 850nm より長波となり、逆に 900nm より上だと安価なシリコンデバイスが使えないという問題等からではないか。
- コスト面のトレンドはどのようになっているか。
 - まだ実際にデバイスを作ってコスト試算をしているわけではないので分からない。でもあまり高くは普及しないので、個人的には、従来の IrDA の数倍（1000 円くらいが上限？）くらいと考える。
- なぜ医療分野が市場として伸びているのか。
 - 「電波が使えないエリア」「指向性があり、近接通信のためどの機器のデータかわかり易い」というのが理由だと推測される。

○サイズは、どれくらいを想定されているか。

→光用のモジュールが $2 \times 2 \times 10$ mm位のイメージ。またコントロール用 IC が別途必要となる。IC なので薄くすることが可能なので、携帯にも使用可能。消費電力は 300mW 程度。

○位置決めの精度はどれくらいか。

→IrDA の場合は光がある程度広がっているが、光の広がり角度の規定がある。既存の低速のものだと 15 度くらいだが、Giga-IR の規格では 5 度。実際に製品を作る場合は 10 度くらいになるだろう。従って距離が伸びると位置決めも楽だが、遠すぎると受信できない。近すぎると位置決めの精度が求められる。しかし規格は 5 度となつてはいるが、その範囲を超えても微弱な光は出ているので、受かることも多い。

Giga-IR High Speed Opto-communication



Infra-red Data Communication
Giga-IR SIG www.irda.org



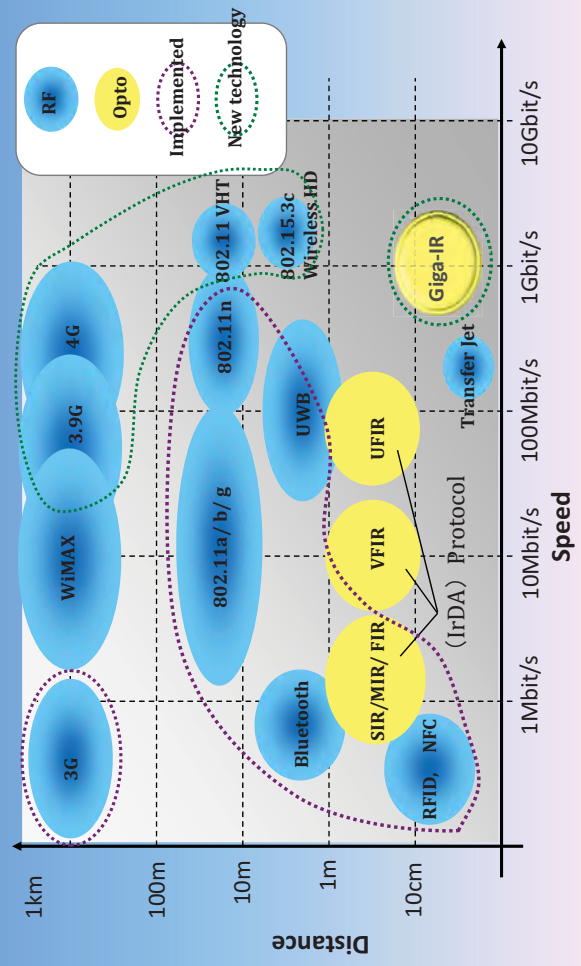
Market Needs

Market needs to consolidate the data into one single handset

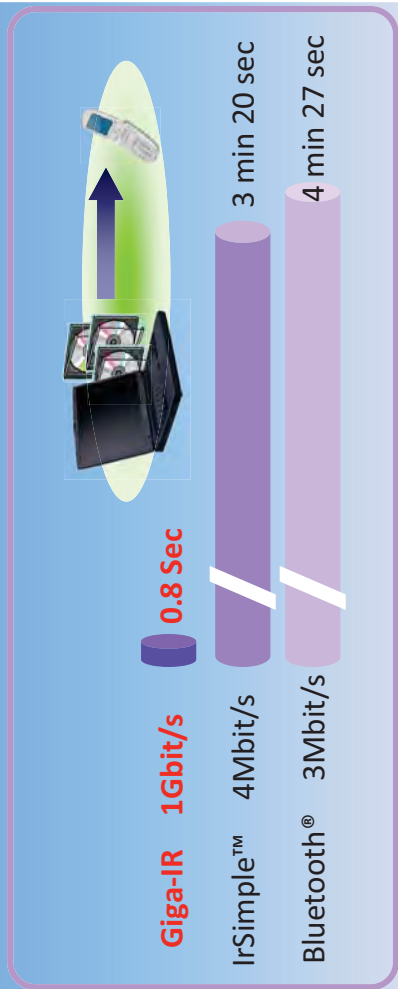


Demands for fast speed data transfer

Where does it fit in the wireless communication?



100MB Data Transfer Speed Comparison

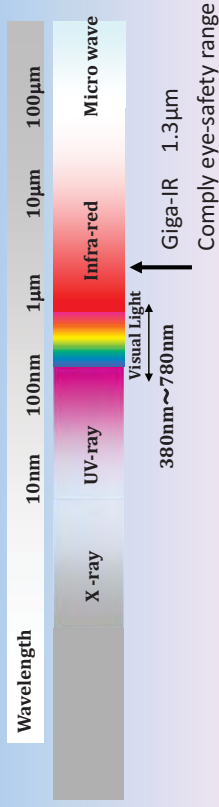


Key Consideration in designing Giga-IR

Maximize the opto-wireless technology



Giga-IR wavelength – Eye Safety first



5

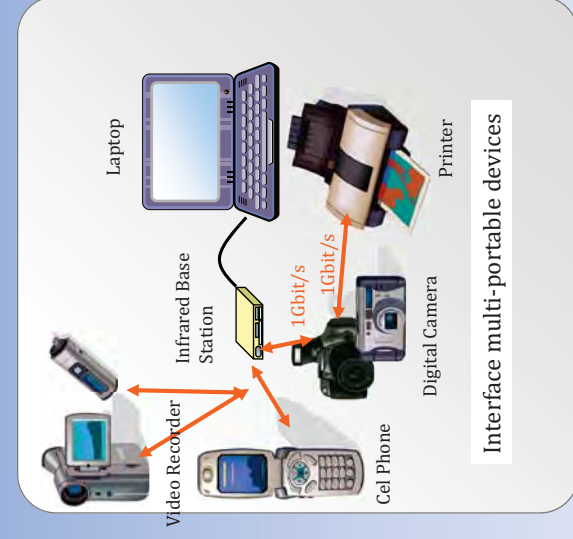
Features and Benefits of Giga-IR

Summary

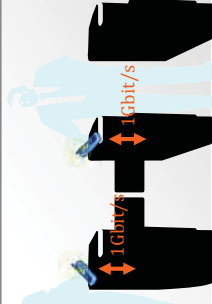
- Fast : $\geq 1\text{Gbit/s}$
- 250 times faster than conventional IrDA interface.
- 10 times faster than FTTH (Fiber To The Home)
- Download music file 20 to 30 songs within a second
- Secure : Line of sight
- Provide secure connection for your personal and private data
- Compact : Size of the optical element $3\text{x}3\text{x}8\text{mm}$ max.

7

Examples of using Giga-IR



Download music and movies from a Kiosk at rental shop



Promotional or special data exchange at the tradeshow

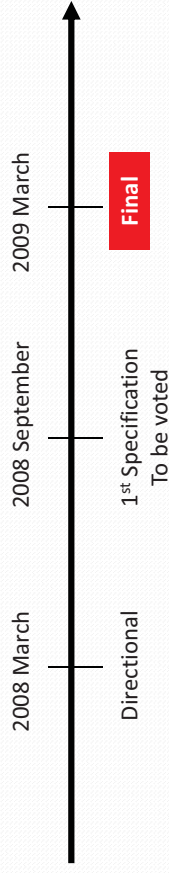
6

Giga-IR Cornerstones and Future Plans

Creation of SIG (Special Interest Group) in December 2007
Members of SIG

E-Globalledge, KDDI, Panasonic

Scheduling



8

3-4 技術動向のまとめ

テラヘルツ無線と競合あるいは補完関係にあると考えられる、マイクロ波帯(TransferJet)、ミリ波帯(60GHz帯無線)、及び赤外線(IrDA)を用いた無線技術の高速化に向けた最近の技術動向について述べてきたが、ここでこれらの技術動向をまとめる。

限られた周波数帯域・送信電力のもとでは、無線区間における高速性・通信距離・指向性といった基本性能は一部相反する関係(トレードオフ)にあり、各種通信方式ではそれぞれが想定する利用シーンを踏まえて、これらの無線性能のバランスを取ったシステム設計がなされている。このトレードオフ関係を改善し、無線通信システムの高品位化や送受信機の小型低消費電力化を図るべくデバイス・回路・システムレベルでの技術開発が行われており、CMOS RFICでは商用レベルでミリ波領域まで高周波化が進み、小型光送受信デバイスでは10Gbps超を目指した開発が進められている。

民生用途における通信距離の観点では、TransferJetは数cm以内、Giga-IRは数cm~1m、ミリ波は10m程度と、これらの無線通信システムは互いに補完的な領域に位置していると考えられる。

TransferJetでは、4.5GHz帯を用い、通信距離が数cmという飛ばない無線を意図的に採用することで、端末機器同士を物理的に近接させると接続が確立し、離すと切断される“Touch & Get”という直感的な使いやすさやセキュリティの高さをシステムコンセプトとし、ごく近距離通信とすることにより、560Mbpsという高速通信を実現している(実行スループットは375Mbps)。さらに、近距離通信を前提に、誘導電界を利用した偏波面の無い縦波伝播モードを無線伝送に使用することにより、機器(送受信機)の向きに依存しない送受信特性を実現している。通常の無線通信で使用する放射電磁波の横波伝播モードでは電波は距離の2乗に反比例して減衰するが、誘導電界による縦波伝播モードでは電波は距離の4乗に反比例して減衰するため、誘導電界は波源近傍に局在する。したがって、縦波伝播モードは遠距離通信への利用には適さないが、ごく近傍の機器間同士では電磁結合の強い良好な送受信が可能になる。アンテナに相当するカプラが送受信を行うために必要となるが、各社から小型のものが発表されてきている。カプラのサイズは、PCなどの据え置き機器用に使用される高性能タイプで10mm角程度である。携帯機器用の小型のものでは、4~6mm角のものもある。通信距離は電波の1波長以下程度であるため、周波数が高すぎると通信距離が短くなりすぎて使いづらくなる側面がある一方、周波数が低すぎると周波数スケールングによってカプラなどの部品が大きくなってしまうため、これらのバランスの観点からも4.5GHz帯の使用が適していると考えられる。

想定するアプリケーションは、電子掲示板からの情報取得、音楽のダウンロード、携帯機器同士でのファイル交換などである。日本メーカーを中心にコンソーシアムが形成され、TransferJetを搭載したメモリーカードなど、商品化も一部始まっている。通信速度の律則要因は機器側にもあり、通信速度の高速化は最優先にはなっていないが、占有できる周波数帯域幅が4.2~4.76GHzの560MHzである点を考えると、現行通信速度の2~3倍までの高速

化は可能だろう。

IrDAの規格通信速度は、商用当初の100kbps (SIR) から、1Mbps (MIR)、4Mbps (FIR)、16Mbps (VFIR)、100Mbps (UFIR) と高速化が図られ、現在1Gbps (Giga-IR) の規格策定が進行中の段階にある。ここではGiga-IRについてのみ述べる。通信距離は数cm～1m程度で、主な想定用途は携帯機器間でのファイル・情報交換や携帯機器とプリンタ、レコーダ等の据え置き機器間でのファイル・情報交換、音楽や映画などの大容量コンテンツの情報配信などであり、通信距離は数cmが主体になると考えられる。利用シーンとしてはTransferJetと一部重複していると考えられる。赤外線は人体への悪影響が無く、また電磁波干渉の問題も少ないため、これらの理由で電波が利用できない医療・産業機器での利用も進んでいる。

デバイス側から見たIrDAの利点は、送受信機が小さく低消費電力であるという点であり、サイズとして2×2×10mm程度、消費電力として300mW程度と、携帯電話に十分搭載可能なレベルにある。光源としてはレーザとLEDがあるが、通信距離に関しては安全規格とのトレードオフが一部ある。応答速度はレーザの方が速く直接変調が可能であり、1mを超える通信距離でも1Gbpsを超える通信速度が実現可能だが、目に対する安全規格（アイセーフ）によって出力パワーが制限されており、実用上の通信距離は10cm以下程度となる。

LEDはアイセーフの問題が無いいため実用上の通信距離はレーザより長く、1mを超える通信距離が実現できる。また、可視光通信への応用も可能であり、可視光通信コンソーシアムとの連携も進められている。一方、LEDはレーザに比べて応答速度が遅いため、通信速度を高めるためには4値ASKといった、より複雑な変調方式が必要となる。Giga-IRの規格策定の中では、ハーフレートとなる0.5Gbpsで、レーザとLEDの互換性を確保している。

通信速度の高速化の今後の見通しとしては、Giga-IRの次のステップとして10Gbpsがスコープとして考えられている。

60GHz帯ミリ波無線（59～66GHz帯）は、その高速・大容量性を活かし、10m程度の通信距離でビデオレコーダやチューナとTV間を無線でつなぐ映像伝送送受信機が商品化されている。5GHz帯を用いた部屋間伝送も可能な無線映像伝送送受信機も商品化されているが、ミリ波無線は通信距離の制約はあるものの非圧縮のリアルタイム（無遅延）伝送ができることが特長である。また、送信電力が10mW以下であれば無線免許不要で2GHzを超える帯域が使用可能なため、地上デジタル放送とBS・CS放送全チャンネルの同時伝送といった、多チャンネルの同時伝送も可能である。送受信回路を実現する電子デバイスの高性能化も進められており、GaAs MMICで構成した送受信機の消費電力は送信側で1.5W、受信側で0.75W程度に低減されている。また、Si CMOSを使用した1チップ送受信RFICもSiBEAM社などから商品化され、既に市販の送受信機に搭載されている。過去にSi LSIが辿ってきた集積化と微細化の手法がミリ波送受信回路にも適用されれば、今後更なる小型化・低コスト化の進展が期待できる。ただし、現状では60GHzミリ波帯Si RFICを搭載した送受信機の消費電力は4W程度あり、集積度を向上させながら低消費電力化も同時に実現していくことが今後の課題になると考えられる。

上述のように60GHz帯ミリ波無線では、特定小電力無線として免許不要の送信出力は10mW

であり、通信距離は屋内用途では10m程度である。10mWでもビーム角を絞ればさらに遠距離の通信が可能であり、屋外の縦系無線伝送では10階建てビルの屋上から1階まで（40m以上）の伝送も可能である。この程度の距離であれば、降雨減衰の影響はほとんど無いことがフィールド実験でも確認されている。

ミリ波や赤外線通信では、電磁波の性質上人体や家財等での減衰が大きいいため、これらによる無線伝送の遮蔽の問題がある。IrDAのように想定する通信距離が数cm～1m程度であれば、無線区間に遮蔽物が介在するケースはあまり想定しなくてよいが、10m以内の通信距離のミリ波通信では遮蔽は実用上の問題となる。見通し通信では遮蔽の問題は原理的に回避困難であるため、ビームステアリングといった反射波を活用する無線技術が導入され始めており、今後の技術の進展が期待される。

最後に、今回調査した各種無線方式の比較を表3-4-1にまとめる。

通信速度に関しては、大容量ストレージ技術の進化とも歩調を合わせ、メッセージ等の小容量のテキストデータからより大容量の音声、画像、映像データの伝送に対応すべく高速化が進んできたが、SHVに代表される映像の高精細化や3D化あるいはモバイル機器の記憶容量の急速な増加に伴い、今後更に高速化のニーズが高まると予測される。高精細3D映像の通信ではTbpsを超える通信速度が必要になると報告されている。このニーズに応えていくこともこれら無線通信方式共通の課題になっていくと考えられる。利用シーンに適した通信距離を確保しつつ、このような超高速・大容量の通信ニーズを無線で実現していくためには、情報の流路としてのパイプの太さの拡大（占有周波数帯域幅の拡大）も有力な選択肢の一つであり、広帯域かつ未開拓の周波数帯として残されているテラヘルツ波帯の無線通信への利用が大いに期待される場所である。

	TransferJet	IrDA(Giga-IR)	ミリ波無線（60GHz無線）
伝送距離	～数cm (波長オーダー)	数cm～1m程度 (光源に依存)	10m程度 (指向性、アンテナ利得に依存)
通信速度/占有帯域幅	560Mbps/560MHz 中心周波数：4.48GHz (4.2～4.76GHz)	1Gbps/ 使用波長：850～900nm	・地デジ+BS+CS全チャネル同時伝送/2.5GHz(ARIB STD-T69) ⁽¹⁾ ・3Gbps/1.76GHz (ワイヤレスHD) ⁽²⁾
デバイス	誘導電界による縦波伝播モードでの送受信用カプラ ・据置き機器用高性能型 サイズ：10mm角 ・携帯機器用小型タイプ サイズ：4-6mm角	・光源としてはレーザー、LED： レーザー：短距離通信用(<10cm) 10Gbps超の高速応答 LED：長距離通信用(>1m) 多値変調採用(4相ASK) ・送受信部 サイズ：2×2×10mm程度 消費電力：300mW程度	送受信RFデバイス： ・GaAs MMIC Tx:1.5W, Rx:0.75W ・CMOS RFIC Tx, Rx: 4W ビームステアリングアンテナとの組合せ(SiBEAM社)
用途	・電子掲示板からの情報取得 ・音楽のダウンロード ・携帯機器同士でのファイル交換 など	・携帯機器間或いは携帯機器とプリンタ、レコーダ等の据置き機器間でのファイル・情報交換 ・音楽や映画などの大容量コンテンツの情報配信 など	(映像伝送用途) ・非圧縮多チャネル映像伝送 ・集合住宅での縦系配線 ・量販店等での複数の陳列TVへのフィードレス配線 など

課題	<ul style="list-style-type: none"> ・カプラの小型化 ・画像や映像等、通信データの大容量化に対応する高速化 	<ul style="list-style-type: none"> ・高速化と通信距離、アイセーフ安全規格との両立 	<ul style="list-style-type: none"> ・高周波化に伴う送受信デバイスの消費電力増大の抑制 ・障害物による電波遮蔽対策 ・映像の高精細化に向けた高速・大容量化
----	--	---	---

(1) http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/1-STD-T69v2_1.pdf

(2) <http://www.wirelesshd.org/pdfs/WirelessHD-Specification-Overview-v1%200%204%20Aug09.pdf>

表 3 - 4 - 1 調査した各種無線方式の比較