



120 GHz帯を利用した10 Gbit/s無線技術

NTTマイクロシステムインテグレーション研究所

ながつま ただお ひらた あきひこ
永妻 忠夫 / 枚田 明彦

情報関連機器の高速・大容量化に伴い、瞬時に大量のデータ伝送が可能な超高速無線通信に対するニーズが高まっています。従来の無線通信に比べ約1桁上の伝送速度10 Gbit/sを実現する、120 GHz帯ミリ波無線リンクについて紹介します。

通信の高速化

情報通信の高速・大容量化は、コンピュータと同様にとどまることを知りません。図1に長距離光基幹伝送、イーサネットLANおよび無線技術における伝送速度の進展を示します。これらの通信技術はあたかも1つの同じターゲット、すなわち、数10 G ~ 100 Gbit/sに向かって突き進んでいるようにもみえます。また同時に、光ファイバを用いた有線通信と無線通信が、同等のビットレート性能でシームレスにつながる時代が来ようとしていることを予感させます。

図2はLAN/PAN (Personal Area Network)における最近の有線と無線技術の伝送速度を比較したものです。光ファイバによる有線LANでは、イーサネットで10 Gbit/sが商用化されています。一方、現在利用されている無線LANは、数10 Mbit/s程度であり、両者にはまだ非常に大きな開きがあります。このため、UWB (Ultra-Wide Band) やミリ波帯Wireless1394等の新技術の登場が期待されており、近い将来、1 Gbit/s程度の速度が実現される見通しです。

10 Gbit/s無線がもたらすもの

従来の無線通信の伝送速度を大幅に超える10 Gbit/s無線のニーズについてまず説明します。今、もっとも有望な市

場と考えられているのは固定無線 (FWA: Fixed Wireless Access) の分野です。現在企業内LANでは光ファイバ網の導入によるブロードバンド化が進展しています。ギガビットイーサネット (1 Gbit/s) はすでに広く普及しており、今後は、10ギガビットイーサネット (10GE: 10-Gigabit Ethernet) の企業内LANへの導入が進むものと思われます。10 GEで構築された企業内LANを隣接するビルに延長する場合、新たに光ファイバを敷設するには多大な時間とコストがかかります。10 Gbit/s

無線を用いれば短時間かつ低コストで離れた2つの10 GE網を結ぶことができます。

このほか、災害復旧やイベント会場、中継放送等、暫定的なブロードバンド回線に対する需要にも10 Gbit/s無線は適していると考えられます (図3)。特に多重化したデジタルハイビジョン (HDTV: High Definition Television) 信号やデジタルシネマなどの高精細動画の非圧縮伝送においては、伝送速度が数Gbit/sもの回線容量が必要です。しかし、60 GHzを代表とするミリ波帯

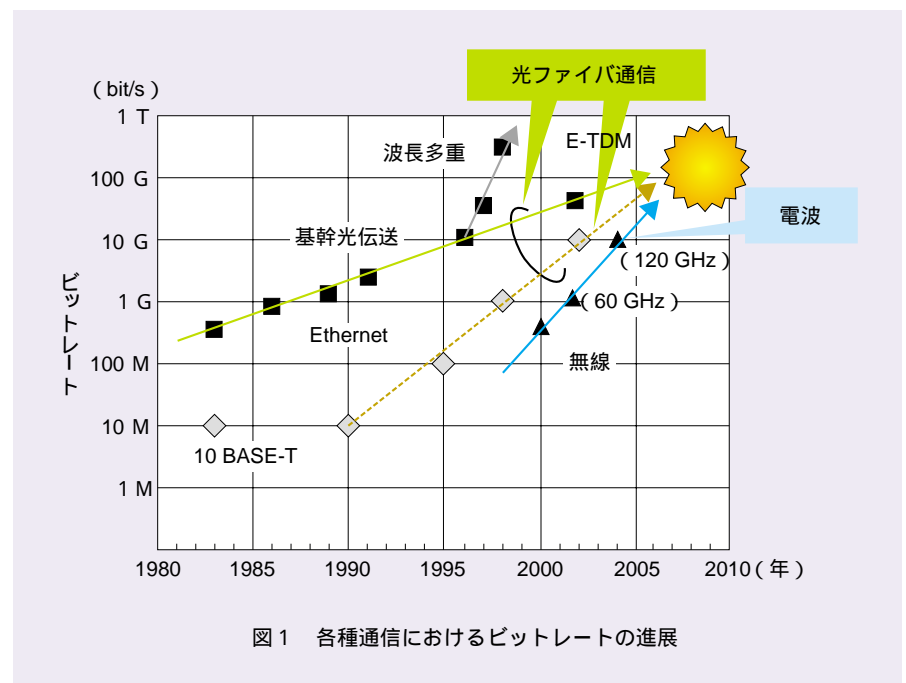


図1 各種通信におけるビットレートの進展

無線の伝送速度は最大で1.5 Gbit/s程度であるため、これらの動画像伝送に対する要求を満たすことはできません。10 Gbit/s無線はこのような大容量動画像伝送を必要とする放送局や会議場で活躍するものと期待されます。

10 Gbit/s無線のもう1つの応用はストレージエリアネットワーク（SAN: Storage Area Network）と呼ばれる領域です。現在、大容量のファイルやアプリケーションを中央のサーバに保存することにより、ファイルやアプリケーションの管理や共有を容易にし、各端末は必要に応じてデータを瞬時にダウンロードするという動きが企業内ネットワークで進められています。10 GEで構成されたSANに10 Gbit/s無線を導入することにより、ケーブルを接続することなく大容量データを各自の端末に光ファイバ接続と同等のスピードでダウンロードすることが可能となります。

このほかにも、レンタルビデオ店での映画ファイルのダウンロード等といったホットスポット的な利用が考えられます。例えばDVDに保存された4.7ギガバイトのデータの伝送にはファーストイーサネット（100 Mbit/s）では7分近くかかり

ますが、10 Gbit/s無線では約4秒で伝送することが可能となります。将来、すれ違った一瞬のうちに大量のデータを交換するようなシーンも現実になると考えられます。

なぜ120 GHz帯か

NTTマイクロシステムインテグレーション

ン研究所では10 Gbit/sの伝送速度を実現するため、120 GHz帯というこれまでに利用されていない新しい電磁波帯をキャリアとして用いることにしました。

なぜ100 GHzを超えるような高い周波数の電波を利用するのか、その答えは図4に示す、無線通信の伝送速度とキャリア周波数との関係にあります。

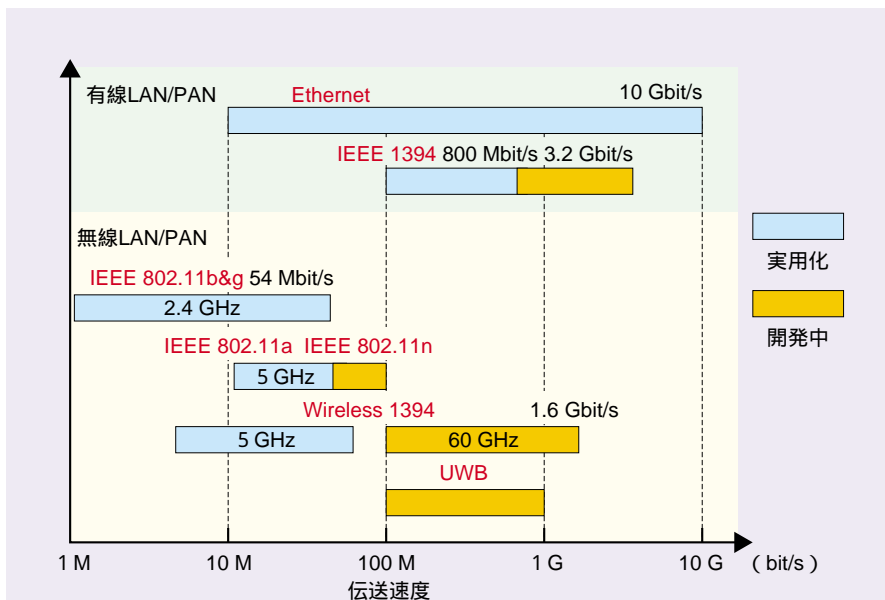
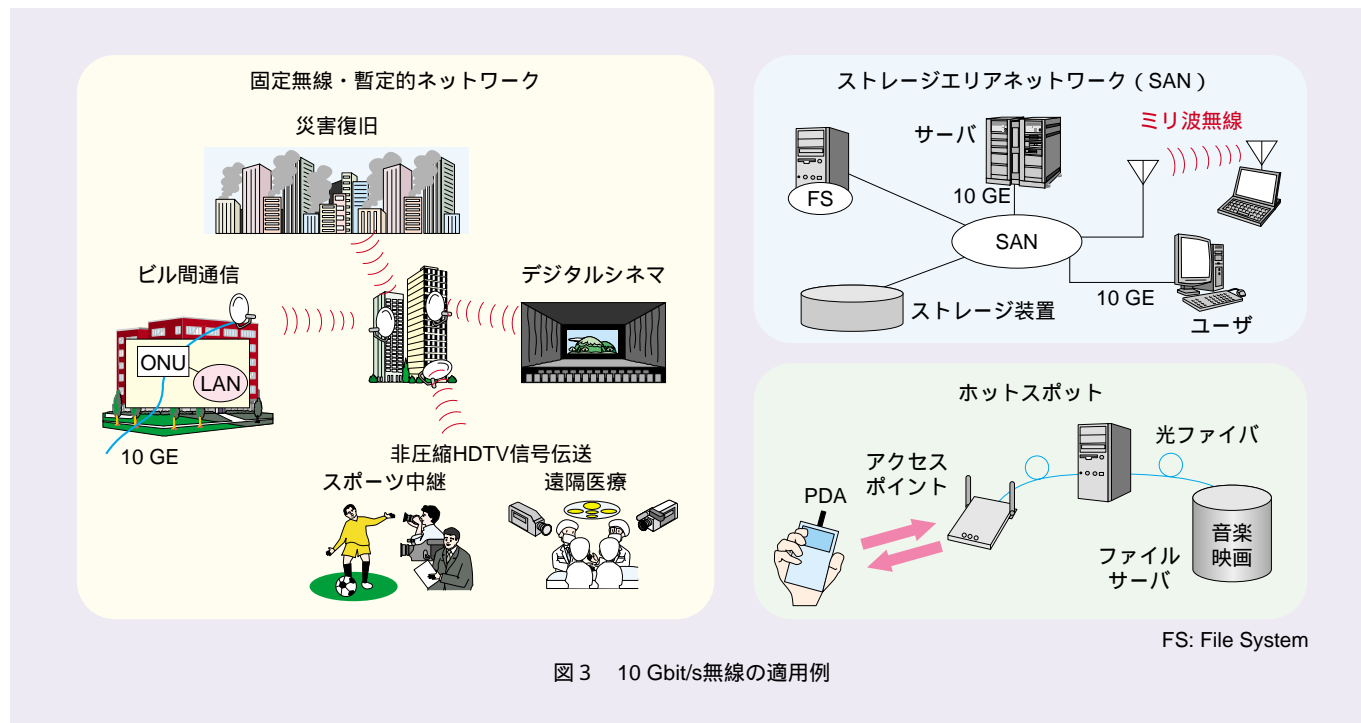


図2 高速LANの開発状況



2 GHz帯の携帯電話から前述の無線LAN,そして60~70 GHz帯のFWAの伝送速度をプロットしてみると,10 Gbit/sを超えるためには,100 GHzを超えるキャリア周波数の利用が有効であることが分かります。

次の周波数選択のポイントとして,電波伝搬と電波行政(周波数割当て)の問題を考える必要があります。図5上図は,電波および光の大気や降雨などによる減衰特性を示したものです。10 G~1 THzの範囲において,電波の大気減衰は周波数の上昇とともに増加し,200 GHz以上では10 dB/kmにも達します。また60 GHzや200 GHz等には酸素分子や水分子による吸収帯がみられます。しかし,120 GHz帯はこれら分子の吸収帯の間の谷の部分にあたり,比較的大気減衰が少ない周波数領域となっています。またミリ波は降雨時の減衰が大きいくことで知られています。120 GHz帯においても嵐のような激しい降雨時での減衰は50 dB/kmにも達します。ただし,こういった降雨時の大きな減衰は120 GHz帯に限ったものでは

なく,60 GHz以上のミリ波帯ではほぼ一定になっていることが分かります。

電波は有限な資源という認識のもと,公平かつ能率的に利用するため,その利用は電波法により規制されています。ここで日本における50~300 GHzの周

波数割当て(図5下図)を見てみましょう。50~90 GHzの電波は,無線通信やレーダ等に広く使用されています。一方100 GHz以上の電波は電波天文やアマチュア無線だけに割り当てられており,同時に116~130 GHzの周波数帯

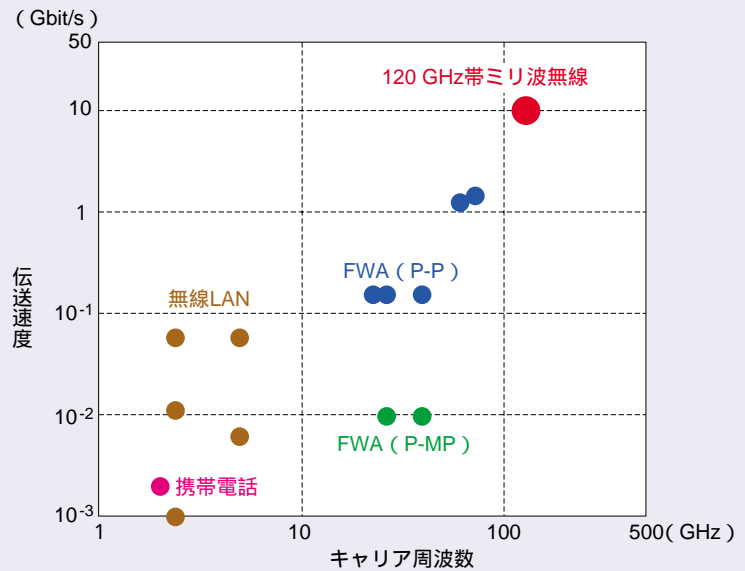


図4 各種無線通信システムにおける伝送速度とキャリア周波数の関係

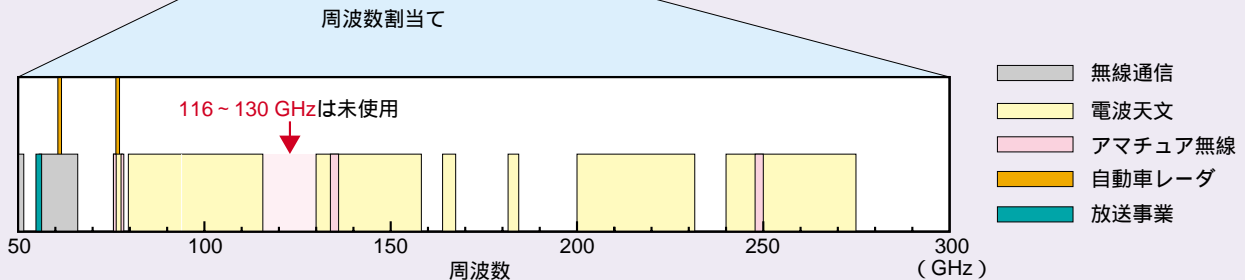
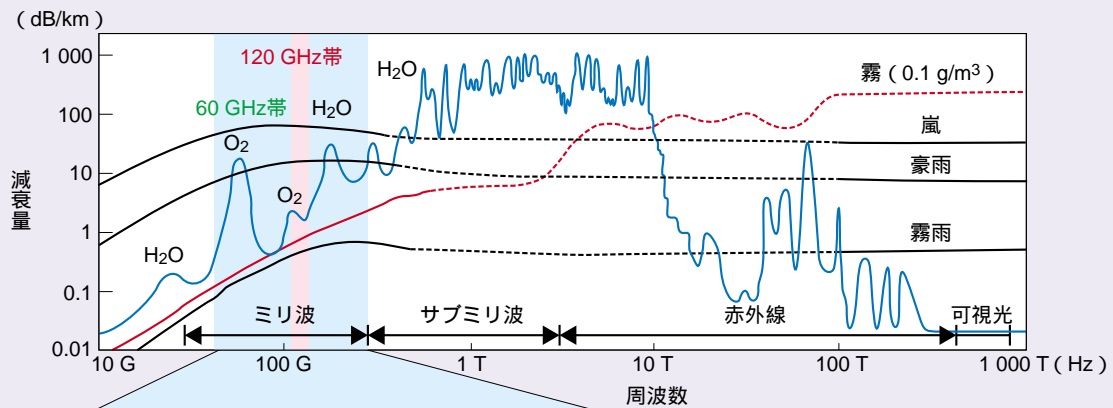


図5 ミリ波の伝搬特性並びに日本における周波数割当て表

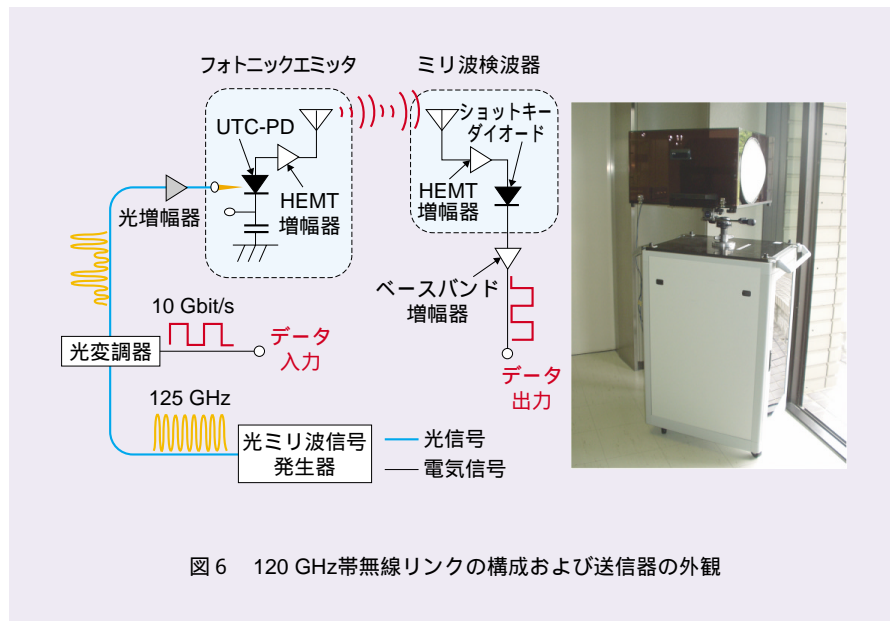


図6 120 GHz帯無線リンクの構成および送信器の外観

をはじめいくつかの空いている領域が存在することが分かります。

無線リンクの構成

これまでに100 GHz を超えるミリ波帯をGbit/s級の高速無線通信に応用した例はありません。トランジスタ等の電子部品は、まだこのような高い周波数で動作するものが一部の回路でしかなく、無線伝送を実現するために必要な部品をそろえることが困難でした。そこで、NTTマイクロシステムインテグレーション研究所では、120 GHz帯のミリ波信号の発生・変調・伝送に、光ファイバ通信で培ってきたフォトニクス技術を導入することを試みました⁽¹⁾。一般にフォトニクス技術は電子技術より広帯域であり、100 GHzを超える信号を、比較的容易に処理することができます。

120 GHz帯無線リンクの構成を図6に示します。まず、光ミリ波信号発生器を用いて125 GHzで強度変調された光信号を発生させます。この125 GHz光信号は光変調器によって最大10 Gbit/sのデータ信号が重畳され、フォトニックエミッタに入力されます。そこで光信号は高速・高出力を特徴とする単一走行キャリアフォトダイオード(UTC-PD: Uni-Traveling Carrier Photodiode)⁽²⁾によって光電変換された後、高電子移

動度トランジスタ(HEMT: High Electron-Mobility Transistor)を使用したミリ波増幅器⁽³⁾で増幅され、アンテナから空間に放射されます⁽⁴⁾。受信器のアンテナに到達したミリ波信号は、増幅器で増幅された後、超高速ショットキーダイオードによって包絡線検波されます。図6右は開発したミリ波無線送信器の外観です。送信器、受信器とも非常に指向性の高いガウシアン光学レンズアンテナを使用することにより、最大1 kmまでの伝送が可能となっています。

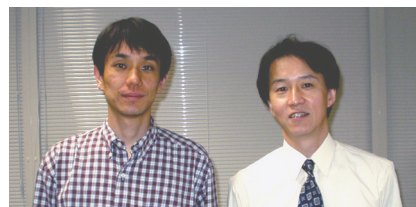
今後の展開

前述のミリ波無線通信機に対して、本年7月8日、総務省関東総合通信局よりミリ波実験局が免許されました。100 GHz以上の周波数領域において、無線実験局の免許が与えられたのは国内初です。

今後、屋内外での伝送実験を行い、さまざまな環境下での伝搬特性の評価など、実用に向けた研究開発を進めます。また今回紹介したフォトニクス技術を利用したアプローチにより、さらに高い300 GHz ~ 1 THzの電磁波帯の開拓にも挑戦していきたいと考えています。

参考文献

- (1) A.Hirata, M.Harada, and T.Nagatsuma: "120-GHz Wireless Link Using Photonic Techniques for Generation, Modulation, and Emission of Millimeter-Wave Signals," IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol.21, pp.2145-2153, 2003.
- (2) T.Ishibashi, N.Shimizu, S.Kodama, H.Ito, T.Nagatsuma, and T.Furuta: "Uni-Traveling Carrier Photodiodes," in Tech. Dig. Ultrafast Electron. and Optoelectron., pp.166-169, 1997.
- (3) T.Kosugi, T.Shibata, T.Enoki, M.Muraguchi, A.Hirata, T.Nagatsuma, and H.Kyuragi: "A 120-GHz Millimeter-wave MMIC Chipset for Future Broadband Wireless Application," in Tech. Dig. IMS 2003, Vol.1, pp.129-132, 2003.
- (4) A.Hirata, T.Kosugi, T.Shibata, and T.Nagatsuma: "High-Directivity Photonic Emitter for 10-Gbit/s Wireless Link," International Topical Meeting on Microwave Photonics 2003, pp.35-38, 2003.



(左から) 枚田 明彦/ 永妻 忠夫

人類未踏の新しい電磁波帯の実用化を目指しています。ようやく厚木ロケ内で120 GHz帯の電波を使った通信実験がスタートしました。

問い合わせ先

NTTマイクロシステムインテグレーション研究所
スマートデバイス研究部
TEL 046-240-2252
FAX 046-240-4041
E-mail ngtm@aecl.ntt.co.jp