



特 集

サブテラヘルツ無線による 放送現場でのHDTV映像伝送実験

日本電信電話株式会社 NTTマイクロシステムインテグレーション研究所
主幹研究員 久々津 直哉

はじめに

120 GHz帯を語るときには、通常、「ミリ波」と呼ぶことが多いですが、今回は、テラヘルツ特集ということですので「サブテラヘルツ波」と題してお話させていただきます。「テラヘルツ波」、「サブテラヘルツ波」と言われる領域は、電波の分野と光線の分野が、重なりあった領域です。電波すなわちエレクトロニクスの分野では、波としての性質、単位として周波数、を使うことが一般的で、皆さんがご存知のラジオ、テレビ、携帯電話などのスペックは、ヘルツ(Hz)で扱われます。一方、光は、線やビームとしての性質、単位として波長、メートル(m)で表現されることが一般的です。これらの2つの分野にまたがったテラヘルツ分野は、まだ、産業的にあまり開発が進んでいない領域であり、この分野で、どのようなインパクトのある技術が生まれてくるか期待が集まっているところです。

波長1 cm程度までは、マイクロ波として携帯電話や電子レンジなどに使われています。その上がミリ波で、波長が1 mmから10 mmまで、周波数にして、30 GHzから300 GHzです。70 GHz帯では、車間レーダーなどが実用化されており、電波天文でもこの周波数帯は利用されています。電波の定義では、その上の3 THzまでが、サブミリ波として位置づけられており、ここまでが電波法において電波として定義されています。

一方、テラヘルツ波は、波長1 mm以下で、周波数にして、300 GHzから10 THzまでと定義されています。

電波法では、電波は3 THzまでと定義されています。この中でサブテラヘルツ帯は、100 GHzから1 THzまでのところです。今回私たちが通信用に使ったのは、サブテラヘルツ帯の下のほうで120 GHz帯です。この表で、横軸に搬送波の周波数、左の縦軸が伝送速度をあらわしており、大雑把に言って搬送波の1割程度のバンド幅が伝送速度になるとして、この線を引いています。100 GHzを超える

ところで、10 Gbit/s が得られます。一方の左の縦軸は減衰定数になります。水や酸素分子の共鳴による吸収ピークがいくつかあります。こちらの線が数mmの雨が降った場合の減衰量、さらに、これが霧の場合の減衰量を表しています。4つ程度ある減衰量が比較的低いウインドウ部分では、ある程度の距離を飛ばせることから、通信用途などに使われることが考えられています。60 GHz帯はフリーなバンドとして使われるようになっていますが、逆に減衰量が大きいので遠くまで飛ばないため、隣接のユーザに迷惑をかけないということから、使用がフリーになっているわけです。将来、周波数の高い方をどのように使っていくかが、世界的にも重要になります。

なぜ120 GHz帯なのか

私たちがなぜ120 GHz帯に注目したのか。その1つが大容量データを無線で送りたい。10 Gbit/sクラスのデータ量が将来的に必要なため、それをどのように送ればよいのかということから120 GHz帯に注目したのですが、ポイントの1つが未利用の広い帯域があることです。キャリア周波数



講師 久々津 直哉 氏

の1割弱程度の幅が伝送量に該当するため、10 Gbit/s を送るなら 100 GHz を超える程度の周波数帯が必要になりますが、それを国内の電波割り当てでみると、まとまった幅で使われていないのは 100 GHz ~ 130 GHz だということでした。さらに高い領域もありますが減衰が大きくなり、こちらのほうが距離の面からもメリットがあると判断しました。

もう1つの考え方として、安定して 120 GHz のミリ波の搬送波をつくり出す技術は、この計画段階ではありませんでした。そこで、私たちは、フォトリソ技術を利用して 120 GHz 帯のミリ波をつくるという技術を考え出しました。

その後、高速動作を特徴とする InP HEMT、これは化合物半導体ですが、このプロセス技術が進み Ft に関しては 100 GHz を超えるのが当たり前という状況となり、これらの技術を使って半導体デバイスで 120 GHz を作り出そうという2つ目のチャレンジをしてきました。私たちが北京オリンピックでの実運用試験に使ったのはこちらの技術です。



世の中のニーズとしてどう見るか

無線通信の高速化ニーズの視点から、有線の光化が重要なポイントです。現在では 100 G の Ethernet (イーサネット) の標準化が進んでいますが、この資料はその土台となったもので、現在はここ(2008年~2009年)になりますが、10 G が主流となり、2018年頃には 100 G のイーサネットが出てくる。有線系ではそうした流れで製品開発も行われています。

一方の無線系のトレンドは、キャリア周波数を横軸、伝送速度を縦軸としたこの表では、右上がりの流れになっているのですが、今のレベルは FWA 的な固定の P to P 通信で 1 ~ 2 Gbit/s 程度まで行けるか行けないのかというのが現状です。私たちの狙いは 120 GHz で 10 Gbit/s を出せるようなものを作ることでした。最近言われている WiMAX は伝送速度でメガのオーダーです。

それだけの大容量のものが無線で必要かということ、1つが映像系で、放送局の用途がある程度見えてきています。ハイビジョンの映像を非圧縮で送ろうとすると 1チャンネルあたり 1.5 Gbit/s が必要となります。これをマルチチャンネルで送りたいというのが放送局側のニーズですが、現在の既存無線機の場合ですと 40 ~ 80 Mbit/s 程度、Mpeg 2 や H.264 などの圧縮を使って画像を送るしかありません。

もう1つは通信系の部分で、固定の無線アクセス。これは川や幹線道路があってファイバーの敷設が難しいような、100 m 程度以内を結ぶようなケース。または災害時等で臨時的に大容量無線回線が必要になるケースが想定されます。

有線であればケーブルを敷けばいくらでも容量を増やすことが可能ですが、無線ですと既存の周波数を含めてどう使っていくのが重要になってきます。ここで電波資源の拡大が必要になってくるわけです。私たちの研究は、総務省の「電波資源の拡大のための研究開発」の一環でもあります。

次に技術の適用領域についてももう少し説明します。この技術の目標としては、距離にして晴天時で 5 km 程度まで使えることを想定しています。ビットレートとしては非圧縮の 1チャンネルであれば 1.5 Gbit/s になりますが、この辺りですと 60 GHz の技術でも送れますが、それより多チャンネルのもの、さらにスーパーハイビジョンを送ろうとすると、20 Gbit/s 以上のデータレートが必要になってくるので、この辺りを狙うとすれば先ほど申し上げたことを含め 120 GHz 帯を使っていくことが1つの解決策になるかと考えています。

放送用途で言いますと、非圧縮のハイビジョンを多チャンネルで送る。例えば、数多くのカメラやケーブルを使うゴルフ中継、あるいは災害時のライブの中継にこうした技術を使うことが考えられます。もう1つは、通信用途として、ビル間やファイバー

が途切れた場合に使うことを考えています。流れとして現段階では、まず1 G程度のイーサネットを通信用途的に使っていく。放送用途としてはハイビジョンの中継などにうまく使っていく、将来的には映像系ならスーパーハイビジョンを送るとか、通信系では現状の10 Gとか、将来のターゲットである100 Gイーサネットに向けた検討も必要になってくると思われる。

放送現場で求められていること

放送業界で言うハイビジョンは伝送レート1.5 Gbit/sです。これを非圧縮で使いたいというのが、放送業界の潜在的なニーズとしてあります。画質の劣化や、それぞれのカメラ映像の遅延が微妙に違うことは、テレビ局の制作現場では大きな課題です。いい映像を送りたいが、タイミングを合わせて送れないこと、これを何とかしたいということから、放送局は私たちの技術開発に注目したという経緯があります。

1つの例を紹介します。ゴルフ中継の場合には1つのホールで複数のカメラを使いますから、ケーブルの数もトラック数台で運ぶくらいの物量になります。ケーブル量を減らすという側面からの無線へのニーズもあります。また、圧縮技術は映像の色合いや動き方によって圧縮率が自動的に変わることがあるため、例えばグリーン上でのパットの動作を4つのカメラで撮ろうとすると、4つの映像は若干タイミングがずれてしまいます。圧縮で行う場合、ゴルフボールが1つのカメラではカップに入っているのに、もう1つのカメラではボールがカップの手前にあるという現象が起こってしまいます。テレビ局ではそれが視聴者に分からないようにうまく切り替えを行っています、できればベストな映像を瞬時に使いたいという希望を持っています。

もう1つの例として、中継車が入っていける状況には限界があり、その先に入って映像を撮りたい場合に、大容量映像を無線で送る手段として可搬型無線機が求められることとなります。無線機の性能以外に求められることは、現場に着いたらすぐに映像を送れるということです。この点が重要な要素で、可搬性と迅速性の両方が求められています。最低限一人で運べるような小型化、もう1つが低消費電力化ということでのバッテリー駆動が必要となります。

迅速性からは操作の単純化ということで、スイッチはオンとオフだけにして欲しいというのが現場の要望です。そして一人で簡単に組み立てられること。置いてから電波を出すアンテナの方向調整にかかる手間という課題もあります。

これら全ての課題を解決できたわけではありませんが、今回、北京に持っていった機器は従来放送用途で利用されている無線機と変わらない大きさに収まっています。重さ7.3 kgは十分に許容できる範囲であり、消費電力は100 W程度で、これもテレビ局のカメラ使用のバッテリーで十分まかなえるレベルです。操作の単純化ということで、スイッチはオンとオフだけのものとし、モニター部分が見える程度。それ以外の細かい操作は一切入らないものを作りました。アンテナをつけるための導波管は、パイノネット機構という舟の舵を回すような形で、ワンタッチで締められる構成にしました。



屋外伝送実験および展示会

屋外での伝送実験について、これまで取り組んできたことを少し紹介します。まず、光電気版を用いた初の公開実験(2号機)を2005年8月のフジテレビ本社とアクアシティ間で行いました。その後、放送機器の展示会であるInterBEE2005(日本)、NAB2006(米国)、IBC(オランダ)、BIRTV2007(中国)での公開デモで実証してきました。実験も地道に進め、2007年にフジテレビ本社と湾岸スタジオの間800 mの距離で3号機を使った実験を行いました。この時は徐々に天気が悪くなって800 m先が見

えない霧の状況になりましたが、こうした状況でも120 GHz 帯のミリ波であれば問題なく伝送ができました。その点は、光無線と比べてのメリットです。私たちの研究所の屋上で、3号機の送信機と受信機、その間に気象観測装置を設置したシステムで長期の試験を行っています。この周波数帯の電波特性は実測では、計られていないところがありますので、雨の影響などを調べているところです。

中国最大の放送機器展であるBIRTV2007(中国)では、2号機、3号機を持ち込み、映像2チャンネルとリモコンカメラをリアルタイムで動かすというデモを行いました。その効果もあって、BIRTV2007のアワードを受賞することができましたし、中国の無線関係者に少しはアピールできたかと思っています。

北京オリンピックにおける実運用試験

フジテレビと共同で取り組んだ北京オリンピックでの実運用試験について、簡単に紹介させていただきます。オリンピックの開幕は2008年8月8日でしたが、実際には7月26日に機材を運び込み、8月1日から事前報道のところで利用実験を開始しました。トライアルでは2つのことを試みました。鳥の巣と呼ばれるナショナルスタジアム、その横には水泳競技場や体操競技場があり、さらにその北側にIBCという国際放送センターがあります。放送センターの屋上のRFタワーに受信機を設置し、IBC内にあるフジテレビのスタジオまでケーブルでHD-SDI信号を送る構成です。オリンピック公園を挟んで対向する場所に特設の中継点を設け、基本的にはそこで撮った映像をIBCのアンテナに送るという構成で行いました。特設中継点では、既存の無線装置、それと併行する回線として120 GHzの無線装置を置いています。IBCから特設中継点までの距離は1 km程度しかないのですが、じつは向こう側が見えないくらい、視界が悪い日が何日もありました。

もう1つのトライアルとして、2段点中継という

ことを行いました。なぜやることになったかというと、RFタワーの上からでは無線で送れない死角が存在しました。体操競技場、水泳競技場の前に直接アンテナを向けられないという問題があったわけです。また、大きなタワーが立っていたため、それが邪魔をして、IBCに無線では送れない状況でした。その際に、特設中継点側から見たらどうだろうと考え、水泳競技場や体操競技場の前にいるレポーターの映像を、そこから特設中継点に送り、さらにRFタワー側に送る方法をとれば鳥の巣の周囲を含め全ての場所から撮れるということで、早速その方法も検討することになりました。実際には8月1日から24日までの間で延べ2時間40分くらいの映像がこの回線を使用して実運用トライアルを行いました。結果としては、1台の装置が故障することもなく、無事に映像伝送が続けられたことから、今回のトライアルが成果だったと思っています。1日の受信電力の上下の変動が若干はありました。トータルで見て、昼間に少し下がる傾向があったのは、気温の関係で無線機のデバイス特性に揺れが生じたものでしょうが、それも許容範囲におさまっています。ただし、無線機は冬も使うことになるため、今後は雪の対策も含めて考えていく必要があると考えています。

おわりに

あらためて申し上げますと、非圧縮で送ることの大きな利点は遅延がないということです。音声はリアルタイムなのに、映像が遅れることに対し現場サイドでは大変苦労しているようです。今回の北京での実験を通じ、120 GHz無線による非圧縮のハイビジョン映像伝送技術が、放送現場での課題解消のひとつの策となることを願っております。最後に、この研究の開始当初からご指導をいただいた永妻忠夫大阪大学大学院基礎工学研究科教授、北京オリンピックの中継での技術利用に尽力いただいたフジテレビ関係者の方々に感謝を申し上げます。