

高利得高効率広帯域平面アンテナを使用した 100GHz 超帯無線通信技術の研究開発 (121803006)

Research and Development Wireless Communication Technologies for more than 100GHz
using High-gain High-efficiency Wideband Planar Antennas

研究代表者

廣川 二郎 東京工業大学
Jiro Hirokawa, Tokyo Institute of Technology

研究分担者

枚田 明彦 竹内 淳
Akihiko Hirata, Jun Takeuchi
日本電信電話(株)
NTT Corporation

研究期間 平成 24 年度～平成 26 年度

概要

積層薄板の拡散接合により形成した並列給電導波管スロットアレーアンテナで 40 dBi 以上の高利得を実現し、周波数利用効率の向上に向けて垂直及び水平偏波用多層給電導波路で放射スロットアレーを励振する偏波多重用アンテナの開発を行った。これらのアンテナで 10 Gbps 級データの偏波多重伝送を実現するとともに、到来方向推定及びビーム走査の要素技術を確立した。

1. まえがき

市場のスマートフォンやモバイルブロードバンドへの急激なシフトによってモバイルトラフィックが急増し、携帯エントランス無線回線に 10 Gbps 級の大容量化が求められている。また、東日本大震災により、ファイバ網の早期復旧や事業復旧計画の観点からも大容量無線通信の重要性が再認識された。本研究開発の目的として、10 Gbps 級の伝送容量を有する安価かつ途切れない 100GHz 超帯無線を実現すべく、キーコンポーネントである高利得高効率広帯域平面アンテナの研究開発を実施した。

2. 研究開発内容及び成果

図 1 に 2 層構造並列給電中空導波管スロットアレーアンテナの構造を示す。本アンテナは基本的に 2 層構造であり、下層にトーナメント構造の給電導波路があり、上層に放射スロットがある。分岐数があまり多くなると、金属板をエッチングする際にその細い部分が曲がる可能性がある。そこで、2 層給電導波路構造を提案した。

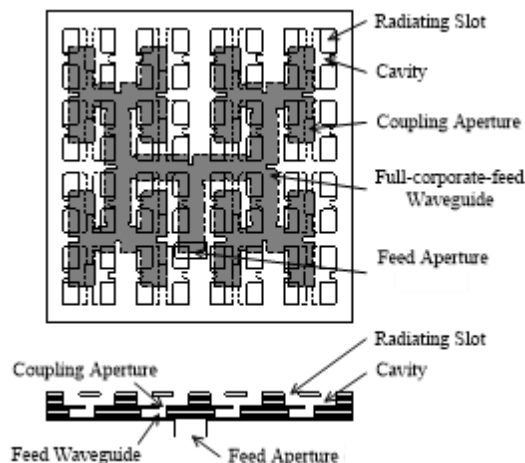


図 1 2 層構造並列給電中空導波管スロットアレーアンテナ

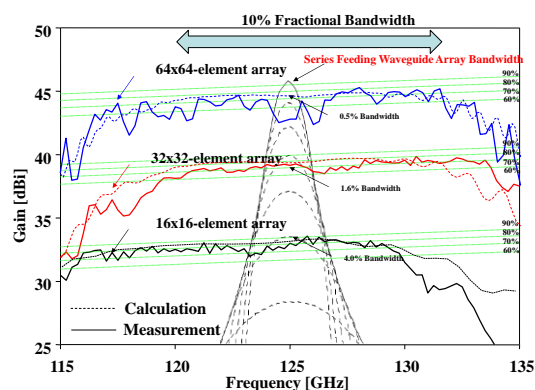


図 2 3 種類のアンテナの利得の周波数特性

図 2 に、今回検討した 64x64 素子アンテナ、32x32 素子アンテナ、比較のため 16x16 素子アンテナの 3 種類について利得の周波数特性を示す。並列給電を用いたため、素子数を増やしても帯域 10% の広帯域性を保ったまま利得が上昇していることが確認できた。64x64 素子アンテナにおいて約 43~44dBi の利得が得られており、アンテナ効率もおおむね 60% の値が得られている。

また、4 つのサブアレーで分割された平面アンテナを試作し、各サブアレーに与える信号に位相差を設けることにより、±4 度のビーム走査に成功した。

図 1 の通信用 2 次元スロットアレーの周囲に、上下左右 4 方向にビームを傾けた到来方向推定用 1 次元スロットアレーを配置した平面アンテナを試作した。図 3 に到来方向推定の実験系を示す。本実験では、アンテナ方位を一軸のみ自動制御する簡易な構成とした。実験系は、120GHz 帯送信機、2 つの 120GHz 帯受信 IC、2 つの電圧計、制御用 PC、回転台から構成されている。受信 IC の 1 つは到来方向推定用アンテナ中の 2 次元アンテナに接続され、もう 1 つは到来方向推定用アンテナ中の 1 次元アンテナに接続される。また、受信 IC に内蔵されるミリ波検波器は、入力されたミリ波電力に依存して変動するモニタ電圧を出力する。

送信機に接続されたホーンアンテナと到来方向推定アンテナ中の 2 次元アンテナ間が正対するよう配置された際の 2 つの受信 IC における各々のモニタ電圧値（受信電力換算値）を各々の基準電圧として制御用 PC で保持する。

以下に制御アルゴリズムを述べる。到来方向推定用アンテナの方位が正対状態から左・右どちらかに傾いた場合、まず 1 次元アンテナのモニタ電圧値を読み取る。1 次元アンテナのビームがアンテナ鉛直方向から傾いていることから、左・右の傾きに応じて、モニタ電圧値が基準電圧に対し変化する。その変化を基準電圧に戻す方向に回転台を制御することで、傾きを補正する。次に、回転台を回転動作させつつ、2 次元アンテナのモニタ電圧値を読み取る。2 次元アンテナのモニタ電圧値が基準電圧に至ったところで、正対状態に復旧する。

図 4 に到来方向制御の実験結果を示す。実験では、到来方向推定アンテナを左・右方向にそれぞれ 5 度ずつ傾けた際の、モニタ電圧と制御に要する時間の関係性を評価した。制御用 PC では、回転台を 0.5 度ずつ回転させつつモニタ電圧を読み取り、基準電圧と比較するプログラムを動作させた。実験の結果、2 次元アンテナのモニタ電圧が基準電圧となるまでの回転動作におよそ 40 秒要し、元の正対状態と比較して $\pm 1^\circ$ の範囲でアンテナ方位が制御されたことが明らかとなった。

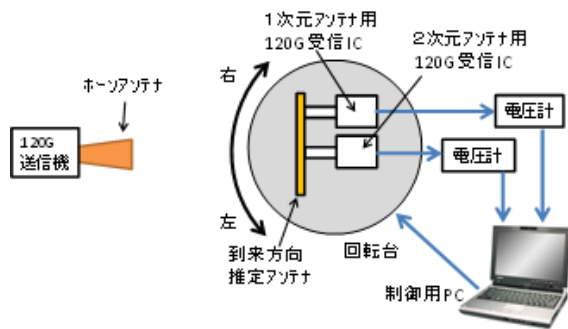


図 3 到来方向推定 実験系

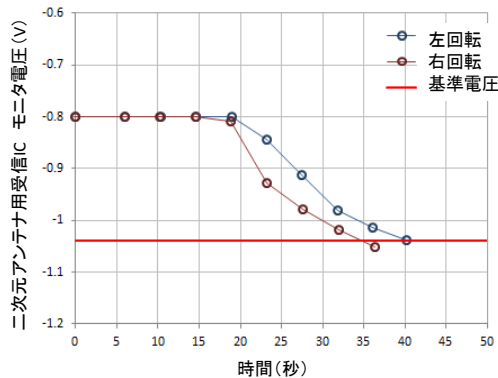


図 4 到来方向推定制御 実験結果

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発課題で開発する安価な高利得・高効率・広帯域アンテナ製作技術は、屋外用途だけでなく、屋内の無線 LAN の低価格化につながる技術である。さらに、ミリ波無線 LAN では、伝送距離を伸ばすためにはビームを絞って通信相手に信号を送る必要があるため、本研究課題で開発するビーム走査技術は超高速短距離無線技術のキーとなる重要な技術である。

更に、本無線システムの伝送容量の広帯域性を活かし、災害時の通信混雑の抜本的軽減「つながるネットワーク」の実現に向けた有望なソリューションの一つとなりうる。ま

た、本研究開発課題で開発するアンテナは、安価、小型化、軽量で可搬性が高いため、震災時の早期復旧用無線として使用可能である。また、到来方向推定やビーム走査・切替技術は、地震等により、アンテナを取り付けた塔が曲がっても自律的にビーム方位を調整し、ネットワークを復旧する「壊れないネットワーク」を実現する手段となりうる。

また、120GHz 帯無線は、2014 年 1 月に放送用途への周波数割り当てが完了し、これを受けて、2015 年 3 月に ARIB 規格が成立した。このように、120GHz 帯無線は今後、放送素材伝送用無線としての実用化に向けた環境が整備されたため、放送局の要望をヒアリングし、放送用途での最適な適用例の検討を進める。

4. むすび

100 GHz 超帯無線に使用可能な安価かつ高利得高効率広帯域平面アンテナの研究開発を実施した。

【誌上发表リスト】

- [1] Dongjin Kim, Jiro Hirokawa, Kimio Sakurai, Makoto Ando, Takuma Takada, Tadao Nagatsuma, Jun Takeuchi and Akihiko Hirata, "Design and measurement of the plate laminated waveguide slot array antenna and its data transmission experimental results for the 120 GHz band", IEICE Transactions on Communications, vol.96, no.8, pp.2102-2111, 平成 25 年 8 月 1 日.
- [2] Dongjin Kim, Jiro Hirokawa, Makoto Ando, Jun Takeuchi, and Akihiko Hirata, "64x64-element and 32x32-element slot array antennas using double-layer hollow-waveguide corporate-feed in the 120 GHz band", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol.62, no.3, pp.1507-1512, 平成 26 年 3 月 1 日.
- [3] Akihiko Hirata, Jun Takeuchi, H. Takahashi, and Jiro Hirokawa, "120-GHz-band Wireless Communications Field Trials," 39th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IrMMW-THz 2014), R4/A-38-2, 平成 26 年 9 月 18 日.

- #### 【申請特許リスト】
- [1] 廣川二郎、平面スロットアレイアンテナ、日本、平成 25 年 3 月 1 日
 - [2] 竹内淳、枚田明彦、アンテナ装置及びアンテナ方位調整機構、日本、平成 26 年 12 月 2 日
 - [3] 竹内淳、枚田明彦、アンテナ装置と位相調整方法、日本、平成 27 年 1 月 13 日

【登録特許リスト】

- [1] 竹内淳、枚田明彦、廣川二郎、積層型二次元スロットアレイアンテナ、日本、平成 25 年 3 月 29 日、平成 26 年 10 月 24 日、5633097

【国際標準提案リスト】

- [1] ITU-R SG5 WP5C, ITU-R F.[FS USE-TRENDS] Fixed service use and future trends, 提案年月日 2013 年 11 月

【受賞リスト】

- [1] Jiro Hirokawa, Dongjin Kim, Makoto Ando, Jun Takeuchi and Akihiko Hirata, Asia-Pacific Microwave Conference Best Paper Award, "43dBi Gain, 60% Efficiency and 10% Bandwidth Hollow-waveguide Slot Array Antenna in the 120GHz Band", 2013 年 11 月 7 日