

電波の見える化デバイスと 電波ルーティング・デバイスの提案

結城修^{†1} 山田圀裕^{†2} 水野忠則^{†3}
峰野博史^{†4} 西垣正勝^{†4}

無線通信デバイスは、電波のブラインド領域である屋内の電波が遮断されるような領域では使用することができない。例えば、屋内の机、キャビネット、パーティションなどの有無、建物の壁、天井などの素材、構造、形などによって、電波の伝搬状況が変わり、これらによって重度に遮断されてしまうと通信ができなくなる。このような領域で、無線通信を使えるようにすることは重要な課題である。本論文では、電波障害物によって通信困難となっている場所に用いて、簡易な構成により電波の障害を改善するための電波の方向制御デバイスとレベル・センサの提案を行う。固定器具を備えた電波方向制御デバイス、そのデバイスの設置時に電波の見える化を行うためのレベル・センサ、および、電波の方向調整用にそのレベル・センサに備えられたレーザによる電波ブラインド領域での情報の通信方法を提案する。実証実験では、まず、方向制御デバイスを複数台設置した。次に、レベル・センサを使いアクセス・ポイントの電波の反射方向の電波強度を覗いてみた。その後、レーザを用い反射方向の軸合わせを行った。コストを削減するために指向性の強いアンテナ等への変更は行わなかった。この為に関係ない方向の無効電波は生じるが、電波ブラインド領域で方向制御デバイスを用いて電波の障害を改善し情報通信のサービス・エリアを拡大するための手法が確認できた。

Visualization and Routing Device of the Electromagnetic Wave

Osamu Yuuki^{†1} Kunihiro Yamada^{†2} Tadanori Mizuno^{†3}
Hirosi Mineno^{†4} and Masakatsu Nishigaki^{†4}

There may be some blind zones of an electromagnetic wave in an office. When an adapter of the wireless LAN is set into such a place, it is impossible to communicate with an access-point of the wireless LAN. For example, an electromagnetic wave is intercepted by such a desk, a cabinet, a partition, a wall of a building, a ceiling, etc. When a wireless LAN is seriously intercepted by these obstacles, the wireless communication cannot connect. It is important to enable wireless communications in such a blind zone. In this paper, we propose the visualization device and the routing

device of the electromagnetic wave for improving the communication condition in a blind zone by simple composition. The level sensor for visualization of electromagnetic wave strength, the reflective direction control device of an electromagnetic wave with the direction adjustment and installation clip and the laser for direction adjustment of an electromagnetic wave are proposed. In this experiment, two or more reflective direction control devices were installed first. Next, the reflective electromagnetic wave strength around the access point was seen using the level sensor. Then, the axis of the reflective direction of the electromagnetic wave was checked using the laser. In order to reduce the cost, a change to a sharply directional antenna was not made. For this reason, while invalid electromagnetic waves arose with a non-directional antenna, the electromagnetic waves intercepted with the obstacle have been improved using a direction control device. And expanding the service area of telecommunications has been conducted.

1. はじめに

無線 LAN ではその電波を中継する無線 LAN 機器として無線 LAN アクセス・ポイントと無線 LAN アダプタが必要になる。無線 LAN アクセス・ポイントは無線 LAN で電波の送受信をするための基地局となる機器であるが、アクセス・ポイントにはルーティングの機能なドロータの機能を兼ねそろえたものもある。一方、無線 LAN アダプタは、パーソナルコンピュータ、スマートフォン、および、タブレット型端末に標準装備されていることが多くなってきている。このような機器では、無線 LAN 技術の推進団体 Wi-Fi Alliance で相互運用性が検証された Wi-Fi 規格のアダプタが用いられることが多い。アクセス・ポイントからの空間への電波放射手段としては、通常、ダイポール・アンテナ、スリブ・アンテナ、コリニア・アンテナなどの線状アンテナなどが使われる。特にアクセス・ポイントの製品に組み付けられていることが多いダイポール・アンテナは、アンテナの軸を中心に全ての方向に信号を放射する。無線 LAN は見通しの良い場所であれば 100m 近く電波が飛び、無線 LAN アダプタを備えた機器は無線 LAN アクセス・ポイントから離れた所でデータ通信を行うことができる。家庭では、台所でレシピを見たり、炬燵でインターネットを利用したりするなど、無線 LAN の強みを生かした柔軟な活用が可能になっている。一方、企業などでは、会議を行う際にノートパソコンを会議室へ持ち込んで行う場面が多々ある。このような状況において、遠隔で配線なしで使用できる無線 LAN の通信のメリットが活かされている。

^{†1} 静岡大学創造科学技術大学院自然科学系教育学部情報科学専攻
Graduate school of Science and Technology, Shizuoka University

^{†2} 東海大学専門職大学院組込み研究科
Professional Graduate School Embedded, Technology, Tokai University

^{†3} 愛知工業大学情報科学部
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

^{†4} 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University

このような動向に伴い次世代仕様の策定が急ピッチで進んでいる。次世代仕様は、大きく三つの方向に分類できる。(1)高い周波数の活用により、さらなる高速性を追求する方向、(2)従来の 2.4GHz 帯や 5GHz 帯よりも低い周波数帯を活用し長距離伝送などを目指す方向、そして(3)リンク確立の時間を大幅に短縮するなど使い勝手の向上を目指す方向である。

このような中で、従来の 2.4GHz 帯や 5GHz 帯よりさらに高い周波数をめざす(1)の方向性では、搬送波のさらなる短波長化により、障害物のない電波が直進できる経路が送受信装置間で要求されることになる。IEEE802.11ad ではギガビット/秒以上の伝送速度を達成するために、60GHz の搬送波が用いられることになっている。

例えば、現在多用されている無線 LAN の IEEE802.11b, g, n の搬送波は、2.4~2.5GHz であり、2.4GHz とし計算した場合には、その波長は(1)式で表わされるように約 12.49 cm である。

信号の波長を λ 、光の速度を c 、信号の周波数を f とすれば、信号の波長 λ は(1)式で表わされる。

$$\lambda = c \div f \quad (1)$$

ここで、 $c = 29979245800 \text{ cm/s}$ 、 $f = 2400 \text{ MHz}$

しかし、このように短波長の電波は、障害物があれば容易に通信が遮断されてしまう。送受信装置間に障害物の多いところでの無線通信では、WEB の閲覧やメールの送信などが困難となっている場合が少なくない。無線 LAN では、電波の特質上、通信状態が常に一定であるとは言いがたい。設置場所までの構造によって大きく電波環境が変わる。無線 LAN の規格を決めている IEEE802.11 グループでは電波環境に対応してその通信速度が変化するように規定している¹⁾。

周波数が高くなるにつれて、アクセス・ポイントから見通しの効かないエリアで通信を確保することが難しくなる。屋内の机、キャビネット、パーティションなどの有無、建物の壁、天井などの素材、構造、形などによって、電波の伝搬状況が変わる。例えば、鉄板入りのパーティション、水分を多量に含む土壁、防爆ガラス(金網入りガラス)、鉄製の扉などにより、電波は反射、減衰、または、遮断される。オフィスで電波ブラインドが生じるような環境例を図 1 に示す。この図は、スチール・ロッカーが設置されている居室でも無線 LAN を用いたい人(図示せず)が居り、コンクリートと鉄筋のパーティションが幾重にも重なった離れたところに設置された無線 LAN アダプタでも電波を利用したい人(図示せず)が居る場合を示している。このような構造の建物の場合、無線通信が困難となる場所が生じる。図 1 中の無線 LAN アダプタの設置位置では、通信速度が安定しなかったり、電波が遮断されたりする。

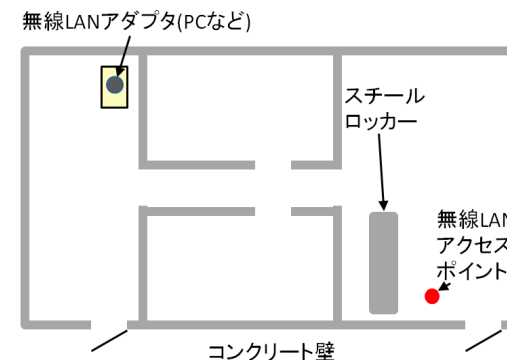


図 1 電波ブラインド領域の例

本研究の目的は、電波の方向制御デバイスとレベル・センサ・デバイスを用いて電波の障害を改善するための方法を提供することである。リピータを用いることも考えられるが、本提案のデバイスはリピータより安価で容易に設置できる利点がある。高周波の電磁波は、光と同様に金属によって反射することが知られている。障害物のある無線 LAN 環境の中で、屋内で既に用いられている電波の伝搬方向を制御することは電力を消費する機器を必要とせずグリーン化の面からも有効である。具体的には、簡易な固定器具を備えた電波方向制御デバイス、そのデバイスの設置時の電波の見え化を行うためのレベル・センシング・デバイス、および、そのセンシング・デバイスに備えた反射方向調整レーザを用いた電波ブラインド領域での情報の通信方法を提案する。本論文は、全 5 章で構成される。第 2 章では、関連研究とその課題について述べる。第 3 章では、本提案のサービスの手法を述べる。第 4 章では、検証実験とその結果を示す。最後の第 5 章で、本研究の結論を述べる。

2. 関連研究

IEEE802.11 各タスクグループによる無線 LAN の規格統一を機に多くの無線 LAN 機器が建物内部を中心に使用されるようになった。このことから、建物内での電波伝播を重要な課題として建造物の電波吸収に対しておこなわれた研究がある²⁾。この研究では、マイクロ波を中心とした帯域における無線通信を快適に行うための電磁環境の構築を目指して研究開発を行っている。そのために、建物を構成する建築部材の比誘電率、比透磁率などの電気定数の検討がなされている。

電磁波の金属反射に関しては、Willebrord Snell の屈折の法則が知られている。しか

し、レーダーなどで実際に用いられる大型の反射鏡は固定で用いられることが多い。家庭やオフィスでは、方向制御デバイスが持ち運びでき、セッティングが感覚ではなく視認しながらできる方が好ましい。

リフレクト・アレーは偏波の回転や周波数選択性を持ち、設計により任意の方向に電波を制御できるものが提案されている。関連研究としては、シングル・レイヤーのクロス・ダイポール・エレメントの位相特性を多重共振の新構造のエレメントで改善した研究がある³⁾。また、CDMA(WCDMA)システムに適用するために、グランド・プレーン上にパラステック・ダイポール・エレメントを配置したリフレクト・アレーの提案がある⁴⁾。更に、十字の双極子の配列および正方形ループの周波数選択性表面を含むリフレクト・アレーが、提案されている⁵⁾。近年、再びリフレクト・アレーの研究が盛んになってきているが、金属と比較して、リフレクト・アレーでは電力損失を抑え指定方向に電波を制御する設計に難さが伴う。

電波の見える化の研究としては、IMES 送信機から 1.57542GHz の搬送波を出力し、フロアの各点の信号強度を計測した研究がある⁶⁾。この研究は、緊急情報位置通信義務の制度化に伴う携帯電話への内蔵 GPS 標準化を受けて行われたものである。IMES 測位技術は屋内での測位を実現するために開発されたが、配置設計の合理化という課題があった。この研究は、事前に伝搬特性や反射特性をシミュレーションするために行われたものである。伝播損失シミュレーションは、壁やパーティションの存在に対して行われている。

床、天井、壁、パーティション、ドア、窓等の反射・吸収による伝播損失があり、これら各オブジェクトのマテリアルの材質や形状で定義される損失の値はデータベースとして用意されている。得られた信号の強弱は、色のグラデーションにより分布図として表示されている。しかし、該研究の見える化は、PC ベースのシミュレーション・ソフトであり、事前に電波減衰のパラメータを用意しなければならず、また、ハンディ化や既存設置済み設備への適用容易性などの面で課題が生じる。

3. 提案手法

3.1 電波の減衰

アンテナから出た電波は、遠くでは減衰して弱まってしまう。周囲に何も妨害するものがない自由空間を伝わる場合、受信電力:Pr はフリスの伝達公式で表わされる。

送信電力:Pt, 送信, 受信アンテナの利得:Gt, Gr, 受信機入力での受信電力:Pr には (2) 式の関係がある⁷⁾。

$$P_r = \frac{G_{rx} P_t}{4 \times \pi \times d} \times \frac{\lambda^2 \times G_r}{4 \times \pi} = \left(\frac{\lambda}{4 \times \pi \times d} \right)^2 \times G_r \times G_t \times P_t \quad (2)$$

ここで、(3)式から、伝播損失:L は、送受間の距離:d と波長:λにより

$$L = \left(\frac{\lambda}{4 \times \pi \times d} \right)^2 \times G_r \times G_t \times P_t \text{ と表わされる。}$$

また、基地局と端末の間に障害物があった場合には、周波数、基地局-端末間距離、基地局-端末間の階数差から大凡の伝搬損失を推定する方法が ITU-R から勧告されている。ITU-R 勧告による伝搬損失推定法は、(3)式で与えられる。

$$L_{total} = 20 \log f + N \log d + L_f(n) - 28 [dB] \quad (3)$$

ここで、

L_{total} : 伝搬損失[dB]

N : 距離により決められるパラメータ

d : 基地局と端末の距離[m]

L_f : 床の透過損失[dB]

パラメータ N , L_f の値は測定データに基づいて経験的に決められたものである。

これらのパラメータは、周波数や住居、オフィス、商業施設などの建物の種類に依存している。

3.2 電波の反射

無線 LAN アクセス・ポイントには、基板から外部に露出したアンテナが使われていることが多く、代表的なものとして、ダイポール・アンテナ、スリーブ・アンテナ、コリニア・アンテナなどの線状アンテナがある。これらアンテナは、無指向性と指向性のアンテナに分類される。しかし、アンテナでは送信側から受けたエネルギーの送信方向が変更されるだけで、信号に対して電力が増強されることはない。ダイポール・アンテナの場合の指向性は、水平面が無指向性、垂直面が 8 の字形の指向性である。

今回、デバイスで第 1 の方向制御手段として用いた、全反射、所謂、鏡面反射を図 2 に示す。簡単のため平面波を考え、電界は入射面に対して垂直、磁界は入射面に含まれているとする。図 2 で、其々、入射電界は E_i 、反射電界は E_r 、入射磁界は H_i 、反射磁界は H_r 、入射波数ベクトルは k_i 、反射波数ベクトルは k_r で示されている。また、入射角は θ_i 、反射角は θ_r で示す。スネルの法則により、(4)式が成り立つ。この式は、本提案の方向制御デバイスの配置の際に考慮されている。

$$\Theta_i = \Theta_r$$

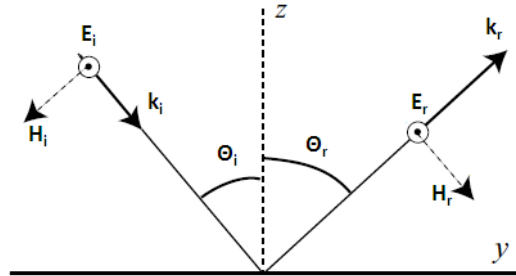


図2 鏡面による全反射

次に、鏡面周りの電磁界強度分布を図3に示す⁸⁾。

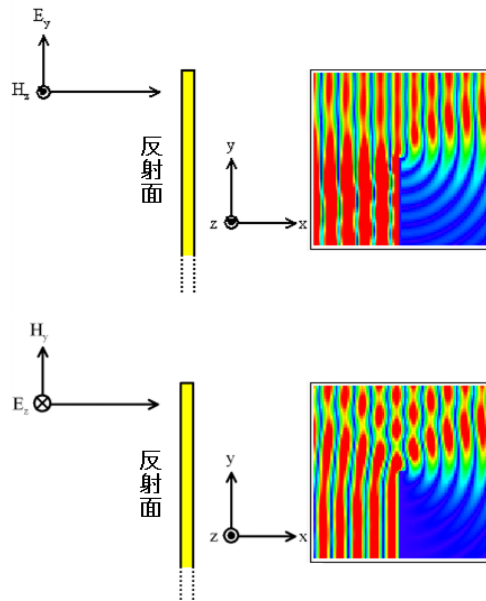


図3 TE波, および, TM波の反射

(4)

入射平面波がTE波の(a)図とTM波の(b)図の場合に分け、電磁界強度の分布を示す。反射面では、電磁波は反射されて増強されている。反射とは別の現象になるが、TE波は回折により導体板の裏側に多く回り込んでいる。垂直偏波を用いた場合には、裏側でも回折によって、電波が到来し、直接アクセス・ポイントとの見通しが取れないところでも通信できる可能性があることがわかる。直接見通しの効かない基地局や移動体による通信では垂直偏波がよく用いられる。しかし、高周波になるにつれて、これらの回折は少なくなる。

デバイスに用いた第2の方向制御手段として、リフレクト・アレーについて記述する。位相が制御できるパターンとしてダイポール・アレーが古くから研究されている。最近では、裏面のループ・エレメントは周波数選択を行ない、表層のダイポール・エレメントで反射の振幅と位相を決めるリフレクト・アレーが研究されてきている。リフレクト・アレーは、入射角に対し反射角を任意にデザインすることができる。特に屋外のビル上に設置することを考えた場合に、方向制御デバイスをせり出す必要がない点は利点である。リフレクト・アレーのクロス・ダイポールによる位相シフトは(5)式で表わされる。

$$\phi_{mn} - k_0 \times (R_{mn} + \vec{r}_{mn} * \hat{u}_0) = 2 \times p \times \pi \quad (5)$$

$$p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

ここで、

ϕ_{mn} : mn 番目のクロス・ダイポールの反射位相

k_0 : 波数

R_{mn} : 送信点からリフレクト・アレーの mn 番目のクロス・ダイポール・エレメント迄の距離

\vec{r}_{mn} : mn 番目のクロス・ダイポール・エレメントの位置ベクトル

\hat{u}_0 : 所望の反射方向の単位ベクトル

この(5)式の関係は、本提案のリフレクト・アレーを用いた方向制御デバイスで考慮されている。

リフレクト・アレーの反射の概念図を図4に示す。図4中の Θ が設計により任意に取れることは利点である。

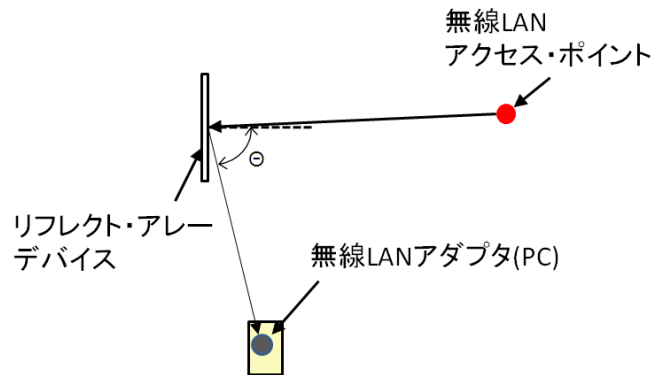


図4 リフレクト・アレー設置の概念図

3.1 電波の見える化と方向設定

電磁波自体は、可視光領域の波長の電磁波を除き、肉眼では見えない。このために、本提案では、電波を検知するレベル・センサと電磁波の伝搬路を確認するためのレーザを組み合わせたデバイスを用意した。このレーザ内蔵のレベル・センサのブロック図を図5に示す。

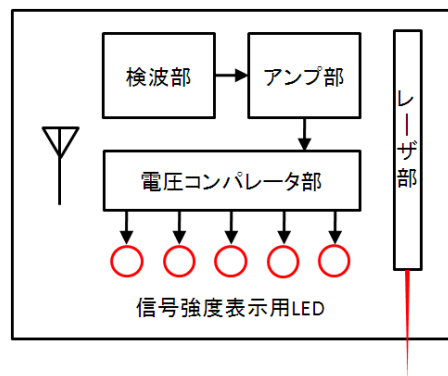


図5 レベル・センサの構成図

本論文では、電波障害物によって通信困難となっている場所に用いて、電波の障害を改善するための図2、および、図4により説明した電波の方向制御デバイスと図5に示したレベル・センサの提案を行う。電波方向制御デバイスの設置時の電波の見え

る化には、電波のレベル・センシングを行うデバイス、および、そのセンシング・デバイスに備えた反射方向確認レーザを用いた。これらのプロトコルを以下に述べる。

- (1) 方向制御デバイスを遮蔽物を回避して見通しの効く台数設置する。
- (2) レベル・センサを使いアクセス・ポイントの電波の反射方向の強度を観る。
- (3) レーザを用い反射方向の軸合わせを行い、その結果によって電波方向制御デバイスの微調整を行う。

図6には、上記のプロトコルで配置した電波の方向制御デバイスのようすを概念図で示す。

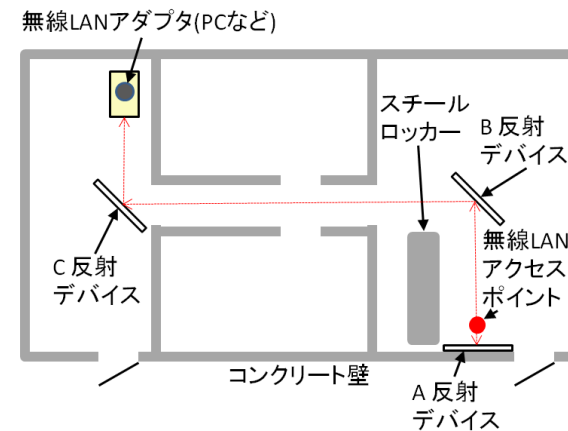


図6 本提案の方向制御デバイスの構成図例

無線LANのアクセス・ポイントは、図6で示すように、オフィスの1つの居室の通信をカバーするようにスチール棚の近傍に設置されている。一方で、遠く離れ、パーティションが幾重にも重なった遠隔地で無線LANアダプタを備えたPCでも無線通信を行いたい。このような場合に、無線LANのアクセス・ポイントの後方(所望の制御方向と逆位置)にAの方向制御デバイスを設置する。このデバイスは必ずしも必要ではないが、電波発生源で電波の指向性を持たせるためには有利である。次に、B方向制御デバイスによりA方向制御デバイスの電波を受け、C方向制御デバイスへ向けて方向制御する。C方向制御デバイスは、無線LANアダプタの周囲に電波を反射する。これらの伝搬経路は、レベル・メータに備えられたレーザにより確認し推定することが可能である。

4. 検証実験

4.1 実証に用いた機器

無線 LAN アクセス・ポイントとしては、ルータ機能を備えた IEEE802.11g/b の規格対応のものを用いた。搬送波の周波数帯域は 2.412 から 2.472GHz であり、アンテナにはスリーブ型のダイポール・アンテナを用いている。方向制御デバイスとしては、図 7(a)のアルミ板と 360 度回転可能な可動部が両端に供えられたクリップ型の固定器具を用いている。なお、図 9 に示すリフレクト・アレーとこの固定器具を組み合わせた方向制御デバイスも用意した。レベル・センサは図 7(b)に示すものを作製した。このセンシング・デバイスには、電池のケースに沿って、平面型のレーザーが設置されている。

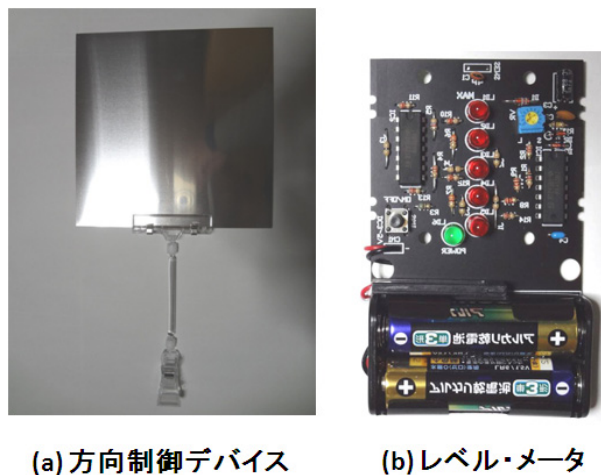


図 7 電波の方向制御デバイス

4.2 レベル・センサを用いた方向制御デバイスの設置

図 8 に、配置実験のようすと結果を示す。図 8 の左側の 2 枚の写真は、無線 LAN アクセス・ポイントの後方に方向制御デバイスが無い[写真(a)]場合と有る[写真(b)]場合の電波の強度を観たものである。レベル・センサにより、方向制御デバイスが有る場合の方が電波強度は強いことが判る。このようにして電波制御方向の電波強度レベルを視認できる。次に、実際よりシュリンクした環境で方向制御デバイスの配置とその設置確認方法の有効性を検証した。写真(c)に示すように、3 台の方向制御デバイスを用いて、1 台[写真(c)中の右側]はアクセス・ポイントの後方に、もう 1 台[写真(c)中

の左側]は水平方向の制御に、さらに 1 台[写真(c)中の上部]は水平方向と垂直方向の制御が成される位置に配置した。赤外線写真では判り辛いですが、3 台目の方向制御デバイスが取り付けられたバスケットには、Wi-Fi 機能搭載の携帯電話が置かれている。写真(d)はレベル・センサに備えられたレーザーをアクセス・ポイント後方の方向制御デバイスから発光させ、その光路を確認したものである。写真では第 3 の方向制御デバイスの下方しか写っていないが(肉眼では途中の光路も確認できる)、携帯電話にレーザー光が照射されているのが確認できる。

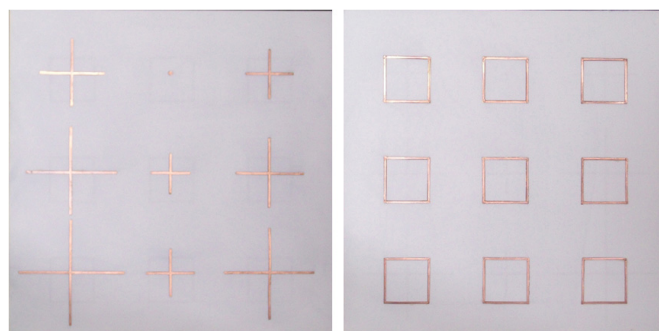


図 8 方向制御デバイスのセッティング

4.3 リフレクト・アレーを用いた方向制御デバイス

今回作成したリフレクト・アレー基板の表面と裏面の写真を図 9 に示す。表層のダイポール・エレメント[図 9(a)]は反射の振幅と位相を決めている。一方で裏面の外周を受信周波数の波長としたループ・エレメント[図 9(b)]は周波数選択を行っている。今回は、ダイポール・エレメントを水平、垂直とも同じ長さでパターンニングしている

ので、TE 波、TM 波共に同様な位相の制御が行われる。リフレクト・アレーには、所望の方向の反射レベルを高めることができる特徴がある。本実験で用いたリフレクト・アレーには、低誘電率で低誘電正接の基板を用いた。扱われる情報の大容量化にともなって、通信速度の高速化の要求が強い。信号を高速化すると誘電体損が大きくなるので、プリント配線板材料として、低誘電率、低誘電正接の材料が求められる。この要求に適合するものとして、PTFE(Polytetrafluoroethylene)が知られているが、高価である。この PTFE 基板の 1GHz での参考値、として誘電率 $\epsilon_r=2.59$ 、誘電正接 $\tan \delta=0.0012$ が挙げられる。本提案のリフレクト・アレーでは、PTFE と異なる材料の使用によりコスト抑えた誘電率 $\epsilon_r=3.38$ 、低誘電正接 $\tan \delta=0.0021$ のものを用いた。近い値のものに PPE(Polyphenylene Ether)材料の基板がある¹⁾。伝送損失が PTFE 樹脂に近い誘電特性である PPE 樹脂をベースとした基板の研究開発が行われている⁹⁾。



(a) ダイポール・エレメント面 (b) ループ・エレメント面

図9 リフレクト・アレー基板表裏両面

図 10 に、リフレクト・アレーを用いた方向制御デバイスの配置のようすを示す。図 10 に示すように、2 台の金属の方向制御デバイスと 1 台のリフレクト・アレーの方向制御デバイスを用いて、金属のデバイスの 1 台はアクセス・ポイントの後方に、もう 1 台の金属の方向制御デバイスは水平方向の制御に、さらにリフレクト・アレーを用いた 1 台は水平方向と垂直方向の制御が成されるように配置した。3 台目の方向制御デバイス取り付けバスケットには、Wi-Fi 機能搭載の携帯電話が置かれている。リフレクト・アレーの方向制御デバイスではその伏せ角が金属のものより小さく済んでいることが判る。これはダイポール・エレメントのパターンにより、位相シフト量が選べる利点による。リフレクト・アレーの方向制御デバイスが含まれた場合は、レーザーを用いて正確に確認できる光路は第 1,2 の金属の方向制御デバイスとリフレクト・アレーの方向制御デバイスの表面迄である。これは、リフレクト・アレーの位相

シフトにより電磁波の方向がスネルの法則から外れるためである。リフレクト・アレーの方向制御デバイスによる電波の反射方向は、(5)式により推定される。

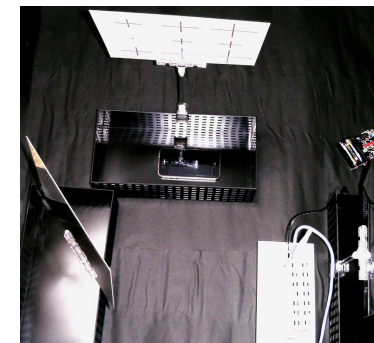


図10 リフレクト・アレーによる電波の方向制御

4.4 実験手順

以下に、本実験の手順を示す。

無線 LAN アクセス・ポイントは、ターゲットの無線 LAN アダプタから見て後方を残して、波長より細かい金網で周囲を覆った。これにより、前方への電波は可也減衰させることができた。しかし、通信を遮断するまでには至らなかった。この状態で次の 2 ケースの実験を行った。

ケース 1

(1)金属方向制御デバイスをアクセス・ポイントの後方に水平方向で左を向けて設置した。更に、もう 1 台の金属方向制御デバイスを略アクセス・ポイントに電波が反射するように設置した。

(2)レベル・センサを使いアクセス・ポイントの電波の反射方向の強度を覗てみた。

(3)レーザーを用い電波反射方向の軸合わせを行った。

ケース 2

(1)金属方向制御デバイスをアクセス・ポイントの後方に水平方向で左を向けて設置した。更に、リフレクト・アレーの方向制御デバイスを設計値に基づき略アダプタに電波が反射するように設置した。

(2)レベル・センサを使いアクセス・ポイントの電波の反射方向の強度を覗てみた。

(3)レーザーを用い反射方向の軸合わせを行った。リフレクト・アレーとアダプタ間は上述のように、設計値に基づいた角度でセッティングを行った。

4.5 実験結果

図 11 に、方向制御デバイス無しの場合[図 11(a)]と、ケース 1[図 11 (b)]とケース 2[図

11 (c)の無線 LAN アダプタの受信電波強度測定の実験結果を示す。図 11(a)の左図では、スリーブ型ダイポール・アンテナが前方を金網で遮蔽されているのでアダプタでの受信強度は略-65dB を示している。横軸は時間[min]であり、縦軸は電波強度[dB]である。図 11(a)の右図では、横軸がチャンネル、縦軸は電波強度[dB]である。波形の上部に SSID(Service Set Identifier)が表示されているが、実験に用いたアクセス・ポイントに設定したものと一致している。

ケース 1 の実験で金属方向制御デバイスを用いた場合は、図 11 (b)で示す電波強度略-37dB となった。使用しない場合と比較し、電波強度の改善が成されている。

ケース 2 の実験でリフレクト・アレーの方向制御デバイスを用いた場合は、図 11 (c)で示す電波強度は略-50dB となった。金属方向制御デバイスほどではないが、電波強度が改善されている。基板パターンの精度などで推定の反射方向と完全に一致していないかもしれないが、その効果は確認できていると考察される。

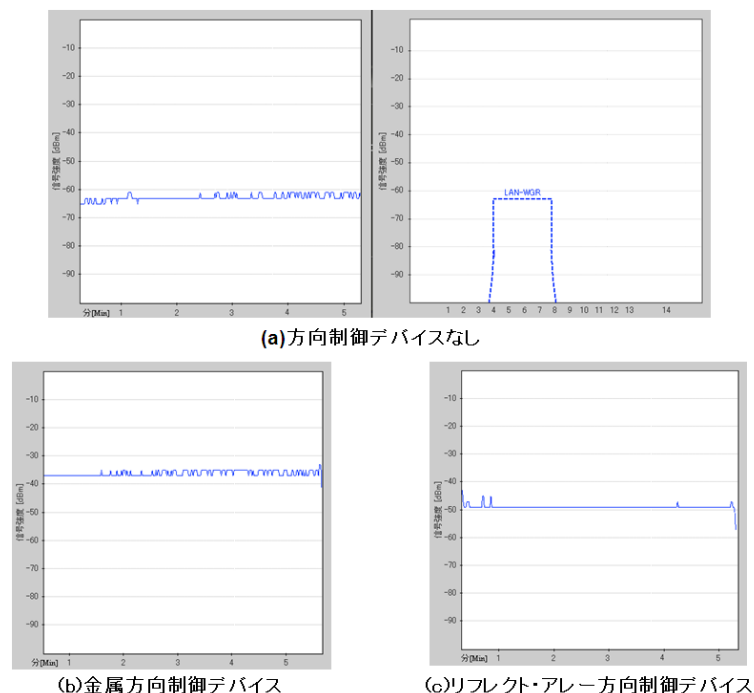


図 11 方向制御デバイスの有無の信号強度

5. おわりに

本論文では、電波障害物によって通信困難となっている場所に用いて、簡易な構成により電波の障害を改善するための電波の方向制御デバイスとレベル・センサの提案を行った。固定器具を備えた電波方向制御デバイス、そのデバイスの設置時に電波の見える化を行うためのレベル・センサ、および、電波の方向調整用にそのレベル・センサに備えられたレーザによる電波ブラインド領域での情報の通信方法を提案した。今後は、反射板をポケット・エージェンツ・デバイス¹⁰⁾へ搭載する検討も行っていきたい。この場合には、反射板のエレメント・サイズからも将来の無線 LAN で採用される数十 GHz の通信が対象になるとと思われる。

参考文献

- 1) 総務省: ~ 安心して無線 LAN を使用するために ~, (2004)
- 2) 橋本 修, 木村 健一, 近藤 明日香: 無線 LAN 用高性能電波吸収体に関する基礎的研究, pp.260-265(2005)
- 3) P Xu Hai-peng, Li Hao, and Li Jia-yin: HASE CHARACTERISTICS OF A NEW ELEMENT FOR DESIGN OF A SINGLE-LAYER MICROSTRIP REFLECTARRAY, 2010 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS 2010), 2010
- 4) Long Li, Qiang Chen, Qiaowei Yuan, Kunio Sawaya, Tamami Maruyama, Tatsuo Furuno, and Shinji Uebayashi: Novel Broadband Planar Reflectarray With Parasitic Dipoles for Wireless Communication Applications, IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, VOL. 8, 2009
- 5) Long Li, Qiang Chen, Qiaowei Yuan, Kunio Sawaya, Tamami Maruyama, Tatsuo Furuno, and Shinji Uebayashi: Frequency Selective Reflectarray Using Crossed-Dipole Elements With Square Loops for Wireless Communication Applications, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 59, NO. 1, 2011
- 6) ニューメディア開発協会, 屋内測位送信機器の設置環境における伝搬影響の可視化システムの開発, (2011)
- 7) HARALD T. FRIEST: A Note. on a Simple Transmission Formula, Proceedings of the I.R.E. and Waves and Electrons, Vol.34, Issue.5, pp.254-256, 1946
- 8) 宇野亨 著, FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析, コロナ社, (1998)
- 9) 古森 清孝, 橋本 昌二, 西野 充修, 藤原 弘明, 井上 博晴: 高速・大容量伝送用多層プリント配線基板材料, 松下電工技報, Vol.54, No.3, pp.17-21(2006)
- 10) 結城 修, 山田 罔裕, 峰野 博史, 水野 忠則, 西垣 正勝, “ポケット・エージェンツ・デバイスを用いた“無線ブラインド領域での情報通信,” in 情報処理学会 第 2 回 CDS 研究会 MBL59CDS2-12, (2011)