

携帯電話アンテナの小型化と広帯域化に関する研究

－ 抵抗負荷逆 F 型アンテナの特性 －

2005MT066 三輪雄規

指導教員 稲垣直樹

1 はじめに

近年、非常に多くの人々が携帯電話を所持するようになった。携帯電話の小型化に伴い、通信の入り口であるアンテナも小型化、省スペース化が必須となった。アンテナの小型化は、特性の悪化をもたらすのが普通なので、その改善のために工夫が必要である。そこで本研究では板状逆 F アンテナ (PIFA) に切り込みを加え、もう一つの工夫として PIFA の短絡ポートに抵抗を付加する。そして携帯電話に搭載が可能な大きさの小型アンテナに要求される特性を満たすアンテナを目指す。

2 携帯電話アンテナ

2.1 携帯電話の小型化

移動通信としては 1979 年に自動車電話が誕生している。その 6 年後の 1985 年には 3kg の肩掛けタイプのショルダーホンが誕生。このあたりから携帯電話の小型化が飛躍的に向上した。1987 年には 700cc のハンドヘルドタイプが誕生。2 年後には約 40 % 減の 400cc、翌々年の 1991 年には 150cc、230g と、携帯するのに便利な大きさとなり一般の人々にも広く普及した。現在重量は 120g 程までになり、様々な機能も付随されている。

2.2 内蔵アンテナ

携帯電話にはアンテナが 2 つあり、多くは内蔵されている。内蔵アンテナは年々小型化される携帯機に合わせて、薄型化、小面積化が求められる。しかし、アンテナを小さくする為の誘電体や複雑なアンテナ形状は、損失の増大や狭帯域化につながる。そのため、低損失な誘電体や放射効率の良いアンテナ形状が開発されている。代表的な内蔵アンテナに板状逆 F アンテナ (Planar Inverted F Antenna: PIFA) がある。

2.3 要求される特性

内蔵アンテナに関する技術課題には小型化、広帯域化、多周波共用化、人体からの影響の抑制の 4 点が挙げられる [1]。携帯電話の多機能化により多くのシステムに対応するため多周波化が要求される。多機能化のため様々な回路が増加し、アンテナの小型化が要求される。さらに小型化によっても動作帯域を保証する広帯域化技術が必要となる。そして人体に近接して使用されるため、その影響が大きく、抑制する技術も必要となる。

アンテナの周波数帯としては主に 810 ~ 960MHz と、1920 ~ 2170MHz が使われている。第 3 世代、第 4 世代では 698 ~ 806MHz、3.4 ~ 3.6GHz の 2 つの周波数帯も加わり、アンテナは多周波化が緊急の課題である。

3 逆 F アンテナ

3.1 線状逆 F アンテナ

線状逆 F アンテナとは、アンテナの基本でもあるモノポールアンテナを途中で 90° 折り曲げ、給電線付近に短絡線を付加してインピーダンス特性を改善したアンテナであり、F 字形状をしていることからこの名がある。

3.2 板状逆 F アンテナ

板状逆 F アンテナ (PIFA) は線状逆 F アンテナの地板に並行な部分を板状にしたものである。板状にしたことによって給電線を様々な位置に置くことができる他、放射板にスロット (切り込み) を入れることができるなど、様々な工夫を凝らすことが可能となり、アンテナの自由度が増した。PIFA の放射板を曲げ、短絡線にチップ抵抗器を負荷することによってアンテナ長を $1/8$ 、アンテナ高 0.01 まで小型化し、帯域幅を基本的な形の PIFA の 10 倍以上にすることができる [2]。

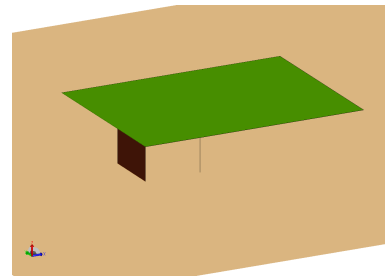


図 1 PIFA

4 測定パラメータ

4.1 リターンロス

リターンロスは S_{11} で表される。信号源と負荷インピーダンスが不整合の場合、信号源のもっている電力が負荷に十分に供給されない、このために生ずる。0dB の場合、アンテナに供給される電力が放射されずに全て反射して電源へ戻る。アンテナで電波が放射されるなどして電力が消費され、反射して戻る電力が減少するとリターンロスが減少。アンテナとして利用する場合、-10dB 以下にすることが目安。この-10dB 以下が帯域幅とされる [3]。

4.2 VSWR 特性

VSWR とは Voltage Standing Wave Ratio つまり電圧定在波比のことで、進行波と反射波の関係を示す数値である。伝送線路と負荷 (アンテナ) にインピーダンスの不整合があると、その部分で反射波が発生する。そのとき伝送線路には定在波が発生する。VSWR はある

程度高くても特に不都合は生じないが、空中へ放射される電力が少なくなることや、電力効率、電波障害などの点から、低い方が望ましい。VSWR が 1 ということは定在波の最大値と最小値の比が 1、つまり差が無いということであり、反射波が無いということである。一般に VSWR は 1.5 以下が理想とされている。

5 スロット装荷による多周波化

本研究では S 字状スロットを装荷した。図 2 はスロットなしの場合とスロットを装荷した場合とを比較した S_{11} のグラフである。スロットの装荷によって多周波化しているのがグラフから見て取れる。スロットを装荷する程多周波化されるが今回の研究では最大 5 周波までであった。

スロットを縦に入れても横に入れても多周波化できるが、スロット長が短すぎると、迂回路が作れずスリットのない状態に近くなる。さらにスロットが給電線のある側から始まるのか、逆から始まるのかでも電流の経路長が変わるため特性にも違いが現れる。

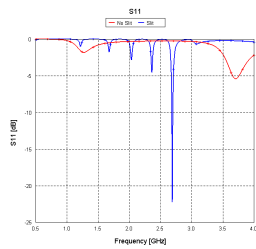


図 2 スロット装荷の有無による S_{11} 特性の変化

6 抵抗負荷による広帯域化

図 3 はスロットのみで抵抗を負荷していない状態と、35 の抵抗を負荷した状態とを比較した S_{11} のグラフである。抵抗を負荷したことによって帯域幅が広くなり、広帯域化したのがよくわかる。抵抗を負荷するとリターンロスも改善される。負荷を大きくすれば広帯域化されるが、負荷の大きさによっては目標の周波数帯からずれてしまったり、リターンロスが改善される。

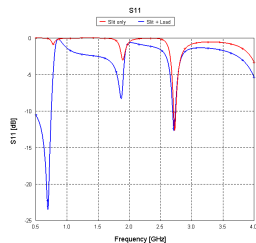


図 3 抵抗負荷の有無による S_{11} 特性の変化

7 直方体導体の上に設置したときの特性

アンテナ高 6mm、 $20 \times 40\text{mm}$ の平板に $17 \times 2\text{mm}$ のスロットを 6 つ装荷。35 の抵抗を負荷したアンテ

ナを高さ 13mm、 $100 \times 40\text{mm}$ の直方体上にアンテナを設置。アンテナが直方体に収まるように直方体を変形。図 4 はアンテナを直方体に設置した図である。直方体設置前と設置後の S_{11} と VSWR を図 5 と図 6 に示す。

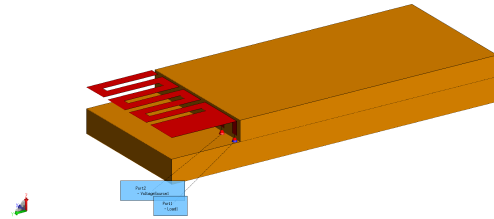


図 4 直方体導体の上に設置した PIFA

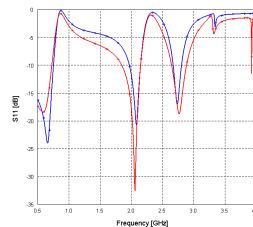


図 5 直方体導体設置前後の S_{11} 特性

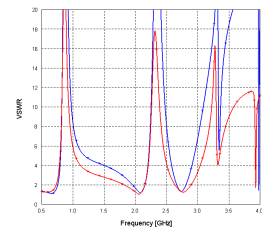


図 6 直方体導体設置前後の VSWR 特性

S_{11} 、VSWR 両方とも設置後のほうが特性が良い。これは直方体にも電流が流れたため、直方体全体もアンテナとして機能したからである。

8 おわりに

PIFA にスロットを装荷することによって多周波化されることが確認できた。さらに、抵抗負荷による広帯域化についても確認。携帯電話で使用する周波数帯の各々の一部しかカバーできず、第 4 世代の 3.4~3.6GHz の周波数帯については全くカバーできなかった。

直方体部分には電流が流れるので、手で持った時や耳に当たった時など、人体に近接した際に受けるであろう多大な影響を考慮し、抑制する方法も考えなければならない。

参考文献

- [1] 関根 秀一: “携帯端末用内蔵アンテナ技術”, 電子情報通信学会誌, Vol.88, No.7, pp535-540(2005.7).
- [2] Kin-Lu Wong, Kai-Ping Yang: “Modified planar inverted F antenna”, Electronics Letters, Volume 34, Issue 1, pp. 7-8(1998.1).
- [3] 桑山真一, 長島圭樹: “非平面グラウンド上の逆 F 型アンテナに関する研究”, 南山大学数理工学部情報通信学科 2006 年度卒業論文