

研究速報

VHF 帯ブロードバンド移動通信端末用内蔵型アンテナの提案

秋元 晋平[†] (学生員) 齊藤 一幸^{††} (正員)高橋 応明^{††} (正員: シニア会員)伊藤 公一[†] (正員: フェロー)

Internal Antenna within Portable Radio Terminal for Broadband Wireless Communication System in VHF Band

Shimpei AKIMOTO[†], Student Member,Kazuyuki SAITO^{††}, Member,Masaharu TAKAHASHI^{††}, Senior Member,and Koichi ITO[†], Fellow[†] 千葉大学大学院工学研究科, 千葉市

Graduate School of Engineering, Chiba University, Chiba-shi, 263-8522 Japan

^{††} 千葉大学フロンティアメディカル工学研究開発センター, 千葉市

Research Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University, Chiba-shi, 263-8522 Japan

あらまし 地上アナログテレビジョン放送が2011年7月に終了し、デジタル放送に完全移行する。総務省情報通信審議会では、空き周波数帯の170~205 MHzを災害対策、救援用の利用を想定した公共、公益分野におけるVHF帯ブロードバンド移動通信システムに割り当てることが適当であると報告した。本論文では、VHF帯ブロードバンド移動通信システム用アンテナの開発を目的として、所望の周波数帯で動作し、きょう体に内蔵可能なアンテナを提案した。また、人体近傍におけるアンテナの諸特性を、数値解析及び測定によって検討した。

キーワード VHF帯, ブロードバンド, 業務用無線端末, 方形ループアンテナ

1. ま え が き

地上アナログテレビジョン放送が2011年7月に終了し、デジタル放送に完全移行する。総務省情報通信審議会では2006年3月より、この空き周波数帯の有効利用方策について審議を行い、170~205 MHzは移動通信(公共業務用, 一般業務用)に割り当てることとした[1]。そこで、新たに割り当てられた170~205 MHzではVHF帯ブロードバンド移動通信システムとして、従来の音声通信用システムに加え、機動的かつ確実に被災状況や犯罪現場等の伝達を可能とするため、映像伝送も可能な通信システムを目的としている。また、本システムによる映像伝送を行うためには、1 Mbit/s程度の伝送速度を確保する必要がある、図1に示すように占有帯域幅は5 MHz程度必要である[2]としている。つまり、このシステムに必要なア

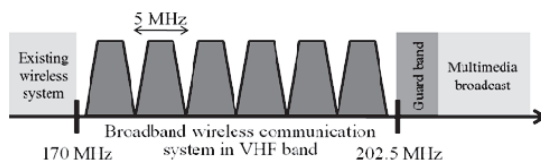


図1 必要占有帯域幅
Fig.1 Required bandwidth.

ンテナの比帯域は2.4~3.0%である。また、アンテナ利得に対する要求条件は、無指向性で0 dBi程度としている[2]。

現在、公共機関で用いられている業務用無線端末は、小形きょう体に装着されたモノポール形状のノーマルモードヘリカルアンテナ[3]が広く用いられている。しかしながら、ノーマルモードヘリカルアンテナは非常に狭帯域であるため、VHF帯ブロードバンド移動通信システムにそのまま利用するのは難しい。更に、このアンテナは電気的には小形であるものの、物理的にはきょう体を含めると大きく、利用者の利便性から、きょう体に内蔵可能なアンテナが望ましいと考えられる。また、一般的な無線端末は直方体であること、端末内部に電子回路が入ることを考慮すれば、ループ形状のアンテナが適当であると考えられる。

そこで、これまでに導線部をループアンテナの周方向に折り返すことでアンテナを小形化したUHF帯折返し型方形ループアンテナが提案されている[4]。このアンテナは、携帯端末に内蔵しても占有する空間が非常に小さく、無指向性の放射形状を維持している。しかしながら、文献[4]のアンテナは、VSWRが2以下の比帯域は約1%であり、VHF帯ブロードバンド移動通信システムに用いる場合、約3倍の帯域幅が必要である。更に業務無線では、無線の使用が業務の妨げにならないように、携帯電話などとは異なり、無線機本体は使用者のベルトに常に固定され、本体と接続されたマイクとイヤホンによって通話する。VHF帯ブロードバンド移動通信システム用端末においても、同様の理由から、現場撮影用のカメラを内蔵した小形ディスプレイを本体に接続して使用する等の方法が考えられる。つまり、アンテナは人体の腹部に接近して使用されるため、アンテナに対する人体の影響も考慮する必要がある。

本論文では、VHF帯ブロードバンド移動通信システム用アンテナの開発を目的として、所望の周波数帯の中心周波数(190 MHz)で動作可能で、きょう体に内

蔵可能なアンテナを提案し、数値解析及び測定によってアンテナ諸特性の検討を行った。更に、アンテナを人体近傍に配置した場合のアンテナ諸特性についても検討を行った。

2. 方形ループアンテナ

2.1 アンテナ構造

図2に本論文で提案するアンテナの構造を示す。本アンテナは、周囲長が約1波長で3mmの狭い間隙を有する方形ループ構造(a)である。方形ループの一边

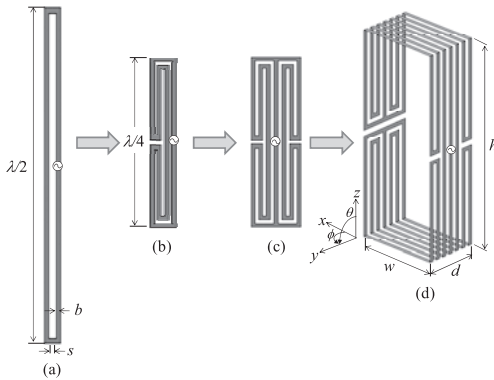


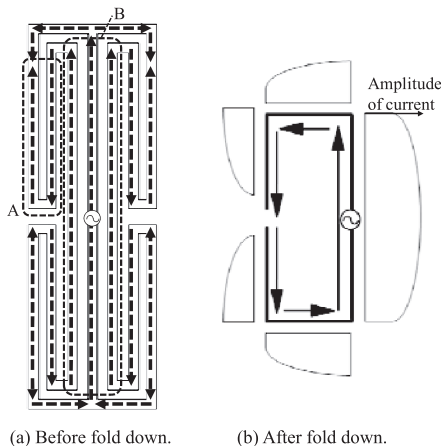
図2 アンテナの構造

Fig.2 Configuration of antenna.

表1 アンテナ形状パラメータ

Table 1 Configuration parameters of antenna.

Wire width : b	3 mm
Wire distance : s	3 mm
Antenna size : $(d \times w \times h)$	$39 \times 70 \times 160$ mm



(a) Before fold down.

(b) After fold down.

図3 アンテナの電流分布の概念図

Fig.3 Basic concept of current distribution.

の長さは約半波長であり、これは等価的に、半波長折返しダイポール [5] である。ここで、きょう体内に蔵可能とするために小形化が必要である。そこで、まずアンテナ給電点から上下1/8波長の部分で折り返し(b)、レジスタンスを増加させるために(b)を左右対称に装荷する(c)。更に、短辺 w 、長辺 h の方形になるように折り曲げることで、現在用いられている業務用無線端末のきょう体サイズを考慮した構造とした。アンテナの形状パラメータを表1に示す。

2.2 動作原理

図3(a)に、折り曲げる前(図2(c))の電流分布、図3(b)に、折り曲げた後の電流分布の概念図を示す。図3(a)から分かるように、左右の折り返し部分Aでは電流ベクトルが打ち消し合い放射に寄与せず、給電部の導線部分Bでは、電流ベクトルが同相となるため放射に寄与する。つまり、ダイポールアンテナと同様の特性を示すことになる。更に、図3(b)のように折り曲げることで、電流が逆位相になるものの、給電点付近での電流の振幅が最大となるため、折曲げ部分と給電点付近での電流を差し引いた残りが放射に寄与する。

3. アンテナの実験的評価

提案アンテナの妥当性を確認するために、アンテナを作製し、VSWR特性及び放射指向性の測定を行った。図2の構造で作製したアンテナを図4に示す。本アンテナは、発泡スチロール製の型枠に銅テープを貼り付けることで作製されている。ここで、給電点のインピーダンスが、 50Ω で整合がとれるように設計した。なお、比較としてFDTD(Finite-difference time-domain)法による数値解析も行い、導線は銅の電気定数を用いた。また、アンテナ利得としては、誘導性定表面インピーダンス [6] により導体損失を考慮して計算している。

図5に、アンテナ給電点でのVSWRを示す。図5より、所望の周波数帯内(170~205 MHz)の195 MHz付近で測定結果及び計算結果が共振していることが確

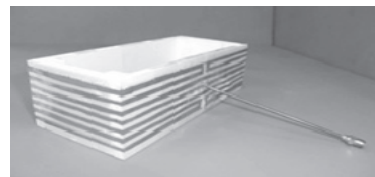


図4 作製したアンテナ

Fig.4 Fabricated antenna.

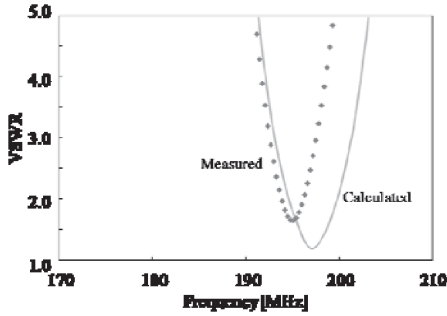


図5 自由空間での VSWR 特性
Fig.5 VSWR in free space.

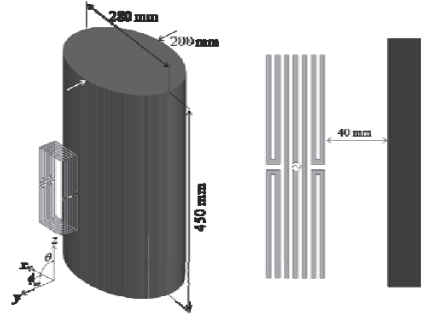


図7 ファントム近傍におけるアンテナ配置
Fig.7 Antenna position in close to phantom.

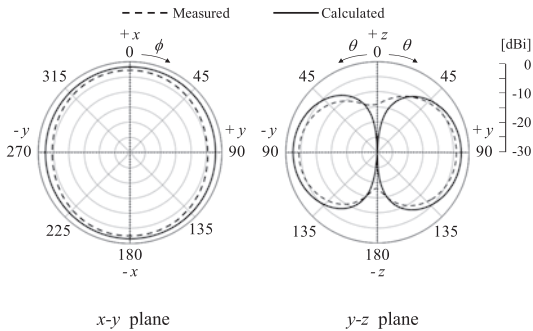


図6 アンテナの放射指向性
Fig.6 Radiation pattern of antenna.

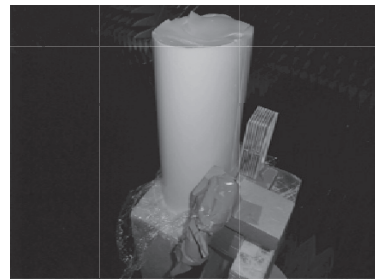


図8 測定モデル
Fig.8 Measurement model.

認できる．また，VSWR が 2 以下の帯域幅は測定値が 3.2 MHz，計算値が 5.0 MHz あることが分かる．

ここで，前述したように VHF 帯ブロードバンド移動通信システムによる映像伝送を行うためには，占有帯域幅が 5 MHz 程度必要である．帯域幅の技術条件 (5 MHz) を，測定値においては若干満たしていないものの，所望の通信帯域の中心周波数付近で動作することが確認された．

図 6 に，共振周波数における $x-y$ 面及び $y-z$ 面の放射指向性を示す．図 6 より，測定値及び計算値が $x-y$ 面に対して無指向性であることが確認できる．また，その最大利得は測定値が -2.8 dBi，計算値が -2.1 dBi であった．VHF 帯ブロードバンド移動通信システムにおけるアンテナ利得に対する要求条件は，無指向性で 0 dBi 程度とされているため，それらの条件をおおむねカバーしたことが確認された．

4. 人体近傍におけるアンテナ諸特性

アンテナを人体近傍に配置した場合のアンテナ諸特性について検討を行った．図 7 に人体モデル (ファントム) 近傍におけるアンテナ配置，図 8 に測定モ

デルを示す．ファントムの形状は，文献 [7] を参考に，長軸 280 mm，短軸 200 mm の円柱とした．これは，アンテナに対して胴体部分が十分に大きいため，このような形状の簡略化が可能である．なお，ファントムの電気定数は筋肉の値 [8] の $2/3$ ($\epsilon_r = 40.8$ ， $\sigma = 0.51$ S/m) を用い，ファントムからアンテナまでの距離をホルダー，ベルト，衣類を含めた厚さを考慮して 40 mm とした．

図 9 に，アンテナ給電点での VSWR を示す．中心周波数 (190 MHz) 付近で測定値及び計算値が 1.2 を示していることが確認できる．更に，ファントム近傍においても VSWR が 2.0 以下の帯域幅が測定値，計算値ともに 5 MHz 程度あることが分かる．以上の結果より，人体に装着した場合においても，所望の中心周波数付近で必要帯域幅を確保することが確認できた．

図 10 に，共振周波数における $x-y$ 面及び $y-z$ 面の放射指向性を示す．図 10 より，測定結果，計算結果ともに，最大利得は約 -10 dBi と自由空間中比べて低い値を示している．これは，アンテナ近傍に人体があるため，人体での損失が主であると考えられる．しかしながら，人体があることで， $y-z$ 面では $+y$ 方向

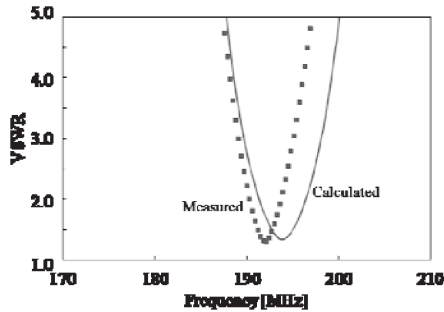


図9 ファントム近傍での VSWR 特性
Fig.9 VSWR of antenna in close to phantom.

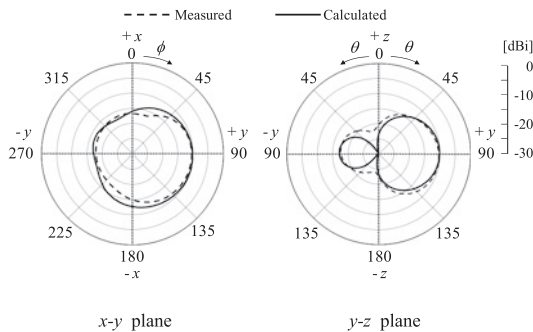


図10 ファントム近傍での放射指向性
Fig.10 Radiation pattern of antenna in close to phantom.

の利得が $-y$ 方向に比べて若干大きくなっているものの、周波数が低いため $x-y$ 面ではほぼ無指向性であることが分かった。

5. む す び

本論文では、VHF 帯ブロードバンド移動通信システム用アンテナの開発を目的として、所望の周波数帯で動作し、きょう体に内蔵可能なアンテナの設計を行った。また、アンテナの諸特性を、数値解析及び測定によって検討した。その結果、本研究にて提案したアンテナは、VSWR が 2.0 以下の帯域幅が 5 MHz 程度あり、所望の通信帯域 (170~205 MHz) の中心周波数付近で動作することが確認された。更に、VHF 帯ブロードバンド移動通信システムにおけるアンテナ利得に対する要求条件である、無指向性で 0 dBd 程度をおおむねカバーすることが確認された。また、アンテナを人体近傍に配置した場合のアンテナ諸特性につ

いても検討を行った結果、最大利得は自由空間中に比べて 8 dB 下がるものの、ほぼ無指向性であることが確認された。ここで、本論文ではきょう体及びきょう体内部の電子回路等を考慮していない。文献 [9] において、グラウンド板及びきょう体を利用することで低周波数化することが報告されている。そこで今後は、アンテナをきょう体に内蔵した場合の検討に加えてアンテナ内部に電子回路等が入った場合の諸特性評価を行う。更に、中心周波数 (190 MHz) 以外でも動作可能とするために、電子同調回路との組合せによる共振周波数の調整及び人体近傍における利得の向上に関する検討を行う予定である。

文 献

- [1] 総務省情報通信審議会一部答申(概要), “情報通信技術分科会電波有効利用方策委員会報告書概要,” http://www.soumu.go.jp/s-news/2007/070627_4.bt1.pdf, June 2007.
- [2] 総務省情報通信審議会, “公共ブロードバンド移動通信システムの技術的条件案,” http://www.soumu.go.jp/main_content/000053921.pdf, March 2010.
- [3] 小柳芳雄, 河井寛記, 小川晃一, 伊藤公一, “人体腹部に近接した 150 MHz 帯ノーマルモードヘリカルアンテナの実効放射効率の解析と効率改善に関する検討,” 信学論 (B), vol.J84-B, no.5, pp.902-911, May 2001.
- [4] 小郷直人, 中澤 進, 岩崎 徹, 田中祥次, 正源和義, 伊藤公一, “UHF 帯折返し型方形ループアンテナの電気特性,” 信学論 (B), vol.J92-B, no.1, pp.271-279, Jan. 2009.
- [5] Y. Kim, H. Morishita, Y. Koyanagi, and K. Fujimoto, “A folded loop antenna system for bandsets developed and based on the advanced design concept,” IEICE Trans. Commun., vol.E84-B, no.9, pp.2468-2475, Sept. 2001.
- [6] 宇野 亨, FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析, コロナ社, 東京, 2008.
- [7] 小柳芳雄, 河井寛記, 小川晃一, 伊藤公一, “人体等価ファントムと 150 MHz 帯小形アンテナを用いた腹部内局所 SAR の検討,” 信学論 (B), vol.J86-B, no.7, pp.1207-1218, July 2003.
- [8] C. Gabriel, “Compilation of the dielectric properties of body tissues at RF microwave frequencies,” Brooks Air Force Technical Report AL/OE-TR-1996-0037, 1996.
- [9] 小郷直人, 長坂正史, 田中祥次, 正源和義, 伊藤公一, “VHF-Low 帯における折返し型方形ループアンテナの検討,” 2010 信学ソ大 (通信), B-1-105, Sept. 2010.

(平成 23 年 1 月 6 日受付, 4 月 24 日再受付)