

920 MHz 帯ガススマートメーター用アンテナの設計

Design of Antennas for Smart Gas Meters in 920 MHz Band

佐藤 弘康¹ 陳 強¹ 土屋創太² 横山睦人²
 Hiroyasu Sato Qiang Chen Souta Tsuchiya² Chikato Yokoyama²
¹ 東北大学大学院工学研究科 ² 東京ガス株式会社
¹ Graduate School of Engineering, Tohoku University
² TOKYO GAS Co., Ltd.

1. はじめに

近年、様々なものをインターネットに接続する Internet of Things(IoT)の研究が盛んにおこなわれている。その試みの1つとして、920 MHz 帯を利用して各種インフラメーターの検針データを無線通信により自動的に収集する Wireless Smart Utility Network(以下 Wi-SUN)が注目されている[1]。通常マンションなどの集合住宅にはパイプシャフトと呼ばれるガス管などを上下階に通すためのスペースがあり、パイプシャフト内のガス管に装着して検針を行うガススマートメーターの開発が検討されている。マンションの各階における通路はマルチパス伝搬路であり、複数の伝搬経路によって生じる干渉により受信電力が大幅に低下するなどのマルチパスフェージングが発生する。そのため、ガススマートメーター用アンテナには、マルチパス伝搬路において通信が途切れない、高い通信品質を維持できる高効率のアンテナ特性が望まれる。ガススマートメーター筐体として、図1に示したように材質は誘電体、またはカバー付方形導体等が検討されており、筐体内部にガス流量計や電子回路基板等の導体を含む部品が内蔵される。高効率のためには、この体積を有効に利用したアンテナが望まれるが、内蔵される部品によるアンテナの入力インピーダンス、放射特性への影響が懸念される。一方、この影響を回避する設計指針として、アンテナを小形化してインピーダンスに対する影響を小さくする方法も考えられるが、小型化により放射効率は低下するものと考えられる。

本報告では、ガススマートメーター筐体に装着する920MHz 帯アンテナとして有効な構造を解析と実験の両面から評価した結果を述べる。

2. ガスパイプに近接したダイポールアンテナの検討

ガスメーターがガスパイプ円柱導体、中空の誘電体筐体で構成される場合について考える。ガスパイプの太さが32 mm、筐体のサイズは暫定的な寸法として長さ160 mm、奥行き66 mm、幅80 mmとした。この寸法を元に、誘電体筐体の表面にアンテナを貼り付けた構成を考える。構造を図2に示す。誘電率2.7の基板上にプリントされた長さ l 、幅 w のダイポールアンテナを導体柱と平行でかつ距離 $s=12$ mm 離れた構造である。一方、導体柱に対してアンテナが

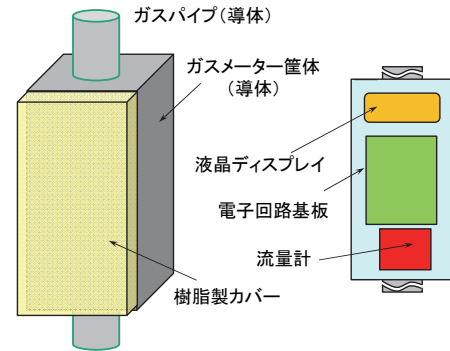


図1 想定されるガススマートメーターの構造

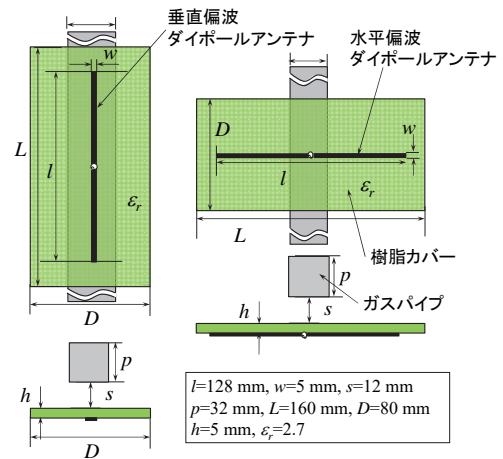


図2 ガスパイプに近接したダイポールアンテナの構造

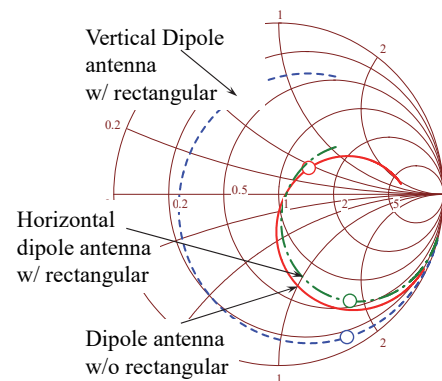


図3 ガスパイプに近接したダイポールアンテナの入力インピーダンス

垂直に配置された水平偏波ダイポールアンテナを図2に示す。どちらも導体柱として長さ350 mmの直方体とした。入力インピーダンスの解析結果を図3に示す。比較として、導体柱がない場合のダイポールアンテナの場合も示した。垂直偏波ダイポールアンテナの場合、導体柱があることにより反射が増加した。一方、水平偏波の場合、共振周波数は変化してしまうものの反射の劣化は少ない。垂直偏波の場合は抵抗成分が広帯域にわたり低い。これは、アンテナと導体柱の距離 $s=12$ mmが920 MHzの波長326 mmで0.04波長程度と近いために低抵抗となったものと考えられる。以上のようにダイポールアンテナを使用した場合はガスパイプや筐体内部の部品による入力インピーダンスへの影響は少なくないものと考えられる。

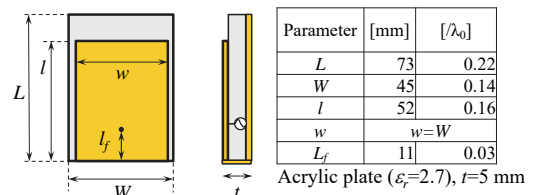


図4 小形逆F型アンテナの構造

3. 筐体カバーを利用したパッチアンテナの検討

筐体カバーに貼り付けられる小形アンテナとして、図4に示した逆F型パッチアンテナを設計した。アンテナとグランド板はアクリル板に銅板を貼り付けて作製した。長さLは920 MHzにおいて $\lambda_0/4$ 程度である。これをガスメーター筐体のアクリル製樹脂カバーに装着した構造を図5に示す。樹脂カバーの内面全体に銅板を貼った場合、貼らない場合、およびアンテナのみの場合について、ネットワークアナライザを用いて放射電力を測定した。送受標準ダイポールアンテナにおける放射電力 P_{REF} を θ, ϕ に関する3次元的な掃引により測定するとともに被測定アンテナの放射電力 P_{AUT} の測定し、放射電力積分法を用いて放射効率 η を $\eta=P_{AUT}/P_{REF}$ により算出した。

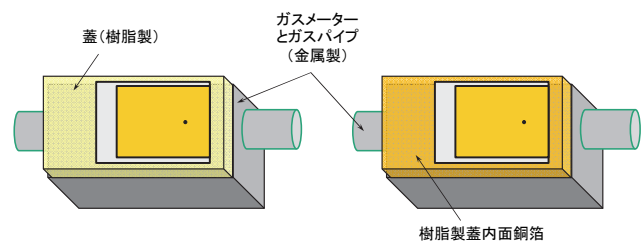
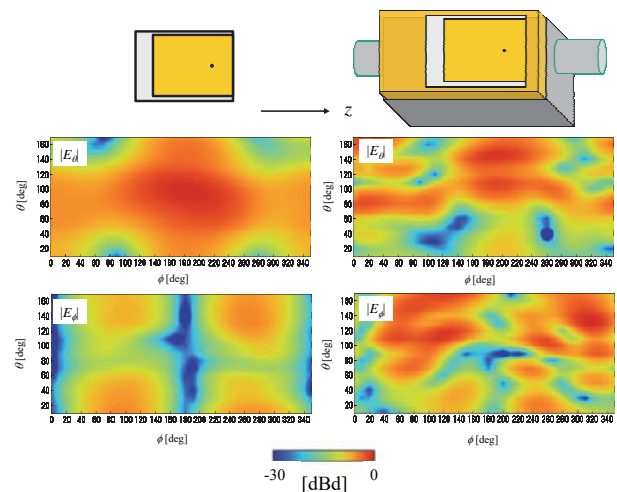


図5 筐体に装着した小形逆F型アンテナ (樹脂製の蓋の内面に銅箔がある場合(右), 無い場合(左))

標準ダイポールアンテナに対する相対利得パターンを図6に示す。逆F型アンテナの場合、正面($\theta=90^\circ, \phi=180^\circ$)で最大となる分布が観測されており、相対利得は-3 dBdであった。一方、樹脂カバー内面全体に銅板を貼ったときの逆F型ダイポールアンテナのパターンは、筐体の影響を大きく受けて特性が変化した。放射効率を表1に示す。逆F型アンテナの放射効率は-1.1 dBであったが、樹脂カバー内面全体に銅板が無い場合は-3 dBまで低下した。ところが樹脂カバー内面全体に銅板がある場合は-0.8 dBまで効率が増加した。この結果から、小形アンテナの低い放射効率が、筐体導体有ることにより大幅に増加し得ることがわかった。



(a) 逆F型アンテナのみ (b) 筐体+カバー内面銅板
図6 相対利得パターン (標準ダイポールアンテナ基準)

4. まとめ

920 MHz帯ガススマートメーター用アンテナにおけるガスメーター導体の影響をダイポールアンテナ、小形逆Fアンテナについて検討した。その結果、励振アンテナ周囲の導体の面積を増加させることによりアンテナの放射効率が大幅に改善する知見を得た。

参考文献

- [1] 原田博司, 児島史秀, SUM Chin-Sean, LU Alina Liru, "高度電波監視技術を用いたスマートユーティリティネットワーク," 信学技報, IEICE Technical Report, SR2011-85, January 2012.

表1 放射効率

逆F型アンテナのみ	-1.1 dB
逆F+筐体	-3 dB
逆F+筐体 +カバー内面銅板	-0.8 dB