

医療現場における RFID タグと電磁雑音の共存可能性評価

Coexistence possibility evaluation of RFID tag and electromagnetic noise on medical spot

○赤羽智幸（湘南工科大学大学院工学研究科電気情報工学専攻）

鈴木啓太（湘南工科大学工学部情報工学科） 杉本直幸（湘南工科大学工学部情報工学科）

大谷 真（湘南工科大学大学院工学研究科電気情報工学専攻）

保坂良資（湘南工科大学工学部人間環境学科）

Tomoyuki AKAHANE, Electrical and Info. Engng, Grad. School of Engng., Shonan Inst. of Tech.

Keita SUZUKI, Dept. of Info. Tech., Fac. of Engng., Shonan Inst. of Tech.

Naoyuki SUGIMOTO, Dept. of Info. Tech., Fac. of Engng., Shonan Inst. of Tech.

Makoto OYA, Electrical and Info. Engng., Grad. School of Engng., Shonan Inst. of Tech.

Ryosuke HOSAKA, Dept. of Human Environment, Fac. of Engng., Shonan Inst. of Tech.

Key Words: Safety estimate, RFID, Electromagnetic Noise

1. はじめに

近年、医療現場では、ヒヤリ・ハットや医療過誤が問題となっている。平成 20 年度に日本医療機能評価機構から報告された医療機関でのヒヤリ・ハット事例は、22 万 7905 件にもものぼる⁽¹⁾。また、ヒヤリ・ハットの発生要因 57 万 4599 件のうち、86[%]にあたる 49 万 2543 件はヒューマンエラーを要因とする事例である。このようなヒューマンエラーを抑止するシステムに、RFID(Radio Frequency Identification)がある。RFID では無線的にタグの情報を読み取る。そのため、人手に依存せず自動的に認証が行われる。一方で医療環境では、電磁雑音を発生する新たな機器が普及しつつある。RFID は無線通信を利用するため、タグの周囲に電磁雑音が発生すると、誤認証や無線通信の障害が生じる可能性がある。本研究では、医療環境にみられる新たな電磁雑音源として、PLC、LED 電球、電球型蛍光灯を想定し、電磁雑音の解析を行い、医用 RFID との共存可能性について評価した。また、本研究の実施により、さらに検討を要する問題も浮上した。これについては、補足実験を行い、通信工学的な立場から解析を試みた。

2. 医療環境にみられる新たな電磁雑音源

医療環境において、予期せぬ電磁雑音を生じる機器が普及しつつある。本研究ではとくに、電磁雑音源として代表的な PLC と新型照明器具を対象として解析を行った。

2-1 PLC

PLC(Power Line Communication)は、100[V]の交流電力線を情報通信回路としても使用する技術を利用した小型の通信機器である。Fig.1 に代表的な PLC 機器を示す。既存の電力線を用いることで容易に LAN 環境の構築が可能である。そのため、小規模の医院で、HIS など簡易ネットワークが構築される場合、PLC が適用される可能性は高い。

PLC は電力線に高周波の搬送波を送ることで、情報の送受信を行う。しかし、電力線は高周波を重畳することを想定していないため、電磁シールドが施されていない。そのため、電力線から周囲に電磁雑音が漏洩する。PLC から発せられる電磁雑音は、JARL(社団法人アマチュア無線連盟)などが調査を進めており、JARL と ARIB(電波産業会)による赤城山中合同実験⁽²⁾⁽³⁾では、PLC を起動させた状態

にて、4[MHz]~14[MHz]の間にて、25[dBm]程度の電磁雑音が発生したことが確認されている。この周波数帯では、13.56[MHz]帯を利用した RFID が存在する。13.56[MHz]帯は、患者認証用リストバンド型 RFID にてもっとも多く使用されている。そのため、認証が正しく行われないと、患者取り違えといった事につながる恐れもある。



Fig.1 PLC (Panasonic BL-PA300)

2-2 新型照明器具

近年、省エネルギーの観点から、新たな照明器具が提案されている。中でも、電球型蛍光灯と LED 電球は、既存の白熱電球との性能差から、すでに白熱電球との置き換えが始まっている。Table.1 に、白熱電球との性能差と価格を示す。

Table.1 New illuminators specification

	Power consumption[W]	Rating life[h]	price[Yen]
incandescent lamp	50	1000	100
fluorescent lamp	12.5	6000	600
LED lamp	7.5	40000	2000

2-2-1 電球型蛍光灯

電球型蛍光灯は、蛍光管と点灯用インバータ回路を内蔵

した小型の照明器具である (Fig.2). 電球型蛍光灯は、既存の白熱電球用ソケットを利用できる。また白熱電球に比べ、消費電力が約 4 分の 1、寿命は約 6 倍である。このため、白熱電球からの置き換えが円滑に進行している。

電球型蛍光灯の点灯用インバータ回路は、DC-AC インバータ回路である。DC-AC インバータ回路は、LC 回路と共振トランスを用いた発信回路の一種である。そのため、電球型蛍光灯を点灯すると、周囲に電磁雑音が発生する。一般的に、この発信回路から発せられる周波数は 100[kHz]程度である。電磁雑音の周波数はメーカーにより多少異なるものの、30[kHz]~300[kHz]の周波数範囲にて非常に強い電磁雑音が発生する⁽⁴⁾。この周波数帯では、125[kHz]帯の周波数を利用する RFID が存在する。125[kHz]帯は現在 RFID の中で主流ではない。しかし、近年 2 周波タグが開発されており⁽⁵⁾、このタグの周波数の片方で 125[kHz]が使用される可能性がある。このようなタグを導入している医療環境への影響が懸念される。



Fig.2 Fluorescent lamp (TOSHIBA EFA15EL/12-R)

2-2-2 LED 電球

LED 電球は、LED(Light Emitting Diode)と点灯用回路を内蔵した小型の照明器具である (Fig.3)。LED 電球は電球型蛍光灯と同じく、既存の白熱電球用ソケットを利用可能である。さらに、電球型蛍光灯に比べ、消費電力や定格寿命が優れているが、価格が電球型蛍光灯の約 3 倍であり、電球型蛍光灯と比較すると、あまり普及は進んでいない。

LED は直流でしか動作しないため、LED 電球には AC-DC 変換回路が内蔵されている。LED 電球には電球型蛍光灯と違い、点灯用インバータ回路が内蔵されていない。しかし LED 電球から電磁雑音が発生したという事案が発生している⁽⁶⁾。2010 年 3 月下旬に、宮城県涌谷町と栗原市で街路灯約 278 個を、水銀灯から LED 電球に変えたところ、アナログテレビやラジオの受信障害が発生したことが報告されている。アナログテレビやラジオに使用されている周波数は 3[MHz]~300[MHz]である。この周波数帯では、前述の通り医用 RFID では、13.56[MHz]帯のリストバンド型 RFID が存在する。



Fig.3 LED lamp (SHARP DL-L601L)

3. RFID と電磁雑音の相互干渉可能性について

前述した 3 つの電磁雑音源が RFID タグリーダの側で、動作することにより、RFID の機能を損なう可能性がある。例えば、患者認証用のリストバンド型 RFID が誤認証を起こすと、患者取り違えといった医療過誤につながってしまう。そこで、前述の電磁雑音源それぞれを RFID の近傍で動作させ、電磁雑音を発生させた状態で、RFID の認証実験を行った。

4. 実験方法

実験概念図を Fig.4 に示す。電磁雑音源にそれぞれの機器を置き、RFID から 100[mm]離れた場所に置き、RFID と電磁雑音源の中心をスペクトラムアナライザで計測した。スペクトラムアナライザは NEC エンジニアリング製 SpeCat2 を使用した。

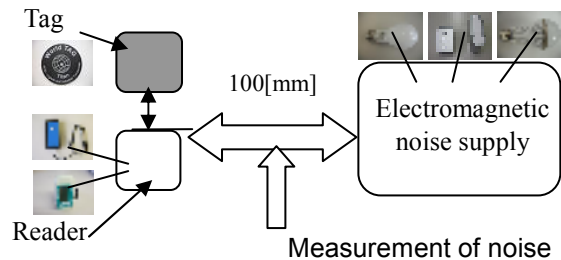


Fig.4 Experiment concept chart

4-1 PLC

PLC アダプタは、Panasonic 製 BL-PA300 を使用した。RFID タグリーダは、通信周波数に 13.56[MHz]を用いている Welcat 製 WIT-150-T を使用した。RFID が認証をしている状態で、PLC アダプタの電源を OFF/ON と切り替えて、PLC から発せられる電磁雑音と RFID タグの通信信号を計測した。また、RFID の認証精度に影響があるか計測した。

4-2 新型照明器具

4-2-1 電球型蛍光灯

電球型蛍光灯は、TOSHIBA 製 EFA15EL/12-R を使用した。RFID リーダは、通信周波数に 125[kHz]帯を用いているフジオートメーション社 HX-100 を使用した。RFID タグは HANEX 製 TITAN50Φ を使用した。RFID が認証をしている状態で、電球型蛍光灯を 1 個点灯させた状態と、20 個点灯させた状態の電磁雑音の解析を行った。また、RFID の認証精度に影響があるか計測した。

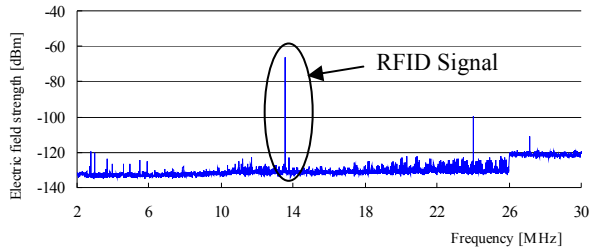
4-2-2 LED 電球

LED 電球は、SHARP 製 LED 電球 DL-L601L を使用した。RFID タグリーダは、通信周波数に 13.56[MHz]を用いている Welcat 製 WIT-150-T を使用した。LED 電球の電源を OFF/ON と切り替えて、LED 電球から発せられる電磁雑音を計測した。また、LED 電球を点灯させた状態で、RFID の認証を行い、認証精度に影響があるか計測した。

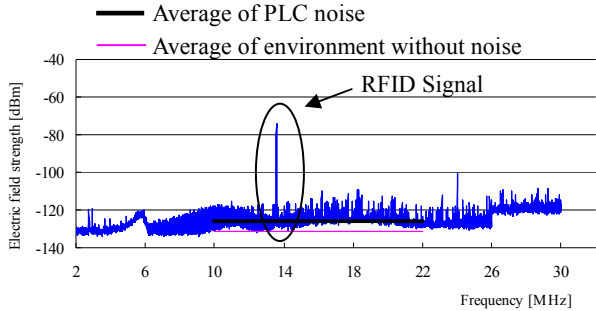
5. 実験結果

5-1 PLC

Fig.5 (a) に RFID タグの通信信号のスペクトル図を、Fig.5 (b) に PLC から発せられた電磁雑音と RFID タグの通信信号のスペクトル図を示す。Fig.5 (b) からわかるように、10[MHz]~22[MHz]の周波数帯域に 5[dB]程の電磁雑音信号が発生したことが確認できた。しかし、PLC アダプタを ON にした場合においても、RFID の認証は途絶することはなかった。



(a) RFID / ON, PLC / OFF



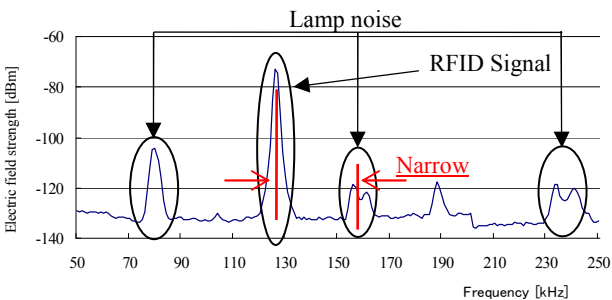
(b) RFID / ON, PLC / ON

Fig.5 Spectrum chart of RFID and PLC

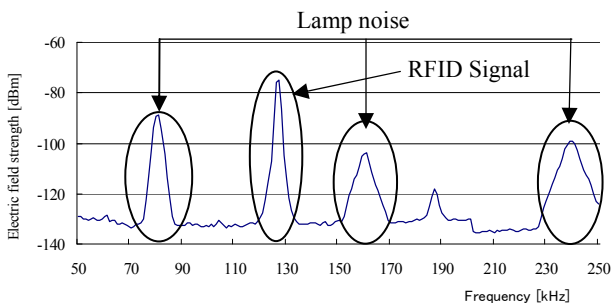
5-2 新型照明器具

5-2-1 電球型蛍光灯

Fig.6 (a) に電球型蛍光灯を 1 個点灯させたスペクトル図を, Fig.6 (b) に 20 個点灯させたスペクトル図を示す. 1 個点灯させると, Fig.6 (a) からわかるように, 80[kHz], 160[kHz], 240[kHz], それぞれの周波数にて, 電磁雑音の発生が確認できた. 20 個点灯させると, Fig.6 (b) からわかるように, 80[kHz], 150[kHz], 240[kHz]それぞれの電磁雑音が, 約 30[dB]増加がしたことが確認された. それぞれの場合で, RFID リーダの信号の周波数に近傍した周波数で, 電磁雑音が発生した. しかし, 1 個点灯, 20 個点灯いずれの場合にも, RFID の認証が途絶することはなかった.



(a) 1 fluorescent lamp / ON

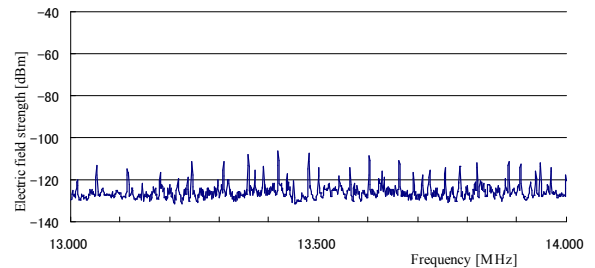


(b) 20 fluorescent lamps / ON

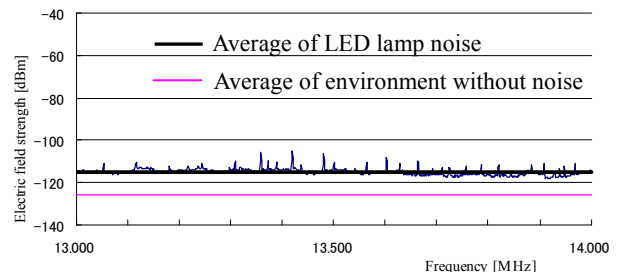
Fig.6 Spectrum chart of fluorescent lamp

5-2-2 LED 電球

Fig.7 (a) に LED 電球が OFF の状態のスペクトル図を, Fig.7(b)に LED 電球が ON の状態のスペクトル図を示す. Fig.7 (b) に示すように, LED 電球を点灯すると, 13[MHz] ~ 14[MHz]の周波数帯域に, 10[dBm]程度の電磁雑音が発生した. この際に, RFID を認証させたが, 認証が途絶することはなかった.



(a) LED lamp / OFF



(b) LED lamp / ON

Fig.7 Spectrum chart of LED lamp

6. 考察

まず PLC について考察する. PLC を起動させると, Fig.5 (b) に示すように, 10[MHz]~22[MHz]の周波数範囲で, 5 [dBm]程度の雑音が発生した. 一方このとき 13.56[MHz]帯 RFID リーダから発せられる信号の強度は, 70[dBm]程度である. 両者の間には, 約 60[dBm]の差がある. この電界強度の差により, RFID の信号が保護され, 誤認証が生じなかったと考えられる.

次に電球型蛍光灯の影響について考察する. 電球型蛍光灯を 1 個点灯させると, Fig.6 (a) からわかるように, PLC や LED 電球に比べ, 強い電界強度が確認された. 電球型蛍光灯を 20 個点灯させると, 同図 (b) からわかるように, さらに電界強度が増加した. また, Fig.6 (a) (b) から, 電球型蛍光灯から発せられる電磁雑音の周波数が, 125[kHz]帯 RFID リーダの信号の周波数に近接していることもわかった. ただし 20 個点灯させた場合でも, 本研究の範囲では, RFID タグの認証が途絶することはなかった. これは, この程度の近接では, RFID タグに影響を与えるほどの雑音効果が生じなかったことによるものと考えられる. しかし電球型蛍光灯から発せられる電磁雑音が, RFID の周波数と合致すると RFID の機能を損なう可能性は残されている. とくに電球型蛍光灯のインバータ回路には C や R が多用されており, それらのパラメータが経時的に変化し, インバータの雑音周期数が RFID のそれにさらに接近した場合には, 障害が発生することが予測できる. そこで本研究では, 補足実験として電球型蛍光灯の点灯用インバータ

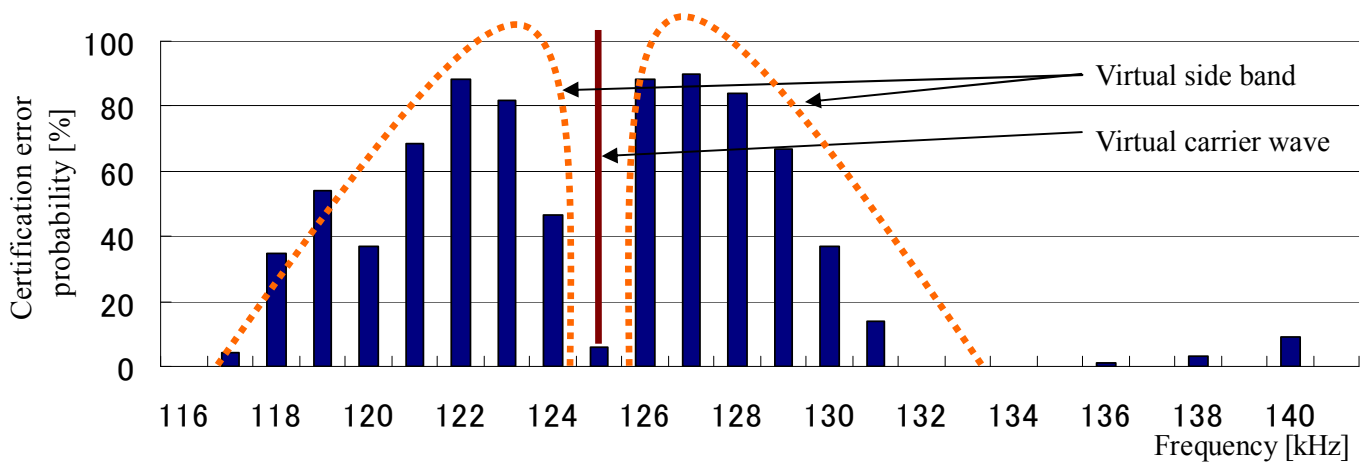


Fig.8 Certification error probability by fluorescent light bulb frequency change

回路に存在する、発信回路のキャパシタ C の静電容量を調整して、雑音周波数を変更し、RFID の周波数に接近させて、その効果を検証した。補足実験の結果を Fig.8 に示す。RFID の通信周波数である 125[kHz]前後の周波数にて認証が不可となる現象が多数確認できた。ただし、雑音周波数が RFID リーダの使用周波数 125[kHz]と合致した場合には、障害発生率は 5[%]と少ない。むしろその前後である 119[kHz]~124[kHz]と 126[kHz]~129[kHz]の周波数範囲で、障害が発生する確率が増加し、最大で 80[%]以上となることが認められた。さらに、その障害発生率の分布を Fig.8 から確認すると、RFID リーダの信号中心周波数である 125[kHz]を中心として、両側波帯通信 (DSB(Double Side Band)) の包絡線の形状とほぼ一致していることがわかる。ここで利用した 125[kHz]帯 RFID リーダは、拡張型の両側波帯通信を利用している。そのような RFID では、タグの情報は、Fig.8 に示すように RFID の使用する周波数 125[kHz]の搬送波ではなく、前後の周波数範囲である側波帯に情報を付与して通信される。このため、この側波帯に雑音が重畳すると、認証に障害が生じると考えられる。Fig.8 はそのことを明瞭に示している。この補足実験では、インバータ回路周波数改造電球型蛍光灯は 1 個を使用したのみである。しかし電球型蛍光灯が複数個同時点灯されると、その効果は大きくなるものと予測できる。今後、今回使用した改造型電球型蛍光灯を複数個用意して、実験的に検証を行う必要がある。

次に、LED 電球について考察する。LED 電球を点灯させると、Fig.7 (b) に示すように、10[dBm]程度の雑音が発生した。しかし、PLC のように、RFID に誤認証を起こさせるような、強い電磁雑音は確認できなかった。前述の通り、LED 電球は AC-DC の電源回路で構成されており、インバータ回路が存在しない。そのため、電球型蛍光灯にて確認されたような強い電磁雑音を発しなかったと考える。しかし LED 電球は、電球型蛍光灯と同じく、多数の製造メーカーが存在する。製造メーカーが異なる事により、回路構成が変わり、雑音の特徴に変化が表れる可能性がある。今後、他のメーカー製の LED 電球の解析が必要であろう。また、今回実験で使用した LED 電球は 1 個を使用したのみである。しかし、LED 電球が複数個同時点灯されると、電界強度が増加することと予測できる。これに関しても、今後検討が必要であろう。

7. おわりに

本研究では、医療環境に見られる新たな電磁雑音源として、PLC、電球型蛍光灯、LED 電球に着目し、電磁雑音の解析、RFID に与える影響について評価を行った。さらに補足実験を行い、電磁雑音の周波数を変化させた際の、RFID の認証に与える影響を評価した。

結果より、PLC の発する電磁雑音は、RFID の認証に影響がなかった。電球型蛍光灯の発する電磁雑音は、RFID リーダの通信信号と同程度の電界強度であったが、RFID の認証に影響はなかった。しかし、補足実験の結果から、125[kHz]帯 RFID リーダの側波帯にあたる周波数にて、RFID の認証不可確率が最大 80[%]以上となることが認められた。LED 電球は電磁雑音の発生が確認されたが、RFID の認証に影響がなかった。

これらの電磁雑音源の中でも、電球型蛍光灯が RFID の認証に影響を与える可能性が示唆された。電球型蛍光灯のインバータ回路の C や R に不備が生じ、周波数が経時的に変化することは十分想定できる。電球型蛍光灯は、扱いが容易であるが、運用に差し当たり、定期的なメンテナンスが必要であろう。

参考文献

- (1) 財団法人日本医療機能評価機構 医療事故防止事業部、医療事故情報収集等事業、第 17 回報告書、2009
- (2) Cosy MUTO, Norikazu MORI, Toshiyuki KONDOH, On Radio Interference Assessments of Access PLC System, International Symposium on Power-Line Communication and Its Applications, pp.67-72, 2003
- (3) JARL, http://www.jarl.or.jp/Japanese/2_Joho/akagi0126.html, 2001
- (4) 鈴木啓太, 増山汐里, 保坂良資, 医用ワイヤレス機器と新たな電磁雑音の共存可能性評価, 第 7 回生活支援工学系学会連合大会講演予稿集, pp. 141, 2009.
- (5) 太田沙子, 大橋久美子, 津田善人, 南幸雄, インテリジェントな病室環境の構築, 第 12 回日本医療情報学会春季学術大会, pp.16, 2008
- (6) 読売新聞, <http://www.yomiuri.co.jp/national/news/20100407-OYT1T00468.htm>, 2010