

UHF 帯 RFID システムにおけるリーダ - タグ間干渉時の 干渉波ビートによる読み取り枚数変化の解析

7306082

鈴木慎太郎

1. はじめに

Radio-Frequency-Identification (RFID) システムは、質問器であるリーダと応答器であるタグから構成されており、バーコードを凌駕する性能を持つ無線固体認識技術として世界的に注目を集めている。数ある周波数帯の中でも 952~954MHz を使用する Ultra-High-Frequency (UHF) 帯は数 m の通信距離があり、複数のタグを同時に読み取ることができるという特徴を持つ。一方その通信範囲の広さから、近接する複数の RFID システムが同時に利用されると、システム間で干渉が発生する可能性がある。タグに対して、複数のリーダが通信をする際、タグ上で信号が混信してしまうリーダ - タグ間干渉 (R-T 干渉) が発生する。

本研究では、R-T 干渉の中でも 2 つのリーダの使用チャンネルが近い場合に通信の結果が著しく劣化する原因を干渉波ビートと推定し、システムのプロトコルを実装したシミュレーションにより解析を行った。本解析手法を用いれば、R-T 干渉下のタグの読み取り枚数を予測できる。

2. リーダ - タグ間干渉

R-T 干渉は、あるタグが所望リーダの信号と他のリーダからの信号を同時に受信することにより発生する干渉である。リーダ側には、他のリーダと同じ周波数のチャンネルを使うことを回避する Listen-Before-Talk (LBT) 方式という周波数干渉回避方式がある。しかしタグ側は周波数選択性を持たないため、複数のリーダからの電波を受信したときに、所望リーダからの電波を判別することができず、信号が混信した場合通信を破棄してしまい、所望リーダはタグを読み取ることができない。

R-T 干渉が発生しても、2 つのリーダのタグとの距離に従うある確率で通信が成功するキャプチャ効果が過去の研究で報告されている。本研究ではその実験結果を得て、さらに 2

つのリーダの使用チャンネルの差が 5 チャンネル以下の場合に通信制度が劣化する原因について、干渉波ビートが原因と推定しシミュレーションを行った。

3. 従来研究の実験

3.1. 実験概要

電波暗室内にタグ 20 枚をスチロール板に貼り付け、両側に所望リーダ A と干渉リーダ B を設置し、タグとリーダ A の距離 $d_A=0.5[m]$ 、リーダ A の使用チャンネル $C_A=2$ を固定し、タグとリーダ B の距離 d_B とリーダ B の使用チャンネル C_B を変化させ、それぞれ 20 回のタグ読み取り枚数の平均値を調べた。図 1 に実験の様子を、表 1 に実験で用いるリーダの様を示す。

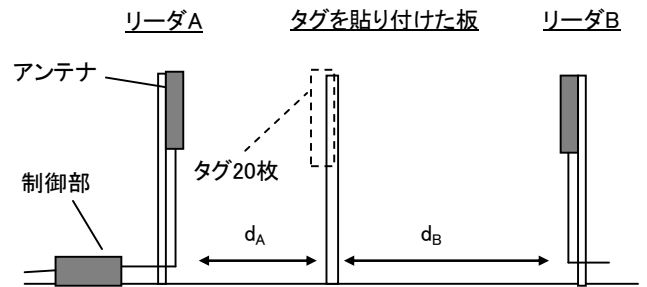


図 1 電波暗室内での R-T 干渉下での読み取り実験

表 1 実験で用いるリーダの仕様

伝送速度	40kbit/s	通信方式	LBT
伝送方式	ASK	1 チャンネル帯域	200kHz
通信距離	3m	最大出力電力	0.5W
使用周波数帯	952~954MHz	チャンネル数	9
C_A	2ch	C_B	5,6,7,8,9ch

3.2. 実験結果

実験結果を図2に示す。縦軸は所望リーダAの一回のタグ読み取り数による平均読み取り枚数、横軸はリーダAとリーダBの使用チャンネル間距離である。C_A=2で固定であるので、チャンネル間距離が3, 4, 5, 6, 7というのは、C_Bが5, 6, 7, 8, 9であることを示す。

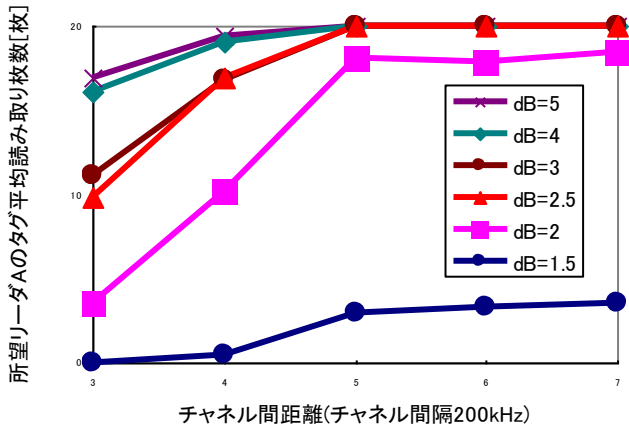


図2 R-T 干渉下の所望リーダAの平均読み取り枚数

チャンネル間距離が5以下のときに読み取り枚数が劣化する原因をビートと推定しビット誤り率を算出し、MATLABによる計算機シミュレーションを行った。次章で、ビット誤り率の導出式を示す。

4. タグの包絡線検波器でのビット誤り率

タグでのビット誤り率 P_e は、包絡線検波器の包絡線の確率密度 $p(r)$ から導出されるシンボル0の誤り率 (P_{e0}) とシンボル1の誤り率 (P_{e1}) の和であるので、以下の式で表される。

[1]

$$P_e = P_{e1} + P_{e2} \quad (1)$$

P_{e0} と P_{e1} を以下に示す。なお導出方法は付録に記載する。

$$P_{e1} = 0.5 \int_0^b B d_B^2 r' I_0 \left(B \frac{d_B^2}{d_A} r' \right) \exp(-0.5 B (d_B^2 r'^2 + (\frac{d_B}{d_A})^2)) \quad (2)$$

$$P_{e0} = 0.5 \int_0^b B d_B^2 r' I_0 \left(B \frac{d_B^2}{d_A} m r' \right) \exp(-0.5 B (d_B^2 r'^2 + (m \frac{d_B}{d_A})^2)) \quad (3)$$

$$B = \frac{d_A}{d_A + \sqrt{2} d_B |H(\omega)|^2} \quad (4)$$

d_A は所望リーダとタグ間の距離、 d_B は与干渉リーダとタグと

の距離であり、 m は ASK 変調波の搬送波との電圧比であるので $m=0.15$ となる。 r はタグの包絡線電圧、 r' は正規化 r 、 b はシンボルが0か1かを判定するしきい値であるが、本稿では SIR が十分高いときのしきい値 $b=1.2$ を用いる。 H は包絡線検波器の電圧利得であり、周波数帯域は 300kHz とした。

式 (1) ~ (4) を用いて算出したビット誤り率 P_e を用いて、次章で計算機シミュレーションを行う。

5. 計算機シミュレーション

前章で得たビット誤り率 P_e を用いて計算機シミュレーションにより、与干渉リーダとタグ間の距離 d_B とリーダBの使用チャンネル C_B に対するリーダAの平均タグ読み取り枚数を実測値と比較する。

5.1. シミュレーション結果

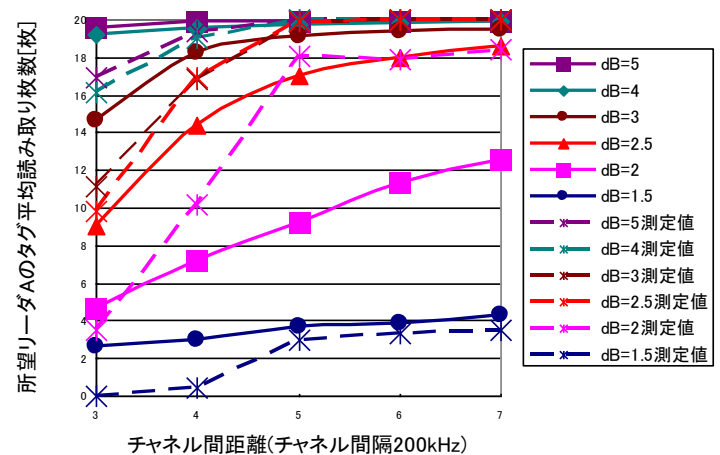


図3 シミュレーション結果と測定値の比較

チャンネルの差が5以下の場合の読み取り枚数の劣化をシミュレーションすることができた。

6. まとめ

シミュレーションによりビート電力の影響下でのタグ読み取り枚数の予測ができた。この手法を用いれば、R-T環境下で使用チャンネルの広い範囲のタグ読み取り枚数を定量的に示すことができる。

文献

- [1] B.P.ラシィ著, "詳説 デジタル・アナログ通信システム 応用編 原書3版", 丸善出版。