

アクティブタグによるハンズフリー入退室管理システム

Hands-Free Access Control System Using Active Tag

鍋嶋 秀生* ・ 興梠 武志* ・ 竹田 真理* ・ 陸野 慶人*** ・ 阪本 健二** ・ 小村 晃弘**
Hideo Nabeshima Takeshi Kohroggi Mari Takeda Keito Rikuno Kenji Sakamoto Mitsuhiko Komura

入退室管理システムにおいて、半径約 1.5 m の安定した認証エリアを形成する LF (Low Frequency) 帯無線通信技術の開発と、複数人の同時認証が可能な衝突回避アルゴリズムを有するアクティブタグおよびタグリーダから成る個人認証システムの開発によって、ハンズフリーでの入退室管理を実現した。さらに、外部アンテナを拡張できるシステム構成とすることで、認証エリアを半径約 3 m まで拡張できる。

このアクティブタグは、タグリーダからの起動信号により 3 種類の認証方法 (自動認証, ボタン操作による手動認証, 電池不要な近接認証) に対応可能であり、フレキシブルな運用により入退室管理システムの付加価値向上が期待できる。

Hands-free access control has been achieved by developing LF (Low Frequency) wireless communication technology for forming a stable authorization area of approx 1.5 m in radius, and an individual authorization system consisting of active tags and a tag reader backed by a collision avoidance algorithm capable of simultaneous authorization of multiple individuals.

This active tag can be switched between three authorization methods (auto authorization, button-operated manual authorization, battery-free proximity authorization) by an activation signal from the tag reader, thereby allowing for a flexible operation and improved added value to the access control system.

1. ま え が き

近年、個人情報保護法や日本版 SOX 法の施行、および情報漏洩事件の多発を背景に、非住宅分野におけるセキュリティニーズがますます高まってきている。それに伴い、機密情報へのアクセス権限や履歴を管理できる情報セキュリティにくわえ、人の入出を管理する物理セキュリティとしての入退室管理システムもオフィスビルディングだけでなくさまざまな建物、事業者に普及しつつあり、年々需要が増している¹⁾。

当社の統合型セキュリティシステム「eX-SG」では、パッシブ型の非接触 IC カードに対応したカードリーダをラインアップしている。しかし、鉄道や電子マネー分野でも広く使用されている 13.56 MHz の電磁誘導方式を採用しているため、その認証距離は最大でも 100 mm 程度と短い²⁾。したがって、認証時には必ずカードリーダへカードをかざす行為が必要であり、介護施設、病院、工場、倉

庫等で利用される場合には利便性にお問題がある。また、最近ではビルディングや工場の駐車場に入出入りする車両の認証や履歴管理に対する要求も高まってきているが、カードをかざす操作のために必ず車の窓を開ける必要があった。

そこで筆者らは、電池を内蔵してみずから電波を発信することが可能なアクティブタグとタグリーダから成る個人認証システム「Wave Acty」を開発し、統合型セキュリティシステム「eX-SG」においてハンズフリーでの入退室管理を実現した。本システムの主な特徴は以下のとおりである。

- (1) 認証エリアが約 1.5 m と広いため、カードをかざすなどの意識的な行為が不要。また、LF 帯無線通信技術により認証エリアは 3 段階の設定が可能。
- (2) アクティブタグは 3 軸の LF アンテナを内蔵しており、タグの向きに左右されない安定した認証エリアを実現。
- (3) 低消費な LF 帯無線通信技術により、一般的なコイン型リチウム電池で 2 年の電池寿命を実現。

* 情報機器事業本部 情報機器 R & D センター Research & Development Center, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

** 情報機器事業本部 ビルシステム事業部 Building Systems Division, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

*** パナソニック電工回路株式会社 Panasonic Electric Works Denro Co., Ltd.

- (4) タグリーダは非接触 IC カードリーダと同一形状であり容易に置換えが可能。また、約 3 m の認証エリアを形成できる外部アンテナの接続が可能。
- (5) 衝突回避アルゴリズムと独自の暗号化方式により、高いセキュリティー性と複数人の同時認証の両立を実現。

本稿では、システム構成、ハードウェア構成、および認証アルゴリズムについて述べる。

2. システム構成

図 1 に個人認証システム「Wave Acty」を用いたハンズフリー入退室管理システムの構成図を示す。このシステムは、統合型セキュリティーシステム「eX-SG」のサブシステムとして電気錠コントロール盤に接続され、固有の ID 番号を記憶するアクティブタグ、アクティブタグとの間で無線 ID 認証を行うタグリーダ、およびタグリーダに接続される外部アンテナから構成される。

アクティブタグは壁面に設置されたタグリーダが発信する 135 kHz 帯の LF 起動信号（以下、LF 信号と記す）を受信すると起動し、タグリーダに対して 426 MHz 帯の特定小電力 UHF 信号（以下、UHF 信号と記す）で自身の ID 番号を返信する。なお、この ID 番号を含む UHF 信号は独自の暗号化技術により、セキュリティー性を確保している。

タグリーダを従来の非接触 IC カードリーダと同一の形状と色にすることによって、セキュリティーシステムとしての統一を図っている。タグリーダがアクティブタグを起動するために周期的に送信する LF 信号によって認証エリアが形成され、その距離は約 1.5 m である。タグリーダは送信した LF 信号に対してアクティブタグから返信される ID 番号を RS485 通信で上位の電気錠コントロール盤へ送

信する。電気錠コントロール盤で ID 番号の認証処理を行い、タグリーダへその結果を通知するとともに電気錠を解錠する。タグリーダは電気錠コントロール盤からの通知に従い、LED の点灯およびブザーを鳴動させ認証が完了したことをユーザに知らせる。

外部アンテナはアクティブタグの認証エリアを広げたい場合に用いる拡張ユニットである。また、タグリーダから送られるコマンドに従い、アクティブタグに対して LF 信号を送信する。この LF 信号を受信したアクティブタグから返信される UHF 信号は、マスタとなるタグリーダが受信する。外部アンテナを接続した場合の認証エリアは約 3 m であり、ビルディングや工場における駐車場システムの入出庫管理等の用途において有効である。

本システムは、タグリーダからの LF 信号に含まれる認証種別を示す識別コードによって、アクティブタグを用いた認証方法を変更できることが特徴である。

本システムで提供する三つの認証方法について以下に述べる。

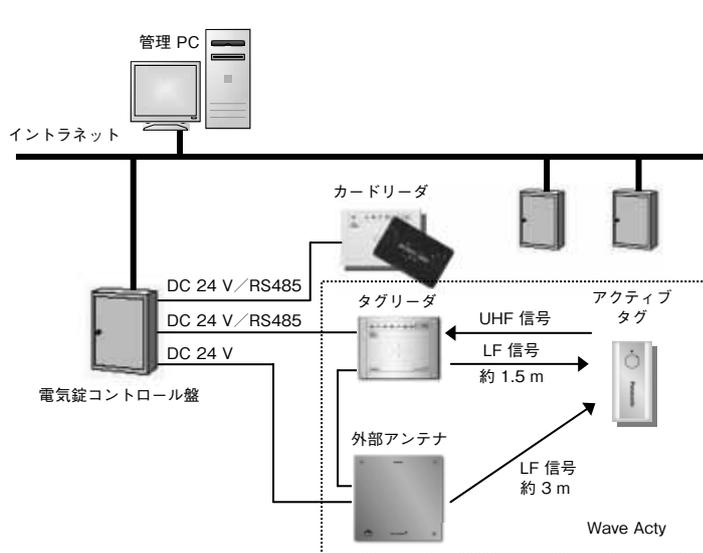
(1) 自動認証

アクティブタグがタグリーダからの LF 信号を受信すると、自動的に ID 番号を含む UHF 信号を返信する認証方法である。この認証方法は工場や介護施設、病院など、荷物運搬上や衛生面から作業者の手が使えない場合に使用する。

(2) 手動認証（ボタン操作）

アクティブタグがタグリーダからの LF 信号を受信した後に、そのボタン操作をトリガとして ID 番号を含む UHF 信号を返信する認証方法である。この認証方法は車両の入退場など、タグ携行者の意思を反映させる場合に使用する。

(3) 近接認証（かざし操作）

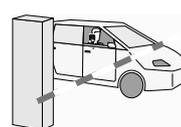


① 自動認証モード



主用途：作業者の通行認証
(オフィス・工場・病院)
認証動作：アクティブタグをタグリーダにかざすことなく自動認証

② 手動認証モード



主用途：車両入退場
認証動作：アクティブタグのボタンを押すことによる手動認証

③ 近接認証モード



主用途：入退室の厳密管理
(重要室、金庫室)
認証動作：アクティブタグをタグリーダにかざして近接認証

図 1 ハンズフリー入退室管理システムの構成

非接触 IC カードのように、タグリーダから数 cm の距離にアクティブタグをかざして認証する方法である。この認証方法は重要エリアへ入出する場合に使用することを想定している。タグリーダからの LF 信号で誘起される電力でタグ内部の回路を動作させる仕組みであり、アクティブタグの電池切れ時にも認証を行うことができる。

3. ハードウェア構成

3.1 アクティブタグ

図 2 にアクティブタグ、タグリーダ、および外部アンテナのブロック構成を示す。また、表 1 にアクティブタグの仕様を示す。

表 1 アクティブタグの仕様

項目	仕様
電源電圧	2.3~3.5 V
消費電流	最大 15 mA
適合規格	特定小電力 ARIB STD-T67
送信周波数	426 MHz 帯の 4 波
変調方式	2 値 FSK
定格出力	1 mW (+20 %, -50 %)
伝送速度	9.6 kbps
電池寿命	約 2 年 (CR2032)
使用温度範囲	-10~+50 °C

アクティブタグはタグリーダから送信される LF 信号を受信する LF 受信回路、タグリーダへ UHF 信号を送信する UHF 送信回路、これら無線回路の制御を行う制御回路 (CPU)、および電池から構成される。電池は一般的なコイン型リチウム電池を使用する。アクティブタグは 426 MHz 帯特定小電力無線局のテレコントロール用標準規格 ARIB STD-T67 に適合しており、UHF 信号は 25 kHz 間隔で配置された四つのチャンネルを使用する。タグリーダか

ら UHF 信号のチャンネル変更が可能であり、隣接するシステム間での電波干渉を回避できる。UHF アンテナは人体からの影響が少ない微小ループアンテナを採用している。

本システムでは、アクティブタグの電池が消費している場合でもタグリーダからの LF 信号で誘起される電力によりタグ内部の回路を動作させることでシステムの認証動作を保証している。このときタグの LF 送信回路からは、2 値の FSK (Frequency Shift Keying) 変調した LF 信号をタグリーダへ送信する。

3.1.1 アクティブタグの消費電力低減

アクティブタグは電池駆動であり、電池寿命を延ばすために消費電力の低減が必要となる。図 3 にアクティブタグの低消費動作の概要を示す。消費電力を低減するため、タグリーダからの LF 信号の Wake パターンを検出するまでは、LF 受信回路以外のブロックはスリープ状態で待機する。このときの待機電流は数 μA である。

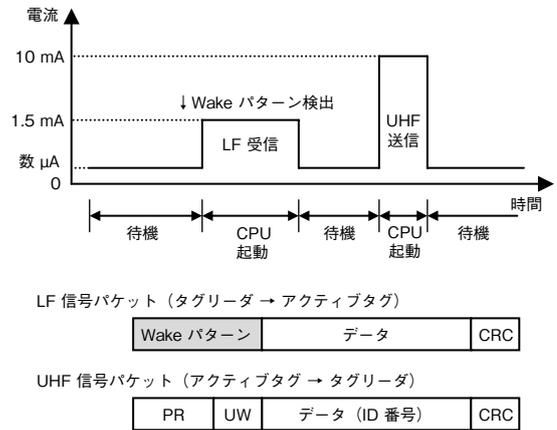


図 3 アクティブタグの低消費動作

Wake パターンを検出した LF 受信回路は制御回路 (CPU) を起動させ、制御回路は独自の暗号化を施した ID 番号を含むパケットを生成し、UHF 送信回路部を通じてタグリーダに送信する。LF 受信および UHF 送信タイミン

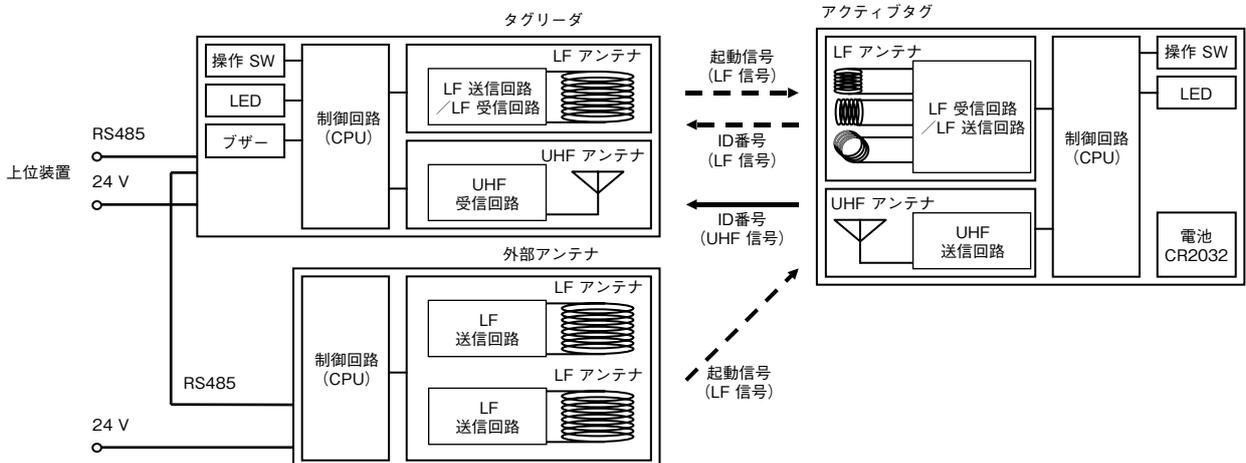


図 2 アクティブタグ、タグリーダ、および外部アンテナのブロック図

グ以外は低消費な待機状態であり、1日120回の送信で電池寿命約2年以上を実現している。

3.1.2 アクティブタグ認証エリアの安定性向上

図4にアクティブタグのLFアンテナの指向性を示す。

タグリーダからのLF信号を受信するアンテナ部は三つの独立したコイルを直交に配置した3軸構成であり、アクティブタグの向きに左右されない安定した認証エリアを形成できることがわかる。また、LFアンテナ部はインダクタとコンデンサの並列共振回路を構成しており、共振周波数の初期偏差調整と温度補償を行うことにより、安定性を確保している。

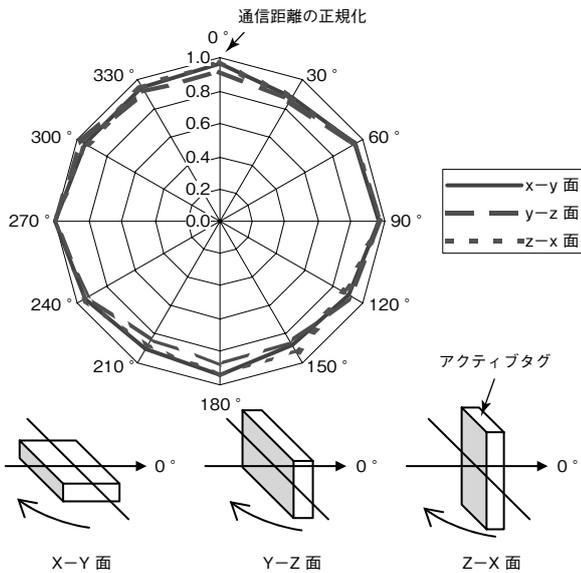


図4 3軸LFアンテナの指向性

3.2 タグリーダ

表2にタグリーダの仕様を示す。

表2 タグリーダの仕様

項目	仕様
電源電圧	24 V
消費電流	最大 300 mA
受信周波数	426 MHz帯の4波
送信周波数	135 kHz 帯
電波法上の取扱い	高周波利用設備
変調方式	OOK
タグ起動距離	約 1.5 m (3段階可変)
伝送速度	2 kbps
使用温度範囲	-10~+50 °C

タグリーダは135 kHzの周波数帯を使用する高周波利用設備（許可を受ける必要のない誘導式通信設備）に該当し、アクティブタグへLF信号を送信するLF送信回路、アクティブタグからのUHF信号を受信するUHF受信回路、

およびこれらの無線回路部の制御や上位装置との通信を行う制御回路（CPU）で構成される。LF送信回路を構成するPWM（Pulse Width Modulation）回路とLFアンテナを駆動するドライブ回路の制御方法により3段階の認証エリア変更を実現している。PWM回路で最大12 dB、LFアンテナドライブ電圧の切替により6 dBの調整範囲をもつ。制御回路（CPU）は、PWM回路とドライブ回路を個別に制御することにより、最大18 dBまでLF送信出力を変更できる。

LFアンテナはフェライトバーアンテナから発生する磁束が壁面と平行になるように筐体中央部に配置している。これにより、タグリーダの設置環境による送信磁界強度の低減と密着通信時の操作性の向上を図っている。タグリーダは壁面埋込みの際に金属ボックス内に組み込まれる可能性があることから、UHFアンテナは特性の低下が少ない微小ループアンテナを採用し、筐体中央部に配置している。

3.3 外部アンテナ

表3に外部アンテナの仕様を示す。

表3 外部アンテナの仕様

項目	仕様
電源電圧	24V
消費電流	最大 800 mA
電波法上の取扱い	高周波利用設備
送信周波数	135 kHz 帯
変調方式	OOK
タグ起動距離	約 3.3 m (3段階可変)
伝送速度	2 kbps
使用温度範囲	-10~+50 °C

LF信号の送信を主な機能とする外部アンテナはタグリーダと同様、高周波利用設備に該当し、アクティブタグへLF信号を送信するLF送信回路とその制御回路（CPU）で構成される。外部アンテナでは限られた筐体サイズ内で高出力を得るため、開口面積の拡大と巻き数の調整によりLFアンテナ利得を向上させている。また、独立したLF送信回路とアンテナを2系統設けて同位相でLF信号を送信することにより、6 dB高い送信出力を得ることを実現している。これは、認証距離を約20~30%拡大することに相当する。図5にLFアンテナの構成を示す。

このアンテナは基板上的パターンで形成しており、従来のポピンに銅線を巻く方法と比べて製造ばらつきが少なく、コスト面でも優れている。2系統のLFアンテナはコイルとしての独立性を保つために筐体の両側にそれぞれ離して配置し、回路ブロックを中央に配置している。また、金属の壁面に設置されることを想定し、LFアンテナから発生する磁束が壁面に平行になるように設計している。

以上の構成により約 3 m の認証エリアを実現している。

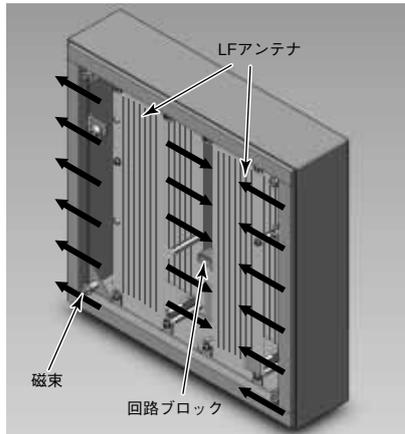


図5 外部アンテナ用 LF アンテナの構成

4. 認証アルゴリズム

4.1 自動認証

図6に自動認証の通信手順を示す。

自動認証では、複数のアクティブタグを同時に認証することを特徴としており、それを実現する衝突回避アルゴリズムについて述べる。

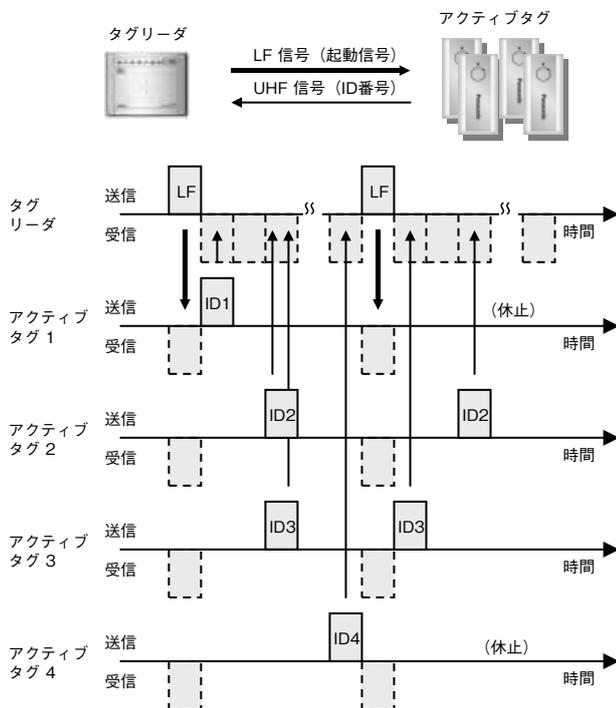


図6 自動認証通信手順 (衝突回避アルゴリズム)

タグリーダーからアクティブタグへ周期的に送信される LF 信号の間に、UHF 信号を返信するための M 個のタイムスロットを設ける。LF 信号を受信したアクティブタグは M 個のスロットのなかからランダムに送信スロットを選択し UHF 信号を送信する。タグリーダー側で UHF 信号

の受信に成功したアクティブタグの 1 と 4 は、他のアクティブタグの通信を妨害することを防止するために一定期間 LF 信号の受信と UHF 信号の送信を休止する。

一方、UHF 信号が衝突したアクティブタグの 2 と 3 は、次の LF 信号を受信した後に再度 UHF 信号を送信する動作を繰り返す。隣接したリーダ間での UHF 信号の混信を防ぐため、以下の機能を搭載している。

- (1) UHF 信号にタグリーダーのアドレスを含めて送信する。
- (2) 同一システム間での干渉を防止するため、タグリーダーからの LF 信号に UHF 信号のチャンネル制御機能を含め、必要に応じて UHF 信号のチャンネルを切り替える。
- (3) ID 番号の盗聴を防止するため、UHF 信号には独自の暗号化を施す。

このような通信手順により、複数台のアクティブタグの認証を実現している。4 台のアクティブタグを同時認証するのに要する時間は平均 0.5 s であり、非接触 IC カードを使用した入退室管理システムと比較して同等以上の認証性能を確保している。

4.2 手動認証

図7に手動認証の通信手順を示す。

手動認証では、タグリーダーから周期的に送信される LF 信号を受信したアクティブタグはボタン操作待ち状態となり、ユーザがボタン操作するとすぐに ID 番号を含む UHF 信号をタグリーダーへ送信する。UHF 信号の送信に成功したアクティブタグは、自動認証の場合と同様に休止期間に入る。

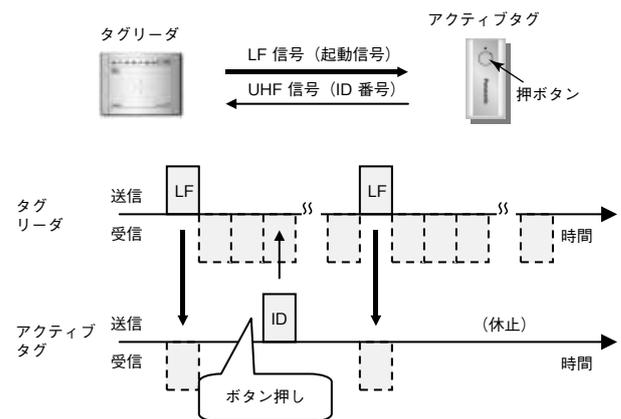


図7 手動認証通信手順

4.3 近接認証

図8に近接認証の通信手順を示す。

近接認証では、近接認証用 LF 信号がタグリーダーから周期的に送信される。アクティブタグをかざすとタグリーダーとアクティブタグ間のコイルが結合し、電磁誘導でタグ内に電源が供給される。近接認証用 LF 信号に対して、アク

タイプタグはEEPROM内に格納されたID番号で2値のFSK変調した信号をタグリーダに返信する。これはタグリーダからのLF信号で電源供給される仕組みであり、通信距離は約2～3cmと短いものとなっている。

た。

今後も開発した要素技術をベースに、さまざまなニーズに対応するシステムへと展開していきたいと考えている。

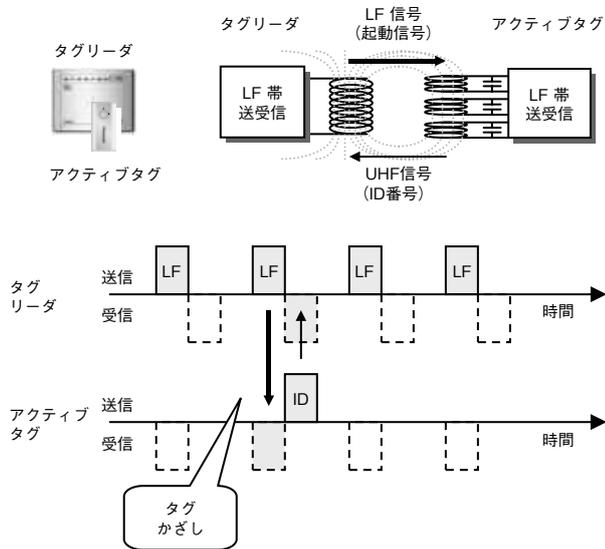


図8 近接認証通信手順

5. あとがき

入退室管理システムにおいて、半径約1.5mの安定した認証エリアを形成するLF帯無線通信技術の開発と、複数人の同時認証が可能な衝突回避アルゴリズムを有するアクティブタグとタグリーダから成る個人認証システムの開発によって、ハンズフリーでの入退室管理を実現した。さらに、外部アンテナを拡張できるシステム構成とすることで、認証エリアを半径約3mまで拡張できた。

このアクティブタグは、タグリーダからの起動信号により3種類の認証方法（自動認証、ボタン操作による手動認証、電池不要な近接認証）に対応可能であり、フレキシブルな運用により入退室管理システムの付加価値向上を図っ

*参考文献

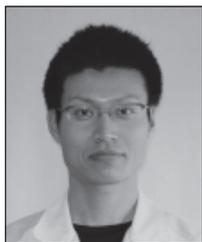
- 1) 大景 聡, 坂谷 洋志, 門田 淳, 敷野 浩基: 入退室管理システムに連動したPCのネットワーク接続認証, 松下電工技報, Vol. 55, No. 1, p. 54-60 (2007)
- 2) 細川 智弘, 山本 慎太郎: ビル入退室管理用非接触ICカードリーダ, 松下電工技報, No. 81, p. 65-67 (2003)

◆執筆者紹介



鍋嶋 秀生

情報機器R&Dセンター
第一級陸上無線技術士



興梠 武志

情報機器R&Dセンター



竹田 真理

情報機器R&Dセンター
第一級陸上無線技術士



陸野 慶人

パナソニック電工回路株式会社



阪本 健二

ビルシステム事業部



小村 晃弘

ビルシステム事業部