

スマートアプライアンス向けNFC技術応用タグ

Tag LSI for Smart Appliances Using NFC Technology

間野 良隆*
Yoshitaka Mano

上西 恒雄*
Tsuneo Uenishi

NFC (Near Field Communication) 通信技術を応用し、スマート家電システムを実現する非接触通信用の家電タグLSIを開発した。本稿では、家電タグLSIの特徴とLSI化に向けた課題、および課題を解決する技術について解説する。

We have developed a contactless communication tag LSI for home appliances which realizes a smart appliance system using Near Field Communication (NFC) technology. In this paper, we explain the function of the tag LSI for home appliances, the challenges to achieve the target performance, and the technology to solve those challenges.

特集
1

1. 家電タグLSIの特徴

スマート家電とは、ネットワークにつながり、クラウド上のサービスの利用を可能とすることで、暮らしの快適性と利便性を高めた家電である。NFCは、13.56 MHz帯域の電波を使用した近接型非接触通信の規格であり、スマート家電向けNFC技術応用タグLSI (家電タグLSI) は、冷蔵庫、炊飯器などのスマート家電に搭載し、NFC規格 (ISO/IEC14443 TypeB, およびJISX6319-4:FeliCa^(注)) に準拠したスマートフォンなどのリーダ/ライタ端末との間で、非接触通信を行うLSIである。

家電タグLSIの特徴は、リーダ/ライタ端末をかざすだけで、スマート家電の機器情報の取得や各種設定を行えることである。

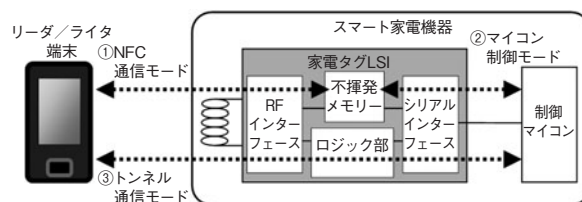
家電タグLSIを搭載したスマート家電システムにより、家電機器の操作やユーザー登録が簡素化され、ユーザーはスマート家電の性能を最大限活用でき、また、スマート家電メーカーはより良いサービスの提供が可能となる。

1.1 家電タグLSIの通信モード

スマート家電のシステム構成図を、第1図に示す。

次の3種類の動作モードにより、リーダ/ライタ端末、家電タグLSI、スマート家電機器の制御マイコンが相互に通信可能になる。

①NFC通信モード：リーダ/ライタ端末と家電タグLSIとの間で非接触通信を行い、不揮発メモリーに



第1図 スマート家電のシステム構成図

Fig. 1 Systems of smart appliances

アクセスするモード

- ②マイコン制御モード：スマート家電機器の制御マイコンと家電タグLSIとの間でシリアルインターフェースを用いて、不揮発メモリーにアクセスするモード
- ③トンネル通信モード：家電タグLSIを介し、制御マイコンと、リーダ/ライタ端末との間で直接通信を行うモード

1.2 家電タグLSIの構成

家電タグLSIは、非接触通信の電力生成と変復調を行うRF (Radio Frequency) インターフェース部、マイコンからの制御信号を受け取るシリアルインターフェース部、各種機器情報や設定値を保持する不揮発メモリー部、および家電タグLSI全体の制御と非接触通信の暗号化を行うロジック部で構成される。

* デバイス社 半導体事業グループ 汎用LSIビジネスユニット
Application Specific Standard Products Business Unit,
Semiconductor Business Group, Industrial Devices Company

(注) ソニー (株) の登録商標

2. 家電タグLSIの課題

NFC通信モード時、スマート家電機器の電源が未投入の場合においては、リーダ／ライタ端末の出力電波から生成した電力のみで、家電タグLSIを動作させる必要がある。ユーザーに快適な使用感を提供するためには、多様なリーダ／ライタ端末との間で適切な通信距離を安定して確保可能なことが必要である。そのためには、下記に述べる課題を解決しなければならない。

2.1 微弱電磁界での通信品質の課題

NFCは、近接状態での通信が目的のため、リーダ／ライタ端末から少しでも距離が離れると電波出力が弱くなるという課題がある。

さらに搭載するスマート家電によっては、実装制約上、アンテナが筐体（きょうたい）表面から離れた位置に実装される場合があり、受信できる電波はより弱くなる。

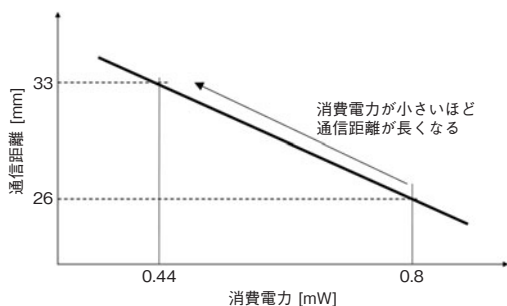
また、一部のリーダ／ライタ端末においては目標とする通信距離におけるASK（Amplitude Shift Keying）変調出力がNFC規格を満たさない場合があり、このような微弱電磁界の場合においても、家電タグLSIは安定した通信品質を確保しなければならない。

2.2 アンテナ仕様の最適化の課題

非接触での受電状態において適切な通信距離を安定して確保するためには、高い受電効率が要求される。受電効率は、家電タグLSIに接続されるアンテナ仕様と、LSI内部の整流回路に依存するが、特に機器ごとに形状が制限されるアンテナについて、受電効率を最大化しなければならないという課題がある。

2.3 不揮発メモリーの低消費電力化の課題

消費電力と通信距離の相関を、第2図に示す。第2図は、A社製スマートフォンと特定アンテナに接続した家電タ



第2図 消費電力と通信距離の相関

Fig. 2 Relation of power consumption and communication distance

グLSIの消費電力との通信距離相関を確認した結果であり、通信距離は、アンテナなどのLSI外部の環境が同じ場合、家電タグLSIの消費電力が小さいほど通信距離が長くなる。

LSIの消費電力は、動作周波数、回路規模、回路構成などに依存するが、特に不揮発メモリーの動作電力が大きな割合を占めており、不揮発メモリーの低消費電力化が課題である。

3. 課題解決のための技術

3.1 微弱電磁界での通信品質の確保

ASK変調出力が小さい微弱電磁界における通信品質確保のため、電力生成回路と復調回路の最適化を行った。電力生成回路はアンテナに発生する交流電圧を整流・平滑し動作電力を生成し、復調回路は、交流電圧の包絡線検波を行い、信号成分を抽出する。これらの処理に用いる整流回路に高電圧生成が可能な通倍（ていばい）方式を適用し、かつ電力損失を低減する制御を加えた。これにより電力生成の高効率化と復調感度の向上を実現し、通信品質を確保した。

3.2 アンテナ仕様の最適化の工夫

家電タグLSIに接続するアンテナの仕様は、主に次の3点で決定される[1]。

- ①アンテナ形状
- ②共振回路のQ値（係数）
- ③共振周波数の設定値

アンテナ形状は、巻数が多いほど受電効率が上がるが、抵抗成分の増加により電力損失が大きくなり信号品質が劣化する場合がある。

共振回路のQ値は、値が大きいほど受電力を増大できるが、共振周波数がずれた場合に受電力が大幅に減少する。したがって、使用部品のばらつきや温度変化による共振周波数のばらつき範囲を考慮して、Q値を設定する必要がある。

共振周波数は、アンテナが配置される機器の金属筐体などから影響を受けるため、自由空間に置いた状態と比較するとずれる場合がある。このような場合は、金属筐体の影響を考慮して共振周波数の値を設定する必要がある。

これらの要素を考慮したアンテナを数種類試作し評価を行い、その評価結果からアンテナのパラメータとなるインダクタンス（L）成分やアンテナの抵抗（R）成分の最適化を行い通信距離の向上を実現した。

3.3 不揮発メモリーの低消費電力化の工夫

家電タグLSIに使用される不揮発メモリーの要求仕様として、次の3点があげられる。

- ①頻繁な読み出し、書き換えに耐え得ること
- ②NFC規格の規定時間内での応答実現のため、書き換えがミリ秒オーダー以下でできること
- ③NFC端末からの非接触受電での動作のため、0.5 mW程度以下の低電力で動作可能なこと

上記3点を満たす最適な不揮発メモリーとして、従来から電子乗車券向けICカードなどで実績のある、当社独自のFeRAM（Ferroelectric Random Access Memory：強誘電体メモリー）を採用した。

FeRAMは原子のスイッチングを利用するため、動作に必要なエネルギーが極めて小さく、低消費電力で高速動作が可能という特長を有する。昇圧動作が不要なため、EEPROM（Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory）やFlashメモリーと比較し消費電力が非常に少ない。

FeRAMの採用により、書き換え回数をほぼ無制限とすることができ、高速書き換えを低消費電力で実現した。

3.4 対策効果

家電タグLSIを使用し、上記3.1節、3.2節および3.3節の対策を行った場合、従来のICカード用LSIをそのまま使用した場合に比べて4.4倍の通信距離向上効果が得られた。

4. 今後の展望

今後、NFC技術応用タグは、小型のデジタル携帯機器だけでなく自動車などにも応用が広がり、あらゆる生活環境に浸透していくことが予想される。

多様な機器に対応するためには、さらなるアンテナの小型化や通信品質を向上したシステムの構築が必要である。このため受電効率のさらなる向上、および低消費電力化に向けた技術開発を継続して進めていく。

参考文献

- [1] 菊部浩, “非接触ICカード設計入門,” 日刊工業新聞社, 2005.