

スマートアプライアンスシステムにおけるシステムアーキテクチャ

System Architectures for Smart Appliances

土居 晋三
Shinzo Doi

山岡 勝
Masaru Yamaoka

松本 通弘
Michihiro Matsumoto

海上 勇二
Yuji Unagami

大西 聡明
Toshiaki Ohnishi

松井 典弘
Norihiro Matsui

要 旨

近年、家電のスマート化が注目されており、家電がネットワークにつながりサーバと連携し、暮らしの快適性、利便性を高めるサービスの提供が可能なスマートアプライアンスシステムの実現が期待されている。筆者らは、スマートアプライアンスシステムにおける家電をネットワークに接続する方式として、NFC (Near Field Communication) を用いて接続するタッチアクセス方式と、900 MHz帯特定小電力無線を用いて接続する無線アクセス方式を開発している。本稿では、これら2つの方式のシステム構成、機能分担、装置間インターフェースなどの観点から、システムの拡張性や安全性を考慮したシステムアーキテクチャについて説明する。

Abstract

Smart appliances have attracted great attention in recent years. With the ability to connect to a server via a network, smart appliances are expected to provide new services to improve comfort and convenience in daily life. We have worked on two systems to connect appliances to networks: 1) "Touch Access" that leverages Near Field Communication (NFC) technology, and 2) "Wireless Access" that leverages Specified Low Power Radio (SLPR) technology. In this paper, we will explain the system architectures considering system extensibility and security from the points of system configuration, function assignments, and interface designs between appliances, mobile phones and servers.

1. はじめに

近年、家電のスマート化が注目をされており、家電がネットワークにつながりサーバと連携して、暮らしの快適性、利便性を高めるサービスの提供が期待されている。

当社でも、家電の電気代やバイタルデータをグラフ化するエコ/健康の見える化、レシピや洗濯コースなどの制御データを家電に設定、あるいはエアコンなどを遠隔操作するコントロール、家電の使い方の説明や困ったときの対応方法をアドバイスするサポートなどのサービスを提供するスマートアプライアンスシステムを開発している。

このようなスマートアプライアンスのシステムでは、お客様のニーズに合わせた迅速なサービスの提供や機能拡張ができることが重要である。また、家電の情報をサーバとやり取りするうえで、漏洩(ろうえい)や改ざんが無いように安全に取り扱えることが必要である。これらの拡張性や安全性を実現するためのシステムアーキテクチャについて本稿では説明する。

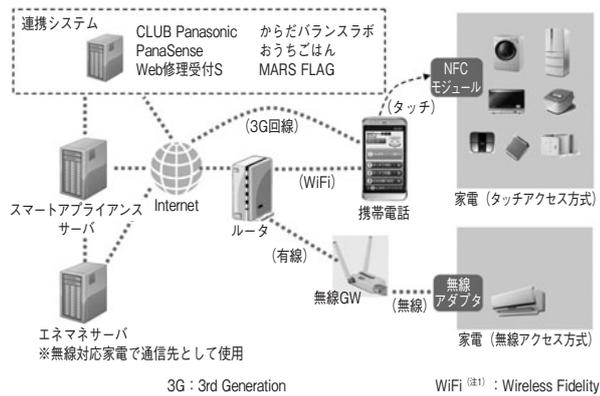
また、本サービスのスマートアプライアンスシステムで、家電をネットワークに接続する方式として、NFC (Near Field Communication) を用いて接続するタッチアクセス方式と、特小無線を用いて接続する無線アクセス方式の2つを採用している。NFCを用いる方式では、NFCを搭載した携帯端末を家電にタッチし、携帯端末を

介してサーバとつながることで、各種サービスを実現する。無線を用いる方式では、対応の家電は無線通信によって随時、家電の情報をサーバとやり取りすることによって各種サービスを実現している。他社システムで使用されている無線アクセス方式だけでなく、このような2つの方式を、家電やサービスに応じて適切に選択することで、安価かつユーザー設定不要なNFC通信方式と常時ネットワーク化が可能な無線通信方式、それぞれのメリットを使い分けることが可能となる。本稿では、これらの2つの方式のシステム構成、機能分担、通信方式についても述べる。

2. システム概要

本スマートアプライアンスシステムの全体構成を、第1図に示す。スマートアプライアンスは、通信手段として近接無線通信を用いる方式(以下、「タッチアクセス方式」と記す)と、特小無線を用いる方式(以下、「無線アクセス方式」と記す)の2つに分類される。

タッチアクセス方式は、家電にタッチして操作や設定をするというユーザーに分かりやすいインターフェースになっているが、タッチしたときのみ家電がネットワーク化される随時接続となっている。一方、無線アクセス方式は、無線ゲートウェイを介して、家電がネットワーク化される常時接続となっている。したがって、家電や



第1図 スマートアプライアンスシステムの全体構成

Fig. 1 Configuration of smart appliances systems

提供サービスに応じて、通信手段を選択する必要がある。

タッチアクセス方式のスマートアプライアンスは、NFCタイプF、もしくはタイプBのR/W (Read/Write) 機能を搭載した携帯端末をタッチすることで、見える化サービスに必要な家電情報の収集や家電を制御するコントロールサービスが可能となる。無線アクセス方式のスマートアプライアンスは、必要なタイミングで運転状況・エラー状況を家電本体から取得し、最新の状態を把握する。そのため、任意のタイミングで各種サービスの利用が可能となる。

本章では、これら2方式の概要について説明する。

2.1 タッチアクセス方式

家電、携帯端末、サーバの3構成要素にまたがる全体方針として、家電内部情報（見える化データなど）の収集、および家電を制御するためのコントロールコマンドは、家電-サーバ間のEnd to Endで暗号化され、携帯アプリは中継機能のみ有する。これは第三者が開発した携帯アプリにて、不正に家電内部情報の収集や家電制御を実施させないことにある。したがって、家電を制御する際は、ユーザーが携帯アプリ上で設定をいったんサーバに送信し、サーバ上で暗号化されたコントロールコマンドに変換し、携帯アプリに送信する仕組みとなっている。本方針を踏まえた「家電」、「携帯端末」、「サーバ」の3構成機能構成概要図を、第2図に示す。

上記のように、本スマートアプライアンスシステムは、



第2図 タッチアクセス方式のシステム構成図

Fig. 2 System configuration of "Touch Access"

「家電」、「携帯端末」、および「サーバ」で構成され、家電情報の収集や家電制御を行うものである。次に各構成機能配置概要を説明する。

(1) 家電機能

- 一定期間内の家電情報を保存し、携帯アプリの要求に応じ、家電情報を出力する
- 携帯アプリの要求に応じ、家電制御用のコントロールコマンドを実行する

(2) 携帯端末機能

- 家電とNFC通信を行い、家電情報を取得しサーバへ送信する。また、サーバから取得した制御コマンドを家電へ送信する

(3) サーバ機能

- 機器から収集した家電情報を管理する
- 機器から収集した家電情報や品番ごとのコンテンツを、携帯アプリの要求に応じて取得・生成を行い、応答する
- CLUB Panasonicと連携し、ユーザー ID (identification) に基づき、ユーザー/サービスの認証を行う

2.2 無線アクセス方式

第3図に、無線アクセス方式のシステム機能構成概要図を示す。無線アクセス方式では、エネルギー管理をつかさどるエネマネサーバと連携し、スマートアプライアンスシステムを実現する。

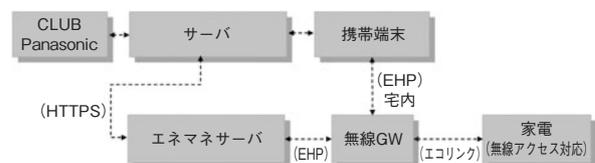
本節では、無線アクセス方式のスマートアプライアンスシステムにおける家電、携帯、サーバ、エネマネサーバ、GW (Gateway) 機器・家電の5構成要素の機能配置概要を記す。

(1) 家電機能

- 家電情報（見える化情報など）を保存し、要求に応じ、家電情報を出力する
- エコリンクコマンドの要求に応じ、家電制御のコントロールコマンドを実行する
- 無線GWとのデータ送受信を行う

(2) 携帯端末機能

- 家電情報取得や家電制御指示をGeminiサーバへ送信する



第3図 無線アクセス方式のシステム構成図

Fig. 3 System configuration of "Wireless Access"

(注1) Wi-Fi Allianceの登録商標

- 家電制御コマンドを無線GWへ送信する
- (3) サーバ機能
 - 家電制御用のエコネットプロパティコマンドの生成を行う
- (4) エネマネサーバ機能
 - 無線GW、無線対応家電のエコリンク接続情報、識別ID情報を管理する
 - Fバスプロトコル方式（当社独自の通信方式）によるGW機器のNAT（Network Address Translation）超えを行い、サーバが生成した制御コマンドをGW機器に送信する
- (5) GW機器機能
 - ECHONET Lite^(注2) プロトコル通信を用いて、無線対応家電に制御指示を送信する
 - GW機器、無線対応家電のエコリンク接続情報、識別ID情報を管理する

3. NFC対応家電－携帯端末間インターフェース

本章では、スマートアプライアンスにおけるタッチアクセス方式のNFCタグを搭載する家電と携帯端末間のインターフェース方式について述べる。

3.1 NFC概要

NFCは、非接触ICカードの通信機能を機器間通信へも利用できるように拡張された通信方式であり、国際標準規格のISO/IEC 18092、およびISO/IEC 21481で規定されている。NFCは非接触ICカードの通信機能を拡張した規格であるので、非接触ICカードの規格であるISO/IEC 14443やJIS X6319-4と互換性がある。また、業界団体のNFC Forumにおいて、互換性、相互運用性の確保などを目的として実装仕様が規格化されている。

NFCには複数の無線方式がある。NFC ForumではNFC-A、NFC-B、NFC-Fと定義されており、NFC搭載機器（NFC Device）はこれらすべての無線方式を搭載することが必須（ひっす）とされている。各無線方式について、第1表に示す。

また、NFC Forum規格ではNFCの動作モードとして、Peer-to-Peerモード、Reader/Writerモード、Card Emulationモードの3つが規定されている。Peer-to-Peerモードは機器同士が双方向通信するモードである。Reader/Writerモードは従来の非接触ICカードを読み書きするモードである。Card Emulationモードは非接触ICカードとして動作するモードである。NFC Deviceは、Peer-to-Peerモード

(注2) エコネットコンソーシアムの登録商標

第1表 NFCの無線方式

Table 1 Wireless system of NFC

		NFC-A	NFC-B	NFC-F
R/W ⇒Card	変調方式	ASK 100 %	ASK 10 %	ASK 10 %
	符号	変形ミラー	NRZ	マンチェスタ
	搬送波	$f_c = 13.56 \text{ MHz}$	$f_c = 13.56 \text{ MHz}$	$f_c = 13.56 \text{ MHz}$
	速度	106 kbit/s	106 kbit/s	212 kbit/s
Card ⇒R/W	変調方式	OOK (負荷変調)	BPSK (負荷変調)	ASK 10 % (負荷変調)
	符号	マンチェスタ	NRZ	マンチェスタ
	搬送波	サブキャリア ($f_d/16$)	サブキャリア ($f_d/16$)	f_c
	速度	106 kbit/s	106 kbit/s	212 kbit/s
関連規格		ISO/IEC 14443	ISO/IEC 14443	ISO/IEC 18092
		ISO/IEC 18092		JIS X 6319-4

ASK：Amplitude Shift Keying, NRZ：Non Return to Zero, OOK：On-Off-Keying, BPSK：Binary Phase Shift Keying

とReader/Writerモードの搭載が必須、Card Emulationモードはオプションとされている。

3.2 近接無線通信仕様

本スマートアプライアンスシステムでは、家電そのものの速やかな普及を狙い、下記の点を留意している。

- 既に普及している携帯端末に搭載されているNFC/FeliCa^(注3)のR/Wと通信可能とする
- 家電への実装負荷やコストアップを最小限におさえる

以上に基づき、家電はNFC Deviceとせず、非接触ICカードとしての通信機能を実装する。具体的には、NFC対応家電はJIS X6319-4のカードおよびISO/IEC 14443 Type Bのカードとしての通信機能を具備する構成とした。NFC Forumの仕様の観点では、無線方式としてはNFC-FとNFC-Bとを搭載し、Card Emulationモードで動作するといえる。家電は、JIS X6319-4準拠のR/Wからのアクセスがあった場合はJIS X6319-4のCardとして通信し、ISO/IEC 14443 TypeBのR/Wからアクセスがあった場合にISO/IEC 14443 TypeBのCardとして通信する。また、通信機能を非接触ICカードに限定することにより家電側の実装負荷を最小限とすることとしている。

一方の携帯端末はR/Wモードで動作させ、Readすることで家電から家電状態などの情報を取得し、Writeすることで家電の制御を行う。

3.3 通信コマンド仕様概要

家電は、携帯端末（R/W）から見て32 kByteのアドレス空間をもつ1つのメモリーファイルをもつCardとして見える。携帯端末が家電から任意の情報を取得する場合、

(注3) ソニー（株）の登録商標

情報に対応するファイル上のアドレスを指定してReadを行うことによってデータの取得を行う。同様に携帯端末が家電へ制御を行う場合、対応するファイル上のアドレスに制御内容を書き込むことで制御をする。

これらの家電情報や制御に関連づいたアドレスには次のような種類のものがある。

(1) スマートアプライアンス判断情報用アドレス

スマートアプライアンスとそれ以外を見分けるための情報を格納しているアドレス

(2) 家電プロファイルのアドレス

家電の種類や、家電として供えるコマンドセットを判断するための情報や、家電として通信時に必ず取得すべき情報などの家電プロファイルを格納するアドレス

(3) 家電固有の情報、制御用のアドレス

レンジや炊飯器など個々の家電ごとに異なる情報を格納するアドレス

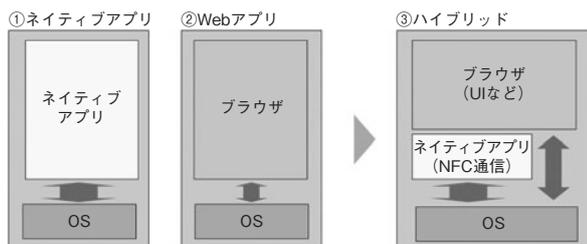
携帯端末は、(1) の情報で、スマートアプライアンスであることを確認し、(2) のアドレスで、家電の種類を確認、判断した後、(3) のアドレスをR/Wすることにより、家電から情報を取得したり、制御したりすることができる。

4. 携帯端末-サーバ間インターフェース

本スマートアプライアンスシステムは、サーバと連携することにより家電単体では困難なネットサービスを提供することが目的である。本章では、本スマートアプライアンスシステムを実現する携帯端末-サーバ間のインターフェースについて説明する。

4.1 携帯端末のアプリケーション構成

携帯アプリの実現方式として、携帯端末にインストールする必要のある「ネイティブアプリ」とWebコンテンツによって実現できる「Webアプリ」が存在する(第4図)。「ネイティブアプリ」は、パフォーマンス面やOS機能を

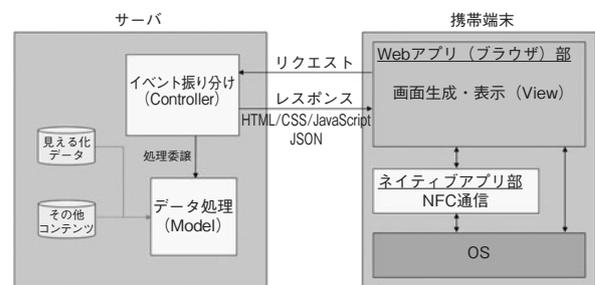


第4図 携帯アプリの実現方式
Fig. 4 Configuration of mobile applications

活用できるメリットがある一方、Android^(注4) やiOS^(注5) などプラットフォームごとに個別の開発を必要とし、またサービス追加・仕様変更・不具合対応時は、必ずユーザー操作によるバージョンアップが必要なデメリットがある。「Webアプリ」は、パフォーマンス面やOS機能の活用に制限がある一方、ブラウザ利用によりプラットフォーム間の共通化が図れ、サービス追加・仕様変更・不具合対応時に、必ずしもユーザー操作によるバージョンアップは必要ない。また、本スマートアプライアンスシステムでの必須要件であるNFC通信はWebアプリ(ブラウザ)では直接アクセスできないが、コスト面、保守面におけるWebアプリのメリットから本スマートアプライアンスシステムでは、ネイティブアプリの役割をNFC通信部に限定し、ほかの機能はWebアプリで開発する「ハイブリッド型」を選択した。

4.2 携帯端末/サーバの機能分担

UI (User Interface) 処理 (画面生成・表示) は携帯端末で、データ処理はサーバで実施するよう機能分担している(第5図)。携帯端末のWebアプリ部は画面生成・表示機能を担当する。携帯端末からHTML (HyperText Markup Language) /CSS (Cascading Style Sheets) /JavaScript^(注6) (静的コンテンツ) や家電の見える化データなど(動的コンテンツ)をサーバへリクエストし、レスポンス結果をもとに画面を生成して携帯端末側に表示する。また、ネイティブアプリ部は、JavaScriptを介して呼び出されてNFC通信機能を提供する。一方サーバは、携帯端末のリクエストをイベント振り分け部で受け付け、リクエストを適切なデータ処理部へ委譲し処理を実行する。動的コンテンツのデータフォーマットはXML (Extensible Markup Language) より軽量でJavaScriptとの



第5図 携帯-サーバ間の機能分担
Fig. 5 Function assignments between mobile phones and servers

(注4) Google Inc.の商標または登録商標

(注5) 米国およびその他の国におけるCisco社の商標または登録商標であり、Apple社はライセンスに基づき使用

(注6) Oracle America, Inc. Corp.の登録商標

親和性の良いJSON（JavaScript Object Notation）形式で提供する。上記のとおりUIとデータを分離することで、下記3点の効果が見込める。

- 1) UI処理がお客様の携帯端末側へ分散され、サーバ負荷が軽減可能
- 2) サーバはUI非依存のデータサービスに集約でき、サービス拡張、対応機種拡張を考慮した基盤設計が可能
- 3) 携帯端末側のキャッシュ活用によるWebアプリ高速化が可能

さらに、このような携帯端末-サーバ間の機能分担により、家電登録などの各家電共通のサービスに関しては、データベースをマスタ更新するのみで家電の追加が可能となるため、最小限の開発で新製品の追加が可能となる。

5. システムセキュリティ

本サービスで扱う家電を操作した履歴情報は、漏洩（ろうえい）するとプライバシー情報の漏洩にもつながる懸念のある情報である。また、家電への設定情報が通信路で改ざんされると、サービス妨害となる。本章では、本サービスにおける脅威とその対策について説明する。

5.1 脅威分析

本節では、本サービスの脅威分析について説明する。脅威分析では、基本的には情報セキュリティマネジメントシステム（Information Security Management System：ISMS）を参照し、サービスから情報資産を抽出・評価し、脅威を分析する。

本サービスにおいて、家電の消費電力や操作履歴などの履歴情報、家電を操作する設定情報を情報資産として抽出し、脅威を分析した。

分析された脅威は、大きくは次の2点である。

(1) 家電履歴情報漏洩

家電からサーバまでのNFCやIP（Internet Protocol）接続の通信路において、履歴情報が漏洩することによる脅威である。通信路の傍受のみならず、家電とサーバ間の通信を仲介する携帯端末からの情報漏洩によって生じる。

(2) 改ざんによるサービス妨害

本サービスを妨害される脅威であり、家電の履歴情報の改ざんや設定情報の改ざんによる脅威である。通信路などで家電の履歴情報が改ざんされるとユーザーに適切な情報（例えば、エラーサポートなど）の提供ができない。また、家電の設定情報が改ざんされると、ユーザーが意図していない設定で家電が動作することになる。

5.2 セキュリティ対策

本節では、抽出したセキュリティ脅威への対策を説明する。

本サービスでは、抽出した脅威への対策として、家電と接続したNFCモジュールに暗号化機能を搭載し、家電とサーバ間で暗号化通信を実施している。

(1) 家電履歴情報漏洩対策

家電履歴情報漏洩は、暗号化で対策する。家電とサーバ間の通信路上だけでなく、携帯端末から履歴情報が漏洩したとしても、履歴情報は暗号化しているため、攻撃者は履歴情報を不正に取得することができない。

(2) 改ざんによるサービス妨害対策

サービス妨害は、MAC（Message Authentication Code）で対策する。MACとは、メッセージを認証するための仕組みであり、家電履歴情報や設定情報の改ざんを防止することができる。家電とサーバ間の通信において、送信側にMACを生成し、受信側でMACを検証することで、通信路上において、攻撃者が履歴情報や設定情報を改ざんしたとしても、改ざんの検出が可能となり、ユーザーが意図しない設定で動作をすることを防止できる。

6. まとめ

本稿で述べたシステムアーキテクチャに基づき、スマートアプライアンスシステムの製品化を実現した。

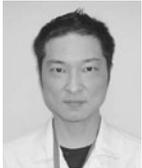
2012年6月には、業界初、携帯端末で当社のクラウドサーバにつないで、レシピ検索からタッチで調理設定や、お気に入りのレシピを登録して手軽に再現することを可能にするスチームIH（Induction Heating）ジャー炊飯器、スチームオープンレンジを発売した。また、2012年8月以降に、洗濯乾燥機、冷凍冷蔵庫、エアコン、体組成計、活動量計、血圧計に展開していった。

今後は、デジタルテレビやデジタルスチルカメラなどのAV家電やエネルギーマネジメントシステムと連携したサービス展開、さらには、他社サービスとの連携を実現するために、サービスの拡張性、安全性を備えたシステムアーキテクチャの改良を検討していく。

執筆者紹介



土居 晋三 Shinzo Doi
アプライアンス社 技術本部
先行技術開発センター
Advanced Technology Development Center,
Corporate Engineering Div., Appliances Company



山岡 勝 Masaru Yamaoka
アプライアンス社 技術本部
Corporate Engineering Div., Appliances Company



松本 通弘 Michihiro Matsumoto
アプライアンス社 技術本部
先行技術開発センター
Advanced Technology Development Center,
Corporate Engineering Div., Appliances Company



海上 勇二 Yuji Unagami
R&D本部 クラウドソリューションセンター
クラウドサービス開発室
Cloud Service Development Office,
Cloud Solutions Center, R&D Div.



大西 聡明 Toshiaki Ohnishi
アプライアンス社 技術本部
先行技術開発センター
Advanced Technology Development Center,
Corporate Engineering Div., Appliances Company



松井 典弘 Norihiro Matsui
アプライアンス社 技術本部
先行技術開発センター
Advanced Technology Development Center,
Corporate Engineering Div., Appliances Company