

センシングとコントロールを実現する ユビキタスノード“kubit”の実装と評価

吉原 貴仁 茂木 信二 堀内 浩規

(株) KDDI 研究所

1. はじめに

あらゆる機器をネットワークに接続することで、いつでも、どこでも機器を操作、あるいは機器同士を協調動作させたり、実空間情報をネットワークに収集、加工してユーザに提供したりすることで生活を支援するユビキタス・ネットワークへの期待が高まっている。ユビキタス・ネットワークの円滑な導入、普及のためには、現在の生活環境の一部を適用範囲に含め、早期の段階から実的な応用をユーザに提供し、普及の段階に応じて適用範囲を広めることが重要となる。これにしたがい、著者らは、いつでも、どこでも家電などの機器を操作（コントロール）可能とするとともに、温度や人の動きなどを収集、感知（センシング）し、これらをユーザに提供することで生活を支援する、ユビキタスノード“kubit”（KDDI Ubiquitous Bit）を設計し、実装を進めている [1]。本稿では、ユビキタスノード“kubit”の実装とその評価結果を述べる。

2. ユビキタスノード“kubit”の設計概要 [1]

(1) 提供する応用

コントロールの応用として、PCや携帯電話等の端末でエアコンや照明など従来の家電を操作可能とする、携帯端末簡易リモコンシステムを提供する。センシングの応用として、定期的に、あるいは人感、照度センサが感知する際の様子をUSBカメラなどで撮影し、端末に画像を送信する、簡易セキュリティシステムを提供する。

(2) 適用環境

インターネットをはじめとするワイドエリアネットワークと常時接続するホームネットワークなどを適用環境とする（図1）。ユーザ認証等、ワイドエリアネットワーク上に設置されるセンタサーバを介して利用する。

(3) 構成要素

ワイドエリアネットワークとの応用ゲートウェイとして機能する 1) ゲートウェイ親機、家電を操作するための 2) コントローラ子機、温度、湿度、照度、人感センサ機能を提供する 3) センサ子機を設ける。親機と子機は微弱無線で通信する（子機同士は通信しない）。微弱無線通信は安価であるが、電波到達距離が短いため、4) リレー親機を提供する。親機同士はIEEE802.11bなどの無線で通信する。また、親機にも温度、湿度、照度、人感センサを備える。

(4) ネットワーク自動構成機能

上記(2)の適用環境では、ネットワークや機器の設定に関する知識や経験をもつユーザを必ずしも期待できない。そこで、親機や子機に対し、ネットワーク構成に必要な設定の手間を抑制する、ネットワーク自動構成機能を提供する。

(5) 携帯端末リモコンシステム（着信応用）の実現

上記(1)の携帯端末リモコンシステムの実現には、ワイドエリアネットワーク上でゲートウェイ親機を一意に

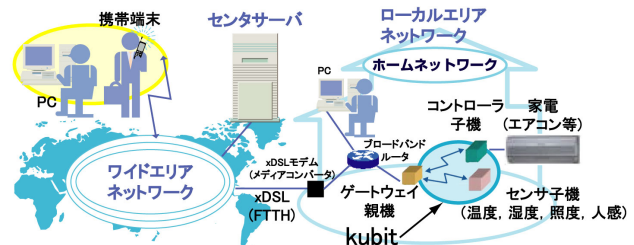


図1 ユビキタスノード“kubit”の適用環境。

特定する必要があり、インターネットの場合、グローバルIPアドレスの付与が必要となる。一方、上記(2)の適用環境では、グローバルIPアドレスが付与されずには限らない。付与されない場合、機器操作要求をセンタサーバが一度受け付ける。ゲートウェイ親機はセンタサーバへ要求の有無を周期的に確認し、要求があると処理する機能を設けて実現する。

3. 実装

3.1 実装概要

2.節の設計概要に基づき、ゲートウェイ親機とコントローラ子機を以下のように実装する。

3.1.1 ゲートウェイ親機

- (1) 専用筐体（130mm（W）×100mm（D）×100mm（H））として実装する。
- (2) 外部インタフェースとしてRJ45、RJ12（シリアル）、USB、微弱無線RF、TFT液晶パネル、タッチパネル、スピーカを備える。
- (3) センサはA/Dコンバータを介して内蔵する。
- (4) OSは組み込みLinux、IPv4とIPv6のデュアルスタック構成とする。
- (5) E-mailの送受信、家電操作、センサ情報表示、画像表示を行うアプリケーションソフトウェアをC言語で実装する。画像表示ではUSBカメラを接続し、定期的またはセンサ感知を契機に撮影した画像を表示する。これらアプリケーションソフトウェアはタッチパネルで操作する。
- (6) ユーザ、ゲートウェイとしてのネットワーク構成、センサ情報の収集やセンタサーバへの保存周期などを設定するWeb管理インタフェースを実装する。

3.1.2 コントローラ子機

- (1) 専用筐体（50mm（W）×25mm（D）×90mm（H））として実装する。
- (2) 外部インタフェースとしてAC100Vのプラグとコンセント、HA（Home Automation）コンセント、微弱無線RFを備える。
- (3) AC100Vプラグを宅内コンセントに挿入して電力供給する。
- (4) AC100Vコンセントに家電のプラグを挿入して照明などを、HAコンセントに規格ケーブルを挿入してエアコンなどを操作する。
- (5) 子機識別子、有効とする（AC100VあるいはHA）コンセントを設定するハードスイッチを2つ備える。
- (6) 親機との通信には搬送波周波数315MHzの微弱無線を、通信方式はON/OFF Keyingを利用する。

Implementation and Evaluation of Ubiquitous Node “kubit” Enabling Sensing and Control Ubiquitous Applications, Kiyohito YOSHIHARA, Shinji MOTEKI, and Hiroki HORIUCHI, KDDI R&D Laboratories Inc.

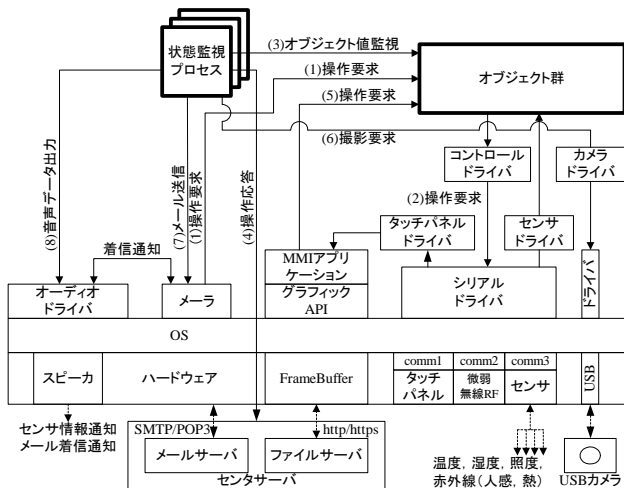


図 2 ゲートウェイ親機のソフトウェア構成.

3.2 ゲートウェイ親機のソフトウェア構成

ゲートウェイ親機は主に 1) オブジェクト群と 2) 状態監視プロセスから構成される (図 2 太線部分). 各オブジェクトは制御対象の家電の状態やセンサの値等を保持し, また, 特定のオブジェクト群には排他や含意などの依存関係が定義される. 状態監視プロセスはオブジェクトごとに生成され, オブジェクトの状態や値に変化がある場合にはあらかじめ指定された処理を実行する. 2. 節 (1) の応用を実現する場合の処理概要を以下に示す.

(1) 携帯端末簡易リモコンシステムの処理概要

2. 節 (5) で述べたように, ゲートウェイ親機にグローバル IP アドレスが付与されない場合, 本実装では POP3 を用いて機器操作要求の有無をセンタサーバへ周期的に確認する. 要求がある場合 (図 2(1)), 要求の有無を状態とするオブジェクトの値が変化する. 依存関係解決の結果, 要求を実際に実行できる場合, コントロールドライバと微弱無線 RF を介して子機に操作要求を送信する (図 2(2)). 家電の状態を保持するオブジェクトを監視する状態監視プロセス (図 2(3)) は, 本要求の結果としてオブジェクトの値が変化するとセンタサーバへその旨を応答する (図 2(4)).

タッチパネルを介して機器操作要求がある場合には, MMI (Man Machine Interface) アプリケーションを介して対応するオブジェクトの値が変化する (図 2(5)).

(2) 簡易セキュリティシステムの処理概要

人感センサが感知する際の様子を USB カメラで撮影して携帯電話に送信する場合を想定する. 人感センサの値を保持するオブジェクトの値が変化すると, これを監視する状態監視プロセスが USB カメラに撮影を要求し (図 2(6)), その後メーラを介して画像を添付した E-mail を携帯電話に送信する (図 2(7)). この際, 通知や警告を目的にスピーカを介して音を発生できる (図 2(8)).

4. 評価

2. 節 (5) の機能では, 要求の有無を確認する周期が短ければそれだけ機器操作が即応するが, センタサーバへの確認に必要な帯域が増大する. そこで, 確認周期を変化させ, その際の機器操作要求から応答までの時間, ならびに確認に必要な帯域を測定する. 図 3 に測定環境を示す. 各確認周期に対して機器操作を 12 回試行した.

(1) 機器操作の応答時間

図 4 に応答までの時間 (認証時間を除く) を示す. 同一周期の試行で応答時間にばらつきがあるのはワイド

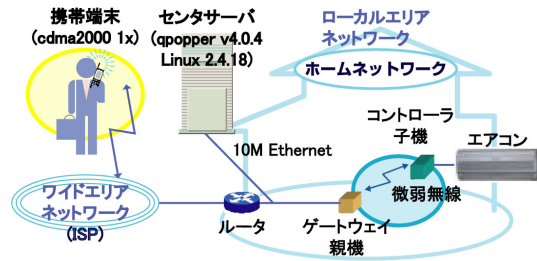


図 3 測定環境.

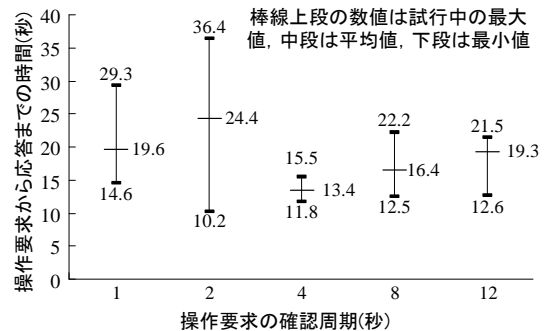


図 4 携帯電話を用いた操作要求から応答までの時間.

エリアネットワークの影響と考えられる. 評価に用いた携帯電話をはじめ, 一般的な携帯電話のブラウザのタイムアウトは 30 秒程度である. これと比べると確認周期が 4 秒, 8 秒, および 12 秒の場合はタイムアウトまでに応答できており, 携帯電話を用いた遠隔操作には実用上問題ないと言えるが, 今後も処理の最適化による短縮が必要である.

確認周期が 1 秒および 2 秒の場合はそれ以外の場合と比べると応答時間が長く, 周期が短いほど即応できるとは必ずしも言えない. これは, 排他制御を目的に POP3 が生成するロックファイルがセンタサーバ上のファイルシステムによって 2 秒程度キャッシュされ, 結果, 確認周期が 2 秒以下の時には排他制御による確認の失敗とこれに続く再確認が生じるためである.

(2) 機器操作要求の確認に必要な帯域

一回の要求確認に要する通信量は 1,870bytes であり, 各確認周期の場合に必要な帯域は 1 秒の場合から順位に 15.0Kbps, 7.5Kbps, 3.7Kbps, 1.2Kbps となる. xDSL や FTTH など, Mbps 単位でアクセス回線が一般に提供される現在の環境では無視できるほど小さい.

以上, 本実装では確認周期が短いほど即応できるとは必ずしも言えないこと, 確認周期が短いほど必要な帯域が増大することから, 実際の提供では確認周期を適切な値に設定することが重要となる. 今後はゲートウェイ親機を複数同時に動作させる場合の評価が必要である.

5. おわりに

本稿では, 家電などの機器を操作 (コントロール) 可能とするとともに, 温度や人の動きなどを収集, 感知 (センシング) し, これらをユーザに提供することで生活を支援する, ユビキタスノード “kubit” (KDDI Ubiquitous Bit) の実装概要, 機器操作に要する時間と必要な帯域の観点から評価結果を述べた. 最後に日頃御指導頂く (株) KDDI 研究所 浅見所長, ならびに和田執行役員に感謝する. 本研究の一部は総務省からの委託研究で実施している.

参考文献

- [1] 吉原他: センシングとコントロールを実現するユビキタスノード “kubit” の設計と実装, 情処研報, Vol. 2003-UBI, No. 2 (2003).