

市川 晴久

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 教授

環境知能実現を目指す超低消費電力化統合システムの研究開発

§1. 研究実施の概要

超低消費電力化(ULP)技術が豊かな生活空間の実現・社会的課題の解決と産業競争力強化に貢献することを示すために、本プロジェクトは、ULP 技術に支えられるユビキタスネットワーク戦略を提案し、その実現性を実証する ULP 統合システムを構築し、公開デモを行って戦略の実現可能性を示す計画で開始した。H20 年度までは、ULP 技術により情報通信システムの指数関数的な成長が保証されることを前提に、生活空間にある全てのモノをネットワークに常時接続する超低消費電力センサ端末とその情報を収集するネットワークおよびセンサ情報を認識、解析するモデルウェアの研究を実施し、構想の技術的実現性を確認した¹⁾。

H21 年度以降は、上記戦略において ULP 領域全プロジェクト成果の有用性を示すことに重点をおく研究開発を行ってきた。全プロジェクト成果横断的に有用性を達成する研究開発目標コンセプトとして Place & Play(P&P)システムを提案した。P&P システムとは、電源ケーブルを含めて全てのケーブルなしに置くだけで動作するシステムである。桁違いな省電力化を急速に発展している電源技術と組み合わせることによって、システム機能レベルでの質的価値創造を意図している。昨年度までに各プロジェクトの成果を適用する ULP 統合システムサブシステムを各プロジェクトと連携して設計し、ULP 統合システム仕様を詳細化した。今年度は、ULP 統合システムの機能とその効果を明確にするため、ターゲット市場として選択した BoP (Base of Pyramid)のひとつであるバングラデシュにおける ULP 統合システムの適用性の調査を開始した。ULP 統合システム構成要素およびそれらへの領域各チーム成果の適用法について、昨年度までの検討結果を概念的な整理と ULP 化効果の大きさを考えて改版し、領域各チームと連携してそれぞれの成果の適用効果の定量的評価を行った。ULP 統合システムのデモを目指し、全体機能を実現するコアとなるシステムの開発を進めた。

§ 2. 研究実施体制

(1)「市川」グループ

① 研究分担グループ長:市川 晴久(電気通信大学 大学院情報理工学研究科、教授)

② 研究項目

- ・統合システムの研究開発
 - 環境知能統合システム基盤ネットワークの構築
 - ユビキタス環境知能統合デモシステムの構築

(2)「NTT」グループ

① 研究分担グループ長:武藤 紳一郎(マイクロシステムインテグレーション研究所、研究グループリーダー)

② 研究項目

- ・フルワイヤレス端末および極低ビットイベント表現の研究開発
 - ワイヤレス端末・回路技術の研究
 - MEMS デバイス技術の研究
 - 極低ビットイベント表現の構築
 - フルワイヤレスセンサノードを用いた実証

§3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

(1) ULP 統合システムの設計

ULP 統合システムの設計においては、ULP 統合システムのターゲット市場を想定し、外部仕様を設計する必要がある。次に外部仕様を実現するシステム構成すなわちサブシステムを設計する。ULP 領域の成果は部品レベルの技術が多く、その場合、それらの成果はサブシステムの消費電力低減あるいはサブシステムの機能革新として見える。サブシステムの機能革新が束ねられてターゲット市場に有用な ULP 統合システム全体の革新的機能を生み出すことが望まれる。以上を念頭に昨年度までに下記の成果を得ている。

(a) ULP 統合システムのターゲット市場として BoP (Base of Pyramid) を選択

(b) 領域全プロジェクト成果横断的に有用性を発揮する研究開発目標コンセプトとして Place & Play (P&P) を提案

今年度は、ターゲット市場が要請する ULP 統合システムの機能を明確にするため、BoP における ULP 統合システムの適用性の調査に着手した。BoP 諸国の中でもソーシャルビジネスで先駆的な成果を収めているバングラデシュとの交流が深い九州大学 Grameen Creative Lab に働きかけ、BoP に向けた ICT 開発に関するシンポジウムを開催し、バングラデシュとの人的交流を開始することができ、現地調査を実施した。

(2) ULP 統合システム構成要素(サブシステム)の設計

ULP 統合システムは、インターネットの発展形であり、さらにはインターネットを置き換える新たなユビキタスワイヤレスネットワークになること、バックヤードを除いて P&P 化されたサブシステムになることを条件に、昨年度設計した構成要素分類をレビューし、下記に整理した(図 1 参照)。

- P&P ユビキタス端末: RFID やセンサー端末などモノに付される端末
- P&P クライアントシステム: PC、携帯電話、スマートフォンなど人が使う端末
- P&P アクセスネットワークシステム: 上記 2 種類の端末群を P&P コアシステムに接続するためのシステム
 - P&P コアシステム: サービスを享受するためにユーザが必要とする情報・リソースのほとんどを内蔵し、P&P バックヤードシステムに対して、携帯電話接続のような細かい接続しかなくとも、P&P アクセスネットワークシステムを介してユビキタス端末、クライアントシステムにサービスを提供するシステム。サービスは、近未来はブロードバンドインターネットサービスであり、ユビキタスネットワーク時代には P&P ユビキタス端末の多様性を吸収し実世界情報処理を行う高度なユビキタスサービスが加わったサービスである。
 - P&P バックボーン接続ネットワーク: P&P コアシステムを P&P バックヤードシステムに接続するネットワークであり、携帯電話回線のような低速低容量のネットワークを想定する。

- P&P バックヤードシステム: 近未来は ULP 化されたインターネットバックボーンシステムであり、これがユビキタスネットワーク時代は大規模な実世界データの交換と処理を行うシステムに発展する。

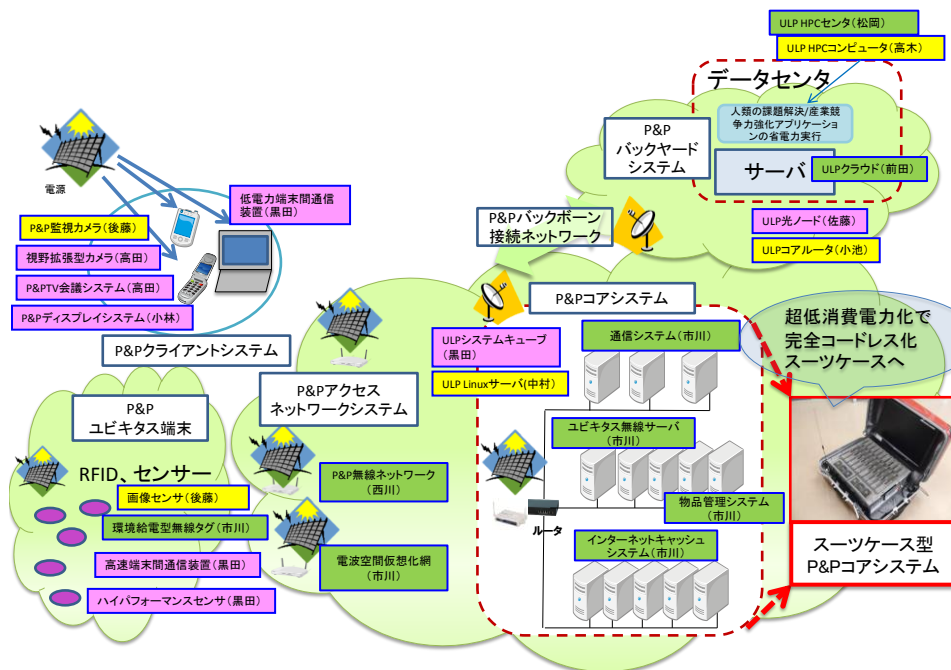


図 1 ULP 統合システム

上記 ULP 統合システム構成要素分類に合わせ、また、ユーザ視点で分かりやすくデモできることを念頭に、ULP 領域全チームとの協議を重ね、各チーム成果と ULP 統合システムサブシステムとの対応を表 1 に示すように更新した。

表 1 ULP 領域成果と ULP 統合システムサブシステムとの対応

研究開始年度	チーム名	P&Pバックヤードシステム	P&Pコアシステム	P&Pアクセスネットワークシステム	P&Pクライアントシステム	P&Pユビキタス端末
H17	高田チーム				P&P型TV会議システム 視野拡張型カメラ	
	小林チーム				P&Pディスプレイシステム	
	佐藤チーム	ULP光ノード				
	黒田チーム		ULPシステムキューブ		端末間通信	高速端末間通信装置 低電力端末間通信装置 ハイパフォーマンスセンサ
H18	中村チーム		ULP Linuxサーバ			
	後藤チーム				P&P監視カメラ	画像センサ
	高木チーム	ULP HPコンピュータ				
	小池チーム	ULPコアルータ				
H19	松岡チーム	ULP HPCセンタ				
	西川チーム			P&P無線ネットワーク		
	前田チーム	ULPクラウド				
	市川チーム		通信システム ユビキタス無線サーバ インターネットキャッシュシステム 物品管理システム	電波空間仮想化網		環境給電型無線タグ

(3) ULP 統合システムの構築

(3.1) P&P コアシステムの開発

ULP 統合システム全体の機能は P&P コアシステムが他のサブシステムを使って実現する。この機能は、インターネットシステム、コミュニケーションシステム、ユビキタスネットワークシステムの3つのサブシステムで実現されるとし、インターネットシステムおよびユビキタスネットワークシステムの開発を以下のように実施した。

(a) インターネットキャッシュシステムの開発

バックヤードシステムへの接続回線が低速であっても、P&P クライアントシステムにブロードバンドインターネットサービスを提供するシステムとして、インターネットキャッシュシステムの方式検討を実験検証を交えて進めた。このシステムでは、P&P バックヤードシステムにブロードバンド接続可能な場所において、サービス提供範囲にいるユーザがアクセスする可能性があるコンテンツをできるだけ多くディスクに収集する。そのディスクを本システムを設置する場所に物理的に運び組み込むことによって、ユーザのインターネットアクセスのほとんどをローカルディスクのコンテンツ提供で対応する。オープンソースソフトウェアを用いてプロトタイプを構築し、技術課題を抽出した。その結果、ユーザのインターネットアクセスに対してローカルディスクコンテンツで対応できる確率(キャッシュヒット率)を高めるためのダウンロード対象 URL の選択、ダウンロードを許さないコンテンツへの対処、システム運用法に適合するキャッシュ蓄積技術などの課題が明確になった。

(b) ユビキタスネットワークシステムの開発

(b.1) インターネットにオーバレイする電波空間仮想化網プロトタイプを開発

報告者らは本研究課題とは独立に、P&P ユビキタス端末からの無線信号をアクセスポイントにお

いて電波情報としてデジタルサンプリングし、サーバに送り込んでソフトウェア無線技術により受信する技術を開発している。これにより、今後、継続的に登場すると予想される革新的な省電力無線方式の端末を汎用的なアクセスポイントでユビキタスネットワークに収容できる。この技術を地球上のどこにでも到達可能となったインターネット基盤の上に構築して、地球規模のユビキタスネットワークを実現できるようにするため、アクセスポイントでサンプリングした電波情報を任意のサーバに送り込むネットワークをインターネットにオーバーレイしてダイナミックに構築する方式を提案し、プロトタイプを開発した(図 2参照)。

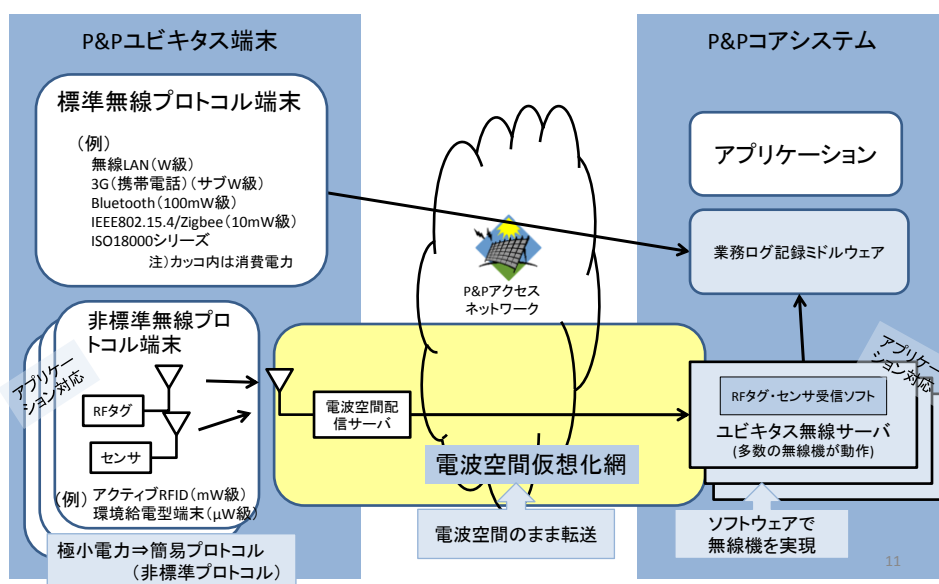


図 2 ユビキタスネットワークシステムのための電波空間仮想化網

(b.2) ユビキタスネットワークアプリケーションの開発

ULP 統合システムデモに向けて、最重要なユビキタスネットワークアプリケーションのひとつと認識されている物品管理をターゲットとして、RF タグやセンサの情報と先端的なインターネットサービスとを組み合わせる物品や情報を管理するシステムのプロトタイプを設計、開発した。

(3.2) P&P 評価

(a) 領域他チームとの連携による ULP 統合システムサブシステムの P&P 評価

ULP 統合システムサブシステムが領域各チームの成果の適用によって P&P 化される可能性を評価することを目標に、昨年度までに開発した P&P 評価手法原案を提示して、各チーム成果を適用によるターゲットシステムの消費電力低減効果を見積もる連携活動を展開した。特に H22 年度で終了する H17 年度開始チームについて、具体的な数値例を導くことができた。その過程において、小林チームについては、ターゲットシステムをバックライトなしのディスプレイシステムとするこ

とに合意した結果、小林チームは、処理機能も内蔵し太陽電池で動作するディスプレイシステムを既存技術で開発して動体デモを可能にし、さらに、領域成果を適用することによりシステム消費電力が 1/1000 になると推定した。

(b)P&P コアシステムの P&P 評価

既存技術で構築中の P&P コアシステムに対する領域成果適用による消費電力低減効果を見積もるため、昨年度は消費電力計測システムを開発した。今年度は、システム消費電力にとって大きな割合を占める CPU 消費電力に着目し、中村チーム成果による CPU 消費電力削減効果をアプリケーション負荷に対して見積もる検討を行った。その結果、上述の電波空間仮想化網ソフトウェア負荷を、中村チーム成果適用効果の解析に用いることができる CPU 負荷パラメータとして測定することができた。

§4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

1. K. Kamei, Y. Yanagisawa, T. Maekawa, Y. Kishino, Y. Sakurai, and T. Okadome (2009). Incremental knowledge construction for real-world event understanding, The International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence, Vol. 4, Issue 1, pp.65-79, 2010. (DOI: 10.4018/jcini.2010010104)

(4-2) 知財出願

- ① 平成22年度特許出願件数(国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 6 件)