

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：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
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):

研究代表者

市川 晴久(電気通信大学大学院情報理工学研究科 教授)

主たる共同研究者

小林 光(大阪大学産業科学研究所 教授)(平成 23 年 4 月～)

佐藤 健一(名古屋大学大学院工学研究科 教授)(平成 23 年 4 月～)

中村 宏(東京大学大学院情報理工学系研究科 教授)(平成 24 年 4 月～)

並木 美太郎(東京農工大学大学院工学研究院 教授)(平成 24 年 4 月～)

近藤 正章(電気通信大学 准教授)(平成 24 年 4 月～)

天野 英晴(慶應義塾大学理工学部 教授)(平成 24 年 4 月～)

黒田 忠広(慶應義塾大学理工学部 教授)(平成 24 年 4 月～)

宇佐美 公良(芝浦工業大学工学部 教授)(平成 24 年 4 月～)

武藤 伸一郎(NTT マイクロシステムインテグレーション研究所 主幹研究員)(～平成 21 年 3 月)

3. 研究実施概要

本研究課題は当初、超低消費電力化(UPL)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、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ユビキタスネットワーク戦略を提案し、その実現可能性を示す UPL 統合システムを構築することを目的として、電通大グループと NTT グループの共同研究体制で研究を開始した。この目的に向けて NTT グループは、モノをネットワークに接続するために必要となる RF タグの無線通信消費電力を現状の 1000 分の一程度に削減し、生活環境に存在する振動エネルギーから自立給電する素子と合わせて LSI 化する RF タグ(UPL RF タグ)方式を提案して LSI チップを実装し、その実現可能性を示した。

H21 年度以降は、本領域全体の成果が創出する社会的・産業的価値を体現するシステムとして UPL 統合システムを定義し直し、NTT グループの研究を休止して電通大グループの研究を拡充することとした。

UPL 統合システムを構想するに当たって、基礎的研究成果が実用に供されるまでには長期間を要すること、その間に市場が大きく変化することに留意し、研究成果が実用に供されるタイミングにおいて有力市場を捉え、市場拡大とともに研究も進展する状況を創り出す研究マネジメントの枠組みを提案・実践した。その対象として、世界人口の 7 割を占める、農民を主体とする貧困層(BoP: Base of Pyramid)への ICT インフラ提供を選定した。

BoPでは電源を含む社会インフラが不足しており、その制約下でのICTインフラ構築にUPL領域成果の省電力化効果を役立てるための基本コンセプトとして電源、通信インフラの存在を前提とせず置ただけで動作するPlace & Play (P&P)システムを提案した。また、P&P化の実現可能性をシステム構成に必要な周辺技術の発展も考慮して定量的に評価する手法を考案した。さらに、P&P コンセプトによるICT インフラとしてP&P 統合システムを設計し、サブシステムを連携させる中核システムP&P コアシステムを開発、構築した。

本領域の個別成果の貢献を具現化するUPL統合システムの最終公開デモを準備するに当たって、成果をプロジェクト横断で物理的に結合した統合動作によりその成果の貢献をアピールできる領域内のいくつかの研究課題については、その研究期間終了後も本プロジェクトにグループとして合流参加を得て、統合動作するデモシステムを完成させた(H23より小林グループ、佐藤グループ、H24より中村、天野グループ)。

ULP 統合システムの中核となる P&P コアシステムは、長期間、機能的に成長していくことを想定し、P&P インターネットシステム、さらにその先の P&P ユビキタスネットワークシステムの 2 つのシステムを内蔵するシステムとした。P&P インターネットシステムは、インターネットコンテンツを大容量ストレージにダウンロードして物理的に輸送することで、高速インターネットアクセス回線が未整備な地域においても高速インターネットサービスに準ずるサービスを提供するシステムである。ストレージに格納すべきコンテンツを準備するには、ユーザが求めるコンテンツを予測し、高速インターネットアクセスが可能な拠点において高速にダウンロードし、できるだけ頻繁にストレージの内容を更新する必要がある。大規模なモニターによるインターネットアクセス実験とそのアクセスログ解析から、ユーザがアクセスするコンテンツの 50% 程度を予測する手法を開発した。また、仮想マシンの大規模並列動作による高速ダウンロードシステムを実装し、頻繁なストレージ更新に必要な数 TB/時のダウンロード速度の実現性を確認した。

P&P ユビキタスネットワークシステムは、NTT グループが提案した ULP RF タグをネットワーク化するシステムである。ULP RF タグは回路を極限まで簡素化するため周波数が通常のハードウェア受信機では対応できないレベルで大きく変動する。電通グループは、広帯域に電波情報をデジタルサンプリング、転送し、クラウド上のソフトウェア無線機で ULP RF タグ情報を受信することによって、上述の大きな周波数変動や省電力化無線方式の技術革新に対応するシステムを提案した。インターネットにオーバーレイして地球規模で ULP RF タグをネットワーク化できるシステムを設計、構築し、想定される周波数変動に対処可能な性能を測定により確認した。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

この研究課題は、通常の研究課題とは異なり、本領域の終了時点で達成されている各研究課題の個別成果を統合した領域全体の成果が領域終了後にどのような形で社会的、産業的価値の創出に貢献するかを説明できる「超低消費電力化統合システム」の姿を具体的に描き、領域最終年度の成果公開シンポジウムで提示することを目的とした。本領域で実施しているデバイスからソフトウェアまで多様なシステム階層に渡る個別研究課題の成果を統合して可視化する研究、言わば、メタ研究を本領域の中の一課題として他の通常課題と同時並行的に実施するという極めて困難な目標に挑戦したものであり、従来の CREST 領域では類例のない課題設定と実施形態であった。

この課題目標に対して、個別課題に取り組む複数の異なる研究チームの成果を統合する研究管理手法を提案して実践したこと、その結果としてシステム階層の異なるチーム間の連携を促進して 3 次元 LINUX プロセッサやデジタルロゼッタストーンなどの顕著な連携成果を生み出したこと、領域自体の目標であった「超低消費電力化統合システム」の概念を具体化して産業応用への方向性を示し、BoP 地域を対象とする地球規模の課題解決の可能性を提示したことは、この研究チームに課せられた特別なミッションを十分達成したものと認められ、高く評価できる。

本領域の統合成果をBoP地域に展開する具体例として、インターネットコンテンツをストレージにダウンロードして輸送してインフラ未整備地域での準高速インターネットサービスを提供するPlace&Playインターネットシステムを提案し、大規模モニター実験によりダウンロードすべきインターネットコンテンツを決定する手法とその予測精度を明らかにしたこと、さらにその先への展開例として環境エネルギーで自立給電動作するRF タグLSI 方式に基づくPlace & Play ユビキタスネットワークシステムを提案して新たな半導体市場並びに上位レイヤ産業を創造する可能性を示したことは、本領域成果の産業応用への効果を具体的に説明するものとして評価できる。

一方、これらのP&Pコアシステムの成果を記述した最終報告書には抽象的な表現も多く、科学技術的視点から十分に所期の目標を達成できたかは判断しにくい面もある。P&Pの概念やBoPへの展開の構想は評価できるが、その実現性の技術的根拠と数値的な目標設定がまだ必ずしも十分であるとは言えない。

また、異なる多様なシステム階層の個別成果を統合して創出される社会的・産業的価値を表現する統合システムを構想するに当たって、システム階層における各層の要件を明確にする作業が必ずしも十分になされなかつ

たため、超低消費電力化技術を基盤として実現すべき社会システムの具体的な目標設定とアーキテクチャを明確に提示するまでには至らなかったことは惜しまれる。

4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

システム階層の異なる複数の研究成果を統合するメタ研究の側面があり、他に類似研究はないので科学的技術的視点での直接的な比較は難しいが、領域の研究成果を統合して産業応用、社会応用への展開を可視化する研究管理手法を提示し実践したことの戦略目標への貢献は大きい。

また、BoP 地域・市場をターゲットとした Place & Play システムによる ICT インフラ支援の構想は、社会的なニーズがありインパクトもあるので、今後のさらなる展開が期待できる。

なお、異なるチームの研究成果を統合する本研究チームのミッションの特殊性から、最後の 2 年間は既に CREST としての研究期間を終了したいくつかのチームの研究代表者、共同研究者が本チームの構成メンバーとして参加し、システム階層をまたがる統合システムの具体化へ向けた連携研究を進めた。その結果、統合システムだけではなく、例えば 3 次元 LINUX プロセッサやデジタルロゼッタストーンなどの個別の連携成果が生まれたもので、従来の CREST では例を見ない研究体制を編成して統合化を推進した研究管理とリーダーシップは高く評価できる。

4-3. 総合的評価

個別課題の研究成果を統合した超低消費電力化統合システムとして領域全体の成果を表現し、その産業応用への展望を可視化するという困難な課題を設定し、本領域の一課題でありながら他の課題と同時並行的にメタ研究を実施するという従来のCRESTには類例のない実施形態のもとで、このチームに期待された特別なミッションと目標を十分達成したと評価できる。本領域成果をBoP地域のICT基盤支援に応用する構想とその具体化実験は科学技術研究の社会的産業的応用の一つの方向性を提示したものであり、今後の展開が期待できる。