

氏 名 尾崎 亮太

学位（専攻分野） 博士（情報学）

学位記番号 総研大甲第 996 号

学位授与の日付 平成 18 年 9 月 29 日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 デバイス携帯利用を支援するアクセス継続技術に関する研究

論文審査委員 主 査 教授 丸山 勝巳
教授 橋爪 宏達
教授 佐藤 一郎
助教授 児玉 和也
教授 多田 好克（電気通信大学）

論文内容の要旨

本論文は、計算機に接続し利用者が直接扱うデバイス（以下デバイス）の携帯利用を支援する技術およびシステムを提案するものである。

利用者が持ち歩くことが可能なノート PC や PDA などのモバイル計算機が普及し、利用範囲が広がっている。モバイル計算機を用いて、重要な情報を扱ったり、複雑な作業に従事することが増えた。そのようなモバイル計算機の利用環境では次の要件を満たすことが望まれる。(i) 高い安全性：データを持ち歩かず、持ち歩くデバイスそのものが故障・紛失しても損害が少ないこと。(ii) 広範囲の移動での継続利用：部屋や建物の階を跨いだ広範囲の移動を伴っても、継続利用が可能なこと。(iii) 小型軽量でシンプル：デバイスは持ち歩き易く、複雑でないこと。

本研究では、このような利用環境に適合する、新たな計算機とデバイス利用形態を提案する。提案する利用形態は、デバイスを利用者が持ち歩き、手近にある計算機を経由して、必要なデータへのアクセスや遠隔地との相手と会話する。持ち歩くデバイスは安価で、紛失や盗難にあっても被害が小さい。また本研究は、提案する利用形態で利用者が広範囲の移動をしてもデバイスの継続利用を可能とするシステムを実現する。提案するデバイス利用形態では、利用者の移動に伴いデバイスの接続先計算機が切替わる。これを本研究ではデバイス移動と呼ぶ。本システムはデバイス移動が起きても利用者がデバイス利用を継続可能とすることが目標である。

第1章では本研究の背景と目的について述べる。第2章ではデバイス携帯利用を支援する技術および関連研究について述べる。既存の可搬計算機（PDA 等）や Bluetooth と比較し、デバイス携帯利用法の必要性について述べる。さらにデバイス携帯利用を支援するシステムを実現するソフトウェア技術について分類・比較する。またそれらを踏まえ、本研究の特色について述べる。

本システムは、目的を達成するために、複数の機能を組み合わせて実現されている。それぞれの機能の設計と実現方法について 3, 4 章で述べる。

第3章では、デバイス移動が起きても利用者がデバイス利用を継続可能とするための機能を遠隔デバイスアクセス機構上に設計する。本機構は遠隔デバイスをデバイスファイルとしてアプリケーションに提供する。そのため利用者は既存アプリケーションを書き換えることなく利用できる。本機構はサブネットワーク内の計算機上にサービスグループを形成し、アプリケーションはグループ内の計算機に接続されたデバイスにアクセス可能となる。また本機構はサービスグループ内で起きたデバイス移動を検出し、アプリケーションから透過的に遠隔デバイスアクセス先を切り替える。これらは自動的に処理され、利用者に手を煩わせることはない。なお開発の容易化と拡張性を高めるため、機能の大部分はユーザレベルプログラムとして実現した。

第4章では、前章で実現したシステムを拡張し、利用者の移動範囲を拡大する支援システムを設計する。一つはファイアウォールによって通信が制限されたサブネットワーク間で、遠隔デバイスアクセスを可能とする支援システムである。これにより利用者は遠い部屋や別階などへの広範囲の移動が可能となる。もう一方は、利用者の移動先に本機構がなく無線アクセスポイントのみ存在する環境において、利用者のデバイス利用継続のための機能である。そのような環境でのアクセス継続は、デバイスの接続したモバイル計算機を利用者が携帯することで可能となる。アプリケーションからデバイスへのアクセスは、無

線アクセスポイントに接続したモバイル計算機を経由して行なわれる。本機構には、利用者の移動にともないモバイル計算機の IP アドレスが切り替わっても、遠隔デバイスアクセスを継続することができる機能を実現した。

第 5 章で、本システムの評価実験結果について述べる。デバイス特性を基にした評価実験により、本システムが遅延への要求が高いデバイスの性能要件を満たしていることを確認した。遠隔デバイスに対するデータ書き込み処理時間は、データサイズが 4KB の場合、同一サブネットワーク内では約 0.8ms、サブネットワークを超えた場合（Meidator による中継が 2 回入る）で 1.8ms であった。これは人間が直接使うデバイスとしては、十分実用的な性能である。またデバイスが移動して接続先の計算機が切り替わる際のサービス中断時間は 3~5 秒であり、実用に耐えるといえる。また提案するデバイス利用形態の応用やセキュリティなどの観点で議論する。

最後に第 6 章で本論文の成果をまとめる。

本研究の成果は、新たなデバイス利用形態を提案し、重要な情報を扱い複雑な作業に従事する環境において、利用者に計算機利用法の代替手段をもたらしたこと、支援システムを実現し評価実験によりその有効性を実証したことにある。

論文の審査結果の要旨

本論文は、離れた計算機を入出力デバイスを持ち歩きながら使えるようにする『新しいデバイス携帯利用法』の仕組みと実装法の研究である。使い易い人間インタフェースデバイス（以下デバイスと呼ぶ）を使って研究室の計算機上でプログラムを動かしているとする。このシステムを使えば、ユーザがそのデバイスを持って所内あるいは所外に移動すると、無線接続デバイスの場合は自動的に近くにある計算機に接続切替えされ、有線接続デバイスの場合はユーザが差替えるだけで、元の計算機を使って仕事を継続できるようになる。計算機ではなく、デバイスだけを持ち歩くのである。記憶装置や CPU を持たないので紛失・盗難などに対して安全、省電力なので長時間の携帯利用が可能、将来の携帯利用モニターに適合するといった特色がある。例えば、CPU を持たない携帯型無線モニターを考えよう（近い将来、可撓性のある有機半導体表示、簡易入力機構と Bluetooth による無線接続を組み合わせた、紙のようなモニター端末が実現されよう）。ユーザはこれを持ち歩いて、自分のデスクトップ計算機を使い続けることができるようになる。本システムを、NextD (Network extended device management system) と呼んでおり、Linux OS 上に実装している。

本論文は、デバイス携帯利用の提案、実装法、評価を中心に、5 章から構成される。

第 1 章は、研究の背景と必要性を述べている。

第 2 章は、デバイス携帯利用法の提案および既存技術との比較、デバイス携帯利用法の鍵技術であるデバイス接続先計算機の切り替え（デバイス移動）について言及し、分散リソースアクセスとモバイル利用に関する関連研究を述べている。

第 3 章は、遠隔デバイスへのアクセス法、デバイスが移動された場合、その接続先の計算機の判定法と再接続手法、デバイス移動に伴うデバイス状態の再設定法などについて、方式面と実装技術面から述べている。実装技術の特徴としては、遠隔デバイスをローカルのデバイスファイルの如く見せて既存 API で使えるようにしたこと（従って既存プログラムからも使える）、OS カーネルへの機能追加は最低限とし、大部分の機能をユーザ空間プログラムとして実装することにより、プログラム開発ならびに機能追加の容易化を図っている事があげられる。この機構により、同一サブネットワーク内でデバイスが移動すると、近くにある NextD をインストールした計算機に自動的に接続替えが行われ、サービスが継続される。計算機を持ち歩く研究は多くあるが、デバイスだけを持ち歩く研究は独自である。

第 4 章は、デバイスの移動が広範になって、サブネットワーク間を超えた場合の処理法と実装技術を述べている。サブネットワークをまたぐ場合は、(a) ファイアウォール、(b) プライベートネットワーク、(c) ユーザアカウント管理 の対処が必要である。本論文では、サブネットワーク間の通信中継と必要な情報変換をおこなうために、Mediator と呼ぶ仲介システムを導入してサブネットワークを超えた利用も実現している。

第 5 章は、本システムの性能と実用性の評価をおこなっている。遠隔デバイスに対するデータ伝送遅延時間は、データサイズが 4KB の場合同一サブネット内では約 0.8 ms、サブネットを超えて 2 回の中継が入った場合で 1.8ms であり、人間が使うインタラクティブデバイス用として十分な性能にある。デバイスが移動して接続先の計算機が切り替わる際のサービス中断時間は 3~5 秒であり、実用に耐えるといえる。

第 6 章は、本論文の結論と展望を述べている。