

# 論 文 内 容 の 要 旨

博士論文題目

USB/IP: Universal Serial Bus Extension over IP Network  
(IP ネットワークを介した USB 拡張手法の提案)

氏 名

広 瀬 崇 宏

(論文内容の要旨)

In the ideal goal of distributed system technologies, users obtain optimized computing environments dynamically-composed of distributed hardware resources over networks on demand and seamlessly. A remote device technology is one of the essential keys for this goal, which enables a system to be reconfigurable and adaptable about its device usages for various conditions and purposes. A lot of remote device technologies have been studied for long years. However, there still lacks a fully general and interoperable device access mechanism over IP networks, though considered necessary to tackle the increasing diversity of devices and computers. Most remote device technologies in operating systems involve operating-system-specific abstractions in their mechanisms.

This dissertation proposes a network extension of USB, a multipurpose peripheral interface, via host controller virtualization in operating systems. It decouples device requests and messaging from bus controls, and therefore enables remote access requests and semantics to become the same as physically-attached local devices; these mechanisms are independent of operating systems and specific to their peripheral bus models. It conduces to transparent access to various types of remote devices in the same manner as local devices, with interoperability among different operating systems.

However, since its peripheral interface is not intended to be extended over networks, this research addresses inevitable semantics differences and problems raised from its peripheral bus model. It clarifies feasibility and restrictions of the network extension, as well as suggestions to the bus models and implementations.

A network extension of the USB model is deeply discussed through the development and evaluations of USB/IP (USB request over IP). Its design criteria are presented to address performance issues as well as semantics alteration criteria about time constraints, request scheduling, bandwidth, synchronization, and request cancellation. Its I/O performance model is established through its implementation and evaluation, which achieves feasible I/O performance for all USB devices under a LAN environment. A device sharing system is also developed as one of the applications of the proposed mechanism, through which its impact against the device management of operating systems is discussed.

氏名	広瀬 崇宏
----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文では、異なるオペレーティングシステム間での相互接続性を有し、かつさまざまな種類のデバイスに汎用的に対応する、IP ネットワークを介した計算機周辺機器アクセス手法について述べている。

本研究では、周辺機器ハードウェアおよびソフトウェア両面にわたって、ネットワーク拡張に即したモデル化がなされていることが必要であると論じている。既存手法において、オペレーティングシステム内部のドライバインタフェースやそのセマンティクスをネットワークに対してそのまま延長した手法は、その機構において特定のオペレーティングシステムに対する依存性を内包するという問題点がある。ドライバインタフェースやセマンティクスに拡張を加えた場合、リモートデバイスに対する完全な機能性および透過性の実現がデバイスに対して汎用的には困難になる傾向がある。

そこで、汎用的な周辺機器バスモデルの一つである USB (Universal Serial Bus) を、IP ネットワークを媒体とするリモートデバイスアクセス技術として拡張する手法を提案している。ホストコントローラの仮想化によって、デバイス I/O を周辺機器バス自体の制御から分離し、そのセマンティクスをリモートデバイスに対しても適用することを可能にしている。実装評価をとおしてその定量的な性能モデルを確立し、今日の LAN 環境における十分な実現可能性があることを示している。また、USB のモデルやそのソフトウェアおよびハードウェアの実装において、提案手法による拡張において生ずる問題点や限界点を明らかにし、その解決手法を示すとともにさらなる最適化のための指針を述べている。

以上のように、本論文では、周辺機器バスモデルのネットワーク拡張手法を提案し、プロトタイプ実装の開発および評価によって、その有効性・有用性を検証している。本研究をとおして得られた知験は、IP ネットワークを媒体とする汎用的な周辺機器制御機構の実用化に対して、一定の実現可能性を示すとともに、さらなる課題や研究の方向性を示している。よって、本論文は博士（工学）の学位論文としてふさわしいと認める。