

小型・低価格情報デバイスを用いた デジタルサイネージ表示システムのプロトタイピング

三島 和宏^{†1} 櫻田 武嗣^{†1} 萩原 洋一^{†1}

本稿では、小型かつ低価格な情報デバイスを利用したデジタルサイネージシステムの可能性について検討するため、その表示システムのプロトタイプ実装を行い、学内に展開した事例について詳説する。東京農工大学では、電力見える化等の取り組みを積極的に行っており、この一部として電力量等をデジタルサイネージとして表示するシステムが稼働している。近年、システムの老朽化と搭載 OS のサポート期限の兼ね合いから、システムの更新を必要とする段階となり、表示端末をより低コストに構築できる手段について検討を行った。加えて、学内施設での教育研究紹介ビデオの表示を行うシステム構築に関する依頼もあり、いずれの表示も可能とする表示デバイスを Raspberry Pi にて試作する取り組みを実施した。本システムにより、表示デバイスとしては必要となる周辺部品を含めて 1 万円を切るデジタルサイネージシステムの実現を目指している。本稿では、この取り組みの概要、Raspberry Pi を利用したプロトタイプの詳細、パフォーマンスを要するコンテンツ表示に利用するサポートサーバの詳細、実際に運用を行った取り組み詳細とその課題についてまとめる。

Prototype Implementation of Digital Signage System using Small-size and Low-price Information Device

KAZUHIRO MISHIMA^{†1} TAKESHI SAKURADA^{†1}
YOICHI HAGIWARA^{†1}

This manuscript is describing a prototype implementation of a Digital Signage System using Small-size and Low-price Information Device. Implementation detail and use-case in our university are also describing. Our university was constructing and operating the electric power visualization system for few years. Nowadays, we need to renew the visualization system by hardware issues and OS support issues. And, we also need to construct a signage system, which plays some video content. For these reasons, we constructed the “cost-effective” digital signage system using Raspberry Pi (as single board computer). By using this system, very low cost digital signage system can be achieved.

1. はじめに

ディスプレイデバイスや計算機システムの省電力化、低コスト化に伴い、コンピュータ等を内蔵し、固定的な情報ではなく、動的な情報を都度表示するデジタルサイネージシステムが広く利用されるようになってきた。多くのデジタルサイネージシステムでは、これまでの壁広告のような一定期間変わらず掲載される形態の広告と比較して、定期的に情報を入れ替えたり、短時間で複数の広告を表示したり、といったことが可能となり、非常に多様な情報提供が可能となっている。また、広告としての利用だけでなく、駅での運行状況表示[1]といった常に内容が入れ替わる情報提示を行うといった利用もデジタルサイネージシステムを用いることで可能となっている。

1.1 東京農工大学でのデジタルサイネージシステム利用ケースと課題、要求

東京農工大学（以下、本学。）では、低炭素社会における

大学のグリーンキャンパス化を目指し、キャンパス全域に設置された電力計測システムから電力消費に関するデータを収集し統合する「電力見える化」システムを構築し、運用している[2][3]。これに加えて、キャンパス内の学生や教職員に分かりやすく電力使用状況を認識させるため、デジタルサイネージシステムを利用した「電力見える化」システムも同時に構築している。本システムにて表示される例を図 1 に示す。

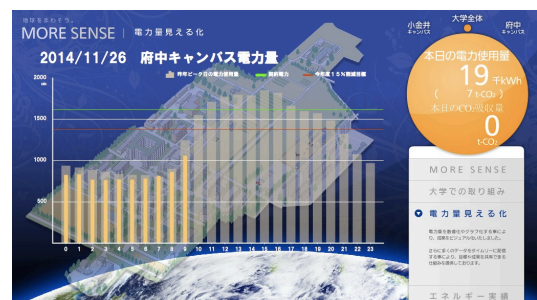


図 1 デジタルサイネージシステムを利用した「電力見える化」システムによる表示例

Figure 1 Example view of existing Signage System.

^{†1} 国立大学法人東京農工大学 総合情報メディアセンター
Tokyo University of Agriculture and Technology, Information Media Center.

デジタルサイネージシステムを利用した「電力見える化」システムの構成機器を表 1 に示す。本システムでは、図 2 に示すとおり、デジタルサイネージの表示に関わる機器として、コンテンツサーバとサイネージ表示デバイスがあり、表示に関わるデータ集計を行うデータサーバが別途存在する形となっている。表示は、本学サーバ室に設置されたコンテンツサーバから定期的にコンテンツを取得し、コンテンツ内部で必要となるデータを都度データサーバから取得することで、電力使用量や CO₂ 吸収量といった情報表示をリアルタイムに行うものとなっている。また、大学の休日や夜間など閲覧者がいない時間帯については、ディスプレイ機器の電源をシリアル通信ポート経由で自動的にオフし、待機状態に移行する機能がある。これらのシステムは、デジタルサイネージ管理を行う商用アプリケーションを用いて構築されている。

表 1 電力見える化システムの機器構成
 Table 1 System overview of existing Signage System.

機器	構成
データサーバ	汎用 PC サーバ (1 台) (OS: Microsoft Windows Server 2003)
コンテンツサーバ	汎用 PC サーバ (1 台) (OS: Microsoft Windows XP)
サイネージ表示デバイス	汎用 PC (複数台) (OS: Microsoft Windows XP)

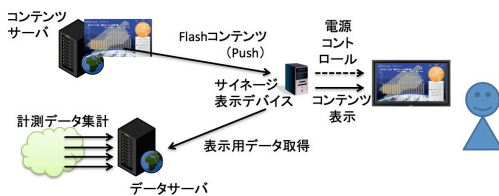


図 2 電力見える化システムの機器構成
 Figure 2 System overview of existing Signage System.

本システムは、2009 年 1 月から 2010 年 9 月にかけて導入された機器で構成されており、ハードウェアの老朽化ならびにソフトウェアに対する課題が顕在化してきていた。ハードウェアに関する課題であれば、汎用 PC を利用していることから比較的安価な代替品を用意することは可能ではあるが、それでも本学の持つ府中キャンパス（東京都府中市・農学部・本部）ならびに小金井キャンパス（東京都小金井市・工学部）に複数台点在して設置されていることから「機器に対するコスト」と「置き換えにかかるコスト」は安易に無視できるものでもない。また、大きな問題と言えることは、搭載されたオペレーティングシステム (OS) のサポート期限に対する課題であった。いずれのシステムも、ソフトウェア製作元からの正式なサポートが長期に渡って期待できない OS である。特にデジタルサイネージを

構成する機器は本稿にて報告するシステム展開を開始した段階ですでに OS のサポートが無い状態となっており、非常に短期間に問題を解決する必要もあった。

加えて、既存の電力見える化システムの課題に取り組みと同時期に電力見える化システムとは異なるデジタルサイネージシステムに対する要求として、学内に別途設置された電力見える化で利用しないディスプレイにおいて、本学の教育研究について自動プレゼンテーションを行うデジタルサイネージシステム設置を要望する依頼があった。求められる運用形態としては、本学が作成し、現在 Web サイトにて公開している教育研究に関するビデオ（日本語版・英語版、いずれも MPEG-4 形式）を所定の時間帯ループして表示をするというものである。

また、限られた予算の範囲でキャンパス内に複数設置された機器置き換えの実施可能性を考慮し、表示デバイス自体のコストの最小化、設置にかかるコストの低減といった低コストでの導入という要素を含むこととした。これらの状況を踏まえ、既存の電力見える化システムに求められるコンテンツ表示機能と MPEG-4 ビデオ再生機能を両立するデジタルサイネージシステムを短期間かつ低コストにて導入する方法を検討することとなった。

2. システム概要

2.1 システムに求められる要件

本稿では、既存の電力見える化の置き換えと新たな機能の提供を想定したデジタルサイネージシステムの構築を目指す。構築に当たっては、1) システム構築に当たっての要件（ハードウェア的要求仕様）、2) デジタルサイネージ表示に当たっての要件（ソフトウェア的要求仕様）、の 2 項目においてそれぞれ本稿が想定するデジタルサイネージシステムに求められる要件を定義する。

2.1.1 システム構築に当たって求められる要件

1. 低コストかつ容易に入手が可能であること：
 既存システムは NEDO 次世代建築物制御技術標準化実証事業に基づき構築されたものである。予算ベースで構築されるシステムの場合、システム更新を迫られた際にコスト面で更新が困難となるケースがある。これに限らず、商用アプリケーションベースのデジタルサイネージシステムは非常に高価なケースが多く、このようなシステムの一般普及化を行っていくためにはなるべく安価で、かつ入手が容易に行えるものを利用できることが望ましい。
2. 短期間で構築できること：
 本稿が想定するデジタルサイネージシステムでは、迅速な機器置き換えが必要となるため、可能な限り短期間にてシステム構築が可能であることが求めら

れる。そこで、機器の入手容易性以上に、ソフトウェアの開発にかかるコストが低く、かつ、さまざまな開発言語やライブラリが利用できるなど柔軟な開発環境が得られるものであることが望ましい。

3. 既存機器の置き換えが可能であること：

既存のシステムはスモールファクターの汎用 PC がサイネージ表示デバイスに利用されている。多くの場合、ディスプレイ装置の背面に機器が設置されているため、これらの置き換えを想定した際に可能な限り機器サイズが小さい、もしくは既存機器より小さい、という要件が必要となる。

2.1.2 デジタルサイネージ表示に当たって求められる要件

1. MPEG-4 ビデオ再生：

サイネージ表示デバイスにて再生されるコンテンツとして、まず MPEG-4 形式のビデオがある。このビデオには、映像に加えて音声が含まれたコンテンツとなっており、映像・音声ともに安定的に再生が行える必要がある。また、複数のビデオを順次表示する必要があり、サイネージ表示デバイスが稼働している時間帯はすべてのコンテンツが順次ループ再生されている必要がある。

2. Flash ムービー再生：

既存の電力見せる化システムでは、コンテンツ表示に Flash を利用している。既存システムの置き換えのためには、この Flash ムービーの再生が行える必要がある。要件 1 同様、サイネージ表示デバイスが稼働している時間帯はすべてのコンテンツが順次ループ再生されている必要がある。

3. ディスプレイ装置の制御：

デジタルサイネージは閲覧者に情報を随時提供することが求められる仕組みであるため、閲覧者がいない時にはサイネージ表示に関わる機器は可能な限り電力使用を抑えるなど、エネルギー消費を低減する努力を行うべきである。既存の電力見せる化システムでもディスプレイ装置のコントロールにより OFF/ON を行う機能があることから、本稿が想定するデジタルサイネージシステムでも同様の機能を持つ必要がある。

2.2 システム構成

本稿にて提案するシステムでは、デジタルサイネージ表示デバイスを可能な限り安価に実現することが求められる。また、開発に対する柔軟性も必要である。前項にて挙げたシステムに求められる要件を考慮し、表示デバイスとして安価なシングルボードコンピュータを利用することを検討した。シングルボードコンピュータの多くは Linux OS を搭載でき、Linux OS 上で動作する多くのソフトウェアや開発

環境を利用することで迅速な柔軟かつ開発も可能となる。現在入手可能なシングルボードコンピュータの例として、Raspberry Pi[4]、Beagle Board[5]、Intel Edison[6]などが挙げられる。本稿では、これらシングルボードコンピュータのうち、入手の容易さ、性能、価格等のバランスが良い Raspberry Pi を表示デバイスの計算機として用いることとした。Raspberry Pi の詳細については後述する。

2.2.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi は、英国ラズベリーパイ財団が開発したシングルボードコンピュータである。CPU プロセッサとして、700 MHz ARM1176JZF-S を搭載し、基本機能のみを搭載した「Model-A（現在は Model-A+）」、メモリ容量を倍増しネットワーク接続機能も搭載した「Model-B（現在は Model-B+）」の 2 つのモデルがある。このデバイスは、学校等にてコンピュータ科学の教育用として利用されることを想定し、基本的な計算機（汎用 PC）の機能を有するとともに、シリアル通信インタフェースなどを拡張可能な GPIO ヘッドを持っている。また、教育用途として容易に取得可能なように Model-A は 20～25 ドル、Model-B は 35 ドル程度で販売されている。

ソフトウェアとしては、Linux OS が利用可能であり、Debian[7]をベースとした Raspbian[8]の使用が推奨されている。このため、Linux OS に対する資産が流用可能であるという特徴がある。また、ビデオ再生に対して GPU 支援機能を利用することができ、MPEG-4 動画であれば CPU スペックがそこまで高いとは言えないこのデバイスでも安定的な再生が可能となっている。

2.3 プロトタイプ実装

シングルボードコンピュータを利用したサイネージ表示デバイスのプロトタイプ実装として、図 3 に示すようなデバイスを構築した。本デバイスは、Raspberry Pi Model-B をベースとしたものであり、ディスプレイ装置の制御用にシリアル通信ポートを GPIO に増設している。



図 3 Raspberry Pi を利用したサイネージ表示デバイス
Figure 3 Signage Viewer Device using Raspberry Pi.

OS としては、本システムのためにカスタマイズした Raspbian を採用しており、必要なモジュールは Raspbian 上に全て実装している。記憶装置としては、SD カードを利用し、OS イメージを搭載する領域とビデオ等のコンテンツを搭載する領域をそれぞれ同じ SD カード上に持つようになっている。なお、サイネージ表示デバイスとしての具体的な構成やプロトタイプ実装の利用状況については、次章にて詳説する。

2.3.1 MPEG-4 ビデオ再生機能

デジタルサイネージ表示に当たって求められる要件 1 にて定義した要求は、Raspberry Pi の持つ動画再生支援機能を利用する。図 4 にその動作を示す。動画再生支援機能により安定した動画再生が可能のため、本システムでは MPEG-4 ビデオの再生時には、Raspberry Pi にて構築したサイネージ表示デバイス単体で動作する形態を取る。

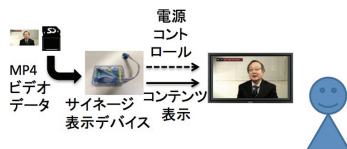


図 4 ビデオ再生時の動作

Figure 4 Example Operation of Playing a Video.

動画の再生は支援機能を利用可能な omxplayer[9] を利用するが、このアプリケーションにはプレイリスト機能が無いため、複数コンテンツを順次ループ再生することができない。そこで、単独のビデオファイルを読み込み、omxplayer にて再生を実施させ、再生が終了すると次のビデオファイルを読み込み、omxplayer に再生を実施させる、という動作を繰り返すアプリケーションを実装することで複数コンテンツを順次再生するプレイリスト機能とループ再生機能を実現させている。

2.3.2 Flash ムービー再生機能

Raspberry Pi は、安価に入手できる反面、得られる計算機能力はそれほど高いものとは言えない。このため、Flash ムービーなどのブラウザとプラグイン機能を必要とするようなコンテンツの再生は、計算機能力の限界を超えてしまい困難となる。実際に、Raspberry Pi 上に Flash ムービーを再生する環境 (Xorg 上に Web ブラウザとして Chromium[10]、Flash プラグインとして Pepper もしくは従来バージョンの flashplugin を搭載) にて再生すべきコンテンツの再生を試みたが安定的に再生が行われなかった。

そこで、本システムでは、これらのコンテンツ再生のための再生支援機能として、コンテンツ表示サーバを別途用意し、そこから VNC (Virtual Network Computing) [11] を利用した画面転送を行うことで擬似的に Flash ムービーを再

生する環境を図 5 に示すように構築した。なお、Raspberry Pi 側ではフレームバッファに直接描画する VNC クライアントである directvnc[12] を用いることで可能な限り計算機能力を求めずに表示できるようにしている。



図 5 Flash ムービー再生時の動作

Figure 5 Example Operation of Playing a Flash content.

これにより、Flash コンテンツのような高度なコンテンツを計算機能力の低い機器にて表示することを可能としている。現段階では、Flash コンテンツのみの対応であるが、コンテンツ表示サーバの実装方法によって、より多くのコンテンツに対応が可能になると考えており、このような実装を行うことは今後の課題として位置づけられる。

2.3.3 ディスプレイ装置の制御

本システムでは、既設のディスプレイ装置の制御をシリアル通信ポート経由で行う。これにより、不必要な時間帯にディスプレイ装置が稼働する電力消費等を抑える効果につながる。本学がデジタルサイネージシステムで利用するディスプレイ装置は、SONY 製ならびに Panasonic 製のものが多くことから、本システムでは両社のコマンド体系を組み込んだディスプレイ制御コマンドを実装し、サイネージ表示デバイス上に組み込んでいる。図 6 にコマンドの実行例を示す。

```
% panactl on
Panasonic PDP Controller
mode: PON
status: PON
```

図 6 ディスプレイ装置制御コマンド実行例

Figure 6 Example Operation of Display Control command.

本学では、このディスプレイ装置制御コマンドの実行とコンテンツ再生制御を、学年暦で授業日に当たる日 (多くは平日) の 8 時 30 分に「ディスプレイ ON」「再生開始」、17 時 30 分に「ディスプレイ OFF」「再生停止」のそれぞれの処理を自動実行するように設定している。これらの実行時刻については設定で容易に変更を可能としている。

3. 本学各キャンパスでの実際の展開

Raspberry Pi にてプロトタイプ実装したデジタルサイネージ表示デバイスを本学にて実運用させ、その動作に関して評価を行った。表 2 に設置を行った箇所と表示させている内容を示す。いずれの箇所もすでにディスプレイ装置とサイネージ表示デバイス用の電源・情報コンセントが敷設された状態となっており、新たに実装したサイネージ表示デバイスは電源と情報コンセントを利用する形で設置を行っている。*字のある箇所については、サイネージ表示デバイスは EPS 内のラックに設置され、映像は HDMI 信号を LAN ケーブルにて伝送する装置を用いて伝送されており、設置箇所にはディスプレイ装置のみが置かれている。このような設置形態でも特に問題無く稼働している。

表 2 表示デバイスの設置を行った箇所とその内容

Table 2 Overview of Installation Sites and Signage Contents.

場所	内容
小金井キャンパス 中央棟 1 階学生支援室前	MP4 ビデオ再生 (教育研究紹介ビデオ)
府中キャンパス 本部棟 1 階入口	MP4 ビデオ再生 (教育研究紹介ビデオ)
府中キャンパス 学生系事務棟 1 階入口	MP4 ビデオ再生 (大学紹介ビデオ)
小金井キャンパス 8 号館 4 階 4C 室	Flash ムービー再生 (電力見せる化システム)
小金井キャンパス (*) 140 周年記念会館エリプス 2 階	Flash ムービー再生 (電力見せる化システム)

各箇所 (*字を除く) に設置されたサイネージ表示デバイスの構成と構築にかかった費用概算は表 3 に示す通りとなっている。各箇所に設置されたディスプレイ装置は、音声出力を想定していないためスピーカを搭載しておらず、ビデオ再生時の音声出力のために別途 USB から電源を給電可能な音声アンプ内蔵スピーカを設置している。Raspberry Pi 自体も USB にて給電できることから、いずれの部品についても可能な限り USB 給電が可能なものを選択するようになっている。

本システムの構築には、非常に低価格で購入可能なシングルボードコンピュータである Raspberry Pi を採用することで、本体にシリアル通信ポートを増設する加工を加えても 5000 円程度で実装が可能であった。これに対して、必要な周辺機器を揃えることで約 10000 円の費用にてサイネージ表示デバイスを実現できた。多くの部品に関しては、既存のサイネージ表示デバイスの置き換えのため、流用をすることができたが、実際に部品を揃えるためには、ディスプレイケーブルやディスプレイ装置制御のためのシリアルケーブルなどの信号線はどうしても本体にかかるコストと比較して高価になってしまう傾向があり、サイネージ表示デバイスを初めから調達する場合のコストを押し上げる結果になることも分かっている。

表 3 本システムの構成と費用感

Table 3 System/Price overview of new Signage System.

機器	構成
コンピュータ	Raspberry Pi Model-B 改 <シリアル通信ポート増設加工済み> OS: Raspbian カスタマイズ版 費用: 5000 円程度 (加工費込み)
記憶装置	SD カード 8GB (市販品) 費用: 1000 円程度
ディスプレイ ケーブル	HDMI-HDMI ケーブル または HDMI-DVI ケーブル (市販品) 費用: 2000 円程度 (既存流用)
スピーカ (USB 給電方式)	サンワサプライ MM-SPL7UBK 費用: 2000 円程度
USB 電源アダプタ	ダイソー 充電 AC アダプタ 費用: 216 円
USB 電源ケーブル	ダイソー USB 充電・転送ケーブル 費用: 108 円
シリアルケーブル	RS-232C ストレートケーブル (市販品) 費用: 2000 円程度 (既存流用)
LAN ケーブル	UTP ストレートケーブル (市販品) 費用: 500 円程度 (既存流用)

実際に設置した状況について、図 7 に府中キャンパス本部棟、図 8 に小金井キャンパス中央棟の様子をそれぞれ示している。図 9 には、ディスプレイ装置裏面のデバイスの設置状況を示している。いずれの設置箇所でも、サイネージ表示デバイス自体は非常に小型な形状のため、ディスプレイ装置の裏面に固定する形で設置することができ、表面からは装置が設置されているか見た目では分からない状態となっている。



図 7 デジタルサイネージ表示例 (1)

Figure 7 Example view of new system #1.

また、既存のサイネージ表示デバイスと比較して、消費電力量も大幅に削減することが可能となっている。表 4 に表示デバイス自体の消費電力量を電力計にて実際に 5 分間程度計測した結果を示している。従来のデバイスでは汎用

PC機を利用しているため、省電力モデルの機器であっても今回構築したデバイスと比較するとどうしても電力使用量は大きくなってしまいう結果となった。今回構築したデバイスでは、電源の給電はUSB電源出力を行うACアダプタを利用するため、電力量はほぼ一定となっている。このように、定常運用を行うに当たっても、これまで以上に省電力省エネルギーな運用を行うことが可能となったと言える。



図 8 デジタルサイネージ表示例 (2)

Figure 8 Example view of new system #2.



図 9 サイネージ表示システムの実例 (設置例)

Figure 9 Installation Example of new system.

表 4 サイネージ表示デバイスの消費電力の比較

Table 4 Comparison of Signage Viewer Devices.

機器	消費電力 (実消費値)
旧デバイス (メーカー製汎用 PC)	スタートアップ時: 83W 定常・待機時: 59W (最低値)
新デバイス (Raspberry Pi 改)	スタートアップ時/定常・待機時 いずれも 4W

4. まとめ

本稿では、ハードウェアの老朽化と OS サポートなどの問題からシステム更新の必要性を生じてきたデジタルサイネージシステムを利用した電力見える化システムの置き換えとして、小型かつ低価格な情報デバイスを利用したデジタルサイネージシステムの可能性について検討するため、サイネージ表示デバイスに Raspberry Pi を用いて試作した。加えて、パフォーマンスを要するコンテンツ表示に利用するサポートサーバの詳細、実際に学内に展開し運用を行った取り組み等についても詳説した。本システムにより、サイネージ表示デバイスとしては必要となる周辺部品を含めて非常に安価なシステムを構築することが可能となった。

本システムの今後の課題として、記憶装置の構成最適化が挙げられる。現在利用している SD カードは書き込み制限を全領域に対して設定できておらず、SD カードの寿命が短くなってしまっている。システムの安定動作を行うため、読み取り専用ファイルシステムを設ける等の対策が必要である。また、これまで以上にサイネージ表示デバイスを学内に展開していく計画があり、デバイス数が増えていくことが予想される。この状況下では、デバイス管理を行う機能が無いと管理性低下を招くと考えられる。今後の課題として、デバイス管理機能の実現も必要になると考えている。

参考文献

- [1] トレインビジョン:
 URL:<http://www.mitsubishielectric.co.jp/society/traffic/product/syaryou/s10.html> (2014 年 12 月参照)
- [2] 萩原洋一, 櫻田武嗣: 複数メーカー製品を相互利用可能なキャンパスの電力見える・見える化システムの設計・構築と運用, 情報処理学会研究報告, CDS, [コンシューマ・デバイス&システム] 2012-CDS-4(3), pp.1-6 (2012)
- [3] 櫻田武嗣, 萩原洋一: 複数キャンパスの電力の見える化と電力制限の前後の計測, 情報処理学会研究報告, IOT, [インターネットと運用技術] 2012-IOT-17(25), pp.1-6 (2012)
- [4] Raspberry Pi: URL: <http://www.raspberrypi.org/> (2014 年 12 月参照)
- [5] Beagle Board: URL: <http://beagleboard.org/> (2014 年 12 月参照)
- [6] Intel Edison:
 URL:<http://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/do-it-yourself/edison.html> (2014 年 12 月参照)
- [7] DebianProject: "Debian GNU/Linux", URL:
<https://www.debian.org/> (2014 年 12 月参照)
- [8] Raspbian: URL: <http://www.raspbian.org/> (2014 年 12 月参照)
- [9] OMXPlayer Builds: URL: <http://omxplayer.sconde.net/> (2014 年 12 月参照)
- [10] The Chromium Projects: URL: <http://www.chromium.org/> (2014 年 12 月参照)
- [11] Richardson, T.; Stafford-Fraser, Q.; Wood, K.R.; Hopper, A., "Virtual network computing," Internet Computing, IEEE, vol.2, no.1, pp.33,38, Jan/Feb 1998
- [12] directvnc(GitHub): URL: <https://github.com/drinkmilk/directvnc> (2014 年 12 月参照)