

小型低価格サイネージデバイスによる集中型 IP Web カメラ モニタリング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を活用した Web カメラモニタリングシステムの提案とプロトタイプ実装について詳説する。我々は、学内の複数箇所に IP 通信可能な Web カメラを設置し、防犯監視等に利用している。その利用例として、入学試験時の複数ゲートの集中監視システムがある。これまでは、利用する当日までに対象となる Web カメラから送られる動画像を表示するための専用の PC を用意し、その画面をディスプレイに表示させる方法を取っていたが、機器を用意するためのコストが高いことが課題となっていた。そこで、すでに提案している Raspberry Pi を用いた低コストなデジタルサイネージシステムを表示デバイスとして用いることで、機器コスト、準備を行う人的コストなどを総合して低減するモニタリングシステムを試作することとした。本稿では、この取り組みの概要、低コストなデジタルサイネージシステムを用いたプロトタイプ実装の詳細、複数の Web カメラ画像を表示するためのサポートサーバの詳細などの取り組みと今後の課題についてまとめる。

Prototyping of Centralized IP Web Camera Monitoring System using a Small-size, Low-price Digital Signage System

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

This manuscript is describing a prototype implementation of IP Web Camera Monitoring System with small-sized, low-price Digital Signage System. We are using many IP Web Cameras for surveillance. In addition, we use a centralized camera monitoring system on entrance examination time. This system contained some PCs for viewing device. This caused the high cost for workers, devices and operations. For reducing the cost, we constructed the prototype “cost-effective” monitoring system using Raspberry Pi (as single board computer) for displaying device. By using this system, very low cost centralized camera monitoring system can be achieved.

1. はじめに

デジタルサイネージシステムは、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仕組みであり、計算機の多様化に伴い広く利用されてきている。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、といったことを可能とする。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ものにも利用されてきている。デジタルサイネージには、表示を行うための仕組み（データサーバや表示デバイス）と実際に表示が行われるコンテンツ（実際の中身）がそれぞれ存在しなければならない。

2. 東京農工大学での取り組み

2.1.1 デジタルサイネージを用いた電力見える化システム

東京農工大学（以下、本学。）では、デジタルサイネージシステムを用いた取り組みを多く行ってきた。代表的な取り組みとして、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」システムとデジタルサイネージシステム(図 1)を利用した「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。このため、学内には複数のディスプレイ装置が設置されており、利用可能な状況となっている。

^{†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.

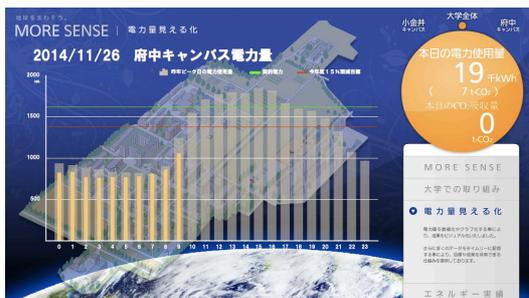


図 1 デジタルサイネージシステムを利用した「電力見える化」システムによる表示例

Figure 1 Example view of existing Signage System.

また、学内にすでに設置されたディスプレイ装置を利用して、大学紹介ビデオや研究紹介ビデオを来訪者に気軽に閲覧してもらうため、表示システムを構築し、運用している状況もある。

このような状況下にて、本学では、すでに設置されているデジタルサイネージ機器（サーバ装置、表示装置など）の老朽化と OS サポート期限切れの問題から、システムの更新を行う必要があり、Raspberry Pi を利用したデジタルサイネージ表示端末の開発を行い、学内に展開している[4].

2.1.2 IP カメラを用いた学内監視カメラ映像配信システム

本学では、学内の監視カメラ運用のために 2001 年頃より IP ネットワークを通じてデータのやりとりを行うことが可能な IP カメラを用いた学内監視システムを採用し、運用している[5]. 現在、本学の持つ本部（東京都府中市）、府中キャンパス（東京都府中市）、小金井キャンパス（東京都小金井市）とその他学内施設において、多くのカメラが設置され、実際の監視に用いられている。設置された全てのカメラの映像は、Mac Mini を計算機として利用する表示デバイスを通じて、一斉に表示されるシステムがあり、情報センターだけでなく学内で必要とする管理部門から参照ができるようになっている。本システムにより、効率的な監視を実現している。

学内に設置された監視カメラから配信される映像は、Motion-JPEG 形式の動画を採用しており、HTTP にて配信される。また、全ての映像を一斉に確認するだけでなく、個別のカメラ映像を必要に応じて参照することも可能となっているため、さまざまな場面において、その用途に応じて必要となる監視カメラを選択し、それらの映像を集約的に表示することでより効率的な監視を実現する等の工夫がなされている。集約表示に際しては、通常の Web ブラウザを表示に利用することができるため、機器としては容易に構築することは可能となっている。

このような利用の例として、大学入試時における入退構門の集中監視が挙げられる。大学という施設は、入退構門に利用できる門が複数あるケースが多く、本学でもいづれの

キャンパス施設においても門が複数ある。また、通常時は教職員・学生に限らず多くの人が行き来する形となる。大学入試の際は、原則として受験生と当日業務を行う担当者を中心として入構が制限されているものの、厳正な実施を行う上で入退構の管理が厳密に行われる必要がある。

例年、本学では、前述したデジタルサイネージのディスプレイ装置を一時的に用途変更し、入退構門に限定した監視カメラの集中表示システムとしている。本システムは、入試本部に専用の PC を設置することで、当日リアルタイムなチェックを行えるようにしている。しかし、あくまでも一時利用のための機器を準備し、入試当日までに設置、動作確認を行い、さらには当日の運用も行うという必要もあり、準備に際してコストが高いという状況が続いていた。

3. 集中型 IP Web カメラモニタリングシステムとデジタルサイネージ表示デバイスの応用

特定集中期間における集中監視を目的とした IP カメラ表示システムの高可用化を目指し、すでに実現している小型・低価格情報デバイスを用いたデジタルサイネージシステムと連携させた集中型 IP Web カメラモニタリングシステムを実現する。本システムの実現に当たっては、1) 表示：実際のカメラ映像の表示、2) コンテンツ：表示のためのカメラ映像ソースの生成、の 2 点の要素が必要となる。本章では、この 2 点について、それぞれ詳説する。

3.1 表示：実際のカメラ映像の表示を行う装置

（Raspberry Pi を利用したデジタルサイネージ表示デバイスの概要）

本稿におけるデジタルサイネージにおける実際のコンテンツ表示を行うシステムはすでに開発している小型・低価格情報デバイスによるデジタルサイネージ表示デバイスが担う。本学にて開発を行ったデジタルサイネージ表示デバイスは、低コストであることと開発を柔軟に行えることを前提として、Raspberry Pi[6]を表示デバイスの計算機部分として用いている。

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。

Raspberry Pi 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 2 に示すようなデバイスを構築している。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 2 Raspberry Pi を利用したサイネージ表示デバイス
 Figure 2 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。

表 1 本システムの構成と費用感

Table 1 System/Price overview of new Signage System.

機器	構成
コンピュータ	Raspberry Pi Model-B または B+ 改 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 (必要に応じて)	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)

サイネージ表示デバイスを実際に設置した際の機器構成を表 1 に示す。学内に設置されたいずれの箇所について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、一部の機器等は流用を行っている。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。実際の構築に当たっては、新規に必要なとなるデバイスは非常に安価に入手できる。

3.2 コンテンツ：デジタルサイネージでの表示のための映像ソース

本システムでは、表示装置に対して表示される映像ソースは、各カメラから得られた映像を 1 ページに集約して表示させるものとなる。各カメラから取得できる映像データは、Motion-JPEG 形式の画像形式となる。このため、集約表示を行う映像ソースは、HTML 形式で記述された Web ページを Web ブラウザで表示させることで生成する。また、図 3 に示すように、複数の Motion-JPEG 形式の画像をタイル表示させることを想定し、可能な限りブラウザの負荷を高めることのないよう、各カメラの画像を img タグで並べて表示するだけの非常に簡素な HTML の内容としている。

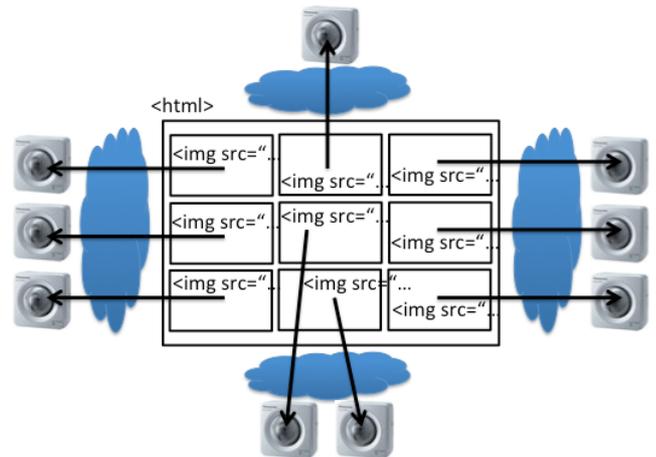


図 3 コンテンツ (HTML) の構成と映像の参照
 Figure 3 Example of Digital Signage Content.

本形式にて生成したコンテンツを、図 4 ならびに図 5 に示す。いずれのコンテンツも入退構門を中心に人の動きの多い部分とである。小金井キャンパスは府中キャンパスを比較して、人の出入りのある入退構門が多いこと、監視に有効活用できるカメラが多くなっていること、表示の必要となる箇所が多いことなどの理由により、表示されるカメラの数が多くなっている。なお、小金井キャンパスの一部カメラは、現在実施されている学内の耐震補強工事の影響でカメラ自体の電源が入っていない箇所である。本来は表示から除く必要があるが、これまでの経緯により表示されない状態でそのままコンテンツとしては作成している。

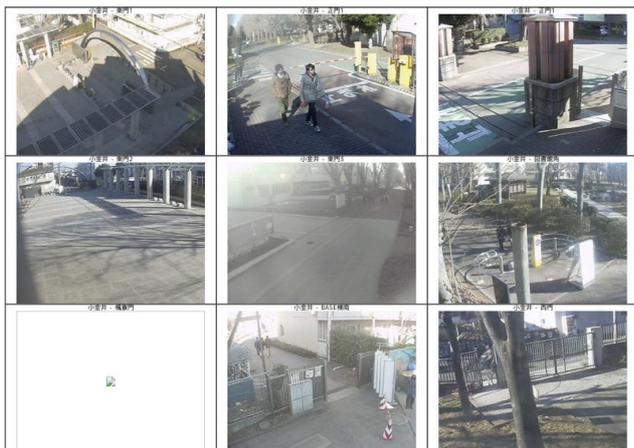


図 4 小金井キャンパスにおけるカメラ映像
 Figure 4 Example Image of Koganei Campus Cameras.

Web Cameras



図 5 府中キャンパスにおけるカメラ映像
 Figure 5 Example Image of Fuchu Campus Cameras.

また、映像表示の安定性を高める目的で meta タグを用いて 15 分ごとにページ自体をリフレッシュする処理が含まれており、定期的にページ全体がリロードされるようになっている。この処理を行わない場合、一部 OS (特に Linux) における一部ブラウザでは、最悪ブラウザアプリケーションが OS ごとクラッシュするという現象が観測されたため、安定性向上のために本処理を入れる形としている。

3.3 Raspberry Pi を利用したデジタルサイネージ表示デバイスの課題

本システムにて利用する Raspberry Pi は、Linux を搭載した安価なデバイスであるため、機器上で動作させるアプリケーションはこれまでの Linux 向け資産を利用することが可能となっている。このため、柔軟な開発を短期間に行うことができる一方で、計算機としてのスペックは低い。このため、動画像を多用する処理は計算機の処理落ちを発生させ、特に動きのあるコンテンツを表示させると滑らかな表示を期待できない。Raspberry Pi が持つ動画再生支援機能を利用することで MPEG-4 ビデオの再生は非常に軽快に行

うことができるが、それ以外のコンテンツ再生は非常に処理が厳しい状況となる。また、Web ブラウザのようなアプリケーションもコンテンツ自体に文字が多用されているものであっても、アプリケーションそのものの動作が重くなる傾向があり、今回の監視カメラのモニタリングを行う HTML ページをそのまま Raspberry Pi 単体で表示させると Motion-JPEG 画像の表示が困難であった。

このため、本システムでは、[4]にて Flash コンテンツ再生時に採用している「コンテンツ表示サーバ (サポートサーバ)」を用いる形で解決を図っている。コンテンツ表示サーバを経由したコンテンツ表示の動作は図 6 に示す。また、表 2 にコンテンツ表示サーバの構成を示す。コンテンツ表示サーバは、学内に設置された VMware ESXi ハイパーバイザー上で動作する仮想マシンであり、ホストを起動すると VNC[9]サーバとそのプロセス上で Xorg と Chromium Browser[10]が自動的に実行される。Chromium Browser はカメラ映像のあるコンテンツ以外のメニューやツールバーを表示しないためにキオスクモードにて動作する。ブラウザ起動時に所定のコンテンツを読み込み、自動的に表示を行い、表示の安定性を高めるため、コンテンツ自体の自動リフレッシュに加えて、定期的にページをリロードする処理をブラウザ側にも組み込んでいる。このようにコンテンツ表示サーバを用いることで、低スペックな Raspberry Pi でも安定したコンテンツ再生を可能とするほか、複数のサイネージ表示デバイスを設置した場合でも、各カメラに対する HTTP リクエストの集約を行うことで各カメラへのリクエストが複数行われないようにする効果もある。



図 6 コンテンツ再生時の動作
 Figure 6 Example Operation of Playing a Content.

表 2 コンテンツ表示サーバの構成

Table 2 System overview of Content Support Server.

OS	CentOS 6.5 (x86_64)
CPU	1vCPU (ESXi による仮想化)
メモリ	1GB
HDD	20GB
アプリケーション	Chromium Browser (キオスクモードにて動作)

4. 本学での実際の展開

本稿にて構築したシステムを実際に稼働させることで評価を実施した。実際の稼働は、2015年1月17日・18日に実施された大学入試センター試験小金井キャンパス試験場試験本部（本学小金井キャンパス図書館）にて小金井キャンパス分の監視カメラを集中表示させることで行った。

図7に実際に設置した際の様子を示す。今回設置を行った表示デバイスには、Raspberry Pi Model B+を採用しており、前述したプロトタイプ実装のようなシリアル通信インタフェースは実装していないモデルとなる（ディスプレイ電源制御を行う際はUSB-シリアル変換ケーブルを追加で設置する必要がある）。電源はすでに配線されているコンセントにUSB給電用のACアダプタを実装し、USB-MicroUSB変換ケーブルにて給電を行っている。また、ディスプレイ装置はDVI入力端子のみ備えているため、HDMI-DVIケーブルを用いている。機器としては非常にコンパクトであり、ディスプレイ装置の裏側に容易に設置することが可能である。また、これまで利用していた通常のPCと比較して価格も安くなり、ディスプレイ装置の裏側に実装が容易に行えることから、盗難防止に対する対応が非常に簡易的なもので良くなった。



図7 大学入試センター試験本部での表示デバイス(裏面)
Figure 7 Use-case of the TUAT's office of National Center Test for University Admissions (Backward).

また、図8にコンテンツを表示させた際の様子を示す。サイネージ表示端末に電源を供給すると、自動的に記憶装置からOSが読み込まれ、OSの初期化動作が完了した後、内蔵されたVNCクライアント[11]が自動起動する。VNCクライアントはあらかじめ設定ファイルに記録されているVNCサーバへ接続を行い、コンテンツの表示を開始する。ネットワークは、本学認証ネットワークVLANを既設の情報コンセントに対して設定し、認証システムに対して機器

のMACアドレスを事前登録しておくことで認証を通過させ、DHCPによりIPアドレスを自動取得するようしており、デバイス自体に対して設置の際に設定等を行う必要がないようにしている。設置から稼働までの一連の流れは非常に簡便であり、これまでのPCを用いて表示デバイスを構成していた際と比較して、短期間で表示側の動作確認まで行うことができ、当日の運用についても電源を入れるのみとなり簡略化を可能とした。



図8 大学入試センター試験本部での表示デバイス
Figure 8 Use-case of the TUAT's office of National Center Test for University Admissions.

5. まとめ

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を活用したIP Webカメラモニタリングシステムの提案とプロトタイプ実装について詳説した。本学では、学内の複数箇所にIP通信可能なWebカメラを設置し、すべてのカメラ映像を一覧表示させることで監視等に利用している。特定用途向けにこれらのカメラの一部を利用し、集中表示するシステムがあり、入学試験時の複数ゲートの集中監視等への活用を行っている。本システムのための表示デバイスとしてRaspberry Piを用いたデジタルサイネージ表示デバイスを応用し、これにコンテンツ表示サーバを併用することで実用的な稼働を可能とする集中型カメラモニタリングシステムを構築した。これにより、機器コスト、準備を行う人的コストなどを総合して低減するモニタリングシステムを実現した。

本システムの今後の課題として、さらなる表示数を増やしたカメラモニタリングシステムの構築が挙げられる。本稿では、最大9カメラの表示を行っていたが、本学で利用しているカメラはさらに多い。全カメラの一覧表示を本システムにより行うことができれば、既存のシステムの更新を安価に実現できる。現状でブラウザにて同時表示できる

コンテンツ数に制約があったり、安定動作しなかったりという状況が発生しており、表示に際して利用するコンテンツ表示サーバ構成の見直しやシステム全体としての検討課題が多くある状況である。今後はこれらの解決を図り、これらの成果についても順次公表していきたいと考えている。

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] 三島和宏, 櫻田武嗣, 萩原洋一: 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, 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] 2015-CDS-12(11), pp.1-6 (2015)
- [5] 古谷雅理, 櫻田武嗣, 萩原洋一, 清水さや子, 吉田次郎: 学内監視カメラシステムの運用と今後の展開, 学術情報処理研究, JACN, No.15, ISSN 1343-2915, pp.125-133 (2011).
- [6] Raspberry Pi: URL: <http://www.raspberrypi.org/> (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] 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
- [10] The Chromium Projects: URL: <http://www.chromium.org/> (2014年12月参照)
- [11] directvnc(GitHub): URL: <https://github.com/drinkmilk/directvnc> (2014年12月参照)