

小型・低価格情報端末を用いたデジタルサイネージ デバイス集約管理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として Raspberry Pi を用い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の集約管理を行うための統合システムについて詳説する。東京農工大学（以下、本学）では、従来から設置されていたデジタルサイネージシステムの置き換えを目的として、Raspberry Pi を用いたデバイス単体で自律的に動作し指定時間にコンテンツ表示を行うデジタルサイネージ表示デバイスを開発し、学内に展開してきた。これらの設置台数の増大とともに、集約管理に対する要求が高まったことから、集約管理に必要なシステムについても開発することとなった。デジタルサイネージデバイス集約管理システムは、1)表示デバイス、2)コンテンツ、3)コンテンツアサインの各項目について管理する機能を持ち、データストレージにてコンテンツファイルのマスター管理を行う。これらは、Web インタフェースを通じて容易に管理が可能である。本稿では、集約管理システムのプロトタイプシステムの概要、実際に稼働させた際の状況と今後の課題などについてまとめる。本システムにより、集約管理型のデジタルサイネージシステムを容易に、低コストに実現することを可能とする。

Prototyping of the Intensive Management Digital Signage System using Small-factor, Low-cost Information Device

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

This manuscript is describing a prototype implementation of a Digital Signage Management System with Small-size and Low-price Information Device. 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. At the replacement time of our university's digital signage system, we need to implement cost effective digital signage system. Therefore, we developed a brand-new style of the digital signage display device using low-cost information device and open intensive management system. We described the design and implementation detail of our Digital Signage Management System. Our system has three management items, 1) Device, 2) Content, and 3) Content Assignment with Device, and it can easily manage through the Web User Interface. By using this system, very low cost digital signage system can be achieved.

1. はじめに

機器の省電力化、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、これに対する取り組み

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。

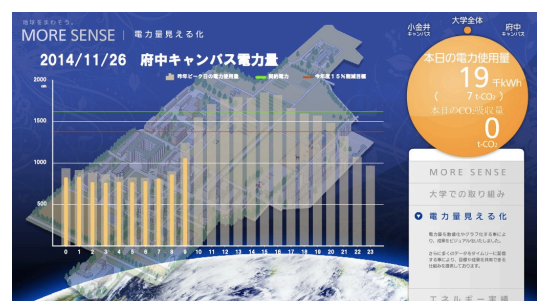


図 1 デジタルサイネージシステムを利用した「電力見える化」システムによる表示例

Figure 1 Example view of existing Signage System.

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

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、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。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）と小金井キャンパス（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、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、既存の電力見せる化システムの課題に取り組みと同時期に電力見せ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せ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。

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必要があり、これに対する取り組みとして、デジタルサイネージ表示に伴うデバイス（表示デバイス）を小型かつ低廉な情報デバイスであるRaspberry Pi[4]を用いて実現している[5]。開発を行ったデバイスは、学内展開を実施している[6]。実際に開発されたデジタルサイネージ表示デバイスは、各デバイスで自律的に動作する（デバイス自身がコンテンツデータやコンテンツアクセス情報を持ち、単独でOSを有し、各デバイスで起動・決められた時間においてコンテンツ表示を可能とする）ようになっており、個別の機器に設定を行い、設置するだけでデジタルサイネージとして機能するものである。

2. デジタルサイネージシステムに求められる要件：表示デバイスの集約管理

一般的な商用アプリケーションを用いたサイネージシステムでも同様に、多くのデジタルサイネージシステムでは、デジタルサイネージ表示デバイスを集約管理する機能が存在する。実際に、多数のサイネージ表示デバイスを展開して行く際に、各デバイスの死活監視や表示コンテンツの表示管理といった機能は必要不可欠であり、特に複数台の表

示デバイスを展開していく際には必須の機能となる。本学でも、サイネージ表示デバイスを学内に向けて展開しているが、当初は特にこのような機能が無くても特段問題とはならなかったが、設置台数が増えていく中で各デバイスの状況を管理したり、コンテンツの変更を行ったりする際の利便性を考慮し、集約的な管理機能が必要となった。

本学が開発してきたサイネージ表示デバイスは、Raspberry Piというハードウェアに対して、オープンソースで開発された各種実装とともに、デジタルサイネージ表示を実現するためのモジュールを実装することで機能を実現している。このため、集約的に管理するためのシステムもオープンシステムをベースに開発することとした。

2.1 集約管理システムが必要とする管理項目

まず、本学が開発したサイネージ表示デバイスを集約管理するために必要な集約管理システムにおける機能について定義する。

1. デバイス管理機能：

サイネージ表示デバイス自体の管理を行うために必要な項目である。各サイネージ表示デバイスがどのネットワークアドレスを持ち、どのような場所に設置されているのかといった情報を管理する。また、デバイスの死活状況を一覧表示し、デバイス自体の動作状況を把握するために利用する。このほか、後述する集約管理システムとデバイス間のメッセージングを行う際に必要な認証情報の他、デバイスのコントロール（シャットダウン・再起動）等の管理を行う必要もある。

2. コンテンツ管理機能：

デジタルサイネージシステムでは、デバイスに係る情報の他に、実際に表示が行われるコンテンツ自体が必要となる。そこで、表示すべきコンテンツ自体の管理を行う必要がある。本機能では、サイネージ表示デバイスが対応する a) ビデオコンテンツ（MPEG4 動画データ）ならびに b) メディアサポーターを利用したVNC画面転送コンテンツについて管理する機能を有する。また、表示コンテンツには、複数のビデオをまとめて連続再生するといったことも考えられることから、コンテンツをまとめたもの（コンテンツセット）の管理も可能とする。

3. コンテンツアサイン管理機能：

各サイネージ表示デバイスでコンテンツを再生するためには、デバイスとコンテンツのマッチングを行う必要がある。そこで、これらの対応付け（アサインメント）を行う機能を有する必要がある。デバイスとコンテンツのマッチングが完了した後に、実際にデバイスに対してコンテンツ表示ができるよう設定を行う。

3. 自律統合型デジタルサイネージシステムを実現するサイネージ表示デバイスの集約管理システム (TUAT Signage Manager)

本稿にて提案する自律統合型デジタルサイネージシステムは、各サイネージデバイスは設定に基づき OS を含め独立的に動作し (自律), かつ、各サイネージデバイスを集約的に管理するためのシステムによって管理を容易にする (統合) 機能を持つ全体のシステムである。表示デバイスの集約管理システムには、遠隔から各サイネージデバイスの自律的動作を制御し、統合的に管理する「デバイスマネージャ」と「セッションコントローラ」が存在する。これに加えて、管理者からの容易な管理を実現するために、Webベースのユーザインタフェース (以下、WebUI) を持ち、管理者は、Web ブラウザ経由で容易に管理することが可能となる。また、サイネージ表示デバイスを制御するためのデバイス間メッセージング機能を有する。

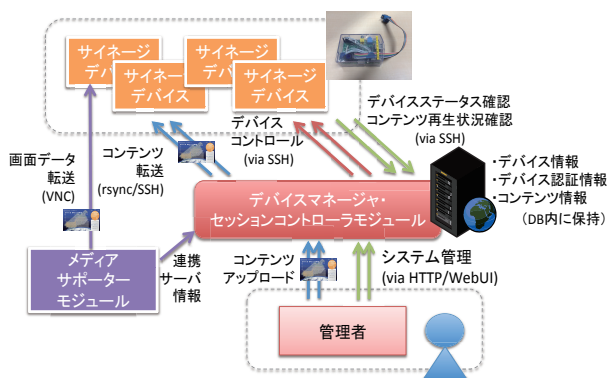


図 2 自律統合型デジタルサイネージシステム

Figure 2 Autonomous and Integrated Digital Signage System.

3.1 デバイスマネージャ・セッションコントローラ

先述したデバイス・コンテンツ・アサインメントの各情報を登録・管理するためのモジュールとして、デバイスマネージャならびにセッションコントローラがある。これらモジュールはフロントエンドとしての WebUI と連携し、各情報の登録等を実施する。また、バックエンドのデータベース (RDBMS) を搭載し各種情報を保持する。

保持するデータには以下のものが挙げられる。

- デバイス情報 :
 固有 ID・ホスト名・IP アドレス (デバイスとの接続に利用する識別子)・デバイス表示名 (各 WebUI で表示する際の名称)・デバイスの運用モード情報・デバイスの運用に係るステータス情報
- コンテンツ情報 :
 固有 ID・コンテンツ表示名 (各 WebUI で表示する際の名称)・コンテンツタイプ・コンテンツ再生時に利用するオプション情報

- コンテンツセット情報 :
 複数コンテンツ (ビデオコンテンツ) に対するために、複数のコンテンツをひとつにまとめるためのコンテンツセット情報として、固有 ID・コンテンツセット表示名 (各 WebUI で表示する際の名称)・コンテンツタイプ・コンテンツリスト
- コンテンツアサインメント情報 :
 各サイネージ表示デバイスとコンテンツセットの関連づけを行い、コンテンツ再生時間等の制御を行うためのコンテンツアサインメント情報として、固有 ID・コンテンツタイプ・稼働時間帯

3.2 WebUI (Web ユーザインタフェース)

Web ブラウザ経由での管理を実現するために集約管理システムは WebUI を持つ。WebUI は、Web サーバで動作する Web アプリケーションとして実装されている。実装にあたっては、シンプルな画面デザインとするため、Bootstrap をベースとしている。また、Web アプリケーションの実装言語としては Perl を用い、バックエンドのフレームワークとして CGI Application を用いている。WebUI は、管理に必要な 3 つの機能に対して、1 つずつの画面が用意されており、管理者は以下に示すそれぞれの画面にて必要な設定を行う。

- デバイス管理インタフェース :
 デバイス管理インタフェースでは、各サイネージ表示デバイスの登録と管理を行う。図 3 に画面例を示す。本インタフェースでは、先述したデバイスマネージャならびにセッションコントローラモジュールで取り扱うデバイス情報のうち、一覧表示では登録されたデバイスのユニーク ID・ホスト名・IP アドレス等の一部情報を表示し、各デバイス管理を行う画面では残りの登録情報の表示と設定変更を可能としている。本インタフェースでは、デバイス個別の設定に加えて、デバイスの一時的な無効化、再起動、シャットダウン、といったデバイスの制御ができる。
- コンテンツ管理インタフェース :
 各デバイスで表示されるコンテンツ自体を管理する。図 4 に画面例を示す。ひとつひとつのコンテンツを登録した上で、各デバイスで表示させるコンテンツセット (例えば複数のビデオファイルをまとめて表示させるときにコンテンツセットを形成する) も合わせて登録する。単独コンテンツを表示させる際も、1 つのコンテンツセットとして登録を行う。ビデオファイルの場合は、登録画面の上のファイルアップローダを通じてファイルをアップロードし、サーバ上の所定のフォルダに所定の名前 (アップロード時のフ

ファイル名の揺れに対応するため、ファイルを保持する際はコンテンツの固有IDをベースとしたファイル名に自動的に変更される)で配置される。メディアサポーターを用いるコンテンツの場合、コンテンツオプションを登録する。

- コンテンツアサイン管理インターフェース：
 各デバイスが何をいつ表示するかを設定する。図5に画面例を示す。本インターフェースを通じて、すでに登録されたデバイス情報とコンテンツセット情報のマッチングが図られ、この情報を元に各デバイスが設定される。また、コンテンツ表示をいつ行うかを設定し、これに基づき、各デバイスではコンテンツ表示の開始・停止といった処理を各デバイスの時計をベースに実行する。



図3 デバイス管理インターフェース
 Figure 3 Device Management Interface.

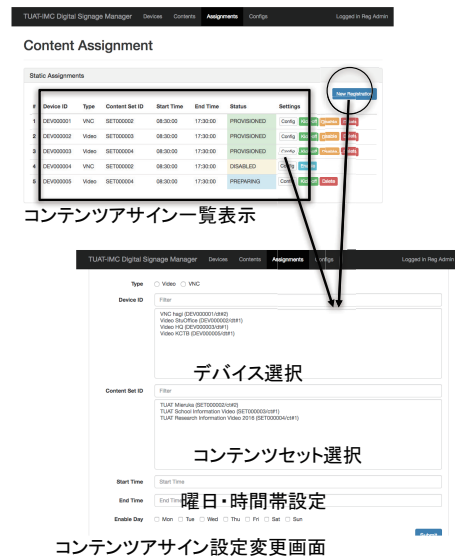


図5 コンテンツアサイン管理インターフェース
 Figure 5 Content Assignment Management Interface.

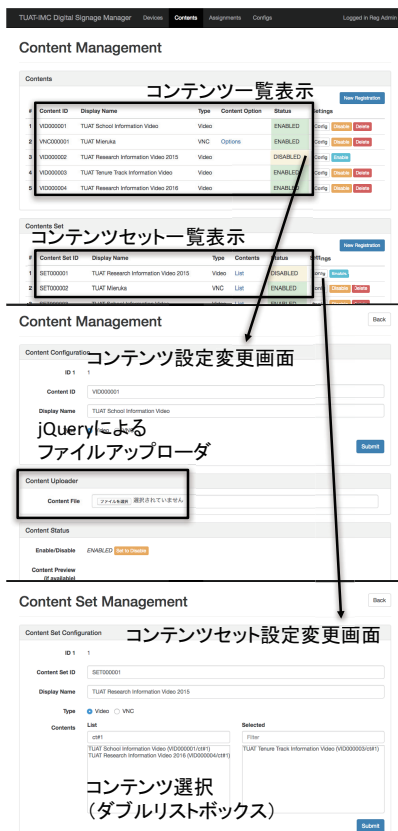


図4 コンテンツ管理インターフェース
 Figure 4 Content Management Interface.

3.3 デバイス間メッセージング

デバイスの管理やコンテンツの管理のため、自律統合型デジタルサイネージシステムと各デジタルサイネージ表示デバイス間において、設定・制御のためのメッセージングを行う必要がある。機器間でのメッセージングには、新たなメッセージングAPIを開発するのではなく、SSH(Secure Shell)を経由したコマンド実行や設定ファイル変更処理を行う形を採用している。

SSHでの通信の際には、通信前の認証が必要である。SSHにおける認証にはユーザIDとパスワードを用いる従前よりあるプレーンな認証の他、公開鍵暗号認証を用いることができる。自律統合型デジタルサイネージシステムでは複数のデバイスに対してメッセージングを行う必要があり、共通のIDとパスワードといった特定の認証情報を使い回すことはセキュリティレベルの低下を招くことから、デバイスごとの公開鍵認証方式を用いる。実際には、デバイスを自律統合型デジタルサイネージシステムに登録した際に公開鍵認証に必要な鍵情報を自動生成し、集約管理システムの持つストレージ上に保持する。管理者は生成された公開鍵のみをデバイス設定情報としてWebUIを通じて取得

でき、サイネージ表示デバイスの所定のストレージ位置に保存して利用する。

3.4 サイネージ表示デバイス登録～稼働の流れ

自律統合型デジタルサイネージシステムに対して、デジタルサイネージ表示デバイスを登録し、実際にサイネージ表示を行うまでの流れを以下に示す。

手順1：デジタルサイネージ表示デバイスのセットアップを行う。すでに構築されているカスタマイズ OS のイメージを SD カードに対して展開する。

手順2：デバイス管理インタフェースを通じて、デジタルサイネージ表示デバイスを登録する。登録後、各デバイス接続用の SSH 公開鍵を含むデバイス設定情報ファイルを取得し、各デバイス用の SD カードの所定フォルダにそれぞれ保存する。

手順3：設定した SD カードを Raspberry Pi にセットして起動させる。

手順4：コンテンツ管理インタフェースを通じて、まずコンテンツを登録する。ビデオコンテンツはコンテンツファイルを合わせてアップロードする。

手順5：コンテンツ管理インタフェースを通じて、コンテンツセットを登録する。

手順6：コンテンツアサインインタフェースを通じて、デバイスとコンテンツセットのマッチング登録を行う。

手順7：コンテンツアサインインタフェースを通じて、デバイスごとにデプロイメント (Kick-off ボタンを押下) を実行することで、各デバイスに対して表示すべきコンテンツや設定が自動実行される。

手順7にて実施されるデプロイメントでは、各デバイスの動作に関する設定が集約管理システムから SSH を経由して行われ、各サイネージ表示デバイスは起動時にその設定に基づきサイネージ表示が設定される。ビデオコンテンツを表示するデバイスでは、各デバイスにコンテンツデータを保持する必要があるため、コンテンツデータの同期が必要となる。まず、集約管理システムのストレージ上に各デバイス用のコンテンツフォルダが作成される。アサインされたコンテンツ情報に基づき、各コンテンツフォルダに対して元のコンテンツファイルからのシンボリックリンクを生成し、デバイスごとのフォルダから rsync を実行することで各デバイスに対してファイル同期を実施する。

4. 静的なコンテンツアサインと動的なコンテンツアサイン

先述したサイネージ表示デバイスの運用形態は、コンテンツとのアサインメントを実施する前に、デバイスのネットワーク接続情報が用意されていることが前提となってい

る。すなわち、サイネージ表示デバイスの持つ IP アドレスが事前に登録されている必要があり、すべての制御は事前に設定されたこの IP アドレスの情報を元に行われる。デバイスの登録情報、コンテンツの登録情報、最終的なデバイスとコンテンツのアサインメント情報すべて「静的」に行われることから「静的なコンテンツアサイン」と呼ぶ。

この静的な構成は、サイネージ表示を行う場所はそう簡単に移動されるものでもないため、静的な場所管理が行われるケースも多く、サイネージ表示デバイスを管理する上では非常に有用である。

これに対して、本稿で提案する集約管理システムでは、先述した「静的」なコンテンツ設定に加えて、「特定の場所」という情報に基づいて簡便にデバイスへのコンテンツ設定を行う機能も実装している。このような機能を「動的なコンテンツアサイン」と呼び、サイネージ表示デバイスがどこに設置されたのかを簡易的に認識し、その場所に応じたコンテンツを自動設定する。

4.1 動的なコンテンツアサインを実現する管理手法～無線 LAN アクセスポイント情報を利用した設置場所の推測とコンテンツの動的なアサイン

動的なコンテンツアサインを実現するひとつの手法として、無線 LAN アクセスポイント情報をベースとした動的なコンテンツアサインを実現する機能を実装している。場所という情報に基づいた動的なサイネージコンテンツの設定には、センサ情報や位置測位技術などのさまざまな仕組みを用いて高精度に行うことも可能であるが、本稿では簡易的に場所を認識し、コンテンツ設定を容易にする目的として、この仕組みを導入している。

本手法では、サイネージ表示デバイスに対して、ネットワークへの接続を無線 LAN 経由とし、アソシエーションした無線 LAN アクセスポイント情報をベースとして、コンテンツアサインメントを自動化する。ここで無線 LAN アクセスポイントを利用している理由としては、大学等の大規模もしくは中規模に展開される無線 LAN システムでは、ある一定のエリアに対して、ある程度定まったアクセスポイントを設置し、ユーザの利用を行えるようにしているため、あるアクセスポイントがどこに設置されているかといった情報が存在することにある。このため、特定のアクセスポイント情報を元に、だいたいどの辺りに機器があるか (例えば、大学キャンパスの何号館なのか、といったレベル) という緩やかな情報を推測できる。

動的なコンテンツアサインでは、事前に a) デバイスの登録、ならびに b) コンテンツアサインポリシーの登録が必要となる。デバイスの登録時には、従来の静的なアサインを行うデバイスとは異なり、IP アドレス等のネットワーク接続に係る情報ではなく、デバイスを識別するための ID 情報 (MAC アドレス等) のみ登録する。コンテンツアサ

インポリシーでは、対象となる無線 LAN アクセスポイントの持つ MAC アドレス (BSSID と呼ばれる識別子情報) とその ID に対応するコンテンツセットの情報を登録する。

事前に登録された情報の他に、サイネージ表示デバイスは定期的に自身のネットワーク情報とアソシエーションしたアクセスポイントの BSSID を通知し、集約管理システムはそれらを自動的に登録する。ここまでに登録された情報を元に、デバイスとアクセスポイントとコンテンツのマッチングを図り、当該デバイスに対してどのコンテンツを提供すべきかを認識する。当該デバイスに対するコンテンツのマッチングが完了した後、コンテンツのデプロイメント (先述の手順 7 に相当) が実施され、サイネージ表示デバイスはコンテンツの再生を開始する。

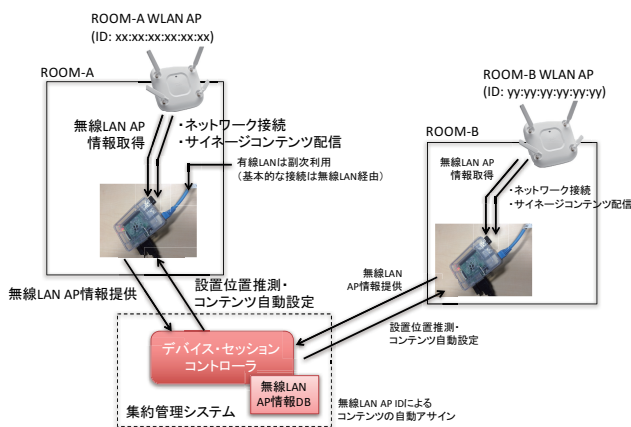


図 6 動的なコンテンツのアサイン

Figure 6 Dynamic Content Assignment.

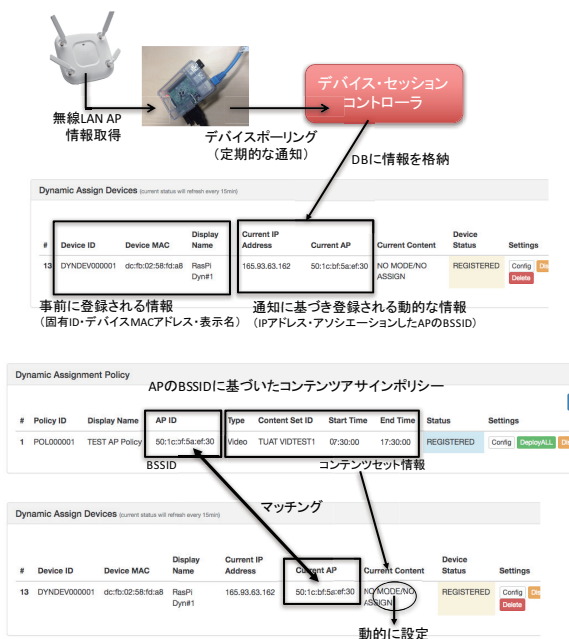


図 7 無線 LAN アクセスポイント情報による動的なコンテンツのアサイン

Figure 7 Dynamic Content Assignment using Wi-Fi AP ID.

5. まとめ

本稿では、小型かつ低価格な情報デバイスとして Raspberry Pi を用いたデジタルサイネージ表示デバイスの集約管理を行うための統合システムについて詳説した。本学が開発したサイネージ表示デバイスの学内展開に際して、設置台数の増大とともに、集約管理に対する要求が高まったため、集約管理に必要なシステムについても開発することとなった。デジタルサイネージデバイス集約管理システムは、1)表示デバイス、2)コンテンツ、3)コンテンツアサインの各項目について管理する。合わせて、デバイス間メッセージングについても設計・実装し、デバイスの制御を可能とした。管理は、WebUI を通じて容易に管理が可能である。本稿では、集約管理システムのプロトタイプシステムの概要を述べ、加えて、静的なコンテンツアサインと動的なコンテンツアサインに関して述べている。

本システムの今後の課題として、さらなる開発の継続とともに、システムの公開を含めたデプロイメント活動の実施が挙げられる。また、動的なコンテンツアサインに対する、無線 LAN アクセスポイント情報以外の高度な位置情報を用いた手法の検討もあると言える。これらに加えて、実際のシステムのフィールドテストとして、すでに学内に展開しているサイネージ表示デバイスの管理を行える準備を進めたい。

謝辞 本研究の一部は、公益財団法人電気通信普及財団研究助成によって行われたものです。ここに謝意を表します。

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> (2017 年 1 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/> (2017 年 1 月参照)
- [5] 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プ化, 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-CDS-12, No. 11, pp. 1-6, 2015.
- [6] 三島和宏, 櫻田武嗣, 萩原洋一: 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プ化, 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-IOT-28, No. 40, pp. 1-6, 2015.