

移動体デジタルサイネージシステムの遠隔監視

坂田浩二[†] 鈴木薫[†] 井上博之[†] 前田香織[†]

デジタルサイネージは表示するコンテンツを自由に入れ替えられるという特徴を持ち、タイムリーなコンテンツの表示ができることが従来の紙広告に比べ大きなメリットとなる。しかし、それを実現するためのシステムの稼働状況や指定通りのコンテンツの表示ができていない等を遠隔監視することに関する研究はほとんど行われていない。特に電車やバスのような移動体ではコンテンツを格納するサーバとの間に無線通信を使用していることが多く、ネットワークの安定性の問題や現在の稼働位置の把握が困難な点など、遠隔監視がより重要な課題となってくる。そこで、本稿では移動体に搭載されたデジタルサイネージの遠隔監視に焦点を当てる。具体的には、著者らが行った路面電車をを用いた移動体デジタルサイネージの実証実験から得た結果から、移動体デジタルサイネージを運用する上での課題を整理し、監視運用を容易に行うための遠隔監視システムを提案する。また、遠隔監視のためのオーバヘッドについて考察する。

Remote Monitoring of a Mobile Digital Signage System

KOJI SAKATA[†] KAORU SUZUKI[†]
HIROYUKI INOUE[†] KAORI MAEDA[†]

Digital signage systems equip the advantages to present various contents depending on the contexts for the users, compared with the conventional paper advertisement. However there are few researches about the remote monitoring for the digital signage system, which provides the administrators the system status, error notification and proper display of the contents. Especially on moving vehicles such as buses or trains, it is difficult to observe the remote status of display and the network between the display terminals and servers. In this paper, we focus on the remote monitoring issues of mobile digital signage systems. Through the experiment of our mobile digital signage system which the authors have developed and operated on the trams (streetcars), we sort out the issues to monitor and operate the mobile digital signage system. We propose a new monitoring system for the mobile digital signage system and discuss overheads with the remote monitoring.

1. はじめに

近年、表示と通信にデジタル技術を活用してリアルタイムに映像や情報を発信するデジタルサイネージが注目を集めている。既に数多くの企業から製品も販売されており、デジタルサイネージ市場は2015年には1兆円市場に成長する可能性があるとの試算も出ている[1]。また、総務省から提出された原口ビジョンII[2]では、ICT維新ビジョン2.0において、日本発ICT(J-ICT)の国際展開の推進のための重点分野にデジタルサイネージが明記されるなど、国を挙げた発展が期待されている。研究分野においても、デジタルサイネージの効果的な利用方法の研究[3]やデジタルサイネージのコンテンツの配信方法に関する研究[4]など、活発化している。システムや指標等統一ルールの不在による問題に対して、その標準化、牽引を行うデジタルサイネージコンソーシアム（以降、DSC）[5]が発足している。

デジタルサイネージは表示するコンテンツを自由に入れ替えられるという特徴を持ち、タイムリーなコンテンツの表示ができることが従来の紙広告と比べ大きなメリットとなる。デジタルサイネージが急速に普及することで広告媒体としての重要性が増し、紙広告では求められなかったコンテンツの表示が実際に指定通りに行われたかという表示の正確性の保証が求められる。コンテンツのメタデータを用いた配信・管理の統合化技術の研究[6]では、コンテンツの表示結果を通知することでスケジュール通りに表示が行われたかを確

認することについても触れられており、また企業の製品においてもコンテンツ配信サービスとして、ディスプレイに表示された結果をレポートとして顧客に通知するレポートサービス[7]が行われている。しかし、このような研究や製品は、ネットワークが安定している固定設置されたデジタルサイネージ（以降、固定デジタルサイネージ）を前提としており、移動体におけるデジタルサイネージ（以降、移動体デジタルサイネージ）では、様々な課題を考慮しなければならない。著者らが行った路面電車をを用いた移動体デジタルサイネージ（以降、路面電車デジタルサイネージ）の実証実験[8]では、ネットワークの不安定さ故にコンテンツ表示が確実に行われぬ可能性があり、また、その把握も困難であるという課題を抱えていた。

そこで本稿では、路面電車デジタルサイネージの実証実験で得られた結果から、移動体デジタルサイネージを監視運用する上での課題を整理し、監視運用を容易に行うための遠隔監視システムを提案する。ここではネットワーク対応型のデジタルサイネージを前提とした上で、広告掲載を対象としたデジタルサイネージの遠隔監視を想定しており、表示端末を中心に移動体デジタルサイネージの遠隔監視について述べる。また、遠隔監視システムのオーバヘッドを分析し、その結果について述べる。

以下、2章では移動体デジタルサイネージの遠隔監視における課題について述べる。3章では本稿で提案する移動体デジタルサイネージの遠隔監視システムについて説明し、4章で提案する遠隔監視システムのオーバヘッドについて考察する。最後に5章でまとめと

[†]広島市立大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

今後の課題について述べる。

2. 移動体デジタルサイネージシステムの遠隔監視の課題

移動体デジタルサイネージの通信には無線通信を利用するため、固定デジタルサイネージと比較して、通信が不安定となる可能性が高い。よって、固定デジタルサイネージに比べて表示制御コンピュータ（以降、プレーヤ）の状態の把握が難しく、遠隔監視がより重要となる。本章では、著者らが行っている路面電車デジタルサイネージとその遠隔監視の事例を紹介し、運用実績から把握した移動体デジタルサイネージの遠隔監視の課題をまとめる。

2.1 路面電車デジタルサイネージの概要

著者らは広島電鉄宮島線の車両を使用して、自ら開発した路面電車デジタルサイネージの試験運用を行っている。図1にシステム構成を示す。路面電車の先頭と後尾に、それぞれ液晶ディスプレイとプレーヤを設置している。先頭のプレーヤにはHSDPA（High Speed Downlink Packet Access）方式のデータ通信カード（メーカー公称値：Down 7.2Mbps, Up 384kbps）とGPS受信機を装着している。これを經由して2台のプレーヤがインターネットに接続しており、2台のプレーヤ間はWi-FiのAdHocモードで通信する。プレーヤはインターネット経由で、表示スケジュールとその表示コンテンツを事前にサーバから取り込むことで、インターネットとの接続が中断した場合でも問題なくコンテンツを表示できるようになっている。また、路面電車の位置情報を100m程度の粒度で取得するために、路面電車の営業最高速度が60km/hであることを考慮し、約5秒置きにサーバへ通知している。サーバではこの情報を元にプレーヤの位置を常に把握できるようになっている。

本システムの特徴は、時間や曜日によるスケジュールに従ったコンテンツの表示と、GPSにより取得した位置情報や進行方向等のコンテキストに従った内容のコンテンツをタイムリーに割り込み表示することである。この割り込み表示機能は、サーバから表示トリガー情報をプッシュ配信することによりリアルタイム性を実現している。

2.2 路面電車デジタルサイネージで生じた問題点

運用当初は特別な監視手段を有していなかったため、プレーヤの状態を把握することが困難であった。プレーヤで生じる問題として、表示プログラムやプレーヤ

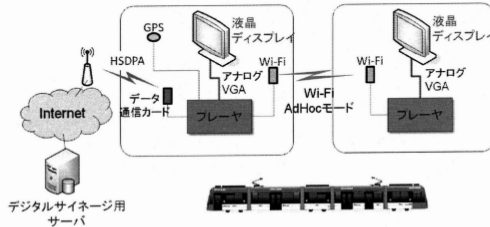


図1 路面電車デジタルサイネージの構成
Figure 1 Tram digital signage system.

マシンの停止や、表示プログラムのエラーが出力される等のシステムエラーが生じたことである。また、プレーヤ間の通信を行うWi-FiのAdHoc接続が確立しないという問題も起きた。その他、路面電車は常に地上を走行するため、HSDPAネットワークの接続は安定していると考えていたが、運用を開始すると都市部で通信が不安定となる場合もあった。このような場合も事前に取り込んでおくスケジュールに従ったコンテンツの表示には問題は生じないが、位置情報を基にした割り込み表示は、リアルタイムに割り込み表示トリガーがプッシュ配信されないため、必ずしも成功しない。このため、プレーヤやネットワークの状態の監視やコンテンツの表示結果の確認を行う必要がでてきた。

2.3 路面電車デジタルサイネージの遠隔監視方法

2.3.1 遠隔監視システムの概要

2.2節の問題に対して遠隔監視システムの導入を検討したところ、運用中のデジタルサイネージシステムへの変更のリスクは大きく、特にプレーヤのシステムへの変更は最小限に抑えることが求められた。サーバ側から遠隔監視を行うことを前提として、サーバ側で得られる情報を基に、プレーヤの稼働状況とネットワーク状態の監視、コンテンツの表示結果を確認する機能を実装した。コンテンツ表示結果確認機能は、コンテンツ表示がスケジュール通りに行われたかを確認するための機能である。

図2に現状の遠隔監視システムの概要を示す。現状のシステムでは、位置情報を約5秒おきにプレーヤからサーバにアップロードする際に送信されるHTTPアクセス要求を用いて、プレーヤの稼働状況とネットワーク状態を監視する方法をとっている。コンテンツの表示結果確認は、プレーヤからサーバにアップロードされるコンテンツ識別子及び表示時刻が記されたログファイルとデータベース（以降DB）に登録された表示スケジュールとを比較することで実現している。

システム管理者は、電子メールによるプレーヤの状態変化のリアルタイムな通知に加え、図3や図4のように、ネットワーク状態やコンテンツ表示結果をWebブラウザ上で一日単位にまとめて確認できるようになっている。位置情報は約5秒間隔でアップロードされ、1時間当たり最大720回のアクセスがあるので、図3のアクセス回数によりネットワーク状態及びおおよそのプレーヤの稼働状況を確認することができる。

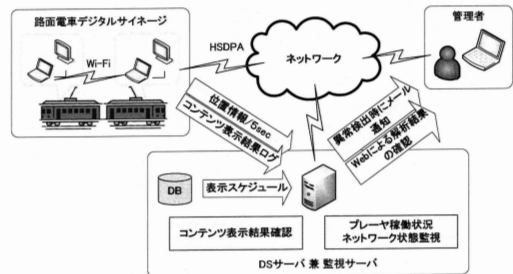


図2 現状の遠隔監視システム
Figure 2 Current remote monitoring system.

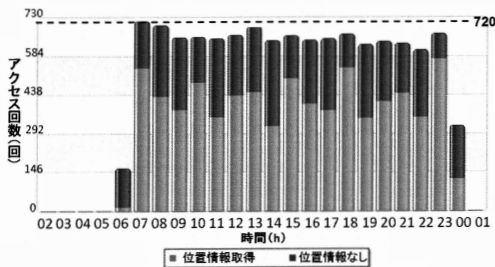


図3 位置情報のアップロード状況
Figure 3 The of number of http connections to inform location information.

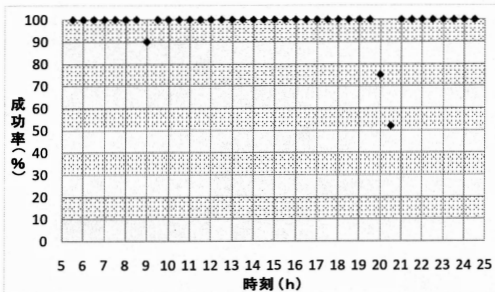


図4 30分ごとのコンテンツ表示の成功率
Figure 4 The rate of proper display every 30 minutes.

また、位置情報の取得状況も確認できる。図4では30分ごとのコンテンツ表示の成功率を確認することができる。

2.3.2 路面電車デジタルサイネージの遠隔監視システムの課題

遠隔監視システムを導入したことにより、プレーヤの稼働状況やネットワーク状態、またコンテンツの表示結果を把握することが可能となったが、プレーヤの現在地や進行方向に応じてプッシュ配信される割り込み表示の成功率を正確に把握することはできていない。また、遠隔監視をサーバから行っているため、ネットワーク断絶時にはプレーヤに致命的な不具合が生じたとしても、その復帰処理を行うことができなかった。さらにはプレーヤの停止通知の原因が、正常終了である路面電車の運転時間の終了や保守時における車両からの給電停止によるものか、車両の給電装置の故障によるものか、またはプレーヤとサーバ間のネットワークの問題であるのかを区別できなかった。

コンテンツの表示結果に関しては、プレーヤの表示プログラム上で表示処理を行ったことは確認できるが、実際にプレーヤの画面に表示されていない可能性がある。また、他のプログラムのウインドウや、表示プログラム等のエラーダイアログウインドウが表示プログラムのウインドウに表示されている可能性もある。本システムでは、それらを確認することができないという問題も残った。

2.4 移動体デジタルサイネージの遠隔監視システムへの要求事項

固定デジタルサイネージを含む一般的なデジタルサイネージの遠隔監視に求められるシステム要求と、路面電車デジタルサイネージの遠隔監視から得られた課題から移動体デジタルサイネージの遠隔監視のシステム要求を整理する。

まず、一般的なデジタルサイネージの遠隔監視に求められる性質を、既存の企業製品の機能やDSCのガイドライン[9]により、以下の(1)~(3)のように整理した。

- (1) システムの監視及び異常箇所の自動復旧と通知
プレーヤや周辺機器、ネットワーク、アプリケーション等のデジタルサイネージシステムの状態を監視する機能を持ち、障害発生時には異常箇所や異常原因を把握できること。また必要に応じて異常箇所を自動復旧し、管理者へ通知できること。過去に遡って監視結果の履歴を参照可能であること。

- (2) コンテンツ表示結果の確認

プレーヤの表示プログラムやサーバから出力される表示結果の記録に加え、画面に何が表示されていたのかを確認できるような画面キャプチャ機能や、表示機器の状態監視機能を備えること。表示結果の確認では、コンテンツが表示された時刻や画像、コンテンツ名、スケジュール表示や割り込み表示のような表示方式の種類を確認可能とする。

- (3) デジタルサイネージシステムへの影響

遠隔監視システムを導入することにより、デジタルサイネージのシステム構成の変更や、マシン資源やネットワーク資源を占有する等の影響がないこと。

次に、移動体デジタルサイネージの遠隔監視では、通信が不安定となる可能性が高いことやネットワーク帯域が限られていることを前提としたシステムが必要となるため、以下の(4)~(6)の要求事項を加えた。

- (4) プレーヤで独立稼働する監視システム

独立して稼働する監視エージェントをプレーヤに導入することにより、プレーヤ単独で監視動作及び異常箇所の対処を可能とし、ネットワーク断絶時の影響を受けないこと。また、電車等の車両内に多数のプレーヤが設置されるような大規模システムでは、コンテンツの配信効率を高めるために車両内にエッジサーバを設置するようなシステムもある。このようなシステムではサーバからプレーヤへのコンテンツやスケジュール等はエッジサーバを経由して配信される。そのため、プレーヤとセンターサーバが直接通信できないこともあり、そのことを考慮したシステム設計が要求される。

- (5) ネットワーク資源の節約

最小限のメッセージやログのみをサーバへアップロードすること。アップロードするファイルのデータ量は可能な限り小さくすること。

- (6) コンテンツ割り込み表示の結果確認方法

コンテンツの割り込み表示はネットワーク状態に依存するため、必ずしも成功するとは限らない。そのことを前提として、指定期間中の表示回数により広告対価が変動する等のビジネスモデルを考慮した確認機構が必要となる。

3. 移動体デジタルサイネージの遠隔監視システムの提案

3.1 システム構成

2.4 節のシステム要求を満たすために図 5 のようにシステムを構成する。システムの構成要素は、対象を監視する監視エージェント、監視エージェントが収集した監視情報の収集や設定の変更を行う監視マネージャ、収集された監視情報を蓄積する監視 DB、遠隔監視システムのユーザインタフェースとなる操作端末である。

3.1.1 監視エージェント

監視エージェントは、監視対象となるデジタルサイネージのセンターサーバまたはプレーヤやエッジサーバで動作する監視プログラムを示す。監視エージェントは監視する対象により、プレーヤやエッジサーバを監視するプレーヤエージェントとデジタルサイネージサーバを監視するサーバエージェントに分類される。さらにプレーヤエージェントは、ネットワーク接続の有無により親エージェントモードと子エージェントモードで動作する。親エージェントモードはネットワークに接続可能なプレーヤまたはエッジサーバで使用し、子エージェントモードはネットワークに接続されていないプレーヤで使用する。仮にすべてのプレーヤがネットワーク接続可能な場合には、親エージェントモードのみの構成で動作する。

(1) プレーヤエージェント

プレーヤの監視はプレーヤエージェントが独自に行い、通信が断絶した場合にもプレーヤエージェント単独で動作する。プレーヤエージェントの中核機能であるシステムの監視機能とコンテンツ表示結果の確認機能については、それぞれ 3.2.1 項と 3.2.2 項で後述する。

プレーヤエージェントから監視マネージャへアップロードされる情報には、システムの異常をリアルタイムに管理者へ通知するための緊急通知メッセージと監視マネージャからの要求時または定期的にアップロードされるシステムの稼働状態やコンテンツの表示結果、システムの軽微な異常内容が記述された報告ログがある。報告ログは監視マネージャに対して定期的にアップロードされるが、監視マネージャから報告ログの取得要求があった場合には、直ちにアップロードされる。

① 親エージェントモード

親エージェントモードでは、自身のプレーヤまたは

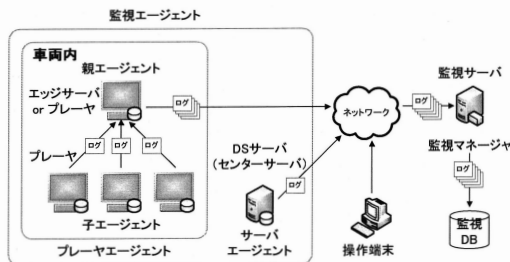


図 5 遠隔監視システムの構成
Figure 5 Remote monitoring system.

エッジサーバのシステムの監視機能とプレーヤのコンテンツ表示結果を収集するコンテンツ表示結果の確認機能を持つことに加え、監視マネージャと子エージェント間の通信を中継する機能を持つ。親エージェント自身に接続されている子エージェントの構成情報を所持することで監視マネージャと子エージェント間の中継機能を実現する。中継機能では、常に監視マネージャと子エージェント間の通信を待ち受けており、受信すると直ちに宛先へ転送する。子エージェントからの定期報告が一定時間を経過しても行われない場合には、何らかの障害が発生したもとして子エージェントに対して調査を行うとともに定期報告がないことを緊急通知メッセージとして、監視マネージャに通知する。

② 子エージェントモード

子エージェントモードでは、自身のプレーヤのシステム監視機能とコンテンツ表示結果の確認機能を持つ。監視マネージャへの通信は全て親エージェントを経由して行う。

(2) サーバエージェント

サーバ監視については監視ソフトウェアや SNMP[10]を用いる方法が一般的であり、モバイルエージェントによるサーバ監視[11]等もある。デジタルサイネージ(DS)サーバは DB を備えた Web サーバ上に構築されることが多く、Nagios や ZABBIX 等の既存のオープンソースを用いることで実現できると考える。

3.1.2 監視マネージャ

監視マネージャは、監視サーバで動作する監視エージェント管理機能及び監視情報収集機能をもつプログラムを示す。監視サーバとデジタルサイネージサーバを一つのサーバマシンで構築する場合には、一つのサーバマシン上に監視マネージャとサーバエージェントの両方を設置する。

監視マネージャは、監視エージェントからの緊急メッセージや報告ログにより、各監視対象が正常に稼働しているかを監視し、報告ログのコンテンツ表示結果から表示結果の確認を行う。また、監視エージェントの緊急通知メッセージや報告ログにより、異常を検知した際には管理者へ直ちに通知する。

3.1.3 監視 DB

監視マネージャに収集された各エージェントの緊急通知メッセージや報告ログ、3.2.2 項で後述するコンテンツ表示結果の確認結果を蓄積する。

3.1.4 操作端末

Web ブラウザ上でシステム管理者に提供される操作確認インタフェースで、各監視対象の状態及び監視マネージャと監視エージェントの設定及び構成、各プレーヤのコンテンツ表示結果の確認を行うことができる。また、操作指示を出すことが可能であり、各監視エージェントに対してログ要求を行うことで、定期報告を待たずに報告ログの収集を行ったり、監視マネージャや監視エージェントの設定の変更を行うことができる。

3.2 提案システムの中核機能

3.2.1 システムの監視機能

システムの監視機能は監視エージェントと監視マネージャ、監視 DB から構成される。図 6 にシステムの監視機能のフローを示す。

システムの監視機能では、プレーヤの稼働状況やネットワーク状態等のデジタルサイネージシステムの状態を一定時間ごとに監視する。

システムに異常を検知した場合には、その異常の程度を判断する。プロセスやシステムの再起動を行う必要がある場合には、その再起動を試みる。この異常の程度の判断は、イベント内容と各イベントに対する動作を記述した監視イベントファイルに従う。ファイルには、再起動以外の動作も指定することができ、イベントに応じた動作を行う。この動作はコマンドや外部プログラムの実行、プレーヤの再起動等がある。監視マネージャから監視エージェントの設定を変更することでこの監視イベントファイルにイベントや動作の変更及び追記等を行うことができ、柔軟な対応が可能となる。スクリプト等を記述した外部プログラムをダウンロードすることで新たな動作を行うことも可能である。提案システムでは、システムの異常検知時におけるこれらの機能を 2.4 節で述べた自動復旧の一部として実現する。

再起動に失敗した場合には、緊急通知メッセージを監視マネージャへ通知する。ネットワークの状態等により、通知に成功しなかった場合には一定時間ごとに成功するまで試みる。

監視マネージャは緊急通知メッセージを受信した場合には、管理者へメールまたはアラームにて通知を行い、監視 DB へ緊急通知メッセージを蓄積する。また、監視エージェントに蓄積された報告ログは定期的に監

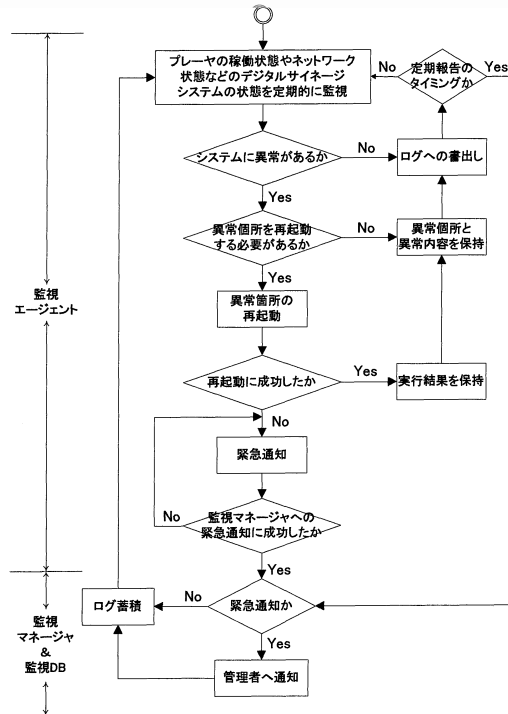


図 6 システムの監視機能のフロー
Figure 6 Flow of monitoring functions.

視マネージャへアップロードされる。報告ログのアップロードに失敗した場合には、次回の定期報告と併せてアップロードを行う。

3.2.2 コンテンツ表示結果の確認機能

コンテンツ表示結果の確認機能には、表示結果を解析する機能とリアルタイムに表示状況を確認する機能がある。

(1) 表示結果の解析機能

表示結果の解析機能は主に広告主等のクライアントに表示結果を提示するために必要な情報を解析、出力する機能である。図 7 にコンテンツ表示結果の解析機能のフローを示す。プレーヤエージェントはコンテンツ表示が切り替わるごとにコンテンツ画面をキャプチャし、サムネール化する。そのサムネールと表示プログラムから出力されるコンテンツ表示結果ログを報告ログとして定期的またはログ要求時に監視マネージャへアップロードする。監視マネージャでは、これらを使用してスケジュール表示結果と割り込み表示結果の確認を行う。

スケジュール表示結果の確認では、表示結果ログをスケジュール表示結果判定プログラムにより解析し、コンテンツがスケジュール通りに表示されたかを判定

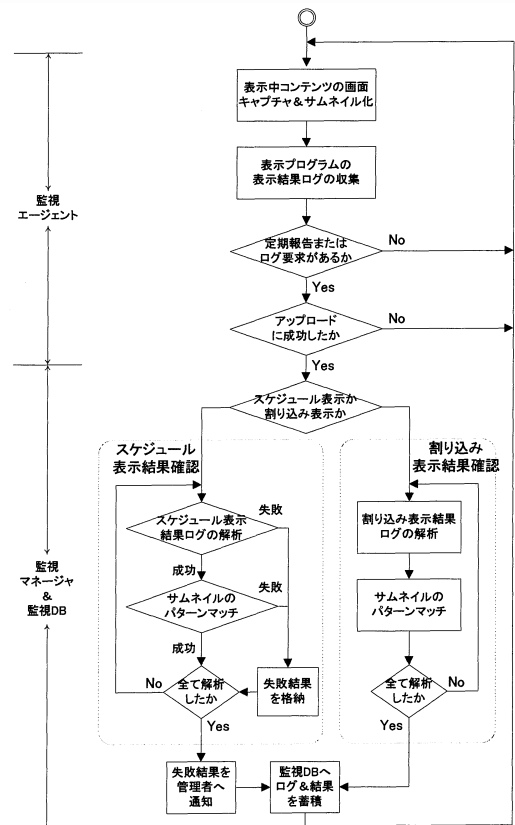


図 7 コンテンツ表示結果の解析機能のフロー
Figure 7 Flow of analysis functions of contents display result.

する。次に表示が正しかった場合には、サムネイルとデジタルサイネージサーバに登録されているコンテンツ（テンプレート）とをサムネイルパターンマッチ判定プログラムにより表示結果が正しいか判定を行い、結果を監視 DB へ登録する。二つの判定プログラムの内どちらか一方でも表示結果が正しくないと判定した場合には、結果を監視 DB に登録するとともに管理者に対して通知する。

割り込み表示結果の確認は、割り込み表示結果判定プログラムとサムネイルパターンマッチ判定プログラムにより、割り込み表示の指定期間中の試行回数と表示結果を監視 DB へ登録する。

サムネイルによるパターンマッチに関して、静止画コンテンツでは一つのサムネイルを、動画コンテンツでは複数のサムネイルを用いて総合的に判定を行う。これらパターンマッチ方式については、デジタルサイネージシステムに適した方法を検証する必要があるが、本稿ではその方法の詳細には言及しない。

(2) リアルタイム確認機能

リアルタイム確認機能はシステム管理者のための保守機能であり、システムの異常時や、号外や災害情報等の緊急情報の割り込み表示機能を使用する際に表示状況をリアルタイムに確認することを想定している。監視マネージャの表示状況確認要求によって、プレーヤーエージェントから表示中のコンテンツ情報とサムネイルを取得する。割り込み表示機能を使用する場合には、上記に加えてプレーヤーエージェントから割り込み表示を開始したことを通知するメッセージを受け取る。

4. 監視のためのオーバヘッドに関する考察

遠隔監視システムの特性上、2.4 節 (3) の要求であるデジタルサイネージシステムに対して影響を与えない設計にする必要がある。そのため、本稿では路面電車デジタルサイネージに適用することを前提として、プレーヤーエージェントのプロトタイプシステムを実装し、そのオーバヘッドの検証を行った。

4.1 プロトタイプシステムの概要

プレーヤーエージェントのプロトタイプシステムについて、3.2.1 項及び 3.2.2 項で述べた機能を、ファイルダウンロード機能、ファイルアップロード機能、プロセス監視機能、プレーヤー起動通知機能、画面キャプチャ機能、画像リサイズ機能として実装した。

ファイルダウンロード機能は、プレーヤーのプログラムや設定ファイル等を監視マネージャからの指示で更新する機能で、プログラムの更新や設定の変更を行う際に使用する。ファイルアップロード機能は、監視結果やコンテンツ表示結果等の報告ログを監視マネージャにアップロードする際に使用する。プロセス監視機能は、プレーヤーで動作するプログラムやスレッドからなるプロセスを監視し、プロセスの異常終了や停止を検出しサービスを継続させるための機能で、当該のプロセスの再起動を行う。プレーヤー起動通知は、プレーヤーのサービスが正常に起動したことを監視マネージャに通知する機能で、監視マネージャに対して起動通知メッセージを送信する。画面キャプチャ機能及び画像リサイズ機能は、コンテンツ表示結果の確認機能の一

部の機能であり、デスクトップ画面のキャプチャを行い、ビットマップ（BMP）画像であるキャプチャ画像をリサイズ、サムネイル化する。

4.2 検証環境

本検証では、路面電車デジタルサイネージのプレーヤーと同じ環境のマシンを検証マシンとした。検証マシンの仕様を表 1 に示す。CPU 負荷率の計測には CRN Monitor(Ver.1.10)^{a)} を使用した。また、CPU の Atom330 はデュアルコアだが、仮想的にシングルコアで 2 スレッド同時処理を行う Hyper-Threading により Windows XP からはクアドコアとみなされる。そのため、測定結果はスレッドごとに 4 つの値が出力される。よって、測定結果を示す際には 4 つの値の平均値を示す。

4.3 ログのアップロードによるオーバヘッド

遠隔監視用の各種ログの生成のための CPU 負荷やログのアップロードによるトラフィックについて考察を行う。

システムの監視機能による定常的で主なトラフィックは、監視結果ログとコンテンツ表示結果ログの定期報告で、異常時に通知される緊急通知メッセージや起動通知メッセージは頻度が低くメッセージ量も小さいため、本稿では無視する。表 2 にシステムの監視機能による定常的なトラフィックを示す。ここでは、TCP/IP ヘッダや TCP シグナリングによるトラフィックは無視することとする。報告間隔は、設定によって変更できるが、表 2 ではデフォルト値を示している。また、位置情報アップロード機能に伴うトラフィックも同時に記載しているが、これは移動体デジタルサイネージにおけるプレーヤーの現在位置を通知するというメイン機能に加えて、位置情報通知の結果を監視 DB に蓄積しておくことで、通知時のネットワーク状態の解析やシステム異常時の迅速な検出等にも使用しているからである。

プロセス監視機能がプレーヤーの CPU の負荷に及ぼす影響を計測した。プロトタイプシステムを動作させない場合と併せて表 3 に結果を示す。表 2 から、アップリンクのトラフィックは、全て合わせても 20kbps 以下に収まり、ネットワーク帯域には余裕があることがわかる。表 3 からプロセス監視機能による CPU 負荷の増分は、プレーヤー全体から見れば 2.4% であり、プレーヤーの動作を妨げないことを期待できる。以上の結果から、ログのアップロードによるオーバヘッドはデジタルサイネージの本来の機能に影響を及ぼすことがないことが確認できた。

表 1 検証マシンの仕様

Table 1 Machine specification for verification.

項目	仕様	備考
OS	Windows XP SP3	
CPU	Atom 330 1.6GHz	Hyper-Threading (2Core 4Thread)
Memory	2GB	DDR2 800MHz
Display resolution	1280×1024	
Network	7.2Mbps (Down) 384kbps (Up)	docomo A2502 HIGH-SPEED

a) CPU,メモリ,ネットワーク,ディスク監視ソフト
http://www.runread.com/datas/software.shtml

表 2 遠隔監視によるトラフィックオーバーヘッド
Table 2 Traffic overhead by remote monitoring.

計測項目	データ量 [Byte]	報告 間隔 [s]	上りトラフィック [kbps]
監視ログ	約 600 ~1000	60	4.8 ~8.0
表示ログ	約 600	15	4.8
位置情報	約 300	5	2.4

表 3 遠隔監視による CPU オーバヘッド
Table 3 CPU overhead by remote monitoring.

計測項目	CPU 負荷率 [%]	CPU 負荷率 増分 [%]
監視機能未使用時	2.8	
監視機能使用時	5.2	2.4

4.4 コンテンツ表示結果の画像確認のためのオーバヘッド

コンテンツ表示結果の確認機能で使用する画面キャプチャ機能と画像リサイズ機能に画像フォーマット変換を加えたオーバヘッドの評価及び考察を行う。

4.4.1 画面キャプチャ機能と画像リサイズ機能の評価

画面キャプチャ機能と画像リサイズ機能について、CPU オーバヘッドの評価を行った。測定条件は次の計 3 つである。1) 画面キャプチャ機能のみを動作させる。画面キャプチャ機能と画像リサイズ機能を連動させる場合において、画像リサイズ後の解像度を 2) 160x128, 3) 320x256 とする。各条件で試行回数を 50 回とし、比較検証を行った。結果を表 4 に示す。表 4 の結果からキャプチャ機能及びリサイズ機能による CPU 負荷率の増分は 3%以下であり、プロセス監視機能と重複して動作するピーク時の場合を考慮しても CPU 負荷率の増分が 5%程度となるため、デジタルサイネージ本来のシステムへの影響は小さいと言える。

4.4.2 画像フォーマット変換機能の評価

画面キャプチャ機能によるサムネイルの画像フォーマットは BMP であるためデータ量が大きく、現在の携帯電話網ではアップリンクの帯域が限られていることを考慮すると、そのデータ量を小さくすることが求められる。そのため、画像フォーマットごとのデータ量とトラフィックについて考察する。ここで使用する画像ファイルの解像度は 160x128 と 320x256 とし、データ量は現在、路面電車デジタルサイネージに実際に表示しているコンテンツ 20 枚の平均を用いる。表 5 にその算出結果を示す。次に、BMP から JPEG、BMP から PNG へのフォーマット変換による CPU 負荷を測定した。サムネイルの JPEG 及び PNG へのフォーマット変換には ImageMagick[12]を使用した。試行回数を 50 回とし、比較検証を行い、結果を表 6 に示す。

表 5 により、BMP では他の画像フォーマットに比べ 5 倍以上のデータ量を持ち、プレーヤ数に比例してネットワークへの影響は増大していく。また、今回使用した無線通信のアップリンク速度が FOMA A2502

表 4 画像キャプチャとリサイズによる CPU オーバヘッド

計測項目		CPU 負荷率 増分 [%]
キャプチャのみ		2.7
キャプチャ + リサイズ	160x128	2.2
	320x256	2.4

表 5 画像フォーマットごとのデータ量とトラフィックオーバーヘッド

Table 5 Data size and traffic overhead of each image format.

画像フォーマット	解像度	データ量 [kByte]	上りトラフィック [kbps]
BMP	160x128	60.0	480
	320x256	240.0	1920
JPEG	160x128	12.3	98
	320x256	42.6	341
PNG	160x128	11.7	94
	320x256	56.2	445

表 6 画像フォーマット変換によるオーバヘッド

Table 6 Overhead by image format conversion.

解像度	変換 フォーマット	CPU 負荷率 増分 [%]
160x128	JPEG	3.9
	PNG	5.3
320x256	JPEG	5.8
	PNG	7.4

High-Speed の公称値である 384kbps の約 6 割と仮定すると、JPEG 及び PNG の解像度 160x128 であれば、アップリンクの帯域は飽和せず、デジタルサイネージシステムへの影響は小さい。また、WiMAX や駅構内に設置される Wi-Fi を使用することでネットワーク帯域の制限値を向上させることができる可能性がある。サムネイルや監視ログのアップロードについてはリアルタイムに行う必要はないため、駅構内に停車し、Wi-Fi のような高速通信が可能な場合には、これらをまとめてアップロードする方法も考えられる。

一方、画像フォーマット変換によるオーバヘッドについては、表 6 の結果から CPU 負荷率の増分は最大でも 8%以下であり、プロセス監視機能と重複して動作するピーク時の場合を考慮してもプレーヤ全体の CPU 負荷率が 12%程度となるため、デジタルサイネージ本来のシステムへの影響は小さい。

5. おわりに

本稿では、路面電車デジタルサイネージの実証実験から得られた課題等から、ネットワークが不安定である等の移動体デジタルサイネージの特性を考慮した遠隔監視システムを提案した。そして、提案システムのプレーヤエージェントのプロトタイプシステムを実装

し、提案システムを導入する際に懸念されるデジタルサイネージシステムへの影響について、そのオーバーヘッドの検証評価を行った。その結果、監視ログ等のアップロードに関するオーバーヘッドは小さく、またコンテンツ表示結果の画像確認に関しても、サムネイルのデータ量を小さくする等の条件を整えることによって、提案システムによるデジタルサイネージシステムへの影響を小さく抑えられるという結論を得ることができた。

今後は3章で述べた提案システムを路面電車デジタルサイネージに適用するためにプロトタイプシステムを実装し、それを用いて路面電車デジタルサイネージの運用を行うことで、提案システムの有効性について検証評価を行っていく。

謝辞 本研究にあたり、提案システムの設計について議論に参加頂いた広島市立大学インターネット工学研究室の皆様、また提案システムによるオーバーヘッドの評価測定を行うにあたり御協力いただいた株式会社デアイティに感謝いたします。

参考文献

- 1) 江口靖二: 新しい映像メディア「デジタルサイネージ」の概要と近未来, 映像情報メディア学会技術報告, vol.32, no.49, pp.25-30 (2008).
- 2) 原口一博, 総務省: 新しい成長戦略-原口ビジョン II-, http://www.soumu.go.jp/main_content/000064871.pdf (2010).
- 3) 馬場宏基, 高谷直樹, 井上一郎, 黒川章: 携帯端末とデジタルサイネージの連携アプリケーション, 電子情報通信学会技術報告, vol.IN2009, no.137, pp.63-68 (Feb. 2010).
- 4) 佐藤龍, 横石雄大, 三次仁, 鈴木茂哉, 中村修, 村井純: 移動デジタルサイネージにおけるコンテンツの非同期プリフェッチ, IEICE NS 研究会, vol.NS2009, no.138 (Dec. 2009).
- 5) デジタルサイネージコンソーシアム: <http://www.digital-signage.jp/>
- 6) 鈴木健也, 宇高宏明, 吉田亜衣, 長尾滋郎, 谷口幸信, 阿久津明人: メタデータを用いた配信・管理の統合化技術, NTTジャーナル, vol.21, no.7, pp.12-15 (Jul. 2009).
- 7) SHARP: コンテンツ配信サービス e-SignageEM, https://www.sharp-ssp.co.jp/solution/visual/sol/digital_signage/ (2010).
- 8) 前田香織: モビリティ技術を活用した国際都市ホスピタリティ向上に関する研究開発, 戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) 報告書 (Mar. 2010).
- 9) デジタルサイネージコンソーシアム: デジタルサイネージ標準システムガイドライン 1.0 版, <http://www.digital-signage.jp/> (2008).
- 10) M. Fedor, M. Schoffstall, J. Davin: A Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC1157, IETF (May. 1990).
- 11) 清水雅司, 敷田幹文: モバイルエージェント技術を用いたサーバ監視システムの設計, 情報処理学会研究報告, DSM, [分散システム/インターネット運用技術], vol.2002, no.95, pp.13-18 (2002).
- 12) ImageMagick Studio LLC: ImageMagick, <http://www.imagemagick.org/script/index.php>