

コンテンツ表示のディペンダビリティを向上させた デジタルサイネージ監視システムの開発

坂田 浩二¹ 井上 博之^{1,a)} 前田 香織¹

受付日 2011年6月27日, 採録日 2011年12月16日

概要: デジタルサイネージは表示コンテンツがネットワーク経由で配信され、スケジュールにあわせてタイムリな表示ができることが特徴だが、逆に通信状態が悪かったり、システムの不具合により、想定どおりのコンテンツ表示が行えないことがある。本論文では、こうしたコンテンツ表示の不具合時にも視聴者に影響を及ぼさないようにすることをデジタルサイネージのディペンダビリティととらえ、それを備えたデジタルサイネージシステムとその遠隔監視システムの設計、開発について述べる。路面電車のデジタルサイネージとして5カ月間の運用を行った結果、開発システムにより、不具合時の想定外のコンテンツの表示を防ぐとともに、障害復旧時間を短縮することができたことを示す。また、遠隔監視処理のデジタルサイネージに対するオーバーヘッド等の評価について述べる。

キーワード: デジタルサイネージ, ディペンダビリティ, 遠隔監視

Development of a Monitoring System of Digital Signage to Improve Dependability of Displaying Contents

KOUJI SAKATA¹ HIROYUKI INOUE^{1,a)} KAORI MAEDA¹

Received: June 27, 2011, Accepted: December 16, 2011

Abstract: Digital signage systems provide us scheduled and timely contents through networks. However, depending on the status of networks and a system problem, unexpected contents appear on a signage monitor. In this paper, dependability of digital signage systems is assumed to recover from the unexpected contents in the case that any system problem occurs to prevent misunderstanding of the audiences of the signage monitor. To realize it, we design and develop a digital signage system and its remote monitoring system. Through five months of the operation of this system, we show that the developed system has prevented unexpected contents and shortened time to repair. We also describe overhead evaluation of the remote monitoring system.

Keywords: digital signage, dependability, remote monitoring

1. はじめに

デジタルサイネージはすで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]。広告用途だけでなく、デジタルサイネージを新たな情報発

信の基盤（インフラ）ととらえ、自治体の公共情報や緊急情報、防災情報の配信に使用することも想定した実証実験も行われている[2], [3]。

製品の多くはデジタルサイネージの特徴であるネットワークの接続性を活かして、タイムリに表示コンテンツを入れ替えることができる。しかし、デジタルサイネージの表示モニタは、通常、コンテンツ提供者、コンテンツ管理者、デジタルサイネージシステムの管理者から離れたところに設置されており、さらに電車やバスのように移動している場合もあるので、常時コンテンツの表示状況を把握す

¹ 広島市立大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City
University, Asaminami, Hiroshima 731-3194, Japan

a) hinoue@hiroshima-cu.ac.jp

ることができないのがつねである。そのため、デジタルサイネージの遠隔モニタリング機能が必須となり、すでに製品として提供されているものもある。しかし、遠隔モニタリングの多くはデジタルサイネージシステムのハードウェアやソフトウェアの不具合の監視、通知、復旧を行おうとするもので、コンテンツ表示に関する監視機能は一般的ではない。

一方、デジタルサイネージシステムでは表示コンテンツはスケジュール化され、実際に指定どおりにコンテンツを表示しなければならないため、それを監視、記録する機能も重要である。スケジュールどおりの表示コンテンツに関しては文献 [4] でも指摘され、一部の製品では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 [5] を持つものもある。

このように、デジタルサイネージシステムには信頼性の高い情報配信インフラとしての要望が高まる一方で、そのための機能充実が求められる。そこで、本論文ではデジタルサイネージシステムをディペンダビリティの観点からも検討することの必要性を述べる。なぜなら、一般的なディペンダビリティとして持つべき、システムの不具合からの自立的な復旧機能に加え、不測の事態が発生したときに、表示されているコンテンツが想定外のままで放置されないようにしたり、現在表示されているコンテンツが正確でないということを示したりする機能が必要である等、デジタルサイネージに固有の機能があるからである。本論文ではこうしたディペンダビリティを検討したうえで、設計、実装したデジタルサイネージシステムとその遠隔監視システムについて述べる。これにより、公共情報、防災情報等の新たな情報配信インフラとして重要性が高まっているデジタルサイネージの信頼性の向上を目指す。

以下、2章ではデジタルサイネージシステムのディペンダビリティとデジタルサイネージの遠隔監視に要求される事項について述べる。3章では遠隔監視の対象となる路面電車のデジタルサイネージシステムについて述べる。4章でその遠隔監視のシステムの設計について述べ、5章では遠隔監視のプロトタイプシステムの実装について述べる。路面電車のデジタルサイネージの試験運用した結果から、ディペンダビリティに関する考察や遠隔監視システムのオーバヘッドの評価について述べる。最後に6章でまとめと今後の課題について述べる。

2. ディペンダブルなデジタルサイネージシステム

2.1 デジタルサイネージシステムのディペンダビリティ

システムに不具合が発生したり、壊れたりしても残りの部分や別の機能によりうまく動作するような自立的な自己修復機能を示す一般的なディペンダビリティに加え、デジタルサイネージに特有なコンテンツ表示に関するディペン

ダビリティを定義する。

ここでは、コンテンツ表示のディペンダビリティはシステムの不具合により、指定されたとおりのコンテンツが表示されていない事態に対して、代替のコンテンツを表示したり、不具合であることを示すコンテンツを表示したりすることによって、表示されたコンテンツを視聴者が見たときの影響力を小さくする機能とする。この機能が必要な場面は、ネットワークの不通や通信状況が悪いときに指定したコンテンツのダウンロードが間に合わず、指定外のコンテンツが表示されていたり、システム障害によりエラー画面がコンテンツの上に表示されていたりする場合等である。

2.2 デジタルサイネージの遠隔監視システムへの要求事項

ディペンダブルなデジタルサイネージを実現するためには、デジタルサイネージシステムに不具合が発生していないかを監視するシステムが必要である。ここでは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事項を整理する。

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デジタルサイネージコンソーシアムのガイドライン [6] により、以下の (1)~(3) のように整理した。

(1) デジタルサイネージシステムの監視および異常箇所の自動復旧と通知

表示装置であるプレーヤやその周辺機器、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、著者らが実施した路面電車のデジタルサイネージの実証実験の初期に得られた結果 [7], [8] から、移動体に設置されるデジタルサイネージシステムのプレーヤとコンテンツ配信サーバとの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なことを考慮し、以下の (4) を加えた。

(4) プレーヤで独立稼働する監視システム

プレーヤ単独で監視動作およ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中間蓄積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中間蓄積サーバを経由して配信される。そのため、プレーヤとコンテンツ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。

3. 移動体デジタルサイネージシステム

本章では 2.2 節の要件を満たす遠隔監視システムを適用する路面電車デジタルサイネージシステムについて述べる。

3.1 システム概要

遠隔監視の対象となるデジタルサイネージシステムは著者らが開発し、広島市の路面電車です試験運用をしているシステムである [7], [9]。開発したシステムの構成図は図 1 のとおりである。インターネットへの接続は HSDPA 無線ネットワーク（デジタルサイネージシステムの路面電車での試験運用開始の 2009 年度は EMOBILE, 2010 年度より FOMA）を使用し、電車内の 2 台のプレーヤ間は WiFi のアドホックモードで接続されている。本システムのコンテンツ配信方法や実装に関しては文献 [7], [9] に委ねる。

3.2 デジタルサイネージシステム内のディペンダビリティ

プレーヤの動作確認のため、遠隔保守用に Ultra VNC と Putty がインストールしてある。また、HSDPA 無線ネットワークの接続が一定時間で切断され、そのたびに IP アドレスが新たに割り当てられるため、Dynamic DNS を導入して遠隔保守用端末との通信を確保した。

コンテンツはプレーヤ内のプレイリストに従って表示される。プレイリストは定期的に更新がないかを判断し、更新があった場合は必要コンテンツをダウンロードする。プレイリストやそれに指定されている表示コンテンツはネットワークの不通等に備え、事前にサーバからダウンロード

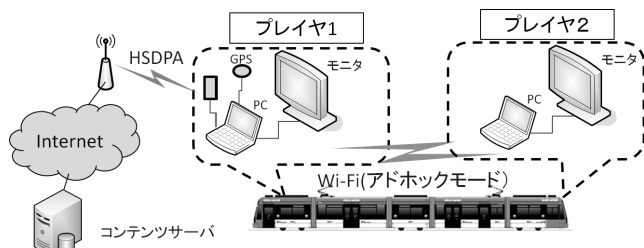


図 1 路面電車デジタルサイネージのシステム構成

Fig. 1 System configuration of a digital signage system on street cars.

している。

このデジタルサイネージシステムでは位置、時間、走行方向によってタイムリなコンテンツを表示するためにサーバからプッシュ配信も行い、プレイリストに沿った表示に割り込んで表示をする割込み表示も可能としている。プッシュ配信はプレーヤからサーバへつねに TCP セッションを張り続けることで疑似的にプッシュ配信を実現し、サーバ側に変化が生じた際に即時にプレーヤ側へ通知することができる。この場合のコンテンツは事前にダウンロードができないため、通信状況が悪いときには表示ができないが、その場合もエラー等を表示することなく、プレイリストに従って次のコンテンツ表示ができるようになっている。

4. 遠隔監視システムの設計

4.1 システム構成

図 2 は設計した遠隔監視システムの構成概要図である。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 により、2.2 節の (1) を実現する。監視エージェントにより (4) を満たすことができる。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は 2.2 節の (2) を実現する、2.2 節の (3) の実現については後述する。

(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である。通信が断絶時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、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、ただちにアップロードされる。

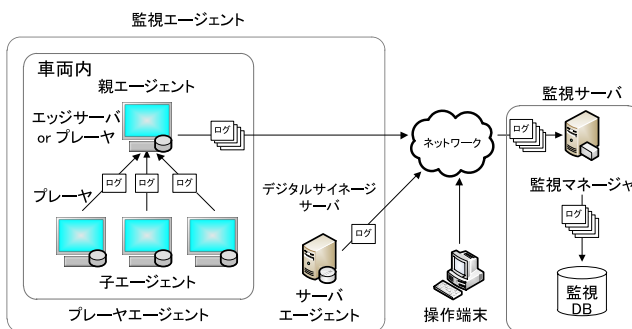


図 2 システム構成

Fig. 2 System configuration.

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。

親エージェントモードでは、自身のプレーヤかエッジサーバのシステムの監視機能、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、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。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ぬ場合には、何らかの異常が発生したもの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。

サーバエージェントは一般的なサーバ監視の機能で、デジタルサイネージのサーバの稼働状況の監視やプレーヤのサーバへのアクセス状況を監視する。

(2) 監視マネージャ

監視マネージャは監視サーバで動作し、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ただちに通知する。

(3) 監視データベース

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の監視結果やコンテンツ表示結果および解析結果等を蓄積する。

(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、各監視対象の状態および監視マネージャと監視エージェントの設定および構成、各プレーヤのコンテンツ表示結果の確認を行う。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ったりする。

4.2 システム機能

4.2.1 監視機能

システムの監視機能はプレーヤエージェントの監視部、通知部、自動対応部および監視マネージャと監視 DB から構成され、プレーヤの稼働状況やネットワーク状態、デジタルサイネージアプリケーションの状態を一定時間ごとに

監視する。

システムの異常を検知した場合には、通知部がその異常の程度を判断し、それに応じた処理を自動的に行うよう試みる。通知部の異常の判断とその自動処理は、イベント内容と各イベントに対する処理を記述した監視イベントファイルに従う。この処理はコマンドライン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およ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。

自動で処理できなかった場合には、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、管理者へメールで通知を行い、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、次の定期報告とあわせてアップロードを行う。

4.2.2 コンテンツ表示結果の確認

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。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、サムネイル化する。そのサムネイ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込み表示結果の確認を行う。これにより 2.2 節の (2) の表示内容の確認が強化できる。また、サムネイル表示により、2.2 節の (3) を考慮している。

スケジュール表示結果確認では、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どおりに表示されたかを判定する。スケジュールどおりの場合、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。2 つの判定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。

(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の異常時や災害情報等の緊急情報の割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機能である。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エージェントから割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。

(3) 保守機能

保守機能では管理者が作成した保守スクリプトをプレーヤに送信、実行させ、その実行結果を取得する機能を持つ。この機能は、保守作業中にできるだけ視聴者に認知されないようにバックグラウンドで実行される。たとえば、コンテンツ表示画面の異常に自動対応できなかった場合に、コンテンツ画像を画面上に表示させ、バックグラウンドで保守対応作業を行うといった使用方法を想定している。

5. 遠隔監視システムのプロトタイプシステム実装

5.1 システム構成

設計した遠隔監視のプロトタイプシステムを3章で述べた路面電車デジタルサイネージシステムに適用することを前提とし、実装した。図3に実装したプロトタイプシステムの構成を示す。路面電車デジタルサイネージのプレーヤは前後車両に2台あるため、プレーヤエージェントをそれぞれ導入している。ここで設置されるプレーヤエージェントはそれぞれのプレーヤがインターネット接続しているため、親エージェントモードのみである。また、デジタルサイネージサーバに使用しているマシンを監視サーバとして兼用したため、1つのサーバマシン上にサーバエージェントと監視マネージャを導入している。操作端末はWebブラウザによるアクセスができるコンピュータを使用した。

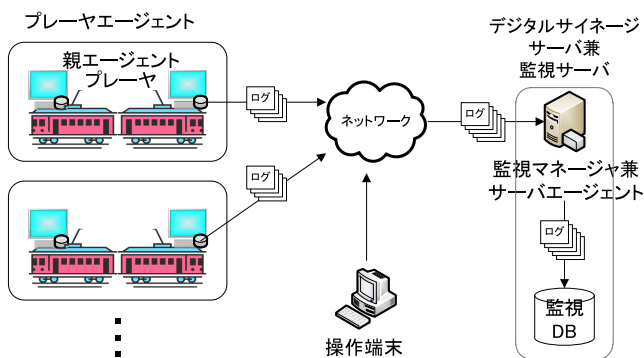


図3 プロトタイプシステム構成
Fig. 3 Prototype system configuration.

5.2 機能実装

5.2.1 システムの監視機能

4.2.1 項のシステムの監視機能はシステムの異常時には自動処理を行うとともに実行結果を取得し、その実行結果と異常箇所等の情報を管理者へ確認できるように実装している。具体的にはシステムに異常を検知するとその異常に対応するエラーコードがエラーコード一覧のファイル内で検索され、対応するエラーコードに応じた処理が自動で実行される。処理の実行結果は定期的、または緊急でサーバへ通知される。

ここまでの動作はプレーヤエージェント単独で動作するため、ネットワークの断絶等の影響は受けない。監視ログは監視DBに定期的に登録される。緊急通知の場合には監視DBに登録すると同時にシステム異常が発生したことを管理者へメールで通知する。システムに異常がない場合においても、1分に1度の頻度で異常がないことを定期的に報告する。

現在、監視プログラムとして実装している機能は、(1) 主要プログラムの予期しない終了や停止を監視するプロセス監視、(2) OSの動作の停止を監視するウォッチドッグタイム監視、(3) サーバとの通信の継続性を監視するネットワーク監視、(4) メモリやOSの持つリソースの利用可能な量を監視するシステムリソース監視の4つで、それぞれにエラーコードを配布している。プロトタイプシステムでは、監視プログラムの追加を容易にするように設計しており、監視プログラムの作成とそれに対応するエラーコードの配布、また必要であればシステムの異常時に実行する対応プログラムを作成し、後述する保守機能によりプレーヤに追加設置することにより、追加のシステム監視および自動対応を導入することが可能となっている。

5.2.2 コンテンツ表示結果確認機能

コンテンツ表示結果の確認機能では表示コンテンツを切り替えるごとにその表示結果を監視マネージャに送信する。また、画面解像度サイズのビットマップで、画面キャプチャを実行する。

プロトタイプシステムでは、静止画コンテンツでは、コンテンツが切り替わってから3秒後に1度、動画コンテンツでは、コンテンツが切り替わってから3秒後に1度と次のコンテンツに切り替わるまでに2度の計3度画面キャプチャを行う。キャプチャ画面は設定に従って、指定解像度にリサイズされ、PNGに画像フォーマット変換され、サムネイルとなる。このように取得したサムネイルも即座に監視マネージャへ送信される。監視マネージャへ送信された表示結果は監視DBに蓄積され、サムネイルは監視サーバのファイルシステムに蓄積される。蓄積された表示結果は表示結果解析プログラムにより、監視DBに登録されたスケジュールと比較し、表示結果を導き出し、表示結果を監視DBに登録する。表示結果が正しくなかった場合には、

メールで管理者へ通知する。

サムネイルの画像フォーマットに関しては、プレーヤで使用する FOMA HSDPA 無線ネットワークは下り帯域は 7.2Mbps と比較的高速であるが、上り帯域が 384kbps と限られたためサムネイルのアップロードに要する推定トラフィックを算出し [8], 320 × 256 ドットの PNG とした。

5.2.3 保守機能

保守機能のために保守作業の設定用ファイルを用いることとした。これにはプレーヤにダウンロード、実行される保守スクリプトとプレーヤのシャットダウンや再起動、保守スクリプトの実行有無や実行時間が記述される。

この設定ファイルが更新されているかをプレーヤエージェントから定期的に監視マネージャに確認する。更新されていた場合には、あらかじめスケジューリングされた実行時間になると設定ファイルに従って動作を実行する。保守スクリプトの実行結果を監視マネージャへ通知するとともに、実行結果にエラーがあった場合は管理者へメールで通知する。

5.2.4 操作インターフェース

表示操作インターフェースとして実装しているものは、コンテンツ表示結果の確認インターフェースとシステムの監視結果の確認インターフェースの2つである。図 4 にコンテンツ表示結果の確認画面例を示す。表示操作インターフェースは HTML や PHP, JavaScript で実装しているため、Web ブラウザを備えた端末ならどこからでも利用が可能であ

る。ただし、セキュリティの観点から Basic 認証によるパスワード認証をかけている。

コンテンツの表示結果は、時間の粒度に応じて、(a) 月ごと、(b) 日ごと、(c) 30 分ごとに確認することができる。この表示結果は (a), (b) は 30 分の表示結果をまとめて判定した簡易な結果、(c) は詳細結果となっている。コンテンツ表示結果の簡易表示では「○」が成功、「×」は失敗を表す。(c) の詳細結果では加えて「△」があり、コンテンツスケジュールに異常はないが、割込み表示や区切り時間 (0 分か 30 分) になったことによって表示時間が指定時間どおり表示されなかったことを表している。(b) では表示結果のほかに表示予定のコンテンツスケジュールと備考でその時刻 (30 分間) に割込み表示が行われたかを確認することができる。(c) では、左から表示予定時刻、コンテンツ識別子、実際に表示した時刻、表示タイプ、表示結果、サムネイルを確認することができる。表示タイプについては、スケジュール表示が「schedule」、割込み表示「push」と表示され、そのほかに、割込み表示が行われた際に割り込まれたスケジュール表示の再表示が「replay」と表示される。

その時刻の状況を見る図 4(c) の縮小画像をクリックすると図 4(d) のように取得したサムネイルを確認することができる。また、図 4(c) の時刻表示時刻をクリックすると、図 4(e) のようにその時刻に表示が予定されていたスケジュールが表示され、想定どおりの表示だったかを確認できる。

5.2.5 開発環境

プレーヤは Windows XP に EWF (Enhanced Write Filter) 機能を導入し、OS やアプリケーションが格納されたハードディスクには書き込みを行わず、路面電車の電源をいつでも切断可能としている。プレーヤエージェントはプレーヤマシンと同じ構成のマシン上で開発を行い、主に C++、その他ネットワーク監視機能およびシステムリソース監視機能を VBScript やプロセス監視機能を Power Shell により実装を行った。サーバエージェントは PHP または JAVA で実装している。

監視マネージャは Ubuntu Linux 10.04 が動作する PC サーバ上で PHP で実装を行い、表示・操作インターフェースは HTML および PHP, JavaScript で実装した。また、監視 DB にはデジタルサイネージ DB と同様の PostgreSQL 8.4 を使用している。

6. 評価と考察

路面電車デジタルサイネージシステムは 2009 年 9 月から 2011 年 3 月末までを試験運用期間として、広島電鉄宮島線グリーンムーバの 4 編成 (2011 年度は 2 編成) で稼働していた。遠隔監視システムは 2010 年 11 月から動作を開始し実験終了までの 5 カ月間の運用を行った。本章では

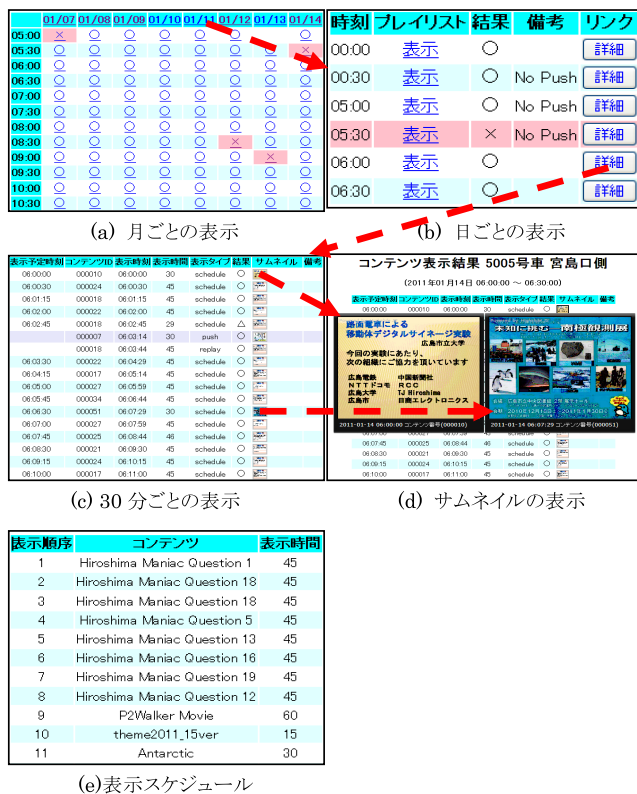


図 4 コンテンツ表示結果の確認画面

Fig. 4 Output of contents displaying results.

この試験運用で得られた結果から、デジタルサイネージのディペンダビリティに関する考察を行う。また、実装した遠隔間システムがデジタルサイネージシステムの性能に影響を及ぼしていないかのオーバーヘッドに関する評価と考察を述べる。

6.1 コンテンツ表示結果のディペンダビリティ

6.1.1 コンテンツ表示

開発した路面電車デジタルサイネージシステムとその遠隔監視システムにより、2章で述べたデジタルサイネージのコンテンツ表示に関するディペンダビリティの向上、すなわち、指定された画面が表示されない事態に陥ったときも、視聴者への影響をできる限り小さくすることができた。具体的には以下ような点が改善されている。

- 通信状況が悪いときに備えて、コンテンツは事前読み込みをすることで表示時にコンテンツのファイルが間に合わないというリスクを小さくできる。
- プレイリストで指定したコンテンツを表示できないときは、デフォルト画面（今回は路線図）を表示するようにして、指定外のコンテンツ表示が放置されない。
- プレーヤの状況監視にエージェントを実装することで通信状況の悪いときもログの収集等を継続できる。
- エラー画面が表示される事態でもコンテンツが最前面に表示される。
- 実装した遠隔監視のプロトタイプシステムの導入により、図4のように表示ログだけでなく、サムネイルをあわせて示すことで表示結果の詳細度が上がった。

ただし、取得したサムネイルでは、プレーヤから画面出力されたことは確認できるが、ディスプレイの電源が切れていたような場合等、実際にディスプレイ上に表示されたことまでは確認できない。製品によっては、こうしたデバイスの監視を組み込んであるものもあるので、今後はこうした機能とも組み合わせる必要がある。

6.1.2 修復時間

遠隔監視のプロトタイプシステムの導入により、修復時間を改善することができた。デジタルサイネージシステムの稼働監視を例にあげると、プロトタイプシステムでは通信不通時もプレーヤ単独で異常に対する自動処理が可能となり、登録された異常に対しては、その異常の発見から復旧までの時間が、プロセス監視では1~15秒、ウォッチドッグタイマでは30~60秒程度にできた。また、プレーヤ単独での自動処理ができるので、ネットワーク断絶時においても影響を受けることはない。

デジタルサイネージの試験運用開始当初は、サーバ側でプレーヤのデジタルサイネージアプリケーションからのアクセス状況のみを監視していたので、アクセス記録が途切れた場合には、ネットワーク状態によるものか、プログラムに異常が生じたのか等プレーヤの状態を詳細に確認す

ることが難しかった。アクセスが途切れた際の対応は、プレーヤへの遠隔ログインによりプレーヤ表示画面の目視を管理者によって手動で行っていた。この際にコンテンツ表示機能に異常が生じた場合には目視で確認ができたため、異常の検知ができ、その他のバックグラウンドで動作している機能については、アクセス状況の確認やプロセスの死活確認等その解析には少なくとも15分の時間を要していた。特にプロセスの死活確認はプレーヤのOSに搭載されているタスクマネージャを使用したため、保守作業が画面上に現れる可能性があり、視聴者への影響を最小限にするために異常原因の特定よりも正常動作に戻すことを優先して、プレーヤの再起動を行うことがほとんどだった。この対応に要する時間を計測したところ、プレーヤの再起動からデジタルサイネージプログラムがすべて起動するまでに約5分だった。これに加えてアクセス状況の確認等を人手で行うのに約15分を要していたので、修復時間は合計で20分以上がかかっていた。さらにネットワーク断絶時には、ネットワークが復旧するまでの時間も必要であった。

このことから今回開発したプロトタイプシステムを導入することによって修復時間を改善できた。ただし、あらかじめ把握した異常のみを対象とするため、リストアップしていない異常に対しては導入以前と変わらない。

6.2 プロトタイプシステムのオーバーヘッド

開発したプロトタイプシステムのデジタルサイネージシステムに対するオーバーヘッドの検証を行った。この検証により、2.2節の(3)も満たすことができたと判断している。以下にCPUとトラフィックに関するオーバーヘッドの検証結果を示す。

検証では、路面電車デジタルサイネージのプレーヤに使用しているものと同じ環境の検証マシンで検証を行った。詳細仕様は文献[8]に詳述されている。CPU負荷率をCRN Monitor^{*1}、ネットワークトラフィックをWireShark^{*2}で測定した。

6.2.1 CPU オーバヘッド

プロトタイプシステムを使用した場合と使用しない場合とでプレーヤのCPU負荷率を計測した。その結果から得られた1時間の平均値と最大値を表1に、監視システムを使用したときと使用しないときでのCPU負荷率の変化を図5に示す。

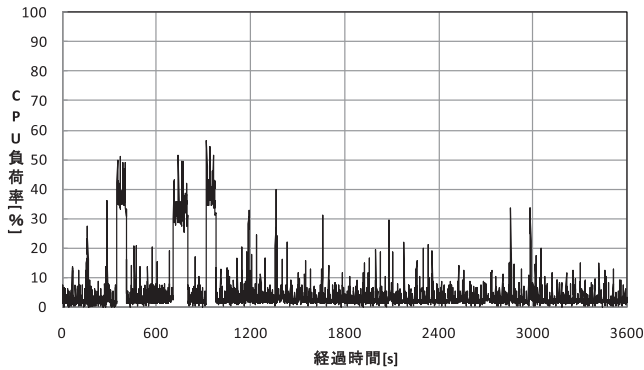
プロトタイプシステムの使用によるCPU負荷率の上昇値は平均値で2.9%、最大値で12.2%となっている。また、使用時の最大値は56.5%となっているが、この中にはOSのデーモンによるノイズも含まれている。それを除いた時間での最大値は使用時と未使用時でそれぞれ約40%と約

^{*1} CPU, メモリ, ネットワーク, ディスク監視ソフト。
<http://www.runread.com/software.shtml>

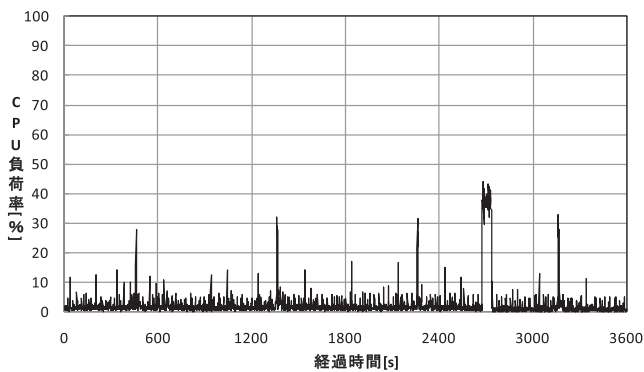
^{*2} パケットアナライザソフト。 <http://www.wireshark.org/>

表 1 CPU オーバヘッドの比較
Table 1 CPU overhead comparison.

監視システム	CPU 負荷率[%]	
	平均	最大
無	2.4	44.3
有	5.3	56.5



(a) 遠隔監視システム使用時



(b) 遠隔監視システム未使用時

図 5 プレーヤの CPU 負荷率の変化

Fig. 5 CPU overhead transition of a player.

30%となる。これは検証マシンの CPU Atom 330 はデュアルコアであることを考慮すると、片方の CPU コアだけで処理を終えており、CPU 資源にはまだ余力を残している状態であるといえる。そのため、検証マシンのようにそれほど高スペックな CPU でなくとも、デジタルサイネージシステムの性能への影響は小さい。

図 5(b) のように路面電車デジタルサイネージのシステム使用時には一定間隔で CPU 負荷率が上昇する。これはコンテンツ配信機能が 15 分間隔でコンテンツのダウンロードを行うためである。さらに監視システム使用時には図 5(a) のように CPU 負荷率が 10~20% に断続的に上昇するときがあるが、これはサムネイルの取得機能がコンテンツの切替えタイミング等に画像キャプチャ、画像リサイズ、画像フォーマットを行っていることによるものである。

6.2.2 トラフィックオーバヘッド

プロトタイプシステムを使用した場合と使用しない場合

表 2 トラフィックの比較
Table 2 Network traffic comparison.

計測項目	トラフィック[kbps]			
	下り		上り	
	平均	最大	平均	最大
無	52	1950	2	37
有	55	993	11	386

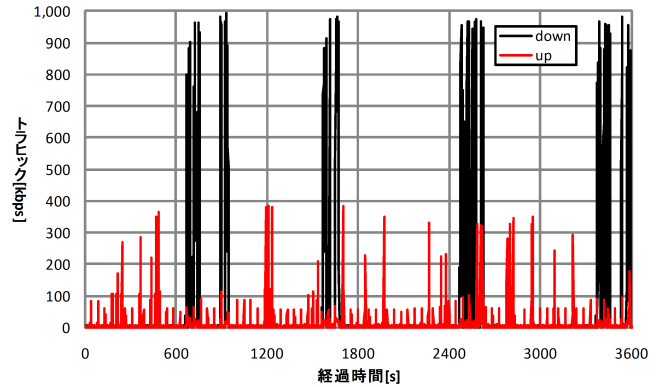


図 6 遠隔監視システム動作時のネットワークトラフィック

Fig. 6 Network traffic in the case of using the remote monitoring system.

とでネットワークトラフィックを計測した。その結果の 1 時間の平均値と最大値を表 2 に示す。また、1 時間分の値をグラフにし、プロトタイプシステムを使用した場合を図 6 に示す。図 6 では黒が下りトラフィック、赤が上りトラフィックを表す。

表 2 において、下りのトラフィックの差は表示するコンテンツのファイルサイズに依存するもので、遠隔監視の有無とは関係ない。表 2 の上りの最大値では監視ありの場合が上限値 384 kbps に達している。これはサムネイルの画像に 320×256 ドットの PNG を使用したことによる。今回の試験運用期間に実際に表示しているコンテンツをサムネイルに変換すると 1 画像あたりのデータ量は 8.6~124 kbyte で平均 56.2 kbyte だった。最大サイズのサムネイル画像の場合、そのデータ量 992 kbyte なので、そのアップロードの際には上りの通信帯域の上限値 384 kbps を約 3 秒は使いきることになる。実際に計測時間である 3,600 秒中、上限に達した時間は 21 秒で、サムネイルのアップロードが完了するとすぐに平常時に戻るの、運用時に上りトラフィックの許容値の上限に達する時間は短い。表 2 より平均値では上りのトラフィックは遠隔監視のない場合に比べて、監視ありは微増なことからもデジタルサイネージの本来の機能であるコンテンツ配信の TCP の ACK 伝送への影響は小さい。

6.3 監視サーバのディペンダビリティに関する考察

今回開発した監視システムにおいて、プレーヤと同様に監視サーバの障害が発生した場合も監視対象を監視できず、デジタルサイネージシステムのディペンダビリティ低

下につながる。そのため、監視サーバはプレーヤと異なり移動しないが、一般的なサーバのディペンダビリティ向上のための対応は必要である。そこで、今回は一般的なサーバの冗長化手法および動作ソフトウェアの死活監視を行うことでディペンダビリティを向上させている。具体的には、ハードディスクの二重化およびソフトウェアの動作監視である。今回の実装では図3に示すように監視サーバの機能を、デジタルサイネージサーバ上で実装しているため、監視サーバのディペンダビリティ向上の対応はそのままデジタルサイネージサーバの対応にもなっている。

結果的にはデジタルサイネージシステムの試験運用期間と監視システムの運用の通算1年半の間、サーバ（デジタルサイネージ機能と監視サーバ機能を含む）には問題が発生することはなかった。今回はプレーヤの台数が数台と少なく、サーバの負荷も小さかったため問題が発生し難かったと考えられる。今後、プレーヤの数が大きく増える際は、監視サーバとデジタルサイネージサーバを分離し、それぞれに対してサーバの冗長化や負荷分散を行う必要がある。

7. おわりに

本論文では、コンテンツ表示の不具合時にもデジタルサイネージの視聴者に影響を及ぼさないようにすることをデジタルサイネージのディペンダビリティととらえ、それを備えたデジタルサイネージシステムとその遠隔監視システムを設計、開発した。また、実際に5カ月の試験運用についても述べた。開発システムにより、不具合時の想定外のコンテンツの表示を防ぐとともに、障害復旧時間を短縮することができた。また、表示結果の詳細が把握できるサムネイル生成によりコンテンツ表示の詳細な把握ができるようになったことを示した。さらに、こうした監視システムを導入しても本来のデジタルサイネージシステムに大きな影響を及ぼすことなく動作できることを示した。

デジタルサイネージは広告看板の用途だけでなく、公共情報や緊急時の情報配信基盤としても役割が期待されていることから、コンテンツ表示のディペンダビリティ向上はより重要になっていくことが予想される。開発した遠隔監視システムでは、指定どおりの表示がされているかどうかの自動的な判定は行っているが、実際に表示された画像や文字が正しいかどうかは人手で判定を行う必要があり、その判定機構の実装を進め、不具合時のさらなる迅速な復旧を目指す。

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] 福岡市「デジタルサイネージ及びデジタル放送を活用した公共情報の流通促進モデル事業」, 平成21年度実施地域ICT利活用モデル構築事業成果報告書 (Mar. 2010), 入手先 (http://www.soumu.go.jp/main_content/000093626.pdf).

- [3] 広島市「広島デジタルサイネージ推進事業」, 平成21年度実施地域ICT利活用モデル構築事業成果報告書 (Mar. 2010), 入手先 (http://www.soumu.go.jp/main_content/000093624.pdf).
- [4] 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 (July 2009).
- [5] SHARP：コンテンツ配信サービス e-SignageEM (2010), 入手先 (<https://www.sharp-ssp.co.jp/solution/visual/sol/digital-signage/>).
- [6] 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 (2008), 入手先 (<http://www.digital-signage.jp/>).
- [7] 前田香織, 井上博之, 鈴木 薫, 坂田浩二, 鈴木 徹, 近藤徹, 西村浩二：広帯域無線通信デジタルサイネージシステムの開発—路面電車や地域ICカードによる実証実験, 電子情報通信学会技術報告, IA2010-60, pp.13-18 (2010).
- [8] 坂田浩二, 鈴木 薫, 井上博之, 前田香織：移動体デジタルサイネージの遠隔監視, インターネットと運用技術シンポジウム2010論文集, pp.89-96 (2010).
- [9] 鈴木 薫, 坂田浩二, 井上博之, 前田香織：デジタルサイネージ向けの地域コンテンツの自動配信手法の提案, インターネットコンファレンス2010論文集, pp.57-64 (2010).



坂田 浩二

2009年広島市立大学情報科学部卒業。2011年同大学大学院情報科学研究科修士課程修了。デジタルサイネージとその運用に関する研究に従事。



井上 博之 (正会員)

1987年大阪大学工学部電子工学科卒業。1989年同大学大学院修士課程修了。同年住友電気工業株式会社入社。2000年奈良先端大学院大学博士後期課程修了。2000年株式会社株式会社インターネット総合研究所入社。2007年広島市立大学大学院情報科学研究科講師, 現在, 同准教授。インターネットアーキテクチャ, コンテンツ配信に関する研究に従事。電子情報通信学会, IEEE 各会員。



前田 香織 (正会員)

1982年広島大学総合科学部卒業。同大学工学部助手、(財)放射線影響研究所技術員、広島市立大学情報科学部助手、同大学情報処理センター助教授を経て、現在、同大学大学院情報科学研究科教授。博士(情報工学)。コンピュータネットワーク、マルチメディア情報通信に関する研究に従事。電子情報通信学会、教育システム情報学会各会員。