

ハイパバイザによる災害警報通知

Disaster Warning Notification Using a Hypervisor

大山 恵弘[†]

Yoshihiro Oyama

1 はじめに

地震、津波、洪水、台風、大雨、竜巻などの災害警報を受信し、ユーザに通知する情報通信システムが多数存在する。例えば多くの携帯電話では気象庁による緊急地震速報 [7] を受信することができる。また、災害警報をユーザに伝えるための PC 向けのシステムも存在する。電波状況や環境による制約などの理由で携帯電話が使えない場合には特に、このようなシステムは有用である。

PC 向けのシステムには、特定の OS の利用や、特定のアプリケーションの常時実行が必要となるものがある。例えば、Web ブラウザ内に地震速報を表示するシステム [12] では、Web ブラウザを立ち上げてそのシステムのページを表示していないと、ユーザは地震の発生に気づくことができない。The Last 10-Second [6] は地震速報を通知するシステムであるが、Windows 上でしか使えない。また、当然ながら、ユーザが The Last 10-Second を終了させると、地震速報の受信や通知はできなくなる。

上で述べた必要性は、会社などの組織において災害警報通知システムを構成員全員に必ず利用させたいというケースで問題となることがある。まず、一部のユーザが、OS の動作が重くなるなどの理由で、災害警報受信用のアプリケーションを終了させたりアンインストールしたりするかもしれない。また、情報システム開発の組織では、業務で Linux を用いているために自分の PC で災害警報通知システムを実行できないユーザも出てくる可能性がある。災害警報のためだけに別のマシンを立ち上げるのも煩雑である。OS の種類やバージョンに依存せず利用でき、組織の構成員全員の PC 上での常時稼働を保證できる災害警報通知システムがあれば、通知の徹底が図れる。

本論文では、OS のデスクトップ画面に災害警報を表示するハイパバイザ DisasVisor を提案する。DisasVisor は OS の種類やバージョンに依存することなく、ユーザがどんなアプリケーションを利用している時でも、画面に警報を表示することができる。利用するにはハイパバイザを導入するだけで良く、OS 内に新たにアプリケーションをインストールする必要はない。

[†] 電気通信大学, The University of Electro-Communications

DisasVisor は災害警報を提供するサーバから警報情報を受信し、仮想マシンの仮想 VRAM 領域を書き換えることによってその情報を表示する。警報の取得や表示に関する全ての処理は、仮想マシン上で動く OS の助けを借りずに実行される。DisasVisor は、BitVisor [4] を拡張して作られたハイパバイザである ADvisor [3, 5, 9, 10] をさらに拡張して作られている。BitVisor および ADvisor はハードウェアの上で直接動作するハイパバイザであるため、オーバヘッドが小さいとともに、自身の存在をユーザにできるだけ意識させないようにすることが可能である。本論文では DisasVisor の設計と実装、予備実験の結果について述べる。

2 提案システム

2.1 利用方法と利用例

DisasVisor の実体は ELF 形式のバイナリファイルである。利用者はまず PC の起動時にブートローダからこのバイナリファイルを選び、DisasVisor を実行する。すると、ハイパバイザ上で仮想マシンが起動し、その仮想マシン上で再度ブートローダが実行される。そこでユーザが OS を選択すると、その仮想マシン上でその OS が起動する。

組織での利用においては、典型的には、まず組織の情報システム管理者が DisasVisor を各構成員の PC にインストールし、その後に各構成員は自分の利用したい OS をインストールするなどしてその PC を使う。情報システム管理者は構成員に OS の管理者権限だけを与え、DisasVisor (ハイパバイザ) を操作する権限は与えない。これにより、各構成員による DisasVisor の停止、削除、変更は困難になり、各構成員の PC の画面上に必ず災害警報が通知されるという状態を作ることができる。

情報システム管理者は DisasVisor の利用にあたり、中間サーバを運用する。中間サーバは災害に関する一次情報を気象庁のサーバなどから受信し、それを DisasVisor 向けのフォーマットに変換した二次情報を生成して配信する。DisasVisor を利用する際には、二次情報を配信してもらう中間サーバの IP アドレスを DisasVisor に登録する。

DisasVisor が洪水警報を表示した Windows 7 のデスクトップ画面の写真を図 1 に示す。警報の画像はどのウィ

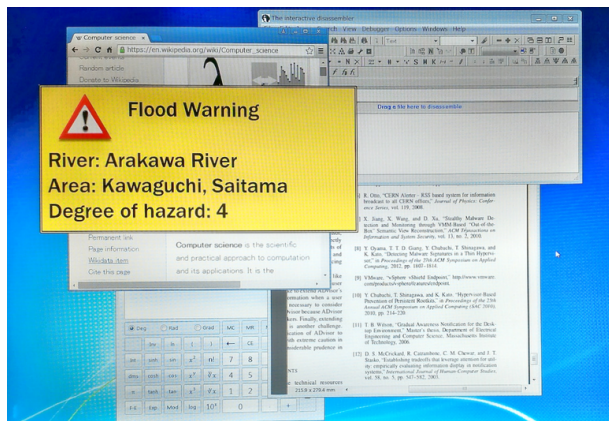


図 1 地震警報が表示された Windows 7 のデスクトップ画面

ンドウよりも上に表示される．警報は OS 起動中の状態や OS へのログイン前の状態でも表示される．図 2 は，CentOS (Linux) の起動中に地震警報が表示された画面の写真である．

警報の画像は，OS のユーザが画像の上にウィンドウなどを移動させることによって消すことができる．OS やデスクトップマネージャによる画面再描画の処理によっては，ユーザが何もしなくても画像が消えることもある．

2.2 実装

2.2.1 BitVisor

DisasVisor は BitVisor を拡張して実装されている．BitVisor は同時に 1 つの OS だけを動かすことができるハイパバイザである．以下では BitVisor 上で動作する OS をゲスト OS と呼ぶ．

ゲスト OS のデバイスドライバから発行された I/O 操作のほとんどは，そのまま物理ハードウェアに転送される．一部の I/O 操作のみを BitVisor が捕捉し，検査や変更などの処理を実行する．この捕捉により，ストレージ暗号化や VPN などのサービスを実現することができる．

グラフィックスのための I/O 操作については，元の BitVisor は捕捉や変更をしない．すなわち，ゲスト OS が発行した I/O 操作はそのままグラフィックスハードウェアに送られる．逆に，グラフィックスハードウェアが提供する情報はそのまま BitVisor に送られる．

2.2.2 構成

DisasVisor の構成を図 3 に示す．PC はグラフィックスとネットワークのためのハードウェアを備えているものとする．また，BitVisor を利用するため，CPU は VT などの仮想化支援機構を備えている必要がある．ゲスト OS とハイパバイザはともに自身が持つデバイスドライバによってそれらのハードウェアを操作する．DisasVisor はゲスト OS による I/O 操作の一部を捕捉するが，グラフィックス



図 2 洪水警報が表示された Linux の OS 起動画面

とネットワークのためのハードウェア以外のデバイスに対しては，I/O 操作の変更は行わない．よって，ゲスト OS からは，実機とほぼ同じであるような仮想マシンが観測される．

DisasVisor は災害発生時に，表示すべき災害警報の情報を中間サーバから受信する．ハイパバイザはゲスト OS とは独立に中間サーバと通信し，必要に応じてゲスト OS の画面を書き換える．中間サーバは公共のサーバに接続して，そこから災害情報を得る．

DisasVisor には画像描画機構と通信機構が含まれ，中間サーバには警報解釈機構が含まれる．各機構を以下で順に説明する．

2.2.3 画像描画機構

BitVisor にはバージョン 1.3 以降から，ADvisor の要素機能 (ADvisor 機能) が内包されている．DisasVisor でもこの ADvisor 機能を利用している．ADvisor 機能はグラフィックスハードウェアから VRAM 領域のアドレスを取得し，描きたい画像の個々のピクセル情報を VRAM 領域内の適切な場所に書き込むことによって，画面を加工する．一般的な PC ハードウェアの VRAM 領域には画面の上から下へ向けての水平線の情報が並んでおり，各水平線の情報の中には，その水平線を構成する左から右へ向けてのピクセルの RGB 値が並んでいる．DisasVisor は描くべき画像のピクセルの RGB 値を 1 つ 1 つ VRAM 領域に書き込む．グラフィックスハードウェアの VRAM 領域は，通常，メモリマップト I/O により仮想アドレス空間に貼り付けられるので，画像情報の書き込み処理は，単に，与えられたアドレス範囲に値を書き込んでいくだけのループで実装されている．

ゲスト OS のユーザが画面の解像度を変更した場合でも，ADvisor 機能が現在の解像度をハードウェアから取得し，画像を正しく表示する．

現在，ADvisor 機能は Intel のオンボードグラフィックスハードウェアのみに対応している．したがって，DisasVisor もそのようなグラフィックスハードウェアのみへの対応となっている．将来は GPU の高速な描画機能を用いて

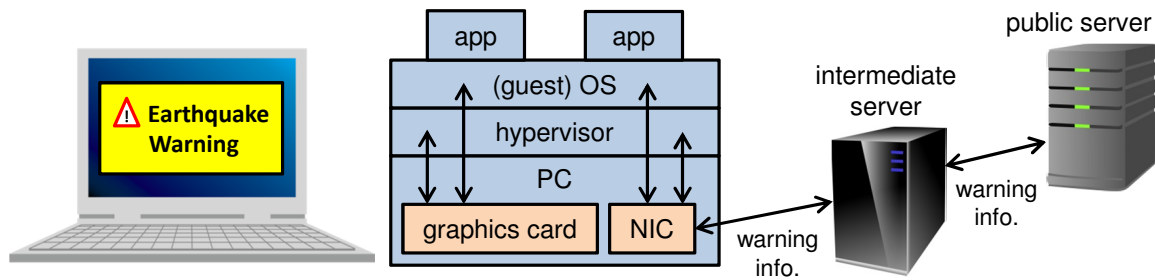


図 3 提案システムの構成

画像を表示させることも検討しているが、まずは、現状の実装でも画像表示が人間にとって十分高速であることと、個々の GPU への依存性を避ける目的から、単純な実装方式を採用している。

起動時、シャットダウン時、ソフトウェア障害やハードウェア障害の発生時には、画面がグラフィクスモードではなくテキストモードになる場合がある。現状の DisasVisor では、画面がテキストモードである時には災害警報の画像を表示しない。将来は、画面がテキストモードである時には、画面上の文字を全部消してテキストの形で警告を出力する機能を導入することを検討している。

既存の ADvisor の実装の中には、表示対象の画像を画面の端から端へ移動させることができるものもあった [5]。警報を認知しやすくするにはこのような表示も有効と考えられるが、DisasVisor では未実装である。

2.2.4 通信機構

DisasVisor は、ゲスト OS とは独立に中間サーバと通信する。BitVisor がネットワーク通信を行うためのコードを、TwitVisor [8] のコードを元に開発し、利用している。

実装を単純化するために、開発したコードでは UDP のみをサポートしている。UDP では順序制御が行われないため、データの先頭に独自に通し番号を付けて、パケットのロスや到着順の逆転が検出できるようにしている。将来的には TCP で通信できるように拡張することが望ましいと認識している。

加えて、やはり実装の単純化のために、DisasVisor と中間サーバが通信するための専用のポート番号を設定し、ゲスト OS がそのポート番号で通信することを禁じるという制限を課している。DisasVisor は、捕捉したネットワークパケットが専用のポート番号のものであるかどうかによって、そのパケットがゲスト OS 向けのものであるのか、ハイパバイザ向けのものであるのかを判断する。

2.2.5 警報解釈機構

警報解釈機構は中間サーバ上で動作するものであり、一次情報を提供するサーバから災害警報の情報を取得し、それを元に生成した DisasVisor 用の警報情報を DisasVisor

に送信する。現状の実装では、災害の一次情報を元に中間サーバが災害警報の画像データを生成し、ハイパバイザに送る。中間サーバがハイパバイザに災害警報のテキスト情報を送信し、ハイパバイザが自身の内部で画像を生成するという実装も可能である。その実装のほうが、明らかに通信量や中間サーバの負荷を減らすことができる。しかし、現状ではあくまでプロトタイプとしてハイパバイザのコードを単純化することを重視し、前者の実装を採用している。

現状では未実装であるが、組織の情報システム管理者が中間サーバ上で設定プログラムを通じて、どの地域の震度がいくつ以上なら警報を送るなどの条件を設定できるようにすることを計画している。警報解釈機構はその条件に従って、一次情報をフィルタリングすることになる。

一次情報の提供元としては、IIJ エンジニアリングによる EqCare Type-G [1] の利用を検討している。これは気象庁による緊急地震速報を元にした地震情報を WebSocket API で提供するサービスである。

3 予備実験

DisasVisor によって災害警報通知が行えることを確認するための予備実験を行った。ただし、警報解釈機構は実装中であるため、画像描画機構を利用して警報の画像をデスクトップ画面に表示する実験のみを行った。本実験では、F12 キーが押されると、災害警報の画像が画面左上に表示されるようにした。実験に用いたマシンはノート PC であり、その仕様は CPU が Intel Core i7-2640M、チップセットが HM67、グラフィクスハードウェアが Intel HD 3000 (オンボードグラフィクス)、ディスプレイ解像度が 1920×1080、主記憶が 8GB である。DisasVisor の実装に用いた BitVisor のバージョンは 1.4 である。

ゲスト OS として、Windows 7 Professional (64 bit) と CentOS 6.5 (64 bit) (Linux) を用いた。CentOS ではデスクトップ環境として GNOME を用いた。どちらの OS を用いた場合にも、F12 キーを押すと、画面に災害警報が表示された。図 1 と図 2 に示した写真は、この実験で

撮られたものである。災害警報の画像の上に別のウィンドウを移動させると、その画像を上書きによって消すことができた。また、Windows においても Linux においても、ユーザが何も操作をしていないにもかかわらず、災害警報の画像が消えることがあるという現象が見られた。これは OS やデスクトップマネージャの再描画処理によるものであると推測しているが、今後調査が必要である。

4 関連システム

気象庁は地震計による情報から生成された緊急地震速報を、地方公共団体や携帯電話会社に配信している [7]。一般の人々は携帯電話、テレビ、ラジオ、施設の館内放送などを通じて地震の発生を素早く知ることができる。本研究で提案したシステムは、PC の画面を通じて相補的に警報通知を徹底することを狙うものである。

ウェザーニューズ社の The Last 10-Second [6] は、地震の発生をポップアップと音で通知するアプリケーションであり、震源を地図上で示す機能や、ユーザの位置に地震が到達するまでカウントダウンを行う機能も有している。このシステムは Windows にしか対応しておらず、Mac OS や Linux のユーザは利用できない。

災害警報をメールで送信するシステム [11] や、災害警報をブラウザ内に表示する Web システム [12] が多く存在する。これらは極めて有用であるが、ユーザがメールを読んだり、その Web システムをブラウザ内で表示してたりしないと、警報が伝わらないという欠点を持つ。提案システムでは、ユーザが PC の画面を見ている限り、どんなアプリケーションを利用していても、警報をユーザに伝えることができる。

NTT レゾナントによる防災ソリューション [2] では、気象庁などから出される災害情報を独自のサーバで受信、取捨選択し、スマートフォンにプッシュ通知で配信する。本研究では、スマートフォンではなく PC を対象に、OS やアプリケーションに依存しない形で警報をユーザに伝えることを目指している。

5 まとめと今後の課題

サーバから災害情報を受信して警報画像を画面に表示する処理をゲスト OS に依存せずに実行するハイパバイザ DisasVisor を提案した。予備実験により、Windows と CentOS (Linux) のどちらをゲスト OS として使った場合でも、ハイパバイザによって地震警報の画像をゲスト OS の画面に表示できたことを確認した。

今後の課題を以下で述べる。第一に、警報解釈機構などの未実装部分の実装を完了させ、ユーザビリティや通知遅延を評価することが挙げられる。第二に、実験で観測された、表示された画像が自動的に消える現象についての調査

と対策の構築が挙げられる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26330080 の助成を受けている。

参考文献

- [1] IJ エンジニアリング. EqCare Type-G. <https://doc01.pf.ij-engineering.co.jp/pub/sdkdoc/>.
- [2] NTT レゾナント. 防災ソリューション. <https://www.nttr.co.jp/showcase/case5.html>.
- [3] Yoshihiro Oyama, Natsuki Ogawa, Yudai Kawasaki, and Kazuhiro Yamamoto. ADvisor: A Hypervisor for Displaying Images on a Desktop. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Computer Systems and Architectures (CSA '14)*, pages 412–418, IEEE, 2014.
- [4] Takahiro Shinagawa, Hideki Eiraku, Kouichi Tanimoto, Kazumasa Omote, Shoichi Hasegawa, Takashi Horie, Manabu Hirano, Kenichi Kourai, Yoshihiro Oyama, Eiji Kawai, Kenji Kono, Shigeru Chiba, Yasushi Shinjo, and Kazuhiko Kato. BitVisor: A Thin Hypervisor for Enforcing I/O Device Security. In *Proceedings of the 2009 ACM SIGPLAN/SIGOPS International Conference on Virtual Execution Environments (VEE 2009)*, pages 121–130, ACM, 2009.
- [5] 小川 夏樹, 大山 恵弘. ADvisor: ゲスト OS の操作に連動した広告を表示するハイパバイザ. 情報処理学会研究報告 システムソフトウェアとオペレーティング・システム, vol. 2011-OS-118, 2011.
- [6] 株式会社ウェザーニューズ. The Last 10-Second. <http://weathernews.jp/quake/html/urgentquake.html>.
- [7] 気象庁. 緊急地震速報. <http://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/>.
- [8] 島田 恭平, 芹川 大地. TwitVisor. BitVisor Summit, 2012.
- [9] 大山 恵弘, 河崎 雄大. BitVisor を用いたメッセージ表示システム. BitVisor Summit, 2012.
- [10] 山本 航洋. ネットワークによる ADvisor 機能の拡張. BitVisor Summit 2, 2013.
- [11] 調布市. 調布市防災・安全情報メール. <https://service.sugumail.com/chofu/member/portals/index>.
- [12] 防災科学技術研究所. J-RiSQ 地震速報. <http://www.j-risq.bosai.go.jp/report/>.