

仮想デスクトップ環境での高速表示技術：RVEC（レベック）

Virtual Desktop Acceleration Technology: RVEC

● 松井一樹

● 堀尾健一

● 佐藤裕一

● 佐沢真一

あらまし

近年、データのセキュリティ対策やパソコンの運用管理コストの観点から、クライアント端末には情報を置かず、クラウド内にデスクトップ環境を仮想化して配置し、遠隔からアクセスすることで通常の端末の環境と同じように使える仮想デスクトップサービスが注目されている。さらに、スマートフォンの高機能化と普及に伴って、モバイル環境から仮想デスクトップサービスを利用するニーズも増大しており、いずれもスムーズな操作性が求められている。

富士通研究所は、クラウド内にデスクトップ環境を仮想的に配置して、クライアント端末からアクセスする仮想デスクトップにおいて、動画や高精細な画像を扱う際のデータ転送量を従来の約10分の1に削減することによって、端末利用者の操作応答性能を向上させる高速表示技術「RVEC(レベック：Remote Virtual Environment Computing)」を開発した。本技術により、CADなどのグラフィック処理を行う仮想デスクトップサービスをスマートフォンなどのモバイル環境で利用することが可能となる。

Abstract

Recently, virtual desktop services have been attracting attention from the perspective of serving as data security measures and reducing the operation and management costs of personal computers. A virtual desktop is a desktop environment virtualized in a cloud that can be accessed remotely and used in the same way as a usual terminal environment. It thereby eliminates the need to store information on a client terminal. As smartphones grow in sophistication and popularity, the need for using virtual desktop services in a mobile environment is increasing, and smooth operability is required as well. Fujitsu Laboratories has developed Remote Virtual Environment Computing (RVEC) technology that increases operational responsiveness for users of terminals. It has been achieved by reducing the data transfer rate for handling videos and high-definition images on a virtual desktop. Fujitsu has reduced the rate to one-tenth that offered by the conventional techniques. This technology allows virtual desktop services for handling graphics processing of computer-aided design (CAD) and such like to be used in a mobile environment with smartphones and other devices.

まえがき

近年、データのセキュリティ対策やパソコンの運用管理コストの観点から、クライアント端末には情報を置かず、クラウド内にデスクトップ環境を仮想化して配置し、遠隔からアクセスすることで通常の端末の環境と同じように使える仮想デスクトップサービスが注目されている。さらに、スマートフォンの高機能化と普及に伴って、モバイル環境から仮想デスクトップサービスを利用するニーズも増大しており、いずれもスムーズな操作性が求められている。

富士通研究所は、クラウド内にデスクトップ環境を仮想的に配置して、クライアント端末からアクセスする仮想デスクトップにおいて、動画や高精細な画像を扱う際のデータ転送量を従来の約10分の1に削減することによって、端末利用者の操作応答性能を向上させる高速表示技術「RVEC（レベック：Remote Virtual Environment Computing）」を開発した。本技術は、エンジニアリングクラウド⁽¹⁾のコア技術として採用されている。

本稿では、富士通研究所が開発した仮想デスクトップ高速表示技術^{(2), (3)}の概要について述べる。

シンククライアントシステムの実現方法

クラウドを利用して、デスクトップ環境を仮想的に配置し、ネットワーク経由でリモート操作する仮想デスクトップは、シンククライアントシステム

の一種である。

ここで、シンククライアントシステムの動作原理を示す。シンククライアントシステムでは、サーバ側で実行するアプリケーションの描画結果やデスクトップ画面をフレームバッファに出力し、そのフレームバッファの画面データをクライアント側にリアルタイムに送信することで、クライアント側でサーバ側のフレームバッファと同じ画面を即座に再現することができる。

よって、シンククライアントシステムでは、デスクトップ画面の変化を素早く検出し、その画面変化をできるだけ少ないデータ量でクライアントに届けることが重要になる。その実現方式は、図-1に示すように二つのタイプに分類できる。

一つは、画面変化を描画コマンドや静止画データでクライアントに送信する「画面転送方式」である。もう一つは、デスクトップ全体をテレビのように動画でクライアントに送信する「動画転送方式」である。

技術課題

画面転送方式では、デスクトップでの画面変化を静止画やコマンドでクライアント端末に送信する。よって、動画やアニメーション、グラフィクスなどの画面変化が多く発生するアプリケーションを利用すると、画面変化があるたびに静止画などでクライアント端末に送信する必要があるため、データ転送量が非常に多くなってしまう。その結

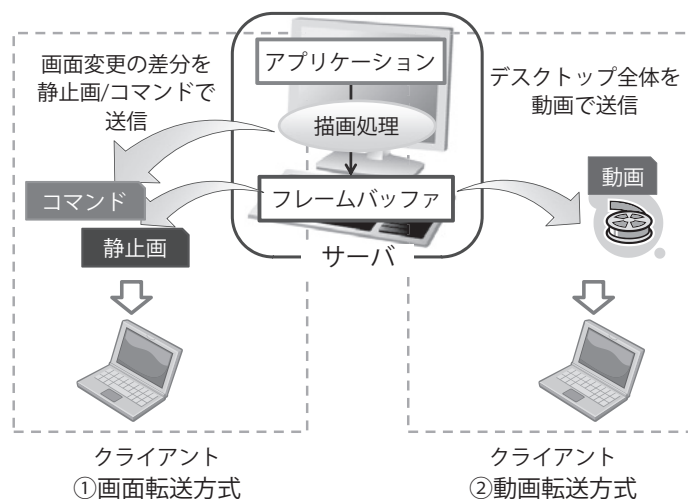


図-1 シンククライアントシステムの実現方式

果、ネットワーク通信帯域が十分でなければ、ユーザの操作応答性能が悪化する。

一方、動画転送方式では、デスクトップ全体を動画でクライアント端末に送信する。よって、動画コンテンツなどのリッチコンテンツを閲覧する場合などはスムーズに表示されるが、サーバ側でのデスクトップ全体の動画化処理の負荷が大きく、一般的には、ある程度以上の性能を引き出すために専用ハードウェアが必要となる。

シンクライアントシステムにおいてデータ転送量を比較する場合に、画面更新間隔のフレームレートも同時に考慮する必要がある。この画面更新間隔のフレームレートは、画面変化をどのくらい素早くクライアントに送信するかに影響する。

通常は、30回/秒程度のフレームレートであれば、シンクライアントシステムを利用しているユーザがパソコンでローカルにアプリケーションを実行させているときの応答性能と比べ、ほぼ遜色なくスムーズな操作が行える。画面更新間隔のフレームレートを下げれば、それだけでもデータ転送量は少なくなる。しかし、その分、画面更新間隔が長くなるので、ユーザにとっては応答性能が悪化する。よって、画面更新間隔のフレームレートはできるだけ下げずに、いかにデータ転送量を削減するかが重要となる。

このような技術課題を解決するために、画像の高速表示技術と圧縮技術を開発した。次章では、

この二つの技術を紹介する。

開発技術

● 高速表示技術

今回新たに開発したRVEC（レベック）は、上記の技術課題を解決する仮想デスクトップ高速表示技術である。RVEC（レベック）は、画面の中で更新の多い領域を動画化し、それ以外の画面更新の差分を静止画で送信するというハイブリッド方式を採用している（図-2）。

デスクトップ画面を小さく分割したサブ領域ごとに画面更新量を測定し、数値の高いサブ領域を抽出する。そして、抽出したサブ領域をすべて含む長方形（矩形）を生成して動画化領域とし、それ以外の領域は静止画領域として、それぞれに適した方式 {RVEC（レベック）独自のプロトコル} でクライアント端末に転送する。図-2右上において、サブ領域ごとの数値は一定時間の間に画面更新があった回数を意味する。数値が大きいほど、その領域の画面更新が多く、画面更新の差分をクライアントに送信するデータ量がより多くなる。

画面更新量は描画フレームレートに応じて一定時間ごとに測定し、動画化領域と静止画領域を常に調整しているため、画面表示に応じて転送量を最適に抑えることができる。また、動画化領域をデスクトップ画面の一部分に絞り込み、処理を効率化したことでソフトウェアだけで動作可能とな

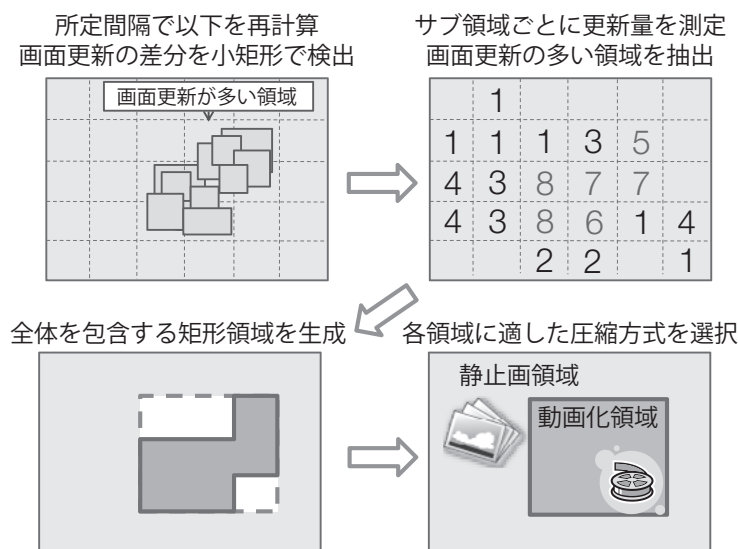


図-2 動画化領域判定

り、専用ハードウェアの導入を不要にした。

前述のように、RVEC（レベック）では、デスクトップの画面更新量に応じて、画面更新の差分を動画で送信する領域と静止画で送信する領域に分類する。動画は、例えばMPEGのような方式があるが、いずれの方式も前のフレームの画面データを利用して圧縮処理を行う。よって、その画像1枚のデータのみを用いて圧縮処理をする静止画圧縮方式と比べて、通常は高い圧縮率を実現できる。

一方で、静止画で送信する領域についても、静止画圧縮方式での圧縮率が低ければ、結果的にデータ転送量の総量が多くなる原因となってしまう。よって、静止画圧縮においても、その圧縮率を高める必要がある。そこで、RVEC（レベック）では、画面の性質に応じて適切な圧縮方式の選択を行う。

RVEC（レベック）アーキテクチャの概要を図-3に示す。圧縮方式の選択は、画面更新領域を抽出し、動画で送信すべき領域と静止画で送信すべき領域を分類した後にを行う。静止画で送信すべき領域と分類された領域については、更に画面の性質に応じて静止画圧縮方式を選択する。

富士通研究所の仮想デスクトップ試行環境において、HD（高精細度）動画（1280×720ドット）を再生したときのデータ転送量を、RVEC（レベッ

ク）と既存の画面転送方式のリモートデスクトップと比較したところ、約10分の1（0.93 Mbps）に抑えることができた。

● グラフィック画像圧縮技術

静止画圧縮方式の選択はデータ転送量の削減に大きく影響する。例えば、デスクトップ背景の草原の画像と、CADなどのワイヤフレームモデルの画像では、それぞれ画像の性質が大きく異なる。その画像に適した静止画圧縮方式を選択することで、静止画データの圧縮率が大きく向上する。特に、CADで用いる設計データを表示する場合には、ワイヤフレームモデルのような線が非常に多く存在する画面を高速にかつ高圧縮率で転送する必要がある。このような場合、JPEGのようなロッシー圧縮を利用すると線がにじんでしまい、画像品質の面でエンジニアの設計業務に支障が生じる（図-4）。一方、zlibライブラリのような既存の汎用的なロスレス圧縮技術は、圧縮レベルのパラメータを高くすることにより圧縮率を向上させることができるが、これに伴い処理時間が増大し、人間の視覚に違和感が生じないために必要な30回/秒のフレームレートで圧縮処理を完了させることが不可能である。このため、従来の仮想デスクトップ技術ではHextile⁽⁴⁾と呼ばれる簡易的な手法が通常

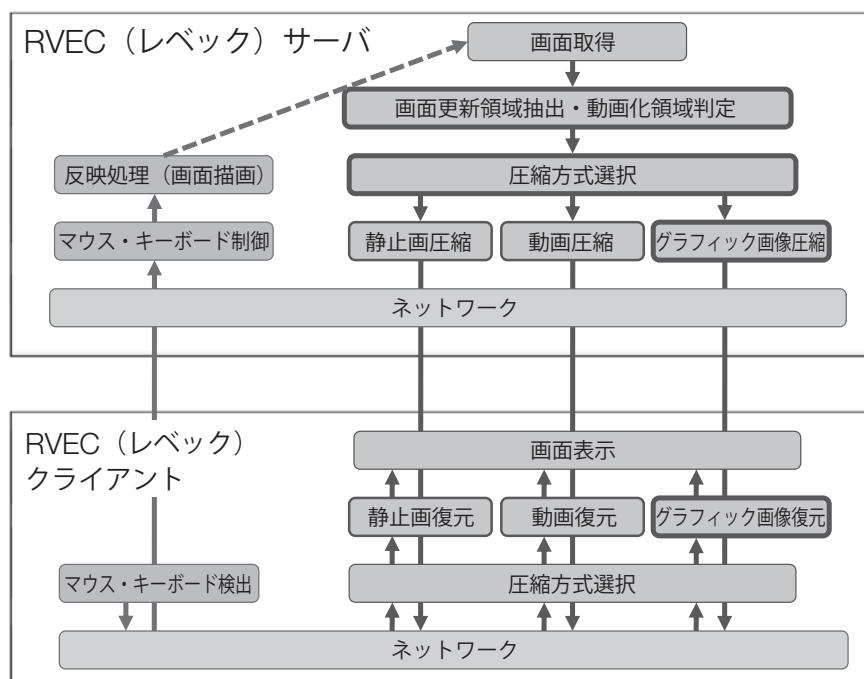


図-3 RVEC(レベック)アーキテクチャ

用いられていた。Hextileは画像を16×16の小タイルに分割して、その中で画像を単色の矩形の張合せとしてとらえるものである。簡易的なアルゴリズムのため極めて高速に動作するが、CADのような画像に適用した場合、大量の帯域を使用するためリモート端末の画像表示に遅延が発生する問題があった。

この点を踏まえ、富士通研究所は処理速度と圧縮率の問題を同時に解決する独自のロスレス画像圧縮技術を開発し、複雑なグラフィック画面を利用する場合でも円滑な画面表示を実現した。グラフィック画像圧縮技術はHextileを拡張し、単色矩形の一定方向のシーケンスをベクトルとしてマッチング対象とする。しかし、図-5に示すように実際のピクセルデータは一定サイズの矩形のシーケンスと厳密には一致しない。このため、ベクトルデータと実際のピクセルデータとの差分のデータ量をWyle code⁽⁵⁾により削減する（図-5）。この手法はHextileの高速性を保ちつつ、エンジニアリングで利用される線画が多い画像で特に著しい効果がある。富士通研究所の仮想デスクトップ試行環境において表示された典型的なCAD画像を用い、グラフィック画像圧縮の圧縮率と圧縮速度を評価した結果を図-6に示す。本結果によれば、グラフィック画像圧縮はHextileと比較してほぼ同じ処理時間で約3倍の圧縮率を実現しており、またzlib（レベル7）と比較して、同程度の圧縮率で約10倍

高速に動作することが確認できる。

今後の取組み

本技術をクラウドサービスに適用していくに当たって、今後以下の技術課題について研究開発を進めていく。

(1) 仮想環境でのGPU効率活用

仮想環境において、GPU/GPGPUを活用する技術がクラウド上でゲストOSの集約度向上による提供コスト削減と、CADなどのグラフィックスを多用するアプリケーションを高速に実行させるパフォーマンス向上を実現する上で不可欠となる。

RVEC（レベック）では、クラウド上でGPU/GPGPUを有効に活用し、シンクライアントシステ

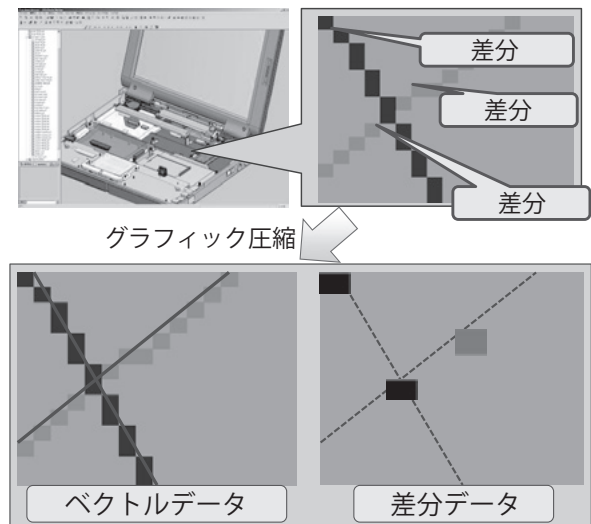


図-5 グラフィック画像圧縮

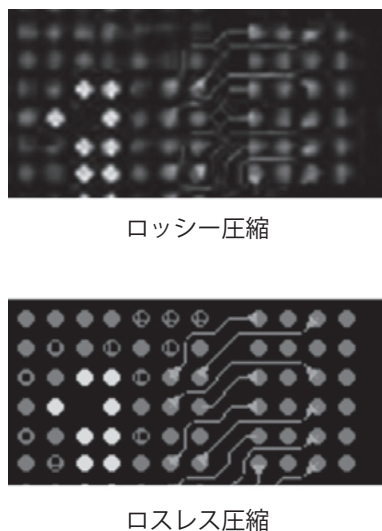


図-4 圧縮品質

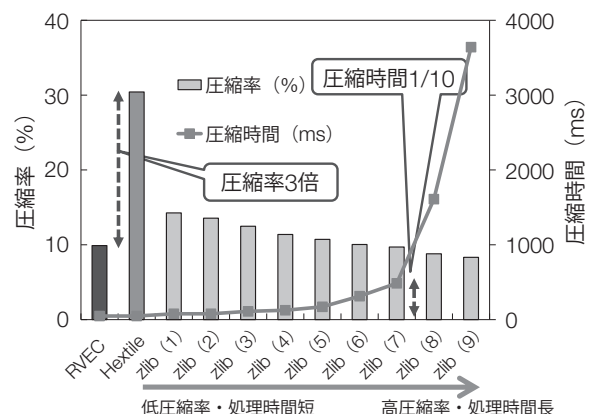


図-6 圧縮性能評価

ムにおいてクラウド上で実行するCADアプリケーションの応答性能の向上やデータ転送量の削減を更に進めていく。

(2) ネットワーク遅延対策

海外や国内の様々なネットワーク環境において、最適なパフォーマンスでクラウドサービスが利用できるように、高速転送技術RPS（Random Parity Stream）^{(6)~(8)}の応用も検討しつつ、ネットワーク遅延が大きい環境においてもシンククライアントの操作遅延を抑制する技術を確立する。

(3) モバイルネットワーク向けの最適化

Android OSを搭載したタブレット端末など、モバイル環境において、シンククライアントを利用するシーンが広がりつつある。一方で、無線LAN、モバイルWiMAX、LTEなど、各種モバイルネットワークでは、それぞれの特性を考慮した上で、シンククライアントの応答性能やデータ転送量の効率化が必要となる。

む す び

富士通研究所は、シンククライアントシステムの操作応答性を向上させる、仮想デスクトップ高速表示技術を開発した。

現在、2次元のCADについて社内試行を進めている。2011年度中に3次元のCADにも対応させるとともに商用クラウドサービスへの適用を目指す。また、スマートフォン向けについても、モバイル環境からセキュアに仮想デスクトップにアクセス

するソリューションなど、様々なモバイルソリューションへの適用検討を進める。

参考文献

- (1) 斎藤精一ほか：エンジニアリングクラウド開発環境. *FUJITSU*, Vol.62, No.3, p.228-296 (2011).
- (2) 富士通研究所：仮想デスクトップの操作応答性能を向上させる高速表示技術を開発.
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2011/05/2.html>
- (3) 富士通ジャーナル：仮想デスクトップ高速表示技術.
<http://jp.fujitsu.com/journal/strength/technologies/201106.html>
- (4) The RFB Protocol Version 3.8.
<http://www.realvnc.com/docs/rfbproto.pdf>
- (5) H. Wyle et al. : Reduced-Time Facsimile Transmission by Digital Coding. *IRE Trans. on Communications Systems*, Vol.9, p.215-222, Sep. 1961.
- (6) 亀山裕亮ほか：クラウドコンピューティングに適した高速ファイル転送ソリューション. *FUJITSU*, Vol.60, No.5, p.470-475 (2009).
- (7) 富士通ジャーナル：FTPの約20倍の転送速度を実現する技術『BI.DAN-GUN（ビーアイドットダンガン）』.
<http://jp.fujitsu.com/journal/strength/technologies/200906-02.html>
- (8) 高速ファイル転送ソリューション BI.DAN-GUN（ビーアイドットダンガン）.
<http://jp.fujitsu.com/solutions/industry/package/dangun/>

著者紹介



松井一樹（まつい かずき）

ヒューマンセントリックコンピューティング研究所 所属
現在、モバイルサービス基盤技術および仮想デスクトップ技術の研究開発に従事。



佐藤裕一（さとう ゆういち）

ITシステム研究所 所属
現在、ものづくりや金融分野などのアプリケーションに軸足を置きながらシミュレーション基盤全体の研究開発に従事。



堀尾健一（ほりお けんいち）

ヒューマンセントリックコンピューティング研究所 所属
現在、モバイルサービス基盤技術の研究開発に従事。



佐沢真一（さざわ しんいち）

ITシステム研究所 所属
現在、クラウド技術や並列シミュレーション技術の研究開発に従事。