

携帯端末における超高解像度画像閲覧方式に関する検討

橋本 真幸[†] 松尾 賢治[†] 小池 淳[†] 三瓶 政一[‡]

[†]株式会社 KDDI 研究所 〒356-8502 埼玉県ふじみ野市大原 2-1-15

[‡]大阪大学大学院工学研究科 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

E-mail: masayuki@kddilabs.jp

あらまし ブロードバンドネットワークの普及により、航空写真や衛星写真、商店のチラシのような超高解像度画像をインターネット上で取扱うことが可能となっている。さらに、今後は携帯電話や PDA のような携帯端末においても、高解像度画像の閲覧に対するニーズが高まってくるものと考えられる。しかし、携帯端末環境においては通信帯域やメモリ容量の制限から超高解像度画像の閲覧は難しい。本論文では、高精細画像を JPEG 2000 を用いて符号化してサーバに蓄積しておき、表示端末において部分拡大表示するために必要な周波数成分のデータのみを伝送することで、伝送データ量を大幅に低減させ、携帯端末において超高解像度画像の表示を可能とする方式について検討する。ここでは、JPEG 2000 Part9 で規定されているインタラクティブな画像伝送を行うプロトコルである JPIP をベースに議論を進め、単純な符号化を行っただけでは、解像度レベルごと発生する符号量に偏りがあり、特に中解像度レベルの符号量が多く、中解像度の画像を表示する際に時間を要してしまうという問題が発生することを指摘する。この問題を軽減するために、符号化の際に複数のレイヤに符号を分割しておき、表示の際に、表示解像度に応じて、伝送するレイヤ数を制御する JPIP の利用方法を提案し、その有効性を確認する。

キーワード 高解像度画像, 携帯端末, JPEG 2000, JPIP, レイヤ分割

A Study on Browsing Method of High-Resolution Images with Mobile Terminals

Masayuki HASHIMOTO[†] Kenji MATSUO[†] Atsushi KOIKE[†] and Seiichi SAMPEI[‡]

[†]KDDI R&D Laboratories Inc.

2-1-15 Ohara, Fujimino-Shi, Saitama, 356-8502, Japan

[‡]Graduate School of Engineering, Osaka University

2-1 Yamadaoka, Suita-Shi, Osaka, 565-0871, Japan

E-mail: masayuki@kddilabs.jp

Abstract This paper proposes the browsing method of high-resolution images with mobile terminals based on JPIP which is interactivity protocols of JPEG 2000 images.

It is difficult for mobile terminals to display high-resolution images due to the limitation of band width and memory in the terminals. JPIP is a promising technology to transmit only the necessary data and to reduce the transmitted data volume. However, there is a problem that it takes a long time to transmit middle-resolution-level data because images have a large volume of data in their middle-resolution levels. Therefore, we propose the method to transmit the different number of layers for different resolution levels in order to reduce the amount of data transmitted for the low and middle resolution levels. We implemented the image-transmission-and-display software on mobile phone terminals to conduct transmission experiments. The experiments show that the proposed method reduce the transmission time for low and middle resolution levels.

Keyword High-resolution images, mobile terminals, JPEG 2000, JPIP, Layers

1. はじめに

ブロードバンドネットワークの普及により、航空写真や衛星写真のような超高解像度画像をインターネット上で取扱うことが可能となっている。さらに、今後は携帯電話や PDA のような携帯端末においても、高解

像度画像の閲覧に対するニーズが高まってくるものと考えられる。しかし、携帯端末環境においては通信帯域やメモリ容量の制限から超高解像度画像の閲覧は難しい。

また、このように超高解像度画像を多様なネットワ

ーク環境を介して伝送し、多様な端末で表示・閲覧するためには、それぞれの環境に合わせて複数の符号化方式や伝送方式を使い分けるのではなく、一度符号化したデータを作るだけで、様々な環境での表示・閲覧に利用できるスケーラブルな符号化伝送方式が望ましい。このようなスケーラブルな符号化を実現するものとして JPEG 2000 [1][2] が注目されている。JPEG 2000 では、画像はウェーブレット変換により解像度レベルごとに階層化され、それぞれの解像度レベルのサブバンドの中では画像の位置情報が保たれている。そのため、表示要求のあった画像のサイズに適した解像度レベルで、表示要求のあった領域に対応する係数データを特定して伝送することが可能である。

さらに、JPEG 2000 ではインタラクティブなサーバ・クライアント間の画像通信により、サーバに蓄積されている画像をクライアント端末のビューアに表示する仕組みを提供している (JPEG 2000 Part9: JPIP) [3]-[5]。JPIP では、前述の特定解像度での特定領域の表示に必要なデータ伝送を、プリシントと呼ばれる変換係数の矩形単位で伝送できる。

本論文では、高解像度画像を携帯端末で閲覧することを目的として、JPIP の利用を検討する。ここでは、単純な符号化を行っただけでは、解像度レベルごと発生する符号量に偏りがあり、特に中解像度の符号量が多く、中解像度の画像を表示する際に時間を要してしまうという問題が発生することを指摘する。この問題を軽減するために、符号化の際に複数のレイヤ (再生画質の改善と同程度寄与する符号をまとめたもの) に符号を分割しておき、表示の際に、表示解像度に応じて、伝送するレイヤ数を制御する JPIP の利用方法を提案し、その有効性を確認する。

以降本論文では、第 2 節で JPEG 2000 および JPIP について説明する。第 3 節で提案方式について説明した後、第 4 節で伝送実験の結果を示す。

2. JPEG 2000 画像のインタラクティブな伝送

2.1. JPEG 2000 の符号化アルゴリズム

図 1 に J2K 符号化の流れを示す。符号化対象画像は 1 つ以上のタイルと呼ばれる矩形領域に分割され、タイルごとに符号化処理される。これにより符号化データ上において特定画像領域へのランダムアクセスが容易になる。しかし、高解像度画像に対してタイル化を行い、大量のタイルに分割した場合には、サムネイルのような低解像度の画像を再生する際に、全タイルから低周波数成分を取ってきて復号する必要があるため、再生処理時間が大きくなるおそれがある。このため、本論文では、複数のタイルへの分割は行わないこととする。

次に、タイル化された画像はウェーブレット変換により、縦横それぞれの方向の画素値の変化の周波数成分に応じてサブバンド分解される。ウェーブレット変換は縦横両方もが低周波数成分を持つサブバンドに対して繰り返し行われる。

サブバンドはさらに小さな矩形であるコードブロックごとにビットプレーン符号化される。図 2 にビットプレーン符号化の概念図を示す。基本的には各ビットプレーンに対して 3 つのパスが生成される。それぞれのパスは算術符号化される。

復号する際に読み込むビット量に応じて段階的に復号画像の画質 (量子化精度) を向上させることが出来るように、符号化時に画質に同程度寄与するパスの集合をひとつのレイヤにまとめることができる。

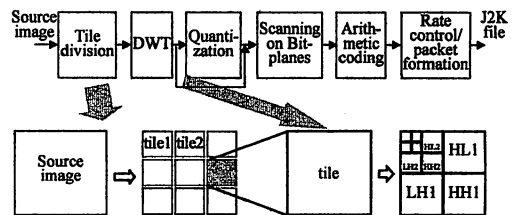


図 1 JPEG 2000 符号化処理

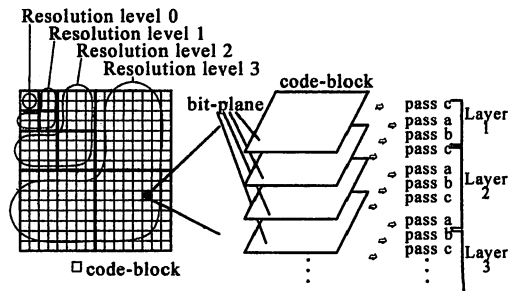


図 2 符号化におけるコードブロックとパス

2.2. JPIP

図 3 に携帯端末における JPEG 2000 画像のインタラクティブ伝送システムの概念図を示す。

図 4 にサーバに蓄積された JPEG 2000 符号内のウェーブレット変換係数の概念図を示す。係数はプリシントと呼ばれる係数領域での矩形単位で伝送される。ある画像領域の表示要求があると、その画像領域を再生するために必要な全係数を送るために必要な全プリシントが送られる。ただし、すでに伝送済みのプリシントがある場合にはそのプリシントの伝送は行われない。

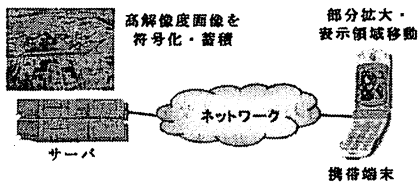


図3 携帯端末におけるJPEG 2000画像のインタラクティブ伝送システム

2.3. 通常JPEG 2000コードストリームを利用した場合の問題点

図5(a)に、10000画素×7500画素の高解像度航空写真画像の一部の領域をJPIPにより順次拡大表示した際の伝送表示時間を示す。ここでウェブレット変換繰り返し回数は6回(最低解像度レベル0の画像サイズは157画素×118画素)であり、解像度レベル0を表示した後解像度レベル1を表示し、その後解像度レベル2, 3, …と順次拡大表示を行う場合の伝送時間を測定した。(伝送表示実験の環境については、第4節参照のこと。)

ここで、JPEG 2000の符号化は、レイヤ分割を行わず、プリシントサイズ128係数x128係数、圧縮率は全体で1/20または1/40とした。

図5(a)より、全体の圧縮率が1/20の場合、各階層レ

ベルへの拡大表示に要する時間は、解像度レベル2から解像度レベル4(中解像度レベル)において10秒を大幅に上回っている。これは、画像の持つ情報量は解像度レベルによって大きく異なり、特に中解像度レベルにおいて、多くの情報量を持っているためであると考えられる。この伝送表示時間の増大により、利用者の待ち時間に対するストレスが増大することが予想される。

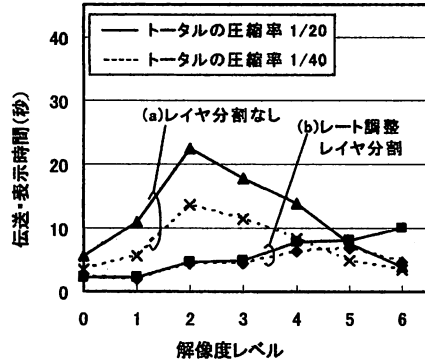
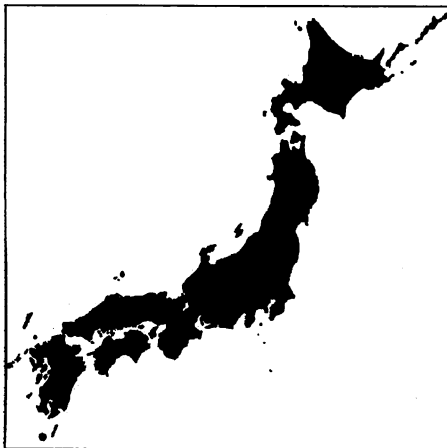
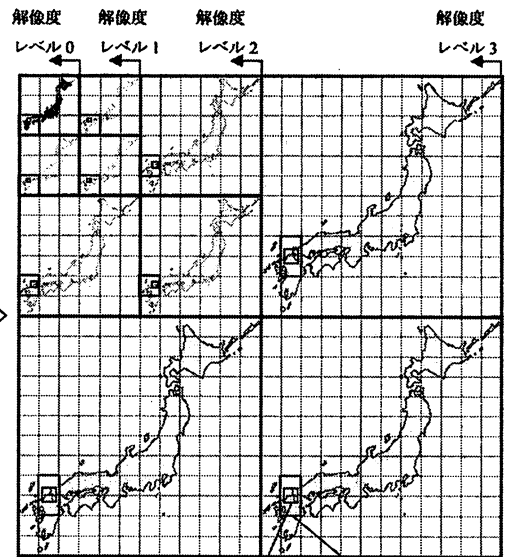


図5 高解像度画像拡大操作時の伝送表示時間(従来方式/提案方式)



符号化蓄積



□ プリシント
 表示要求領域に対応する係数領域
 伝送されるプリシント

図3 携帯端末におけるJPEG 2000画像のインタラクティブ伝送システム

3. 提案方式

前節で問題となった中解像度レベルにおける伝送時間を改善するため、ビットレートを調整したレイヤに分割しておき、表示する解像度レベルに応じて異なるレイヤを伝送する方式を提案する。つまり、低～中解像度レベルの表示には、上位レイヤのみを伝送して伝送量を少なくすることにより、伝送時間を低減する。

図6に、各解像度レベルでJPEG 2000画像を復号表示した際のPSNRを示す。同図は7つのレイヤに分割したJPEG 2000画像を各レイヤまで再生した場合のPSNRを示している。ここで、レイヤ1に割り当てるビット量を0.003 bpp(bit/pixel)とし、レイヤ2以上(レイヤ1+レイヤ2)に割り当てるビット量を0.01 bpp、レイヤ3, 4, 5, 6, 7以上に割り当てるビット量をそれぞれ0.003 bpp, 0.06 bpp, 0.16 bpp, 0.4 bpp, 1.2bppとした。レイヤ7は全てのレイヤを伝送する場合を示しており、レイヤ分割をしなかった場合の画質にほぼ一致する。また、ここでのPSNRの計算のオリジナル画像として、JPEG 2000の量子化ステップを十分に小さくしてほぼロスレスで符号化を行った画像を各解像度で復号した画像を用いた。

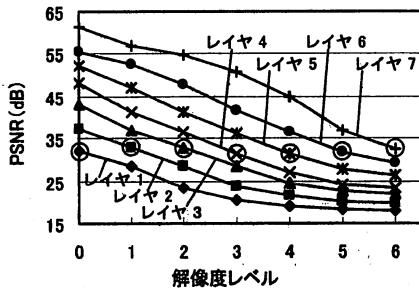


図6 各解像度レベルにおける表示画像品質

図6より、レイヤ分割しなかった場合(図中レイヤ7)の解像度レベル0(画像サイズが157画素×118画素)から解像度レベル4での再生画像のPSNRは45dBを超えており非常に高いが、解像度レベル0のような小さな画像においては、もともと空間方向に情報量が大幅に削減されているため、ビット精度方向に、このように高い品質を確保しても、表示画像からはその精度の高さがわからないことが予想される。しかしながら、その高品質を実現するためには、大量の画像情報量を伝送する必要があるため、2.3節に示した伝送時間の増大が発生する。

そこで、解像度レベルが小さな画像を再生する場合には、画像品質を落として途中のレイヤまで再生する

ことで、伝送表示にかかる時間を低減する方式を提案する。例えば、解像度レベル0の表示にはレイヤ1を、解像度レベル1の表示にはレイヤ2を、解像度レベル2の表示にはレイヤ3を、というように、それぞれの解像度レベルに合わせたレイヤを伝送表示することにより(図6中の丸印)、常に表示画像をPSNR 30dBから35dBの間に保つことが可能となる。図7に、各解像度レベルにおいて伝送するレイヤの概念図を示す。

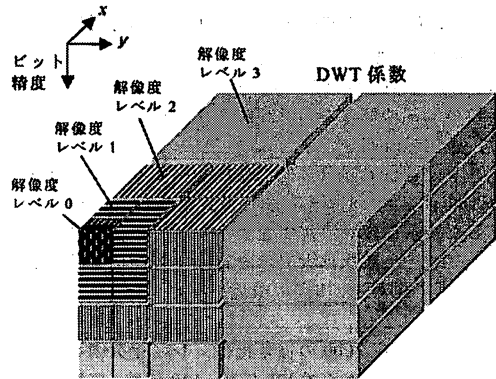


図7 提案方式: 表示解像度レベルに応じて表示するレイヤを制御する。

4. 実験

4.1. 実験ビューア実装

提案方式の有効性を確認するため、高解像度画像の伝送表示ソフトを携帯電話上でのアプリケーションプラットフォームであるBREW上で開発した。解像度レベルごとに異なるレイヤで画像を要求する機能を有する。図8に、開発した伝送表示ソフトにおける画像表示の様子を示す。なお、サーバ側はKakaduのJPIPサーバモジュールを用いた。

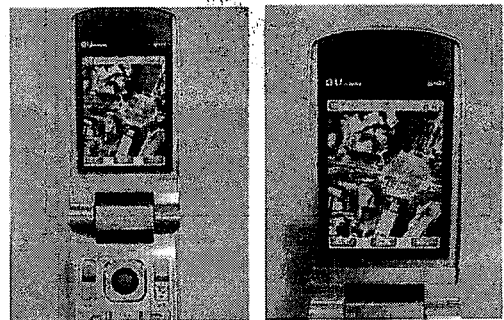


図8 高解像度画像表示ソフトの実装

4.2. 実験結果と考察

4.2.1. 画像拡大操作

図5に、10000画素×7500画素の高解像度航空写真画像の一部の領域をJPIPにより順次拡大表示した際の伝送表示時間を示す。ここでウェーブレット変換繰り返し回数は6回（最低解像度レベル0の画像サイズは157画素×118画素）であり、解像度レベル0を表示した後解像度レベル1を表示し、その後解像度レベル2, 3, …と順次拡大表示を行う場合の伝送時間を測定した。（5回測定を行い、中央値をとった。）伝送には最大2.4Mbps（ベストエフォート）の携帯電話ネットワーク回線を利用した。

図5(a)はレイヤ分割を行わなかった場合の伝送表示時間を示している。また図5(b)は3節の提案方式に示したように、各解像度レベルで表示するためにビットレートを調整してレイヤ分割を行って符号を作成しておき、表示要求のあった解像度レベルにあわせて、対応するレイヤを読み出して伝送した。

図5より、従来方式(a)では、解像度レベルが比較的小さなときに、伝送に長時間を要していることがわかる。特に、解像度レベル2の表示の際には、全体の圧縮率が1/20の場合で22.3秒、全体の圧縮率が1/40の場合で13.7秒かかっている。これに対し、提案方式(b)では、解像度レベル0から4までの間で、従来方式よりも短時間で伝送表示が可能となっている。特に解像度レベル2については、全体の圧縮率が1/20の場合で4.5秒、1/40の場合で4.3秒での伝送表示が可能となり、それぞれ従来方式の伝送表示時間の20%および31%となっており、利用者の待ち時間に対するストレスは大幅に改善できるものと考えられる。

また、解像度レベル5および6においては、従来方式に比べて伝送に時間を要するものの、全体の圧縮率が1/40の場合は4.6秒～6.9秒での伝送が可能であり、全体の圧縮率が1/20の場合も7.9秒～10.0秒での伝送が可能となっており、従来方式の解像度レベル2～4に見られるような、大幅な伝送表示時間の増大は見られない。

4.2.2. 画像移動操作

図9に、先の画像伝送実験システムにおいて、表示領域の移動を行った際の伝送表示時間を示す。ここでは、まず特定領域についてある解像度レベルまで画像を拡大しておき、そこから右横に1画面分、表示領域を移動した際に、画像の伝送表示に要する時間を示す。同図では画像全体での圧縮率が1/20の場合を示している。

図9より、従来方式(a)においては、解像度レベルが3および4のとき、移動に10秒以上要していることが

わかる。一方、提案方式(b)では、いずれの解像度レベルにおいても、ほぼ一定の短時間（4.1秒～4.4秒）での伝送が可能であり、高速な移動が実現できる。

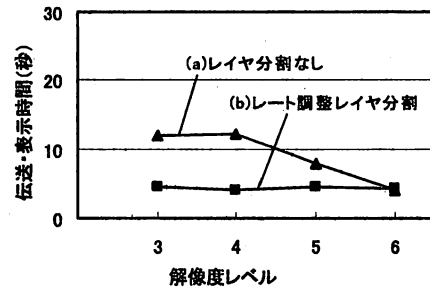


図9 高解像度画像移動操作時の伝送表示時間

5. まとめ

本論文では、携帯電話端末での高解像度表示を実現するためにJPEG 2000を用いたインタラクティブな画像伝送方式(JPIP)をベースとして議論した。レイヤ分割を行わない一般的なJPEG 2000コードストリームをJPIPにて伝送表示しようとする、中解像度レベルにおいて、伝送表示に長時間を要することがわかった。これは、画像の持つ情報量は解像度レベルによって大きく異なり、特に中解像度レベル(解像度レベル2～4)において、多くの情報量を持っているためであると考えられる。

中解像度レベルでの伝送表示に要する時間を改善するため、ビットレートを調整したレイヤに分割しておき、表示する解像度レベルに応じて異なるレイヤを伝送する方式を提案した。つまり、低い解像度レベルの表示には、上位のレイヤのみを送って伝送時間の低減を図った。

提案方式の有効性を確認するため、BREW上で高解像度画像の伝送表示ソフトを作成し、提案方式による高解像度画像の伝送表示を実現した。

その結果、中解像度レベルの表示時間を大幅に低減することが可能となった。解像度レベル2の表示に関しては、伝送表示時間を従来方式の20%～31%に低減した。さらに、各解像度レベルでの表示領域の移動に関しても、伝送表示速度が改善できることを確認した。

各レイヤに対するビットレートの決定方法や、今回実験に用いた以外に関する詳細な評価が今後の課題である。

文 献

- [1] ISO/IEC 15444-1, "Information technology - JPEG 2000 image coding system -- Part 1: Core coding system," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1, Jan.2001.
- [2] D.S. Taubman, "High performance scalable image compression with EBCOT," IEEE Trans. Image Proc., vol.3 no.5, pp.1158-1170, Jul. 2000.
- [3] ISO/IEC 15444-9, "Information technology -- JPEG 2000 image coding system - Part 9: Interactivity tools, APIs and protocols," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1, Nov.2005.
- [4] G. J. Colyer and R. A. Clark, "JPEG 2000 and Interactive Applications", IEEE Trans. Cons. Elec., vol.49, no.4, pp850-854, Nov. 2003.
- [5] J. Hara, " An Implementation of JPEG 2000 Interactive Image Communication System," IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Vol.6, pp.5992, May 2005.