

J-67 JPEG2000 を用いた PDA 医用画像伝送システムの開発 Development of PDA medical image transmission system using JPEG2000

橋本 真幸 松尾 賢治
Masayuki HASHIMOTO Kenji MATSUO

小池 淳 中島 康之
Atsushi KOIKE Yasuyuki Nakajima

1. まえがき

くも膜下出血や脳梗塞など緊急を要する疾患の場合、専門医が CT 等の画像を詳細に読影して緊急度を判断する必要がある。しかし専門医が不在の場合、症例によっては当直の医師では判断が困難な状況が発生することも想定される。このような場合において、専門医が外出先から即座に画像を参照でき、当直医に対してよりの確な指示を与えることが可能となるモバイル画像伝送システムが求められている。しかしモバイル環境においては、伝送帯域が制限されてしまうことや、端末の画面表示能力や処理能力が有線系に比べて貧弱であるなどの問題がある。そのような制限を前提とした上で、PDA は手軽な画像表示が可能であること、携帯電話に比べて画像表示能力が高いことなどから、医用画像表示端末として高い可能性を持つと考えられる。だが CT 画像の連続表示など、PC 並みの閲覧は通常困難とされてきた。そこで筆者らは JPEG2000^[1] (JP2) の階層構造を利用することにより PDA にて高い閲覧性、操作性を実現するシステムを開発した。JP2 は JPEG に比べ最大約 2 倍のデータ圧縮が行えるため、無線通信での画像伝送時間を大幅に短縮することが可能であると考えられる。また本システムでは、復号表示処理の高速化とデータ圧縮による伝送時間の削減を同時に実現する符号化モードが設定可能である。本論文では、本システムの概要および本システムにおける JP2 の符号化、伝送、復号表示特性について述べる。

2. システム概要

図 1 に本システムの概要図を示す。CT などの画像撮影機器や医用画像サーバから画像ファイルが本システムのサーバに入力されると、JP2 への自動変換が行われる。同時に、画像に付帯するタグ情報がデータベースに登録される。その後、医師が PHS や無線 LAN などを通じて同サーバにアクセスすると、画像の選択、ダウンロード、高速閲覧が行える。

図 2 にサーバでの変換処理の流れを示す。入力画像ファイルは医用画像の蓄積管理システムに関する規格である DICOM に準拠したファイルであり、タグ情報が含まれているものとする。画像受信部にて受信された画像ファイルは、患者情報や画像表示パラメータ等のタグ情報と画像データとに分離される。そして画像表示パラメータをもとに画像のレベル調整が行われ、8 ビット階調の画像に変換される。一般的な CT 画像ファイルは 1 画素あたり 16 ビットなので、この時点で情報量は 2 分の 1 になる。以降の JP2 符号化特性に関する議論は、この 8 ビット階調画像を原画像とみなすこととする。原画像は設定されたパラメータにより符号化され、患者情報等と共にデータベースに登録される。JP2 符号化に関する設定可能パラメータは、離散ウ

ェーブレット変換 (DWT) のファイルタイプ、DWT 変換回数、圧縮率、タイルサイズである。

なお、符号化処理とデータベースへの登録に要する時間は、512×512 画素の CT 画像 1 枚当たり約 0.3~0.4 秒である (CPU クロック周波数 1.7GHz 使用)。

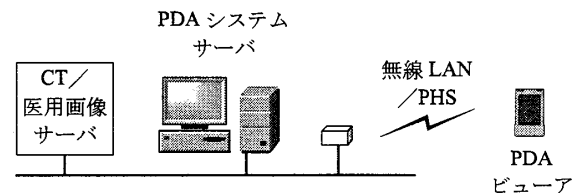


図1 システム構成図

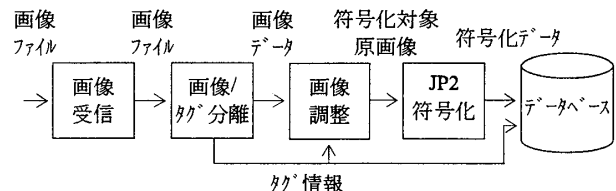


図2 変換処理の流れ

3. 高速閲覧ビューア

従来の JPEG では、特別なモードを利用しない限り符号化ファイルの最後まで復号しなければ全体画像が得られない。閲覧用サムネイルのようなオリジナルの画像よりも小さな画像が必要な場合でも、ファイルすべてを復号しなければならないか、事前に別途サムネイルを準備しておく必要がある。これに対し JP2 では符号化データが階層構造を持つため、ファイルの一部を復号するだけで縮小画像を得ることができ、さらに残りのデータを追加復号していくことにより、順次画像を拡大していくことが可能である。

図 3 に本システムの PDA に搭載されているビューアの GUI を示す。本システムでは検査単位で JP2 画像をダウンロードする。ビューアでは、まず検査に含まれる全 JP2 ファイルから低解像度データのみ復号し、サムネイルを作成してバッファに保存すると同時にサムネイルウィンドウに表示する。検査内に複数の画像が存在した場合でも、ファイル全部を復号する必要がないため、高速なサムネイル作成が行える。

CT シリーズ画像のように 1 つの検査内に大量の画像が存在する場合には、ユーザはスライドバーを左右に動かし画像の連続表示を行うことができる。PC に比べ演算能力が貧弱な PDA では、このように連続的に画像を処理することは一般に困難であるが、本ビューアでは、先述のメモ

リ上に展開されているサムネイルをメインウィンドウ上に拡大表示して、次々と画像を切り替えていくことで高速な連続表示を実現している。ユーザがある画像で連続表示を止めると、即座にその画像に対する拡大（高解像度化）処理を行い、最終的に高品質な画像を表示する。

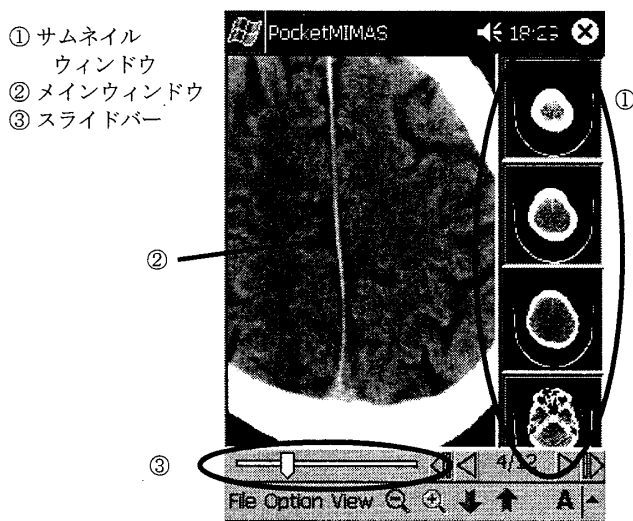


図3 ビューア GUI

4. システム特性

本節では JP2 符号化および復号モジュールの特性について述べる。JP2 の DWT 処理部においては整数型 5x3 フィルタあるいは実数型 9x7 フィルタが用いられる。

本システムにおいて PDA は OS : PocketPC, CPU : StrongARM SA-1110 206MHz, メモリ : RAM 32MB を開発対象とした。この環境上での浮動小数点演算はソフトウェアエミュレートにより行われるため、整数演算を行う場合に比べ処理に時間を要することが予想される。そのため、端末でのデコード処理を考慮すると、JP2 の符号化モードとしては 5x3 フィルタを用いるメリットが大きいと考えられる。しかし、JP2 規格のコア部分である Part1 では、5x3 フィルタを用いるのは可逆符号化の場合のみであり、量子化は行わない。そのため 5x3 フィルタを用いると、符号化データ量が 9x7 フィルタ使用時に比べて大きくなり、伝送速度に問題が生じる。そこで、本システムでは、5x3 フィルタを用いると同時に、圧縮率を設定して量子化を行う非可逆 5x3 モードを利用可能とした。

表 1 に、5x3 フィルタあるいは 9x7 フィルタをもちい、圧縮率を 1/5~1/20 に変化させた場合の符号化ファイルサイズおよび符号化画像の PSNR、それらの画像を 64kbps PHS でダウンロードするのに要した時間、ビューアでの復号表示時間を示す。評価に用いたのは 512x512 画素の腹部 CT 画像、DWT 繰り返し回数は 3 回である。復号表示時間①は 128x128 画素のサムネイルを最初に表示するのに要した時間、②はさらに 256x256 に拡大する時間、③はそこからさらに最大解像度まで拡大するのに要した時間を示す。また、同表には比較のため、JPEG を用いてほぼ同程度の圧縮率で符号化を行った場合の PSNR およびファイル伝送時間を示す。

同表より、JP2 は JPEG に比べて全体的に PSNR 特性が上回っていることがわかる。この改善効果は圧縮率が高くなるほど大きい。また、仮に 38dB を所要値とすると、JPEG では約 1/10 しか圧縮できないところを JP2 では 1/15 以上圧縮できるということがわかる。

表 1 より、非可逆 5x3 フィルタ（網掛部）を用いることにより、5x3 フィルタ使用時においてもファイルサイズ削減により高速な伝送が行われることがわかる。さらに 5x3 フィルタを用いたほうが 9x7 フィルタを用いた場合に比べて、復号表示処理に要する時間を大幅に削減できることが確認できる。ただし 5x3 フィルタを用いると 9x7 フィルタを用いる場合に比べ、PSNR 特性が若干劣化する。この度合いは画像により異なるが、比較的小さい値であるため、上述の伝送時間、処理時間の改善を考えると 5x3 フィルタを用いるメリットは大きい。

また、数人の医師の主観評価により、頭部 CT 画像を 5x3 フィルタを用いて 1/15 に圧縮した場合でも、参照用画像としては問題がないことが確認された。

表 1 PSNR 特性およびデコードでの表示処理時間

		圧縮率	ファイル サイズ (kB)	PSNR (dB)	伝送 時間 (s)	表示 時間 ①(s)	表示 時間 ②(s)	表示 時間 ③(s)
JPEG2000	5x3	可逆	70.79	-	13.3	1.1	0.9	2.2
		1/5	52.35	50.19	10.9	1.2	0.9	2.2
		1/10	26.22	42.08	7.5	1.2	0.9	2.0
		1/15	17.49	38.15	6.3	1.2	0.9	2.0
		1/20	13.11	36.04	5.7	1.1	0.9	2.0
	9x7	1/5	52.13	51.04	10.8	1.6	1.7	5.4
		1/10	26.02	42.40	7.4	1.4	1.6	5.1
		1/15	17.49	38.60	6.3	1.4	1.6	5.0
		1/20	13.09	36.35	5.7	1.4	1.5	4.8
	JPEG	1/5	50.90	46.48	10.7	-	-	-
		1/10	26.44	37.99	7.5	-	-	-
		1/15	17.62	34.11	6.3	-	-	-
		1/20	13.22	31.93	5.8	-	-	-

5. まとめ

JP2 を用いた PDA 医用画像伝送表示システムに関して、システムの概要と特性について示した。本システムでは JP2 の階層構造を利用することにより、PDA での高い閲覧性、操作性を実現している。JP2 を用いることにより、従来の JPEG を用いた場合を大きく上回り、評価した CT 画像では最大 1/15 まで圧縮が可能であった。また本システムでは、JP2 の規格上は量子化が行えない整数型 5x3 フィルタを用いる場合でも、量子化を行う符号化モードを利用可能とした。これにより若干の PSNR の劣化が生じるが、データ量削減による伝送時間の短縮と演算量軽減による高速復号表示とが実現されることを確認した。

参考文献：[1] ISO/IEC 15444-1, "Information technology - JPEG2000 image coding system - Part 1: Core coding system", ISO/IEC JTC 1/SC 29 WG1, Jan.2001.