

モバイル環境下での高解像度映像サービスへの展望

藤林 暁[†] ブン チュンセン[†] Sandeep Kanumuri[‡] Onur Guleryuz[‡]

[†] 株式会社 NTT ドコモ 〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘 3-5 NTT DoCoMo R&D センタ

[‡] DoCoMo Communication Laboratories USA, Inc. 3240 Hillview Avenue Palo Alto, CA 94304, USA

E-mail: [†] (fujibayashi, boon)@nttdocomo.co.jp, [‡] {skanumuri, guleryuz}@docomolabs-usa.com

あらまし 近年、移動機端末の高機能化に伴い、表示デバイスの高解像度化が進んできた。一方、高速通信の実現・ワンセグ配信の普及などにより、移動機端末での映像視聴がより気軽に身近な存在となった。しかし、モバイル環境での映像サービスは、限られた伝送帯域での映像の高解像度化は難しく、表示デバイスの機能を十分に生かしたものとは言えない。本稿では、モバイル環境下での高解像度映像サービスに対する展望とその展望を踏まえた映像の高解像度化技術の概要を紹介する。

キーワード モバイルネットワーク、映像サービス、超解像度技術、画像拡大技術

Vision to high resolution video service over the mobile network

Akira Fujibayashi[†] Choong Seng Boon[†] Sandeep Kanumuri[‡] and Onur Guleryuz[‡]

[†] NTT DoCoMo, Inc. 3-5 Hikarino-oka, Yokosuka-shi, Kanagawa, 239-8536, Japan

[‡] DoCoMo Communication Laboratories USA, Inc. 3240 Hillview Avenue Palo Alto, CA 94304, USA

E-mail: [†] (fujibayashi, boon)@nttdocomo.co.jp, [‡] {skanumuri, guleryuz}@docomolabs-usa.com

Abstract In recent years, the advance in mobile terminal enables to mount a high resolution display device. On the other hand, the increasing availability of broadband communication and permeation of 1-seg have led to an increase in the popularity of video services. However, the current video service in a mobile environment can not use the performance of the display device enough because of the limitation of transmission band.

In this paper, we express the vision to the high resolution video service in a mobile environment. Additionally, the outline of our super resolution technology based on this vision is introduced.

Keyword Mobile network, Video service, Super resolution technology, Image expansion

1. 概要

本稿では、モバイル環境下の映像サービスの現状と高品質映像サービスに向けた課題を整理し、高品質の観点である高解像度映像サービスの1つの実現方法とその利点をまとめた。また、高解像度サービスを実現する上で解決すべき課題を整理した上で、現在開発中の高解像度化技術の概要とその性能を示す。本提案の高解像度化技術は従来技術と比較して符号化歪等を大幅に削減し、さらに鮮鋭な高解像度化が可能である。

2. 背景

近年の固定網におけるブロードバンド化・料金定額化に伴い、PCにおいて動画コンテンツを楽しむ機会が急激に増加した。YouTube[1]に代表される閲覧型サイトやオンデマンドでコンテンツを提供するサイトに人

気が集まり、ユーザーは好きな時に好きな動画コンテンツをPC経由で楽しむ機会が増えてきている。

一方、モバイル網においても従来の音楽や静止画コンテンツと比較して非常に大容量である動画コンテンツも伝送可能な高速通信が可能となり始めた。NTTドコモでは、2006年からHSDPA (High Speed Downlink Packet Access) を利用し下り最大3.6[Mbps]の高速通信を実現している。また、現在導入を目指しているSuper3G[2]では、高速移動時でも下り100[Mbps]の通信速度を達成しており、より一層の高速通信の実現を目指している。また、料金についてもパケット通信利用料金定額制が急激に普及し[3]、固定網と同様の感覚で通信サービスを利用できるようになりつつある。

一方、携帯電話の性能も向上を遂げた。2007年に発表したFOMA905シリーズでは、VGA (640×480) 以上の解像度を持つディスプレイが標準搭載となり、より

高精細な画像・映像の視聴が可能となった。さらにディスプレイに関しては、各メーカーが大型テレビ等で培った画像処理技術を携帯電話にも導入し、より高精細な表示がされるようになっていく。

このようにモバイル環境においても通信速度の向上、携帯電話の高性能化により、ユーザーが綺麗な画像・映像コンテンツを楽しむことができる環境が整いつつある。

そのため、モバイル環境での映像サービスにおいてもより高品質な映像コンテンツに対するニーズが高まることが予想される。ここで高品質な映像コンテンツに必要な観点として高解像度化という面が挙げられる。

そこで本稿では、モバイル環境下での映像サービスの現状と課題を整理し、高解像度映像サービス提供への考えとその取り組みの一部を紹介する。本稿の構成として第3章では、モバイル環境下での映像サービスの現状をまとめる。次章では、現状を考えた上で高品質映像サービス提供に向けた課題を整理する。第5章では、高品質化の観点として高解像度化に注目し、高解像度映像サービスの1つの実現方法を紹介し、第6章ではサービスを達成するための高解像度化技術の概要と性能の紹介を行い、最後にまとめる。

3. モバイル環境下での映像サービスの現状

まず、現状のモバイル環境下における映像サービスの利用状況や今後に対する期待についてまとめる。

最近の調査によると表1のように携帯電話の利用機能の内35.6%ものユーザーがテレビ電話機能等を含む映像視聴機能を利用するという調査結果[4]が得られており、携帯電話での映像視聴が生活の一部になりつつあるといえる。

表1 携帯電話端末の利用機能

利用機能	利用率 [%]
カメラ機能	87.2
アプリ機能(ゲーム等)	42.7
バーコードリーダー	25.4
★動画コンテンツ再生機能	20.9
音楽再生機能	13.6
★TV電話機能	8.5
★TV放送受信機能	6.2
GPS機能	8.0
映像視聴機能(★合計)	35.6

TV放送受信機能としては2006年4月からワンセグ放送が開始され、モバイル端末でも地上波デジタル放送が視聴可能となった。その後、ワンセグ機能は携帯電話の標準機能として数多くの機種に搭載され、ワンセグ機能搭載の携帯電話の普及率も順調に高くなっていく[3]。そのような普及により、帰宅途中の電車の中で仕事中に録画しておいたTV番組やリアルタイムでTV

番組を楽しむといった従来にない生活スタイルも生まれているという。動画コンテンツ再生機能についても、利用したことのあるユーザーは10代の男女ともに50%程度まで増加している[3]。

また、特定のサービスでは携帯電話からのインターネット利用者数がPCからの利用者数を超えているという背景から、コンテンツ配信業界にとってもモバイル環境下での映像サービスは新たな映像コンテンツ市場の形成の場としても注目されている。さらに海外に目を向けると、モバイル端末でのみ楽しめる「モビソード」と呼ばれる映像配信サービスに注目が集まっている。モビソードとはモバイルとエピソードを掛け合わせてできた造語で、ドラマの総集編やメイキングシーン、テレビ放送には存在しないサイドストーリーなどで構成される[5]。このような普通のTV番組とは異なる映像を配信することができる点もモバイル網における映像サービスならではの利点とされている。

以上の調査結果からもわかるとおり、モバイル環境下での映像サービスは身近なものとなり、その期待も大きいものと考えられる。

4. 高品質映像サービスに向けた課題

それでは、このような期待に答えるため、高品質な映像サービスを提供するためにはモバイル環境ではどのようなことが課題となるであろうか。

モバイル環境での映像サービスでは、多大な情報量を持つ映像の圧縮技術が必須である。通信帯域の拡大は第2章でも述べたとおり今後も進めていくが、通信帯域の効率的利用の観点から考えても、圧縮技術の必要性は変わらない。NTTドコモでは、映像サービスとしてi-motionやiアプリムービーに代表される動画コンテンツやTV電話やVライブ等の映像サービスも提供している。圧縮技術としてTV電話やVライブにはMPEG-4 visual[6]、ワンセグには最新の動画像符号化技術であるH.264/AVC[7]が利用される。最近ではi-motion等の動画コンテンツもH.264を含む様々な圧縮方式に対応し始めた。



図1 ワンセグ等で見られる歪

このように映像サービスに対して最新の動画符号化技術が利用されているが、これらの映像には図1のようなぼやけやブロック歪等に代表される符号化歪が含まれる。そのため、現状では必ずしも高品質な映像サービスを提供できているとは言えない。また、符号化歪を出現させないためには通信帯域の拡大が有効ではあるが、大幅な通信帯域の拡大は現実には難しい。

また、携帯電話では高性能化によりVGA以上の解像度表示が可能となったが、現状の映像サービスではVGAサイズの映像は提供できていない。映像の解像度はワンセグ/i-motionではQVGA(320×240)、TV電話やVライブではQCIF(176×144)と表示解像度と比較して小さく、現状の端末性能を十分に生かしているとは言えない。つまり、高品質映像サービス提供のためには、映像の高解像度化が重要な観点の1つと言える。

しかし、このような映像の解像度の制約は、通信帯域の制約や映像品質とのトレードオフとも関係してくるため、単純にサービス提供を行う映像コンテンツの解像度を高くすればよいというわけにはいかない。

このようなことから、モバイル環境下で高品質映像サービスの実現するためには、限られた通信帯域内で高品質化・高解像度化が必要であると考えられる。

5. 高解像度化技術の導入

通信帯域を大幅に拡大せずに高品質化・高解像度化を実現する方法として、受信端末である携帯電話で映像を高品質に高解像度化することが考えられる。そこで本章では、携帯電話に対して高解像度化技術を導入することによるサービスの展望とその利点をまとめた。

5.1. 高解像度映像コンテンツの視聴

モバイル網経由で配信される低解像度映像を携帯電話内で処理し、高解像度映像として表示する。(図2)

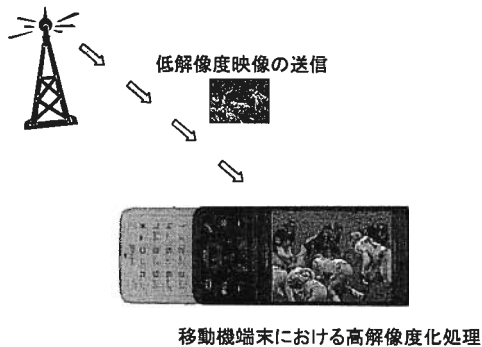


図2 高解像度映像の視聴

携帯電話への高解像度化技術の搭載により低解像度映像コンテンツでも高品質な高解像度な映像を視聴

できるようになる。これにより配信型の映像コンテンツ以外にも、通信帯域の制限で高解像度化が難しいワンセグ放送等も高解像度で楽しめるようになる。

また、コンテンツプロバイダにとっても高解像度のコンテンツを用意しなくとも高解像度な映像サービスとして提供できることになる。キャリアにとっては伝送路の活用方法として高解像度画像そのものを送信するよりも効率的に通信帯域を利用可能となる。

さらに、携帯電話に保存した映像コンテンツを中継器や無線LAN等を通して別の表示機器に転送することができれば、携帯電話用コンテンツでも大型ディスプレイを通して高品質で楽しむこともできる。(図3)

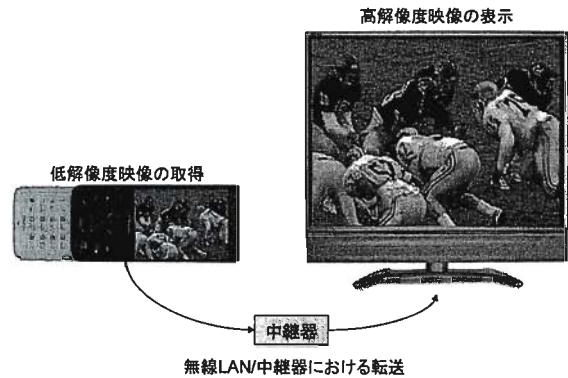


図3 大型ディスプレイへの転送

5.2. 高解像度映像 TV 電話

モバイル網では低解像度映像として通信し、携帯電話内処理を行い、高品質な映像サービスを行う。(図4)

すなわちTV電話やVライブ等の映像サービスを符号化歪が少なく綺麗で大きな映像サービスで楽しむことが可能となる。また、キャリアにとっての利点は伝送路の負荷は変わらないこと、さらに既存の映像サービスシステムの変更を行わなくとも映像サービスの品質を向上させることができることが挙げられる。

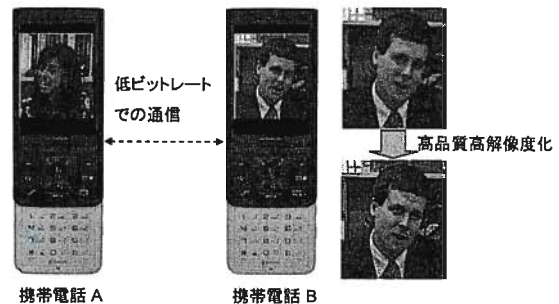


図4 高品質映像サービス (TV 電話)

6. 高解像度化技術で解決すべき課題

それでは、5章で述べたような映像サービスを実現するため、映像を高品質に高解像度化する技術は、どのようなことを解決する必要があるであろうか。本章では、高解像度化技術で解決すべき課題を3点挙げる。

6.1. 符号化歪の除去

第4章で述べた通り、映像は圧縮されるため符号化歪を含む。このような符号化歪は、画像サイズが小さい場合には目立ちにくいものの、高解像度画像サイズが大きくなると知覚されやすくなってしまふ。また、高解像度化の手法によっては、符号化歪が強調される場合もある。そのため、高品質化および高解像度化の両方の面で、符号化歪を軽減する必要がある。

6.2. 画像拡大処理によるぼやけの抑制

高解像度化を考えた場合、符号化歪に含まれるぼけとは別に、一般に画像補間等の画像拡大処理を行うと、特にエッジ等の信号値が広がりを持ち、映像としてぼやけた印象となる。このように拡大した画像にぼやけがあると、携帯電話のディスプレイ表示解像度が高くても、映像コンテンツ自体の解像度が低く知覚され、高品質な映像として楽しむことができない。そのため、拡大された映像に含まれるぼやけを抑制するための鮮鋭化処理等が必要となる。

6.3. 高解像度化処理の演算量

携帯電話での処理やリアルタイム性を重視するサービスを想定すると演算量の大きさが課題となる。

低解像度画像から高解像度画像を生成する技術として超解像度技術 (Super resolution) が知られている [8][9]。多くの超解像度技術は、映像に含まれる複数の画像の信号値を利用して、高品質な高解像度画像を生成する。しかし、複数の画像に対する処理が必要となるため、非常に大きな演算量がかかることが課題である。

これら3点の課題を踏まえた高解像度化技術を構築することが、5章で述べたようなモバイル環境下での高解像度映像サービスを実現するために必要であると考えられる。

7. 高解像度化技術

以上の課題を踏まえ、我々は高解像度化技術の開発に取り組んでいる。本章ではその概要と高解像度処理画像の品質の様子を紹介する。

従来の画素補間技術による画像拡大は、滑らかな画素値変化を目的としており、鮮鋭度向上に弱く拡大画像はぼやけた印象になる。また従来の超解像度技術は歪み信号の強調や、複数枚の画像を用いた高度な処理

が必要となる。

一方、高解像度化技術 [10] は Over complete transform と呼ばれる技術を応用し、画素間の類似性を利用し、時間空間適応処理により、符号化歪や画面間ちらつき、さらに画素補間処理による信号の広がりを抑えるものである。また、画像単体での処理が可能であり、従来の超解像度技術に比べ低演算量での処理も可能である。

7.1. Over complete transform

本高解像度化技術で利用する Over complete transform の概念を説明する。Over complete transform は、ある画素に注目した時、その画素を囲む複数のブロックの中で、信号値が注目画素値に近い値で構成される平坦なブロックがあり、平坦なブロックに含まれる画素の類似性を利用して、注目画素のノイズ等の削減を行うという考えに基づく。

具体的に図5および図6を用いて説明する。いま図5のようにエッジ付近のある画素P (図中「X」) に注目し、画素Pを含む複数のブロック表現で周波数変換を行う。たとえば図5で第1の表現ではエッジが含まれるブロックとなるため高周波成分など大きな変換係数が含まれることになる。一方、第2の表現では局所的に画素Pと似た画素値で構成される平坦なブロックとなり、図6(a)のように変換係数は小さい値 $X(k)$ が多くなる。

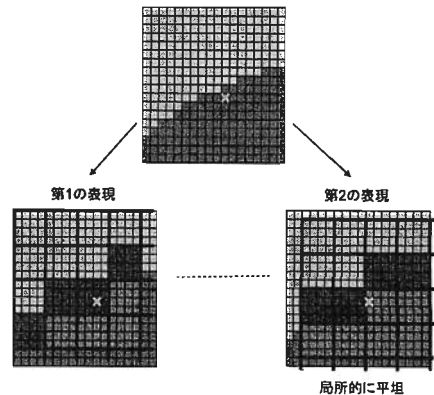


図5 画素Pを含むブロック表現

ここで画像にノイズが含まれることを想定すると、オリジナルの画像の平坦な領域でも図6(b)のように周波数領域でノイズが発生する ($c(k)=X(k)+noise$)。そこで各表現について周波数領域でノイズ除去を行い、ノイズ除去後の変換係数の数が少ないブロックは、もともと平坦であったとみなす (図6(c))。そして、より平坦なブロックに対して大きい重みを付けた加重平均を行う。その結果、平坦な領域の類似性と平均化のノイ

ズ削減効果により,注目画素 P に含まれる符号化歪み,画像拡大に伴うエイリアシングノイズや信号の広がり が軽減され,境界部の鮮鋭さを向上することができる.

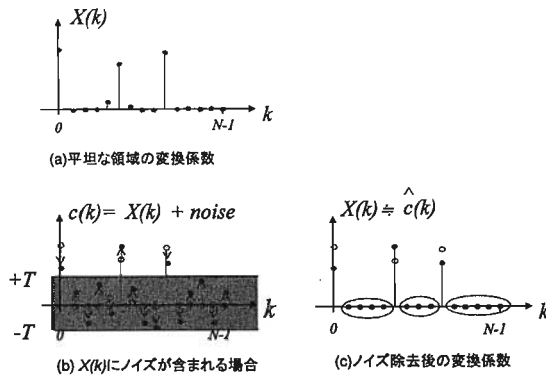


図 6 周波数領域におけるノイズ除去

本高解像度化技術は 4 章でまとめた課題を考慮し, 図 7 に示すようにノイズ軽減処理,画素補間処理,画像鮮鋭化処理の 3 つの処理機構により構成される. そのうちノイズ軽減処理,画像鮮鋭化処理は上述の Over complete transform を応用した処理である. 以下に各処理の役割を示す.

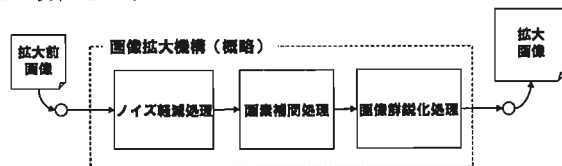


図 7 画像拡大機構

7.2. ノイズ軽減処理

拡大前画像の画素間の類似性を利用した時空間適応処理により符号化歪や画面間ちらつきの軽減を実現する.

7.3. 画素補間処理

拡大前画像に適応した画素補間により拡大された補間後画像を生成し,高画質化を実現する.

7.4. 画像鮮鋭化処理

画素補間処理で生成した補間後画像の画素間の類似性を利用した画面内適応処理により信号の広がりを抑え補間後画像の鮮鋭化を実現する.

以上の 3 つの処理機構により拡大前画像が符号化歪等を含む映像であっても高品質な高解像度化を実現することができる.

7.5. 高解像度化映像の様子

本高解像度化技術により処理を行った映像の様子を以下の図 8 と図 9 に示す. 評価用映像には MPEG の標

準映像である QCIF の mobile & calendar と akiyo を利用した. 各図 (A) は MPEG4 で符号化した QCIF 映像であり拡大前の画像の様子を示す. また各図 (B) は従来手法として図 (A) で示した QCIF 映像に対して H.264 で利用される画素補間フィルタを用いて CIF (352×288) まで拡大した画像であり図 (C) は本提案技術により CIF に高解像度化した映像の様子である.

図 (B) から従来技術では特に mobile & calendar の場合で画像が拡大されることで符号化歪が見えやすくなってしまふという問題を確認できる. この符号化歪は,映像として見た場合にちらつきとしても知覚され映像としての品質低下を招く. 一方,提案手法 (図 (C)) では一部ぼやけは残るものの符号化歪はほとんどなく,akiyo の肩の部位などが非常にはっきりしており高品質に拡大することができたことが確認できる.

8. まとめ

本稿では,モバイル環境下における映像サービスの現状を整理し,映像サービスの高品質化の 1 つとして映像の高解像度化に注目した. そしてモバイル環境下における映像サービスの高解像度化の形態とその実現を可能にするための課題をまとめ,最後に現在検討中の高解像度化技術の概要とその性能を示した.

今後は,高解像度化技術について演算量と品質について更なる見当を進める.

文 献

- [1] YouTube : <http://jp.youtube.com/>
- [2] Super3G 技術の動向 : <http://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/tech/main/super3g/>
- [3] モバイル・コンテンツ・フォーラム : “ケータイ白書 2008” インプレス R&D 2007
- [4] 電通総研 : “情報メディア白書 2007” ダイアモンド社 2007
- [5] <http://plusd.itmedia.co.jp/mobile/articles/0705/10/news066.html>
- [6] ISO/IEC 14496-2:1999 Information technology - Coding of audiovisual objects - Part 2: Visual, December 1999.
- [7] ITU TRec.H.264/SO/IEC11496-10, "Advanced video coding" Final Committee Draft Document IVT F100, December 2002.
- [8] Y. Altunbasak, A. Patti, R. Mersereau, "Super-resolution still and video reconstruction from mpeg-coded video," IEEE Trans Circuits Systems for Video Tech., vol 12, 2002.
- [9] S. Farsiu, D. Robinson, M. Elad, and P. Milanfar, "Fast and robust multi-frame super-resolution," IEEE Trans. Image Processing, October, 2004.
- [10] Sandeep Kanumuri, Onur G. Guleryuz, M. Reha Civanlar, "Sparse directional transforms for superresolution reconstruction of mobile video," Proc. SPIE, San Diego, Aug. 2007.



図 8 (A) 拡大前画像 (mobile & calendar,QCIF)



図 9 (A) 拡大前画像 (akiyo,QCIF)

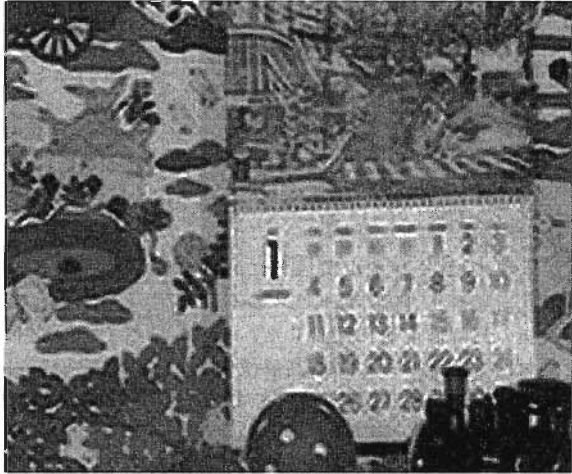


図 8 (B) 従来技術拡大後画像 (mobile & calendar,CIF)



図 9 (B) 従来技術拡大後画像 (akiyo,CIF)



図 8 (C) 提案技術拡大後画像 (mobile & calendar,CIF)



図 9 (C) 提案技術拡大後画像 (akiyo,CIF)