

氏 名 Yu Mao

学位(専攻分野) 博士(情報学)

学位記番号 総研大甲第 1877 号

学位授与の日付 平成28年9月28日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 Image Interpolation and Denoising for Freeview Imaging
Systems

論文審査委員 主 査 教授 計 宇生
准教授 CHEUNG GENE
准教授 鯉渕 道紘
教授 佐藤 いまり
教授 曾根原 登
准教授 久保田 彰 中央大学

論文内容の要旨
Summary of thesis contents

As the free-viewpoint video system provides the ability for users to interactively select any viewpoint at the same distance of the placed camera(s), it breaks the restriction of showing an event only from the viewpoint of the camera, but instead, allows a free angle changing within the 3D video. Interesting applications include the selection of an arbitrary viewpoint for visualizing and analyzing sports or dynamic art (e.g., dance) actions. In such an application the head movement of the user can be captured by sensors and then the system will synthesize the video from the corresponding view point and present it to the user. For details, considering the case of a live broadcast of a football match, it is often necessary for the audience to change view angle to see a player's movements which could be obstructed by another player. By rendering an appropriate viewpoint of the playing field, the player's movements can be well displayed in the virtual view. Free-viewpoint video technologies also simplify video training activities. For example, the training of dynamic activities such as martial arts or dancing can be simplified by allowing the trainee to select a viewpoint of the scene. Also, by deploying real-time freeview video streaming systems, we can realize telepresence, which is particularly useful in scenarios such as teleconferencing. The above applications can be realized by depth-image-based rendering (DIBR), which takes the depth and texture image pair from a single point and translate texture pixels of the reference view to a virtual view, where synthesized pixel locations are derived from the associated depth pixel values. Browsing 3D scenes via a freeview imaging system creates a feeling of motion parallax, which is the most important source of 3D perception of human. Comparing to Computer Graphics technologies that can also provide 3D video contents, the advantage of freeview video is realness, which makes freeview video technology unreplaceable. However, the current freeview video system is far from satisfying.

In this thesis, via the means of solving the image interpolation and denoising problems with better quality via Graph Signal Processing (GSP), improvements are made to the freeview video system by enabling more interesting and attractive functionality, and yet reduce the application's energy consumption, making it affordable on modern smart devices. To accomplish the above achievements, we solved the problems from both the content consumer side and the content producer side. Especially, on the content consumer side, we improved the current system by proposing a z-dimensional movement extension. Lacking z-movements is causing users' unnatural feeling during watching. We made efforts to develop the z-dimensional mapping scheme and use GSP to solve the expansion hole problem – a patch of pixels sampled from an object surface in the reference view will be scattered to a larger spatial area, during a large z-movement into the scene. Second, on the content producer side, thanks to the recent technology advances in hardware, depth sensors like Microsoft Kinect or Intel Realsense can capture both color and depth images simultaneously. While these sensors now can be installed on portable devices, their energy consumption is huge. Thus we proposed depth image restoration scheme from sparse sensed samples are proposed to help save the energy of portable freeview video recording devices. Especially, we proposed quadtree decomposition and node-wise linear prediction model and the GSP-based residual restoration. The

(別紙様式 2)
(Separate Form 2)

proposed image restoration algorithms in both applications outperformed the existing techniques in their specific area respectively. The z-dimensional image synthesized by the proposed scheme got up to 4.01 dB gain over a naive modification of VSRS 3.5, the current standard software of freeview video technology. And the reconstructed depth images by the proposal outperformed the results from the state-of-art LARK and BM3D techniques significantly by up to 1.26dB and 1.13dB respectively. Further, for the application of z-dimensional DIBR using sparse sensed depth image, the proposed schemes can work jointly and achieved up to 7.25 dB gain over traditional approach.

博士論文の審査結果の要旨
Summary of the results of the doctoral thesis screening

本博士論文は「Image Interpolation and Denoising for Freeview Imaging Systems (自由視点画像システムにおける補間とノイズ除去に関する研究)」と題し、視聴者の視点が自由に切替可能な自由視点画像の利用者体験を高めるために有効な画像の補間と修復方法についての研究内容をまとめたものである。

人間が3次元の感覚を得るために最も重要とされる、移動による視差効果を生み出すことで、自由視点画像システムは2次元のディスプレイ上で3次元の場面を見る手段を提供してくれる。コンピュータグラフィックスで作られる3次元映像コンテンツに比べ、自由視点による映像がよりリアル感を得ることが期待できるが、既存の技術では満足できる品質が得られていない。本研究では、グラフ信号処理と呼ばれる構造化データの周波数領域における処理技術を適用し、最大事後確率推定による画像の補間と修復に関する課題を解決することによって、自由視点映像システムの品質を向上させる方法を提案している。

論文は5章から構成され、第1章及び第2章の研究の動機と背景に続いて、第3章と第4章ではそれぞれ、視差マップを用いて、視点のZ方向（遠近方向）の移動を行った場合の画像の生成方法と、視差マップのノイズ除去と補間に関する内容について述べている。

第3章では、グラフ信号処理手法による視点のZ方向移動を行った場合の画像を生成する方法について述べている。DIBR (Depth-Image-Based Rendering) と呼ばれる画像表現方法では、ある基準視点におけるテクスチャマップ(Texture Map)と視差マップ(Depth Map)を用いて別の視点における画像を合成しているが、本研究では、既存の自由視点画像で欠けていたZ方向の移動の表現に関する課題について検討した。場面に近づいていく場合に生じる画素の欠如、すなわち、拡張ホール(expansion hole)を補間するために、グラフ信号処理の手法による近傍平滑化事前分布を導入し、有効な拡張ホールの識別、適応的カーネルによる画素選択、およびノイズのモデル化と合わせて、補間の効果を高める方法を提案した。既存の補間方法と比べて、提案手法がZ方向の移動に対する視覚効果を高めるのに有効であることをデータセットによる実験で確かめた。

第4章では、グラフ信号処理の手法を用いた、視差マップのノイズ除去と補間に関する研究内容について説明した。映像記録デバイスの携帯性および消費電力などの制限から、自由視点画像の生成に必要な精度の視差マップを得ることが困難である。そのため本研究では、粗く感知された視差マップのノイズ除去と補間の方法について検討し、画像の予備濾過、エッジ検出、および四分木表現を経て、グラフ信号処理の手法を用いて、視差マップのような断片的に滑らかな画像のノイズ除去と補間を同時に行う手法を提案した。データセットによる性能評価の結果、視差マップのような断片的に滑らかな画像の復元においては、既存手法に対する提案手法の優位性が示された。

最後に、第5章では本論文の考察と結論をまとめ、今後の展望と研究課題を提示した。

なお、研究成果として、出願者は主著で査読付きジャーナル論文1篇、査読付き国際会議論文5篇を発表した。査読付き国際会議論文のうちの1篇は優秀学生論文賞を受賞した。

以上を要するに、本論文は自由視点映像システムにおける画像の生成と復元に関する課題について、Z方向移動に対応する画像の生成と、そのために必要となる視差マップの復元方法を提案し、その有効性を示したものであり、映像メディアの将来を担う自由視点映像の実現に貢献することが期待される。よって、本論文は博士の学位請求論文として合格と認められる。