

Design Group

D11-072

作品名稱

讓視野自由飛翔: 216fps, 四倍Full-HD之自由視角
3D立體電視機上盒系統晶片

Free Your Viewpoint: A 216fps, Quad Full-HD
Free-viewpoint 3DTV Set-top Box SoC

隊伍名稱

紅桂冠 Red Laurel

隊長

叢培貴 臺灣大學電子工程研究所

隊員

陳冠宇 臺灣大學電機工程研究所

陳宣宏·蔡松芳 臺灣大學電子工程研究所



作品摘要

真實，一直是人類的夢想，在遠古的年代，達文西等人便開始了對於人類究竟能夠呈現多少的“真實”的探索。而在今日，即使已經有了愈來愈高的視訊畫面解析度，以及愈來愈立體的3D技術，人類仍在窮盡自身的想像力來追求“真實”。在本次的計畫中，在分析了人眼的感官原理之後，我們提出了經由加上了觀察者與被視訊源(電視，電影)的交互動作以及自由視角的概念，來建立出目前的3D電視缺乏的Motion Parallax的技巧。而為了實現出最真實的影像，我們提出了整合目前的多視角MVC解碼器與自由視角的產生器於單一系統晶片的概念。經由目前最高的視訊解析度Quad Full-HD (4096x2160 pixels)，目前最多的視角個數所需要的每秒鐘216張Quad Full-HD的自由視角畫面輸出規格，以及目前最高規格，能夠即時解碼Quad Full-HD@30fps的MVC解碼器，不光是目前的2D與3D電視，未來電視產業的多人裸視3D電視以及虛擬實境的應用都可以在我們的系統晶片中實現。在晶片實做上，我們發現每生成一個虛擬視角需要31.5GB/Sec的系統記憶體頻寬與66.2TOPS的運算量。因此，在本次計畫中我們從演算法層級，系統層級，硬體層級提出了各式各樣的最佳化技巧。更發現並解決了在世界上其他的研究單位都尚未解決的視角間的色彩補償(Inter-view Color Calibration)。在系統的層級，在整合了6D自由視角生成流程，以及相對應的最佳化之後，我們節省了95.7%的系統記憶體頻寬。在硬體的層級，我們能夠節省68%的Warping硬體面積需求，以及在節省93.3%在Inpainting所需的Cycle數同時提供更好的畫面品質。最後，經由台積電的40奈米製程，我們實做出了世界上第一顆自由視角3D電視機上盒系統晶片。本晶片最高的時脈為

240MHz，最高能支援的畫面輸出為Quad Full-HD@216fps。本晶片能夠支援在3D空間上包含了三個維度的旋轉以及三個維度的位移，總共六個維度的自由視角生成。與過去的3D電視晶片相比較之下，我們提升了6.6到229倍的功率效率，以及9倍到40.5倍的整體系統規格，更重要的是，我們能夠支援高出其他晶片的六倍的自由視角維度。經由我們所提出的自由視角3D電視機上盒系統晶片，人類從此能夠更進一步的定義出“真實”。



圖一 在整合了多視角視訊解碼器與自由視角產生器之後，可支援的目標應用包含了目前世代的視訊應用以及虛擬實境等等未來世代的可能性。

指導教授

陳良基 臺灣大學電子工程研究所

- 陳教授於1986年畢業於成功大學，是國內計算機輔助設計的第一位博士。
- 1988年陳教授於服役後轉任臺大電機系教職於2001年榮獲IEEE Fellow，並於2009年榮獲教育部國家講座教授。目前擔任臺灣大學電機系/電子所/網媒所特聘教授兼電機資訊學院副院長，以及臺灣大學創意創業學程主任，臺大SoC中心主任，以及INTEL-臺大研發中心主任，
- 陳教授的研究領域為數位影像及視訊IC相關技術之研發。在ISSCC等世界頂尖會議發表過包含了世界上第一顆JPEG2000數位影像編解碼系統晶片、H.264視訊編碼晶片，SVC/MVC/H.264解碼晶片，MVC 3D編碼晶片等重要成果。



ABSTRACT

Reality is always the dream of the humankind. In the past, ancients, like the Leonardo da Vinci, start the pursuing of how can we “make the reality”. Even today, in the world with higher and higher TV resolution and better and better 3D technology, we are still pursuing.

In this project, we first analyze the concept of the 3D perception in the human visual system. After that, we propose the skill to provide the Motion Parallax, which is the missing part of today's 2D/3DTV, by the interaction between the viewer and the display. In order to provide the best and the most “realistic” video quality, we integrate the nowadays MVC 3D decoder and the free-viewpoint generator into one System-on-a-Chip. By the worldwide largest specifications, including Quad Full-HD (4096x2160 pixels) video resolution, 216 frame per second free-viewpoint capability, and the Quad Full-HD@30fps MVC decoding capability, not only the current 2D or 3D TV, but also the multi-user or the glass-less 3DTV and the virtual reality in next-generation TV applications can be all supported through our SoC design.

In the design phase, we found that a ultra high hardware requirement, including 31.5GB/Sec system memory bandwidth and 66.2TOPS computational complexity, is required for only

one virtual viewpoint. Therefore, lots of optimization schemes are proposed from the algorithm level, system level, and the hardware level. Furthermore, we discover and solve the problem, the Inter-view Color Calibration, which nobody else ever finds. In the system level, after integrating the 6D free-viewpoint view synthesis flow and the corresponding optimization scheme, 95.7% system memory bandwidth is saved. In the hardware level, 68% of hardware area in the warping engine, and 93.3% computing cycles in the inpainting engine, can be saved with even better image visual quality.

Finally, we design and implement the worldwide first free-viewpoint 3DTV set-top box SoC under TSMC 40nm technology. The highest specification and operating frequency is Quad Full-HD@216fps in 240MHz. The proposed SoC support six dimension of freedom, including three dimensional translation and three dimensional rotation, in the free-viewpoint generation. Comparing with the state-of-the-art 3DTV chips, the proposed SoC provide 6.6x to 229x power efficiency and 9x to 40.5x overall system throughput. Furthermore, 6D free-viewpoint functionality is supported while the state-of-the-art 3DTV chips can only hardly support 1D (left-to-right eye). Based on the proposed free-viewpoint 3DTV set-top box SoC, the humankind is one large step ahead the real “reality”.