

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

影像式虛擬實境與幾何式虛擬實境兩系統之同步性問題研究

Research on Synchronization Problem between Geometry-based VR and Panoramic-based VR Systems

計畫編號：NSC 88-2213-E-032-010

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：黃俊堯 淡江大學資訊工程學系

E-Mail : jhuang@mail.tku.edu.tw

一、中文摘要

虛擬實境(Virtual Reality)[1]是將現有之聲音、影像、繪圖、文字等技術加以整合與改良，讓使用者能有「身歷其境(Immersed)」的感覺。虛擬實境的擬真技術一般而言可分為兩種方式：一種是「Geometry-Based VR 技術」，另一種是「Image-Based VR 技術」。Geometry-Based VR 技術與 Image-Based VR 技術各有其優缺點：Geometry-Based VR 技術可讓使用者自由的四處遊走，但卻喪失逼真的畫面；而 Image-Based VR 技術雖擁有相當逼真的影像畫面，但卻不能讓使用者有四處遊走的控制權力。此外，隨著網際網路(Internet)與全球資訊網(WWW)的普及與流行，有許多人開始著手虛擬實境與網路之間的整合與研究，使得「網路虛擬實境(Networked VR)」之發展漸趨盛行。因此，本計畫的主要目的是希望將 Geometry-Based VR 與 Image-Based VR 兩個技術並行存在於同一個在網路環境中，進而探討兩技術之間的不同步性問題。如此不但可讓使用者能自由地在 Internet 上的場景中四處遊走，同時又能觀看到逼真的場景畫面。

關鍵詞：虛擬實境、幾何式虛擬實境、影像式虛擬實境、網際網路、全球資訊網、網路虛擬實境

Abstract

Virtual Reality(VR) system is the result of integration and enhancement of audio,

video, computer graphics, and text techniques. Through these techniques, user can be fully immersed in the synthetic world created by the VR system. Generally, there are two categories of VR systems: Geometry-based and Image-based VR systems. The Geometry-based VR system allows the user to move freely inside this synthetic world with the sacrifice of realism. On the other hand, the Image-based VR system can obtain the realism of the scene but only can view this virtual world from a predefined position. Both the Geometry-based and Image-based VR systems have their benefit and flaw respectively.

Along with the popularity of the Internet and World Wide Web, researchers are trying to melt the virtual reality technique into Internet environment. Emerge of network-based virtual reality systems in the recent years were the result of such effort. Network-based virtual reality systems enable distributed users to interact with each other within a common virtual world. Hence, network-based virtual environment often employs the Geometry-based virtual reality system to construct a multiple participants' virtual world. However, with the intrinsic drawback of Geometry-based virtual reality system, players of the networked virtual environment are not often satisfied with such synthetic world. Researchers are now trying to merge Panoramic-based virtual reality system into networked virtual environment. This paper proposes a

method to synchronize the Geometry-based and Image-based VR techniques so that they can coexist in a single system. With this effort, researcher can design a photo-realistic synthetic world without losing the freedom of movement inside the virtual environment.

Keywords: Virtual Reality, Geometry-Based Virtual Reality, Image-Based Virtual Reality, Internet, WWW, Networked VR

二、緣由與目的

幾何式虛擬實境(Geometry-Based VR, gbvr)[2][3]為一種發展多年的虛擬實境技術，是現行應用最多且最廣的一種擬真技術，包含娛樂界的運動或射擊遊戲、醫學界的微型手術模擬、甚至美國軍方近年來致力推動的網路模擬演訓等等，都是使用幾何式虛擬實境的技術來完成。幾何式虛擬實境的最大問題是場景逼真度與顯示效能無法兼顧的問題。由於幾何式虛擬實境提供使用者任意遊走的功能，因此使用者所看到的每一個畫面都需要即時(real time)的運算以便顯示(render)場景，這對一台電腦而言，可說是一項龐大的負荷!!因此，整體系統的效能就受限於場景的複雜度與顯示的品質。

影像式虛擬實境(Image-Based VR, ibvr)[4][5][6]是另一種廣為使用的虛擬實境技術，其重點在於利用了拍照的方式來產生場景，因此在顯示場景時，使用者可以感受到較高的逼真度。此外，對一台電腦而言，顯示影像式虛擬實境的工作與一般照片的顯示工作是一樣的，並不會因為顯示較為複雜的場景而降低顯示的效能。在影像式虛擬實境中，是先在場景中選取一個位置點，再以照相機拍攝該點的週圍影像；然後利用縫合(Stitching)的方式將鄰近的照片依序銜接，而產生一張環場影像(panoramic image)；而這個 panoramic image 所表現的位置點稱為 panoramic node。使用者可以藉由影像式虛擬實境的瀏覽器在環

場影像上移動，進而產生在 panoramic node 上觀看四周場景的效果。使用者除了可以旋轉(Panning)鏡頭之外，還可以作放大縮小(Zooming)的動作，來產生前後移動的效果。另外一種影像式虛擬實境技術則是利用拍攝及縫合的手法讓使用者可旋轉特定物體，或是從不同角度觀看此特定物件，因此對於虛擬博物館的應用有很大的幫助。

影像式虛擬實境最大的缺點是使用者並不能在場景中任意的遊走。因為影像式虛擬實境所顯示的影像是某一特定點上拍攝製作而成，因此使用者所能看到的場景都必須是在任意的 panoramic node 上拍攝而得的影像，或是經由這些影像經過處理的結果。例如前面提到的 zooming 來模擬使用者前後移動，都是由 panoramic image 上取得影像後，經過放大或縮小來讓使用者產生與物件之間的距離變化。因此影像式虛擬實境系統在空間中移動乃是經由跳躍(Jumping)的方式，由環場影像的某一個 panoramic node 跳躍至另一個 panoramic node。

由於兩種虛擬實境系統各有其優缺點，因此本計畫希望藉由讓兩種擬真技術同時展現在使用者眼前，且在容許的範圍內達到視覺同步效果，也就是讓兩種虛擬實境系統中，使用者的視覺點達到一致性的效果。視覺同步的技術是指當使用者控制影像式虛擬實境時，幾何式虛擬實境也能同步反應使用者所操控視野範圍的改變；或是使用者控制幾何式虛擬實境時，影像式虛擬實境的視覺點也能在某些契合的範圍內達到同步一致的配合度。如此一來，就能使兩種系統互相截長補短、相輔相成；再配合 WWW 的環境，使得網路虛擬實境對使用者的吸引力更為增加。

三、結果與討論

在以視覺同步的方式來探討幾何式虛擬實境與影像式虛擬實境整合時，所遭遇的問題可以分為以下幾點，並且分為基本

問題及延伸問題兩大類。基本問題，也就是在整合的過程中，基本的視覺同步處理。可以分為以下幾點：

- Position Mapping
- Orientation Mapping
- Pace 的轉換

延伸問題，也就是在解決基本問題的過程中所遭遇的新問題。可以分為以下幾點：

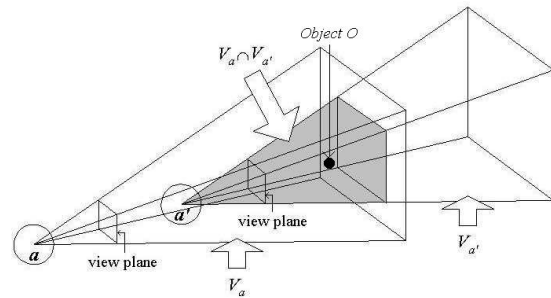
- 如何定義使用者進入或離開了一個 viewpoint/panoramic node ?
- Walking 與 Zooming 之關係
- Pseudo Radius 定義
- Zooming 與旋轉的問題

position mapping 與 orientation mapping 兩大問題分別探討了兩種虛擬實境系統在場景位置與使用者旋轉角度的關係。就這兩個問題而言，本計畫分別提出了 synchronization ID 與 synchronization angle 來解決，並且藉由 Pace Translation，也就是將幾何式虛擬實境與影像式虛擬實境所提供的操作介面經過整理後，利用表格來說明兩者之間操作的轉換過程。如此一來，基本問題也就得到解決。

就幾何式虛擬實境 Zooming 與影像式虛擬實境 Walking 的關係問題而言，本計畫經過分析與探討後，利用 Field Of View (fov) 提出了轉換方式：

幾何式虛擬實境 walking \Rightarrow 幾何式虛擬實境的 fov 改變 \Rightarrow 影像式虛擬實境的 fov 改變 \Rightarrow zooming 的倍率改變

在上面的轉換公式中，幾何式虛擬實境 walking 與幾何式虛擬實境的 fov 改變關係，可以經由下圖的 view volume 探討後求得。

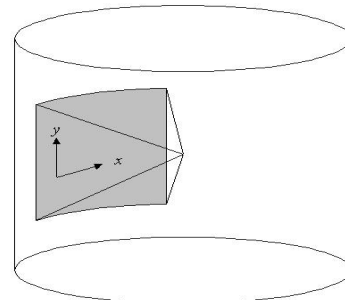


在上圖中，幾何式虛擬實境的 walking 與的 fov 改變關係為：

$$\frac{W}{W'} = \frac{\tan \theta}{\tan \phi} = \frac{L}{l}$$

接下來就幾何式虛擬實境的 fov 改變與影像式虛擬實境的 fov 改變之間的關係而言，由於幾何式虛擬實境之 view volume 的定義與影像式虛擬實境的照像機的原理是相同的，因此在照像機拍攝時的焦距與 view volume 中，使用者位置與 view plane 之間的距離相同的情況下，兩種虛擬實境系統的 fov 是相同的，因此可以互相轉換。

最後根據影像式虛擬實境在顯示時是否有 dewarping 處理的不同情況下，提出了轉換的關係式。為了方便說明，本計畫採用了 cylindrical environment map，如下圖所示。



當影像式虛擬實境的瀏覽器有提供 dewarping 的功能時，幾何式虛擬實境的前後移動距離與影像式虛擬實境在 x 軸與 y 軸的放大倍率關係為：

$$M_x = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{\tan \theta}{\tan \phi} = \frac{L}{l}$$

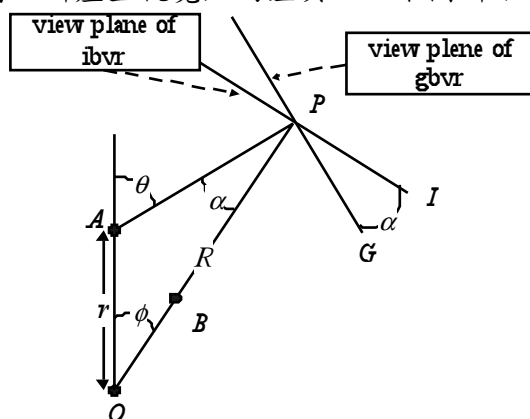
$$M_y = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{\tan \theta}{\tan \phi} = \frac{L}{l}$$

就 Pseudo Radius 的定義問題而言，本計畫提出了以景深特性來探討 pseudo radius，使得幾何式虛擬實境與影像式虛擬實境的特性同時考量到；同時藉由照相

機的 hyperfocal distance 之計算方式而定義出 pseudo radius 為：

$$pr = M_u \times p_c \times d = \frac{M_u}{N} d$$

而 Zooming 與旋轉的問題則是兩種虛擬實境系統在使用者前後移動之後再旋轉時，所產生視覺點的差異，如下圖所示。

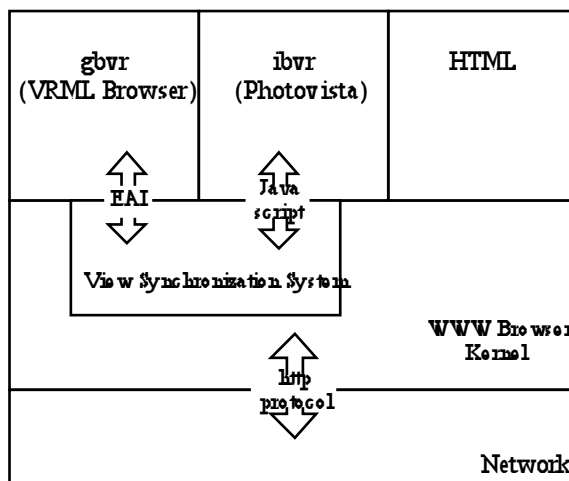


因此本計畫根據了這個差異特性而提出了影像式虛擬實境之新視覺點的計算方式為：

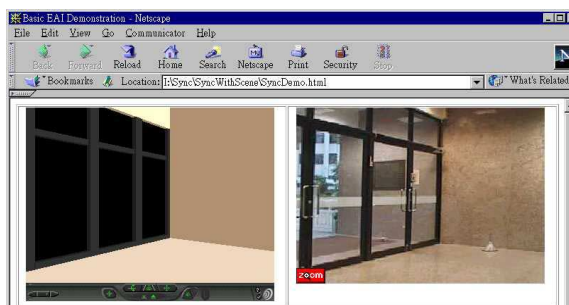
$$\frac{\overline{AP}}{\sin \phi} = \frac{R}{\sin(\pi - \theta)}$$

此外，影像式虛擬實境的新視覺點上之影像也需要做變形的處理，才能和幾何式虛擬實境之視覺效果相近，因此本計畫參考了 Peloton 系統[7]中的 Pyramidic Panels Structure 的方式來解決這個問題。

在本計畫的實作方面，幾何式虛擬實境的實作採用了 VRML2.0，其中規範了 External Authoring Interface(EAI)[8]，藉由 EAI 的功能，系統發展者可以利用 VRML 瀏覽器所提供的 API，而達到追蹤場景狀態；或是設定場景內容等功能。而影像式虛擬實境系統則是採用了 Livepicture 公司所發展的 Photovista [9]。Photovista 提供了一個完整的 Java Applet 以及 Java script methods，以便系統發展者在適當的時候對影像式虛擬實境瀏覽器的狀態加以設定或取得。經由以上的規畫，可以設計出一個系統架構圖如下：



而經由此系統架構所實作出來的結果則如下圖所示。



四、計畫成果自評

在本計畫的實作測試中，雖然兩種虛擬實境系統的畫面可能會因為運算的誤差，或是場景製作的誤差等因素，而無法達到百分之百的相同，但是本計畫的目的地是希望兩種虛擬實境系統的視覺點能夠盡可能的相同，而達到彼此輔助，彌補缺點的效果。因此實作測試的結果雖然有誤差，但還是可以符合本計畫的精神。

五、參考文獻

- [1]J. M. Moshell, "Three views of virtual reality: Virtual environments in the U. S. military". *IEEE Computer*, 26(2), Feb. 1993, pp.81-82.
- [2]C. H. S'equin and R. W. Bukowski, "Interactive virtual building environment". *Proceedings of Pacific Graphics '95*, 1995, pp. 159-179.
- [3]Y.-W. Lei, "The SpaceWalker Walkthrough system for unrestricted three-dimensional polygon

environments". PhD thesis, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC, 1996.

[4]S. E. Chen, "QuickTime VR---an image-based approach to virtual environment navigation". *SIGGRAPH Computer Graphics Proceedings*, Annual Conference Series, 1995, pp. 29-38.

[5]W.-K. Tsao, "Photo VR: A system of rendering high quality images for virtual environments using sphere-like polyhedral environment maps". *Proceeding of Second Workshop on Real-Time and Media Systems*, July 1996, pp. 397-403.

[6]R. Szeliski and H.-Y. Shum, "Creating full view panoramic image mosaics and environment maps", *Proceedings SIGGRAPH'97*, 1997, pp. 251-258.

[7]G. U. Carraro, J. T. Edmark, and R. Ehsor, "Techniques for Handling Vide in Virtual Environments", *Proceedings of the 25th annual conference on Computer Graphics*, 1998, pp. 353-360.

[8]External Authoring Interface Working Group Web Site, available at:
<http://www.web3d.org/WorkingGroups/vmml-eai/>

[9]Livepicture Photovista Java Pano Viewer Product Page, available at:
http://www.livepicture.com/products/viewers/java_pano_jpg/index.html