

MỘT KỸ THUẬT NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG HIỂN THỊ ĐỐI TƯỢNG GIẢ 3D

Trịnh Hiền Anh¹, Đỗ Năng Toàn², Hà Mạnh Toàn¹, Trịnh Xuân Hùng¹, Đỗ Văn Thiện¹, Phạm Bá Mấy¹

¹Viện Công nghệ thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Viện Công nghệ thông tin, Đại học Quốc gia Hà Nội

TÓM TẮT— Trong các hệ thống thực tại ảo việc chèn các đối tượng giả 3D luôn là vấn đề đặt ra cho việc hiển thị đáp ứng các yêu cầu của thế giới thực. Việc chèn các đối tượng giả 3D luôn đòi hỏi, các đối tượng được nhìn thấy trong hệ thống càng giống thực càng tốt. Bài báo này đề cập đến việc sử dụng bóng cho việc nâng cao tính chân thực cho đối tượng. Kỹ thuật được đề xuất dựa trên hướng nguồn sáng thu nhận được bằng phương pháp phân tích tính chất phản xạ trên bề mặt vật thể và đã được cài đặt và thử nghiệm trong hệ thống trung bày ảo.

Từ khóa— Light detection, Shadow, VR, AR...

I. GIỚI THIỆU

Trong nhiều năm gần đây, sự phát triển của phần cứng với những thiết bị thu nhận hình ảnh, thiết bị trình chiếu đi cùng với sự phát triển của học thuật với nhiều công trình nghiên cứu trong lĩnh vực xử lý hình ảnh, mô phỏng đã thúc đẩy mạnh mẽ một xu hướng trong ngành công nghệ thông tin trong vấn đề nghiên cứu, phát triển các hệ thống mà trong đó những hình ảnh của thế giới thực và thế giới ảo được xen lẫn. Ví dụ như một số hệ thống mô phỏng con người, đặc biệt là việc biểu diễn biểu cảm khuôn mặt người 3D trong lĩnh vực thực tại ảo với sản phẩm là những quái vật, người sói có những biểu cảm khuôn mặt hết sức tinh tế là kết quả của việc đưa những biểu cảm thực sự của khuôn mặt người vào thế giới ảo. Một tiếp cận ngược lại là cố gắng đưa những đối tượng ảo vào trong không gian thực, và chúng ta có thể thấy được nhiều thông tin hơn về đối tượng ta quan tâm trong một góc nhìn của hệ thống. Những ứng dụng dạng này được biết đến nhiều trong những sản phẩm ứng dụng trên điện thoại thông minh, hệ thống sẽ sử dụng trực tiếp camera trên điện thoại và người dùng có thể quan sát gián tiếp các đối tượng ảo được chèn vào thông qua màn hình điện thoại, ví dụ như sản phẩm Snapshot trên iPhone cho phép người dùng có thể hình dung việc sắp xếp đồ nội thất bên trong phòng. Một ví dụ khác là về hướng phối trộn các thành phần không gian thực và ảo nhằm tạo ra một môi trường mới cho con người cảm nhận, xa hơn việc chỉ là bổ sung thông tin cho những đối tượng quan tâm, người dùng có thể cảm nhận các đối tượng ảo trong không gian theo cách như với đối tượng thực, ví dụ như trong một hợp tác giữa Microsoft và Volvo trong một dự án về showroom xe hơi, theo đó, người dùng có thể đi quanh showroom, nhìn thấy và thao tác với những con đường ảo, những chỉ dẫn, biểu tượng ảo nhưng vẫn gắn kết với thế giới thực; trên cơ sở đó người dùng có thể tiếp cận được với những thông tin như ngồi trong buồng lái và hiểu rõ hơn về sự vận hành của các thành phần trên chiếc xe định mua, các cảm biến làm việc ra sao, những kịch bản có thể xảy ra trong thực tế khi sử dụng chiếc xe đó, tất cả đều không thể nhìn thấy hoặc hình dung ra bằng mắt thường. Trong các bài toán thực tế được nghiên cứu, ranh giới giữa các hướng được nêu trên cũng không rõ ràng và phạm vi của chúng cũng có nhiều phân giao nhau. Kể cả những người nghiên cứu cũng có những cách nhìn khác nhau về việc xác định phạm vi khái niệm, ví dụ như trong phân tích các cách hiểu về thực tại tăng cường của nhóm Hsin-Kai Wu.

Quá trình xác định được hướng nguồn sáng sẽ cung cấp thông tin để xây dựng bóng cho đối tượng ảo được chèn vào trong hệ thống với mục tiêu làm nâng cao tính chân thực cho đối tượng. Bài báo đề xuất kỹ thuật xác định hướng nguồn sáng thu nhận dựa trên phương pháp phân tích tính chất phản xạ trên bề mặt vật thể với mục đích làm tăng cường tính chính xác cho quá trình tạo bóng cho đối tượng ảo. Kỹ thuật được cài đặt và thử nghiệm trong hệ thống trung bày ảo.

Trong phần kế tiếp nhóm nghiên cứu giới thiệu một số nghiên cứu liên quan. Nội dung thuật toán đề xuất được trình bày trong phần III. Cuối cùng là kết quả thử nghiệm.

II. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Việc thể hiện chiếu sáng một đối tượng 3D, dù đặt trong ngữ cảnh ánh sáng thế nào, về bản chất cũng là một phần của việc mô phỏng đối tượng trong lĩnh vực thực tại ảo. Tuy nhiên, do đặt trong ngữ cảnh ánh sáng thực, tùy tình huống mà có thể phải thêm một số mở rộng khác, chẳng hạn như giả định trước hướng và cường độ ánh sáng thực hoặc thêm một số kỹ thuật xử lý ảnh hỗ trợ công việc đó. Trong nghiên cứu của mình, Strauss [1] chỉ ra rằng hướng và màu của nguồn sáng là hai thuộc tính quan trọng cần để mô phỏng hiệu ứng ánh sáng tương ứng. Hơn nữa, bằng thực nghiệm Slater, Usuh và Chrysanthou [2] đã chỉ ra rằng sự tồn tại của bóng hỗ trợ thông tin về không gian cho người sử dụng, hay Hoshang Kolivand, Mohd Shahrizal Sunar [13,14] cũng cho thấy việc xây dựng bóng cho đối tượng trong hệ thống AR là quan trọng. Do đó việc tập trung mô phỏng bóng cho đối tượng ảo dựa trên cơ sở xác định hướng nguồn sáng là một điểm mấu chốt để nâng cao chất lượng hay cụ thể hơn là tính chân thực của việc hiển thị đối tượng ảo trong hệ thống.

Riêng về việc phân tích nguồn sáng từ ảnh, cũng có nhiều phương pháp khác nhau có thể được sử dụng để ước tính các điều kiện chiếu sáng thế giới thực. Một phương pháp là dùng một thiết bị dò ánh sáng. Thiết bị dò ánh sáng là

một quả cầu được phủ chất liệu phản xạ ánh sáng để có thể thu nhận điều kiện chiếu sáng của môi trường xung quanh [3, 4, 11]. Do cường độ ánh sáng trong môi trường thường trải trên phổ rộng do đó thường sử dụng ảnh HDR để thu nhận hình ảnh từ thiết bị dò ánh sáng. Nói một cách tổng quan, thiết lập phân cứng cho mô phỏng bằng phương pháp này sử dụng hai camera riêng biệt [6, 7], một camera được sử dụng để quan sát thiết bị dò ánh sáng và camera còn lại được dùng để quan sát và theo vết vật đánh dấu. Công việc phải làm là thiết lập tương quan camera, thiết lập thiết bị dò ánh sáng đồng bộ với vật đánh dấu. Bên cạnh đó còn một tồn tại một vấn đề khác là vị trí của thiết bị dò ánh sáng thay đổi với camera do đó cần xác định và theo vết vị trí thiết bị dò ánh sáng. Khoanh vùng phạm vi thiết bị dò là một trong những giải pháp cho vấn đề này. Một tiếp cận xác định nguồn sáng khác được nhóm nghiên cứu của Stumpf [5] dựa trên sử dụng ống kính fish-eye để trực tiếp xác định và định lượng nguồn sáng của môi trường xung quanh. Ảnh HDR được thu nhận bằng các hiệu chỉnh độ trập và kích thước ống kính của thiết bị chụp. Tuy nhiên, để thu nhận trong môi trường với điều kiện động thì cần mất thời gian, nghĩa là phương pháp này không thích hợp với thời gian thực. Phương pháp sử dụng ống kính fish-eye cũng đã được áp dụng trong nhiều nghiên cứu khác về mô phỏng [7]. Một phương pháp khác nữa là sử dụng phân tích bóng của đối tượng kết hợp với tính chất hình học để ước lượng hướng nguồn sáng [9, 10]; và tiếp cận theo hướng này cũng đã được nghiên cứu trong điều kiện ánh sáng ngoài trời [8]. Panagopoulos cùng với đồng nghiệp sử dụng phân phối Mises-Fisher [9] và trường Markov ngẫu nhiên [10] để mô hình hóa hướng ánh sáng từ bóng đối tượng trong ảnh đầu vào. Phương pháp và kết quả mô hình hóa chiếu sáng được cài đặt để mô phỏng bóng của đối tượng ảo trong môi trường thực, tuy nhiên, phương pháp này thường mất 3 tới 5 phút để xử lý ảnh do đó không thích hợp với ứng dụng yêu cầu thời gian thực. Madsen và Nielsen [8] sử dụng độ tương phản bằng cách so sánh độ sáng giữa vùng bóng và vùng không phải là bóng của bức ảnh ngoài trời để mô hình hóa cường độ sáng của bầu trời và mặt trời.

III. NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG HIỂN THỊ ĐỐI TƯỢNG

A. Các bước thực hiện

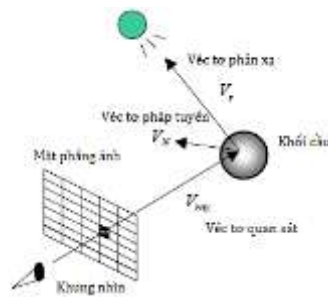
Với bài toán chèn đối tượng 3D vào trong môi trường thực, có phạm vi xác định, thuật toán cần thực hiện các bước chính như sau:

- B1. Xác định hướng nguồn sáng trong môi trường có phạm vi xác định
- B2. Lựa chọn đối tượng cần chèn vào môi trường
- B3. Xây dựng bóng cho đối tượng theo hướng nguồn sáng xác định được ở B1
- B4. Chèn đối tượng vào môi trường

B. Thuật toán xác định hướng ánh sáng

Quá trình xác định hướng ánh sáng trong môi trường có phạm vi xác định được thực hiện như sau:

- B1. Thu nhận dữ liệu hình ảnh từ môi trường
- B2. Xác định vùng khối cầu có trong ảnh
- B3. Xác định vùng chói sáng trong khối cầu
- B4. Xây dựng pháp tuyến với khối cầu tại tâm của vùng chói sáng
- B5. Xác định hướng của véc tơ phản xạ V_r



Hình 1. Mối quan hệ giữa khung nhìn và nguồn sáng

Dựa vào mối quan hệ giữa khung nhìn và nguồn sáng trong (Hình 1), chúng tôi đề xuất một phương pháp xác định hướng ánh sáng trong phạm vi xác định dựa trên quá trình phân tích tính chất phản xạ ánh sáng trên bề mặt vật thể. Để xác định được hướng của nguồn sáng ta cần xác định hướng của véc tơ phản xạ V_r . Véc tơ phản xạ được tính dựa vào công thức (1)

$$V_r = -2(V_N \cdot V_{ray})V_N + V_{ray} \quad (1)$$

- B6. Xác định hướng nguồn sáng: Hướng nguồn sáng là hướng ngược lại với hướng của véc tơ phản xạ V_r .

Input: Image I

Output: Hướng nguồn sáng trong ảnh I.

Procedure Light_direction_detection (I, Vlight)

Load I; // Đọc ảnh đầu vào I

HCT(Bc;R);

High_Light_Detect();

Draw NormalLine ();

Vlight:= - Vr

Từ ảnh thu nhận được ta sử dụng Hough Circle Transform (HCT) để xác định được vị trí cũng như tâm và bán kính của hình cầu. Hình cầu xác định được là $(B_c(x,y);R)$



Hình 2. Điểm sáng chói (đánh dấu x) trong hình cầu

Tại hình cầu xác định được tiếp tục tiến hành tìm điểm sáng chói (ví dụ trong Hình 2).

Thuật toán xác định vùng chói sáng

Mô hình màu là một bộ $\{c_i, r_i\} | i = 1..n$; c_i, r_i tương ứng là tâm và bán kính của vùng giá trị trên trục tương ứng kênh màu i , n là tổng hợp kênh màu.

Trong hình cầu xác định được từ bước trên, tiến hành phân nhóm các điểm để tìm kiếm vùng sáng chói. Xác định tâm của vùng sáng chói, dựng tiếp tuyến với hình cầu từ tâm của vùng sáng chói

Input: Ảnh I kích thước $w*h$ và hình cầu $B_c(x,y;R)$, tỉ lệ r

Output: Vùng sáng chói trên hình cầu $L_c(x, y)$

Các bước thực hiện

Procedure High_Light_Detect();

Diện tích hình cầu B_c là Dt (tổng số điểm ảnh có trên hình cầu)

//Thuật toán ước lượng mô hình màu của hình cầu

Khởi tạo

C là màu trung bình của vùng ảnh hình cầu

L là mảng số thực có kích thước Dt

$m = r * Dt$

Repeat

Với mọi điểm thuộc hình cầu ta xác định khoảng cách tới tâm màu và gán tương ứng vào L

Sắp xếp L tăng dần

$C :=$ Trung bình của m điểm ảnh tương ứng với m giá trị đầu tiên trong L

until (C không đổi)

dùng m điểm ảnh tương ứng m giá trị đầu tiên trong ảnh L , tính các giá trị c_i và r_i tương ứng

// Thuật toán tách vùng chói

Khởi tạo mặt nạ M và tất cả các giá trị bằng 1

Với mỗi điểm ảnh $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ thuộc hình cầu B_c

$d := 0$;

$$d := d + \left(\frac{(p_i - c_i)^2}{r_i} \right);$$

if ($d \leq 1$)

$M(x, y) := 1;$

else ($M(x, y) := 0$) // vùng chói

//Điểm chói $L_c = (x_{L_c}, y_{L_c})$ là tâm vùng chói

Procedure LightedCenter();

M; //vùng chói

sumx:=0;

sumy:=0;

numpix:=0;

Với mỗi điểm (x,y) thuộc vùng chói M

sumx+=x;

sumy+=y;

numpix++;

}

}

$$x_{L_c} = \frac{\text{sumx}}{\text{numpix}}$$

$$y_{L_c} = \frac{\text{sumy}}{\text{numpix}}$$

Giá trị L_c tìm được là tâm của vùng chói

Thuật toán xác định pháp tuyến

Input: $Bc(x, y; R)$ và $Lc(x, y)$

Output: \vec{V}_N

Các bước thực hiện

Procedure Draw NormalLine ();

Giả sử gốc tọa độ trùng với tâm hình cầu

Tọa độ của điểm N thuộc véc tơ pháp tuyến được xác định như sau

$$x_{V_N} = x_{L_c} - x_{B_c}; y_{V_N} = y_{L_c} - y_{B_c}$$

$$z_{V_N} = \sqrt{(R * \varepsilon)^2 - \sqrt{x_{V_N}^2 + y_{V_N}^2}}$$

$$|V_N| = \sqrt{x_{V_N}^2 + y_{V_N}^2 + z_{V_N}^2}$$

Sau khi xác định được véc tơ pháp tuyến V_N ta dễ dàng xác định được hướng véc tơ phản xạ (V_r) theo công thức (1). Với V_{ray} là hướng góc nhìn. Hướng của nguồn sáng là hướng ngược của véc tơ phản xạ. $V_{light} = -V_r$

IV. THỰC NGHIỆM

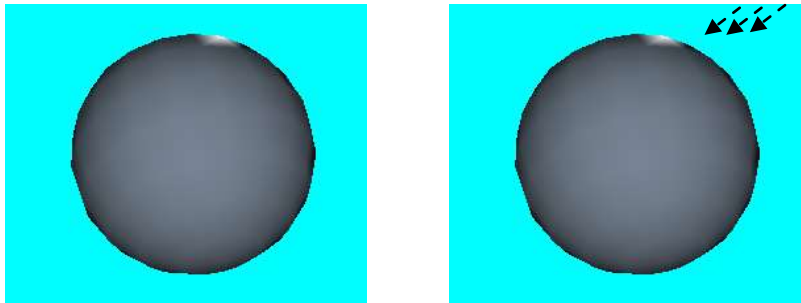
Dữ liệu thử nghiệm của chúng tôi chia làm hai pha: pha thứ nhất đơn thuần để xác định tính chính xác của thuật toán xác định hướng nguồn sáng, pha thứ hai thử nghiệm cho quá trình chèn đối tượng ảo trong môi trường có phạm vi xác định.

A. Thử nghiệm xác định hướng nguồn sáng

Xây dựng một khối cầu trong môi trường 3D với nguồn sáng được thiết lập. Hình ảnh của khối cầu được tạo lập trong môi trường làm dữ liệu đầu vào cho thuật toán xác định hướng nguồn sáng. Kết quả đối sánh giữa hướng nguồn sáng được xác định bằng thuật toán đề xuất và nguồn sáng được thiết lập trong môi trường được thể hiện trong Hình 3.

Khối cầu có bán kính 2 đơn vị được thiết lập trong môi trường 3D với nguồn sáng đặt tại vị trí (3,8,0). Hình ảnh về khối cầu cùng nguồn sáng cung cấp trong môi trường được sử dụng làm đầu vào cho thuật toán xác định hướng nguồn sáng. Kết quả trả về là hướng ánh sáng xác định được từ ảnh. Thử nghiệm được tiến hành với 1,000 khối cầu có bán kính khác nhau với hướng nguồn sáng đa dạng. Kết quả thu nhận cho thấy, hướng nguồn sáng thu nhận được sau khi tiến hành thực hiện thuật toán có độ lệch 5^0 .

Dữ liệu thử nghiệm cho thấy độ chính xác của thuật toán xác định hướng nguồn sáng đạt 98,7%



(a) Đối tượng hình cầu được xây dựng với nguồn sáng cho trước trong môi trường

(b) Đối sánh kết quả hướng nguồn sáng (mũi tên đứt nét là hướng nguồn sáng được xác định bằng thuật toán)

Hình 3. Thử nghiệm xác định hướng nguồn sáng

B. Thử nghiệm hiển thị đối tượng ảo trong môi trường thực với phạm vi xác định có sử dụng thuật toán xác định hướng nguồn sáng đề xuất

Pha thứ hai của quá trình thử nghiệm, chúng tôi tiến hành chèn một đối tượng ảo ba chiều vào trong môi trường thực. Một đối tượng ba chiều ảo được xây dựng và chèn vào trong một khu vực đã xác định trong một căn phòng đã cho. Trong phòng có một nguồn chiếu sáng thực, hướng của nguồn sáng được xác định bởi quả cầu (trong Hình 4).

Đối tượng ba chiều được xây dựng bằng một chương trình hỗ trợ tạo mô hình ba chiều, ở đây chúng tôi sử dụng 3DsMax. Đối tượng được xây dựng chỉ có hình dạng và texture. Tiến hành đặt đối tượng được xây dựng vào vị trí xác định trong phòng. Lúc này, từ thông tin về hướng nguồn sáng trong phòng được xác định bằng thuật toán đề xuất, bóng của đối tượng được tự động chèn. Quan sát trên Hình 4 ta thấy hướng bóng của đối tượng 3D được chèn vào môi trường cùng với hướng bóng đổ của quả cầu.



Hình 4. Đối tượng 3D được chèn vào hệ thống, bóng của đối tượng được đối sánh với bóng của quả cầu

V. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một kỹ thuật nâng cao chất lượng hiển thị đối tượng 3D dựa trên phương pháp phân tích tính chất phản xạ trên bề mặt vật thể. Dựa trên kết quả phân tích này chúng tôi tính được hướng nguồn sáng trong môi trường, làm cơ sở để xây dựng bóng cho đối tượng 3D khi đối tượng này được chèn vào trong hệ thống trung bày ảo.

Kỹ thuật đã được cài đặt thử nghiệm trong hệ thống trung bày ảo với một nguồn sáng và đối tượng độc lập, trong đó, bóng của đối tượng 3D được chèn trong hệ thống được đối sánh với bóng của hình cầu trong hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P. S. Strauss. (1990) A realistic lighting model for computer animators. IEEE Comput. Graph. Appl. 56-64.
- [2] M. Slater, M. Usoh, and Y. Chrysanthou. (1995) The influence of dynamic shadows on presence in immersive virtual environments. Selected papers of the Eurographics workshops on Virtual environments '95. 8-21.
- [3] E. Reinhard, G. Ward, S. Pattanaik, and P. Debevec. (2005) High Dynamic Range Imaging: Acquisition, Display, and Image-Based Lighting. The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics.
- [4] P. Debevec. (2005) Image-based lighting. ACM SIGGRAPH 2005 Courses, SIGGRAPH '05.
- [5] J. Stumpfel, A. Jones, A. Wenger, C. Tchou, T. Hawkins, and P. Debevec. (2006) Direct hdr capture of the sun and sky. ACM SIGGRAPH 2006 Courses, SIGGRAPH '06.
- [6] P. Supan and I. Stuppacher. (2006) Interactive image based lighting in augmented reality. 10th Central European Seminar on Computer Graphics (CESCG 2006).
- [7] P. Supan, I. Stuppacher, and M. Haller. (2006) Image based shadowing in real-time augmented reality. IJVR. 1-7.
- [8] C. B. Madsen and M. Nielsen. (2008) Towards probe-less augmented reality - a position paper. GRAPP. 255-261.
- [9] A. Panagopoulos, D. Samaras, and N. Paragios. (2009) Robust shadow and illumination estimation using a mixture model. IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 651-658.
- [10] A. Panagopoulos, C. Wang, D. Samaras, and N. Paragios. (2011) Illumination estimation and cast shadow detection through a higher-order graphical model. IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- [11] Ibrahim Arief, Simon McCallum, and Jon Yngve Hardeberg. (2012) Realtime Estimation of Illumination Direction for Augmented Reality on Mobile Devices. Color and Imaging Conference Final Program and Proceedings. 111-116.
- [12] Hsin-Kai Wu, Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-Yi Chang, and Jyh-Chong Liang. (2013) Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. Computers & Education. 41-49.
- [13] Hoshang Kolivand, Mohd Shahrizal Sunar, (2014), Realistic Real-Time Outdoor Rendering in Augmented Reality, 1-14
- [14] Hoshang Kolivand, Mahyar Kolivand, Mohd Shahrizal Sunar, (2015), Interactive Virtual Shadows on Real Objects in Augmented Reality, International Journal of Information Technology & Computer Science, 74-80

A TECHNIQUE TO ENHANCE THE DISPLAY QUALITY IN 3D ENVIRONMENT

Trinh Hien Anh, Do Nang Toan, Ha Manh Toan, Trinh Xuan Hung, Do Van Thien, Pham Ba May

ABSTRACT— In the virtual reality system, inserting 3D objects which meet the demand of reality environment usually rise question. In these systems, 3D object should as real as possible. This paper uses object's shadow to enhance the real for an object. We propose a method to detect the real light source direction, which is then supply information to build the shadow for an object. The light source direction is detected base on the object surface's reflection and it is installed in a virtual exhibition.

Keywords— Light detection, Shadow, VR, AR...