

캠퍼스 사이버 몰의 3차원 아바타 설계

Synthesis of 3-D Avatars in Campus Cyber Mall

주 재호, 양 용환, 강 훈
중앙대학교 전자전기공학부

Jae-ho Ju, Yong-hwan Yang, Hoon Kang

School of Electrical & Electronics Engineering, Chung-Ang University,
221 Huksuk-dong, Dongjak-gu,
Seoul 156-756, KOREA

Email: hkang@cau.ac.kr

ABSTRACT

본 논문에서는 3차원 채팅과 전자 상거래의 개념을 동시에 만족하는 사이버 몰의 가상 공간을 설계하고 관련된 서버-클라이언트 프로그램을 개발하는 것이 목적이다. 서버에서는 사용자의 3차원 아바타 에이전트 정보 관리 및 인터넷 상에서 사용자의 클라이언트 프로그램에 필요한 자료를 공급하며, 클라이언트에서는 3차원 가상 공간의 텍스처 매핑을 통한 GUI를 보여주고 서버와 자료를 교환하여 사용자 간의 정보 교환 및 전자 상거래에 필요한 가상 공간을 설계하여 보여준다. 그런데, 3차원 자료는 인터넷의 속도 문제로 인해 실제 대용량의 자료를 처리하는 데 어려운 점이 있다. 따라서, 대용량 자료를 압축하여 VRML로 변환하고 이를 아바타로 사용할 수 있는 변환기를 개발하였다.

I. 서론

다가오는 21C의 전자 상거래를 위한 여러 가지 창의적 과제가 도출되고 있다. 본 논문에서는 사이버 몰에서 Shop-Master 및 Buyer를 나타내는 가상 공간에서의 아바타 에이전트(Avatar Agent)를 3차원으로 설계하는 방법과 이를 VRML(Virtual Reality Modelling Language)[1,2]로 구현하는 변환 프로그램의 개발을 목표로 한다. 인터넷이 발전함과 더불어 여러 가지 상품의 판매 방식도 전자 화폐에 의해 주도될 것이 예상되며, 이에 대한 매출도 수천 억에 이를 것으로 예측된다. 현재, 한국을 포함하여 전자 및 정보 통신을 주력 산업으로 하는 세계 각국에서는 홈페이지를 이용하여 제품의 판매 및 홍보, 고객 관리를 하고 있으나, 실제적으로는 신용의 문제로 현지 국가의 이용객에 한하여 처리되는 것이 많은 실정이다. 이러한 문제는 인터넷 가상 공간에서 아바타(Avatar)에 대한 신뢰도를 전혀 믿을 수 없기 때문에 발생하며, 만약 국제법에 의한 전자 상거래에 신용카드 및 전자 화폐에 대한 신뢰도를 부과하는 장치가 만들어진다면, 아바타에 대한 신용등급이 정해져서 보다 수월한 거래가 가능하게 될 것이다. 아바타는 프로그램의 아이콘(Icon) 또는 인터넷 채팅에서의 이름(ID)과 같은 작용을 하지만 이보다 많은 기능을 소유하고 있으며, 한 회사나 개개인의 명함과도 같은 특성을 지닌다. 아바타에 대한 연구 및 기술 개발의 국내외 현황으로 우선 세계 기술 현황은 전자 상거래를 홈페이지에서 다루는 기술은 세계 각국에서 활발하게 이루어지고 있으나,

아바타를 이용한 기술은 전무하며, 단지 3차원 채팅에서 사용되는 아바타는 채팅의 목적 이외의 전자 상거래에서는 현재 사용되고 있지 않다. 그리고, 국내 기술 현황은 현재 홈페이지 상에서 또는 PC통신의 채팅에서 ID 및 패스워드를 사용하고 있으나, 텍스처 매핑에 의해 아바타의 개념을 3차원으로 인터넷 상에서 처리하는 기술은 전무한 상태이다. 본 논문에서는 이러한 아바타 에이전트의 3차원 설계 및 VRML 변환 기술을 개발하고자 한다. 첫째로, 아바타 에이전트의 3차원 모델링과 가상 로봇의 경로 계획을 지능 시스템의 한 패러다임인 퍼지 클러스터링 기법[3-5]에 의해 구현하고자 하며, 인공 생명[6]의 개념을 도입하여 사이버 공간을 운영하는 가상 로봇 시스템을 구성하고자 한다. 둘째로, 3차원 물체를 VRML로 변환하는 방법

단 계	내 용
3D-Avatar Agent 설계	· 패스워드 및 신용등급 · 공급자, 수요자, 혼합형, 공유형 아바타 에이전트의 설계 · 3차원 사이버 몰의 가상 공간의 설계 · 3차원 공간상의 아바타 처리 기술
VRML 변환 기술	· 3차원 아바타를 변환하는 기술 (Avatar ↔ VRML) · 3차원 자료를 압축하여 VRML로 변환하는 기술 (3D data ↔ VRML)

표 1. 사이버 몰의 전자 상거래를 위한 3D-아바타 에이전트의 설계 및 VRML 변환 기술

과 VRML을 3차원 아바타로 변환하는 방법을 연구하였다. 위와 같은 표 1의 목표가 달성되면, 인터넷 채팅과 같은 방법으로 공급자와 수요자 간의 믿을 수 있는 거래가 이루어 질 것으로 생각된다. 그리고, 3차원 자료를 VRML 또는 아바타 에이전트로 변환하여 압축하여 정보에 교환에 대한 호환성과 효율성이 증가하고, 전자 상거래에서 자신만의 특성을 나타내고 홍보하는 공급자와 수요자를 만들어 내며, 인터넷을 통한 아바타의 교환으로 상호간의 이해 및 교류 증진의 효과가 높아질 것으로 예측된다. 따라서, 정보 통신 시대의 변화에 대처할 수 있는 가능성을 확보할 수 있는 잠재력을 지니게 된다.

II. 3차원 아바타 에이전트의 설계

3차원 아바타 에이전트는 가상 공간을 배회하는 일종의 대리 로봇으로, 3차원 가상 공간에서 아바타는 고유한 자신의 모습을 나타내는 자료이다. 이를 설계하기 위해서는 다음의 개체에 대한 정의가 필요하다.

- 패스워드: 아바타를 사용하는 대상 및 서로 대화하는 대상을 보호하는 장치
 - 신용등급: 전자 상거래의 신용을 거래 업적과 등급에 따라 기능에 제한을 두는 방식으로 신용도에 따라 여러 단계의 레벨을 둔다.
 - 공급자 Avatar Agent 설계 : 원하는 수요자 대상을 찾는 방법을 퍼지 시스템 및 인공 생명 모델을 사용하는 기술로 로봇 에이전트의 특성을 설계한다.
 - 수요자 Avatar Agent 설계 : 원하는 공급자 대상을 찾는 방법을 퍼지 시스템 및 인공 생명 모델을 사용하는 기술로 로봇 에이전트의 특성을 설계한다.
 - 혼합형 Avatar Agent 설계 : 수요자(고객) 및 공급자(판매자) 아바타를 동시에 사용할 수 있는 특성을 설계한다.
 - 공유형 Avatar Agent의 설계 : 이는 아무나 사용할 수 있는 공개된 아바타이다.
- 아바타는 명함과도 같은 효과를 가지므로, 인터넷 공간에서 서로 자신의 아바타를 교환하여야 한다. 따라서, 그 아바타를 역세스할 수 있는 에이전트는 패스워드 및 신용등급에 의해 유일하여야 한다.

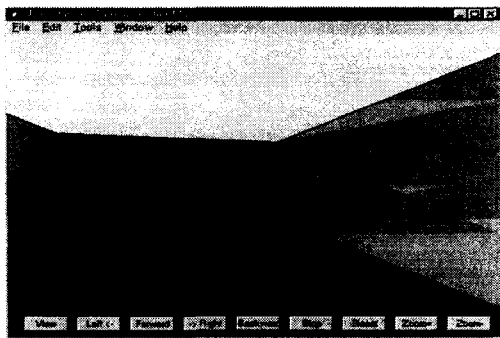


그림 1: 캠퍼스 사이버 몰에서 3차원 Avatar의 Perspective View의 한 예

다. 만일, 공유형 아바타를 제외한 아바타에 대해 여러 사람이 사용한다면 상거래 질서는 무너지고 말 것이다. 우선, 패스워드는 셸라 오토마타[8]를 사용하여 암호화시키고, 신용등급은 거래내역 및 거래 횟수를 누적하여 관리한다. 수요자 아바타 에이전트는 주로 사용자의 사이버 몰에서의 로그인 및 활동에 대한 역할을 수행하고, 공급자 아바타 에이전트는 가상 로봇을 이용하여 오퍼레이터가 없는 자동 관리 능력을 보유하도록 한다. 혼합형 아바타 에이전트는 위의 2가지 기능을 모두 갖추고 있어서 필요에 따라 공급자 또는 수요자 아바타 에이전트를 선택하게 된다. 공유형 아바타 에이전트는 공개된 아바타이므로 신용 등급이 없는 일반적 기능만을 가지게 된다. 또한, 3차원 아바타는 사이버 몰에서 홍보 역할을 맡은 에이전트로서의 기능이 있다. 그림 1에서는 3차원 Avatar의 예를 나타내었다. 그림 2는 지능 시스템을 적용하여 Cyber Mall 공간을 표류하며 사용자들에게 여러 가지 정보를 제공하는 에이전트로서 가상 로봇의 예를 나타낸 그림이다. 그림 2는 초기 위치(a)에서 사용자(○모양)들이 움직이며 위치를 변화시키는 동적 환경에서 클러스터 중심으로 이동하는 가상 로봇(□모양)들의 모습(그림 2(b)-그림 2(d))을 나타낸 것이다. 그림 2(c)에서는 클러스터의 중심이 상대적으로 많이 이동한 것을 나타내고, 그림 2(d)는 가상 로봇들이 이를 추적하여 이동하는 모습을 보인다. 여기서, 가상 로봇들은 사용자들의 위치를 파악하여, 자신을 가장 잘 알릴 수 있는 위치로 이동하여야 하며 이를 위해 다음의 클러스터링 기법을 이용한다.

III. 가상 로봇을 위한 퍼지 c-평균 클러스터링(FCM) 기법

III-1. 퍼지 c-분할

불확실한 객체 자료를 표현하려면 퍼지 분할 공간에서 퍼지 부집합을 사용하는 것이 바람직하다. 객체 자료

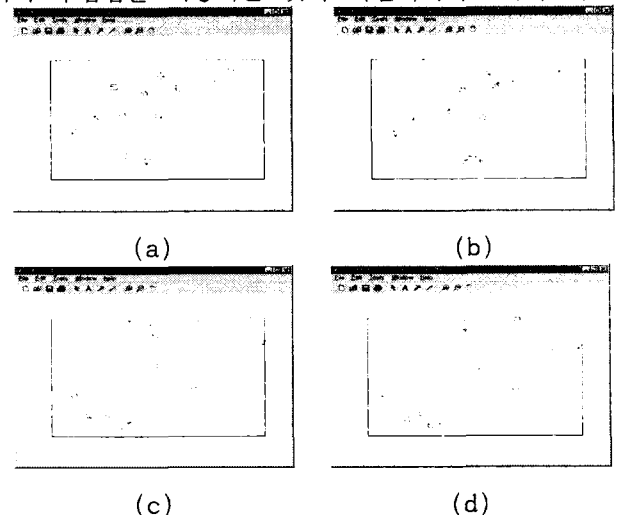


그림 2: (a) 초기 위치, (b) 사용자 위치 및 가상 로봇의 클러스터 중심으로의 이동, (c) 사용자 위치 변동에 따른 클러스터 중심의 변화, (d) (c)에 대한 가상 로봇의 이동 현상

집합 X 는 그 원소인 객체 자료 x_k 가 p 차원의 벡터로 표시되므로 ($p=3$)

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset R^{p \times n} \quad (1)$$

이제 c 개 클래스의 분류 표시 자료로 객체 자료들을 분류한다고 가정했을 때, 객체 자료에 대한 퍼지 부집합은 다음과 같다:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_c\} \in R^{c \times n} \quad (2)$$

여기서 $u_i(x_k) = u_{ik}$ 를 클래스(i)에 속하는 객체 자료 x_k 의 소속 등급이라고 하면

$$U = \begin{pmatrix} x_1 & \dots & x_k & \dots & x_n \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ (1) & & & & \\ \vdots & & & & \\ (i) & \rightarrow & u_{ik} & \rightarrow & \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ (c) & & & & \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{클래스 } i \\ \\ \\ \text{객체 } k \end{matrix} \quad (3)$$

퍼지 부집합 U 의 가로는 클래스(i)에 해당하는 모든 객체의 소속 등급이며, 세로는 k 번째 객체에 대한 모든 클래스의 소속 등급이다. 또한, U 는 X 의 '퍼지 c -분할' 또는 '[제한된] 확률 분할'이라고 하며, 다음의 조건을 만족한다:

$$\begin{aligned} \Rightarrow 0 < u_{ik} < 1 & \quad \forall i, k \\ \Rightarrow \sum_k u_{ik} > 0 & \quad \text{가로합} \\ \Rightarrow \sum_i u_{ik} = 1 & \quad \text{세로합} \end{aligned} \quad (4)$$

클러스터링 알고리즘은 자료 유형에 따라 객체 자료와 관계 자료로 나뉘며, 모델 유형에 따라 퍼지 모델, 확률 모델, 발견적 모델, 결정적 모델등으로 나뉜다. 클러스터링의 기준은 전역적 목적함수 또는 지협적 목적함수를 선택하며, 알고리즘 유형은 순환적, 분해적, 구조적 방식이 있다. 또, 계산상으로는 직렬형, 병렬형, 하이브리드형등이 있다. 여기서는 퍼지 모델을 이용하여 전역적이고 순환적인 알고리즘을 다룬다.

III-2. 퍼지 c -Means (FCM) 클러스터링

퍼지 c -Means(FCM) 클러스터링[3-5]은 하드 c -Means(HCM) 클러스터링의 퍼지 모델로 알고리즘의 결과로 클러스터 중심과 퍼지 c -분할 행렬을 동시에 구할 수 있는 자기 조직화, 무 관리자 학습의 대표적인 예이다. 퍼지 Iterative Self-Organizing DATA Analysis(ISODATA)[8]는 이러한 퍼지 c -Means 클러스터링에 발견적 특성을 가미한 알고리즘이다. 퍼지 클러스터링에 필요한 정의와 정리에 대하여 알아보자.

$$X = \{X_k\} \subset R^p = \text{비표시 객체 자료}$$

$$U = \{u_{ik}\} \in M_{\text{fuzzy}}(\text{FCM}) = \text{미지의 퍼지 } c\text{-분할}$$

$$V = \{V_i\} \subset R^p = \text{미지의 클러스터 중심}$$

클러스터링의 목적 함수는 다음과 같고, 이를 최소화하는 (U, V) 를 구하는 것이 그 목표이다:

$$\text{Min} \left\{ \begin{aligned} & J_m(U, V; X) \\ & = \sum_i \sum_k u_{ik}^m (\|X_k - V_i\|_A)^2 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

[FCM정리]

$m > 1$ 일 때, (U, V) 는 다음 필요조건을 만족하면

$J_m(U, V; X)$ 를 최소화할 수 있다.

[FCM필요조건]

$U = \{u_{ik}\} \in M_{\text{fuzzy}}(\text{FCM}) =$ 미지의 퍼지 c -분할

$$u_{ik} = \left\{ \frac{\|X_k - V_i\|_A^{-2/(m-1)}}{\sum_j \|X_k - V_j\|_A^{-2/(m-1)}} \right\} \quad (6)$$

소속등급의 갱신: '[0,1]의 분포' (행렬의 세로방향)

클러스터 중심: 하중적 무게중심법에 의한 하중치의 계산

$$V_i = \frac{\sum_k u_{ik}^m \cdot X_k}{\sum_k u_{ik}^m} = \sum_k \beta_k \cdot X_k \quad (\sum_k \beta_k = 1) \quad (7)$$

일반적인 퍼지 c -Means 알고리즘은 주어진 객체 자료 집합 $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ 에 대해 다음과 같은 과정을 수행한다.

[FCM 알고리즘]

설계상수: $c(1 < c < n), m(1 \leq m < \infty)$ 고정,

ϵ : 아주 작은 양의 상수

A-norm:

$$\|X_k - V_j\|_A = \sqrt{(X_k - V_j)^T A (X_k - V_j)}$$

단계(1): 초기 클러스터 중심을 추측한다.

$$V_0 = \{V_{1,0}, V_{2,0}, \dots, V_{c,0}\} \in R^{c \times p}$$

단계(2):

for ($t = 1; t \leq t_{\text{max}}; t++$)

{

$\{V_{i,t-1}\}$ 로 U_t 를 계산;

계산된 U_t 로 $\{V_{i,t-1}\}$ 를 $\{V_{i,t}\}$ 로 갱신;

if ($\|V_{i,t-1} - V_{i,t}\| \leq \epsilon$) {

$(\hat{U}, \hat{V}) = (U_t, V_t)$;

Stop;

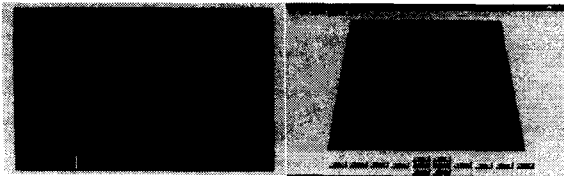
}

}

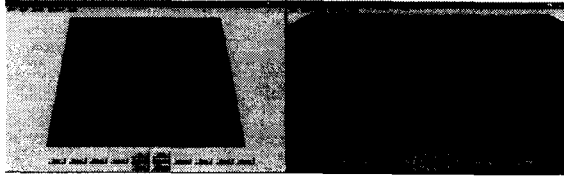
여기서, n 명의 사용자에 대한 위치는 $X_k(k=1 \sim n)$ 가 되고, 가상 로봇의 개수는 클러스터 중심의 개수 c 와 일치하므로 그 위치는 $V_i(i=1 \sim c)$ 가 된다. 그러나, 가상 로봇은 클러스터 중심에 있지 않는 경우가 대부분이므로 가상 로봇을 이 위치로 이동시키는 방법이 필요하다. 현재 가상 로봇의 위치를 $Y_i(i=1 \sim c)$ 라고 하면, 상대적 거리 행렬을 D 라고 하면, 이는 대칭이고 양의 실수 원소를 갖는 행렬이 된다. 즉,

$$D = \begin{pmatrix} \|V_1 - Y_1\|_2 & \|V_1 - Y_2\|_2 & \dots & \|V_1 - Y_c\|_2 \\ \|V_2 - Y_1\|_2 & \|V_2 - Y_2\|_2 & \dots & \|V_2 - Y_c\|_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \|V_c - Y_1\|_2 & \|V_c - Y_2\|_2 & \dots & \|V_c - Y_c\|_2 \end{pmatrix} \quad (8)$$

이 되는데, 각 행의 최소가 되는 인덱스부터 시작하여 가상로봇의 이동할 다음 위치를 계산하는 데 사용하고, 다음으로 최소가 되는 인덱스를 이용하여 다른 가상 로봇의 이동할 위치를 계산한다. 이런 방식으로 사이버 공간에서 가상 로봇, 사용자, 클러스터 중심을 표시한 것이 그림 3과 그림 4

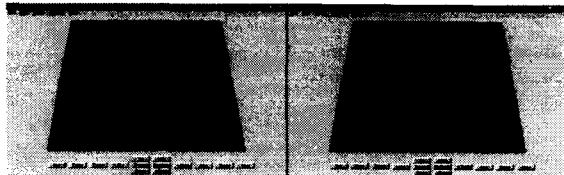


(a) 초기 위치 (b) 중간 단계의 위치

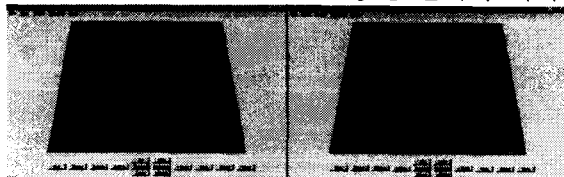


(c) 가상 로봇들의 최종 위치 (d) Camera로 Zooming한 모습

그림 3. 사이버 물에서의 가상 로봇 에이전트, 클러스터 중심(+표시), 사용자 (CASE 1)



(a) 초기 위치 (b) 중간 단계의 위치



(c) 클러스터 중심으로 이동 (d) 클러스터 중심이 바뀔 경우 다시 이동

그림 4. 사이버 물에서의 가상 로봇 에이전트, 클러스터 중심(+표시), 사용자 (CASE 2)

에 나타나 있다. 2가지 경우 모두 초기에 임의 위치에 있는 10개의 사용자 아바타 및 3개의 가상 로봇에 대해 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3(a)는 초기 위치, 그림 3(b)는 가상 로봇이 클러스터 중심으로 이동하는 모습을 나타내고, 그림 3(c)는 가상 로봇의 최종 위치가 클러스터 중심에 일치함을 보이며, 그림 3(d)는 카메라로 Zooming한 모습을 나타내고 있다. 그림 4에서는 다른 임의의 위치에 있는 사용자 아바타와 가상 로봇을 각기 이동한 궤적을 추적하여 표시하였으며, 그림 4(d)는 사용자 아바타 에이전트들의 위치 변동으로 클러스터 중심이 다시 이동할 경우에도 가상 로봇이 이를 인지하여 추적해나가는 것을 보인 것이다. 이러한, 가상 로봇의 움직임은 이동 로봇 군의 지능적 기법[9-10]을 이용하기도 한다.

IV. VRML 변환 기술

위에서 정의된 3차원 아바타는 VRML로 구현할 수 있다. VRML은 인터넷 상에서 3차원 자료를 처리하는 공개된 언어로 현재 VRML2.0까지 정의되어 있고 브라우저도 역시 공개된 소프트웨어이다. 최근

에는 3차원 가상현실자료가 인터넷에 많은 비중을 차지하고 있다. 인터넷의 웹브라우저에 가상현실 도구가 하나의 플러그인(Plug-In) 모듈로서 정착되고 있는 가운데 3D 자료에 대한 규격이 필요하게 되었으며, 여러 가지 형식중 널리 보급된 규격이 바로 VRML(Virtual Reality Markup Language)이다. 다국의 언어를 수용할 수 있는 인터넷의 규약에는 UTF-8 과 UNICODE 가 있는데, 모두 ISO-10646 국제표준규격(ISO)으로 정해져 있으며, VRML 2.0 문법은 이를 사용할 수 있도록 되어 있다. VRML 브라우저는 여러 가지 종류가 있으나 현재 가장 많이 사용되는 것에는 Netscape용 플러그인 모듈인 Web-FX, Live3D 그리고 WebSpace, VRWeb, WorldView, Fountain 등과 같이 독립적인 3D 브라우저가 있다. VRML의 파일 확장자는 *.wrl 이며, VRML의 MIME 형식은 x-world/x-vrml 이며 앞으로 model/vrml 로 바뀔 예정이다. 이는 Geometry Center의 oogl (Object-Oriented Geometry Language)과 SGI(Silicon Graphics, Inc.)의 iv 등의 다른 3D 자료유형과 대조를 이룬다. VRML은 객체를 나타내는 파일구조의 고급언어이며 이론상으로는 3D 기하형태외에 MIDI자료, 이미지자료 등을 다룰 수 있다. 여기서 객체는 노드(Node)로 표시되며, 각 노드는 필드(Field)라고 불리는 형태 안에 3차원 자료를 포함한다. 이러한 노드가 가지는 특성은 다음의 세가지로 나뉜다.

- 형태명: Cube, Sphere, SpotLight, DirectedSound 등의 이름.
- 필드: 같은 유형의 서로 다른 노드를 구별하는 파라미터로서 예를 들어, 두 개의 구의 반경이 서로 다를 때 사용된다.
- 사건의 집합: 대부분의 노드는 set_position, set_color, set_on 등과 같은 연관된 set_사건들을 받을 수 있다.

```
#VRML Example V2.0 utf8
Transform {
  children {
    DirectionalLight {
      direction 0 0 -1 # 빛의 방향
    }
    Transform{
      translation 3 0 1 # 적색 구
      children {
        Shape {
          geometry Sphere { radius 2.3 }
          appearance Appearance [
            material Material { diffuseColor 1 0 0 }
          ]
        }
      }
    }
    Transform {
      translation -24.2 1 # 청색 정육면체
      rotation 0 1 1 .9
      children {
        Shape {
          geometry Cube { }
          appearance Appearance [
            material Material { diffuseColor 0 0 1 }
          ]
        }
      }
    }
  }
}
```

표 2. 적색 구 및 청색 정육면체를 표시하는 VRML 텍스트의 예

예를 들어, VRML 2.0으로 빨간 구 모양과 파란 정육면체모양을 표시하려면 표2와 같은 문법으로 표시된다.

VRML은 프로그래밍 라이브러리인 Open Inventor에 기반을 둔 인터넷용 3차원 그래픽 언어로 복잡한 물체의 계층적 레이아웃을 정의할 수 있기 때문에 다수의 클라이언트 사용자들이 참여하는 대화형상황을 묘사하기 위한 언어이다. 본 논문에서 연구된 VRML 변환 기술은 다음과 같이 2가지로 나뉜다.

- 3차원 자료를 압축하여 VRML로 변환하는 기술 (3D data ↔ VRML)

- 3차원 아바타를 변환하는 기술 (Avatar ↔ VRML)

3차원 아바타는 3DStudio 및 3DMax와 같은 프로그램으로 편집하거나, 3D-Scanner와 같은 측정 장비를 이용하여 아바타 자료 형식으로 변환하는 방식으로 자료의 크기가 너무 크면 인터넷을 통한 효율적인 전송이 어려우므로 권장 사항으로 제한을 둔다. 그림 6은 3D-스캐너 자료를 사용하여 VRML로 변환하는 프로그램이다. 위의 2가지 기술이 완성되면, 임의의 3차원 자료를 아바타 자료 형식으로 변환하는 것이 가능하며, 이렇게 만들어진 아바타는 위에서 언급한 공급자 및 수요자 아바타 에이전트로서의 기능을 갖게 된다. 그림 7과 그림 8은 3차원 아바타의 예를 나타낸 그림이다.

V. 결론

본 논문의 기술적 파급효과로 아바타 에이전트와 VRML을 사용함으로써 정보 교환의 호환성을 확립하고, 3차원 자료를 VRML로 압축하는 기술 및 아바타 변환 기술의 확보하였다. 연구 성과의 산업적



그림 5. VRML 자료의 예(사람, 헬리콥터, 도시)

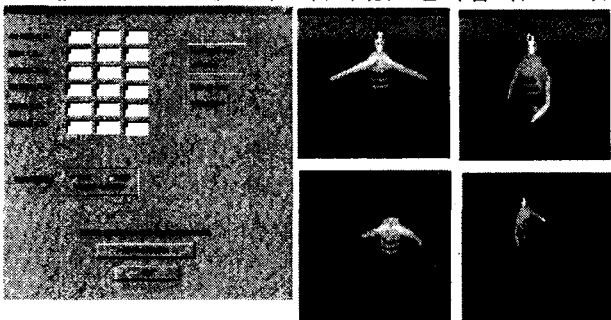


그림 6. 3D-스캐너 자료를 VRML로 변환하는 프로그램

그림 7. 아바타 에이전트의 예 (CASE 1)

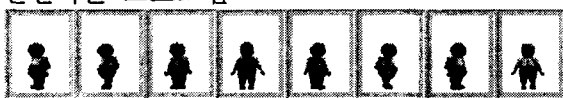


그림 8. 아바타 에이전트의 예 (CASE 2)

파급효과는 3차원 자료를 아바타 에이전트로 변환하여 전자 상거래에서 자신 만의 특성을 나타내고 홍보하는 공급자와 수요자를 만들어 내며, 인터넷을 통한 아바타의 교환으로 상호간의 이해 및 교류 증진의 효과를 볼 수 있다. 최종적으로 본 논문의 결과에 의해 3차원 채팅과 전자 상거래의 개념을 혼합하여 신용을 근간으로 판촉 및 홍보 활동이 활성화되고, 3차원 아바타 회의 및 세미나 등에 적용될 수 있을 것으로 예측된다.

감사의 글

본 논문은 정보통신부의 정보통신 우수시범학교 지원사업(98-144)과제의 지원을 받은 논문입니다. 관련된 담당자들에게 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Rory O'Neill, Eden Muir, *Creating 3D Worlds for the Web*, Wiley Pub. Co., Dec. 1996
- [2] Tittel, Charlie Scott, Paul Wolfe, Claire Sanders, *Building VRML Worlds*, Osborne Pub. Co., 1996
- [3] J.C.Bezdek, R.J.Hathaway, M.J.Sabin, W.Tucker, "Convergence theory for fuzzy c-means: counterexamples and repairs," *IEEE Trans. SMC*, vol. SMC-17, no. 5, pp.873-877, 1987
- [4] J.C. Bezdek, C.Coray, R.Gunderson, and J.Watson, "Detection and characterization of cluster substructure Part I. Linear structure:Fuzzy c-lines," *SIAM J. Appl. Math*, vol.40, No.2, pp.339-357, 1981
- [5] J.C Bezdek, C.Coray, R.Gunderson, and J.Watson, "Detection and characterization of cluster substructure Part II. Fuzzy c-Varieties and convex combinations thereof," *SIAM J. Appl. Math*, vol.40, No.2, pp.358-372, 1981
- [6] C.Langton, "Artificial Life" in *Artificial Life*, C.Langton (ed.), Addison-Wesley, pp.1-47, 1989.
- [7] E.F.Codd, *Cellular Automata*, New York: Academic Press, 1968
- [8] J.C.Dunn, "A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact well-separated clusters," *J. Cybernetics*, vol. 3, no. 3, pp. 32-57, 1973
- [9] R.A.Brooks, "Behavior Humanoid Robotics", *Proc. of Int. Conf. on IROS*, pp.1-8, 1996
- [10] Craig W.Reynolds, "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model", *Proc. of SIGGRAPH*, pp.25-34, 1987
- [11] Suk-Ki Min, Uk JaeKal, and Hoon Kang, "Life-like Behaviors of Autonomous Mobile Robots", *Proceedings of Korea Fuzzy & Intelligent Systems Society(KFIS)*, Spring Conference in 1997, vol.7, no.2, pp.83-86, 1997