
X3D를 이용한 Web3D기반 3D Object 표현에 대한 연구

이성태* · 김이선* · 기우용** · 이윤배***

A Study on the 3D Object Representation based Web3D Using X3D

Sung-Tae Lee* · Yi-Sun Kim* · Woo-Young Ki** · Yun-Bae Lee***

요 약

확장할 수 있는 3D는 멀티미디어와 통합된 방송에 기초한 3D 콘텐츠와 상호 웹의 특징이 되는 소프트웨어의 기준이라고 할 수 있다. 그런데, Web3d상에서 다각형의 polygon meshes을 처리하기에는 데이터의 크기나 실제에 적용하기에는 문제가 있다. 본 논문에서는 3차원 객체를 높은 품질로 표현하기 위해서 새로운 framework을 적용한다. 다양하고 자연스러운 형태의 표현을 위해 Web3D 자료형태를 VRML과 XML을 이용하여 처리한다. 3차원 객체의 polygon을 대한 구조를 정의하고 모델링 하여 타당성을 검증한다.

ABSTRACT

Extensible 3D(X3D) is a software standard for defining interactive web and broadcast-based 3D content integrated with multimedia. The data size of Web3D representation based on polygon meshes is so large that transferring practical data fast is a hard problem. This paper proposes 3D object structure, a new framework for compact 3D representation with high quality surface shape. By utilizing a free form surface technique, qualified surface are transferred with limited amount of data size and rendered. 3D graphic structure can be regarded ad both polygon meshes and free form surfaces. Therefore, it can be easily integrated to existing Web3D data formats, for example VRML & XML. 3D object structure also enables modeling free form surface shapes intuitively with polygon modeling like operations.

키워드

Web3D, X3D, VRML, XML, Bézier

1. 서 론

인터넷상에서의 3D 게임이나 가상 현실 등의 증가에 따라 존재하는 물체들에 근접하게 모델링 하기 위한 3차원 애니메이션에 관심이 모아지고 있다. 또한 사용자들의 요구에 대응하기 위하여 개발자들은 현실 세계에 존재하는 물체들에 근접한 모델의 개발 및 처리 속도의 향상을 위해 많은 연구가 진행되고 있다.

인터넷 기반의 가상 현실 기술은 크게 두 가지 범주로 나눌 수 있는데 이미지를 기반으로 하는 「파노라마」와 3D 폴리곤을 기반으로 하는 WEB3D가 대표적이다. 파노라마의 경우 사진을 원통 또는 구 형태로 매핑 하여 중심점에서 돌려보는 방법인데 실제 사진을 이용하기 때문에 제작 과정이 간단하고 질적인 면에서 우수하다.

반면, Web3D는 실제 사진과 3차원 폴리곤을 기반으로 구현되므로 사진 촬영만으로 하는 파노라마 방

* 조선대학교 전자계산학과

***조선대학교 컴퓨터공학부

** 동강대학 컴퓨터정보과

접수일자 : 2002. 6. 19

식에 비해 제작이 까다롭다. Web3D 상에서의 3D 게임이나 가상현실 등의 증가에 따라 현실세계에 존재하는 물체들을 3D로 표현하기 위한 기술 개발이 요구되고 있다.

이러한 요구에 따라 웹 페이지를 구성하는 HTML 언어의 3차원 버전인 가상 현실 모델링 언어인 VRML(Virtual Reality Modeling Language)은 현 단계에서 웹 상의 3차원 물체를 표시하는 표준 언이라고 할 수 있다. 1994년 5월 제 1차 웹 컨퍼런스에서 VRML이라는 용어가 처음 사용되었고 1년 뒤인 1995년 5월 실리콘 그래픽사의 Open Inventor 포맷을 기초로 만들어진 VRML1.0이 발표되었다. 1996년 8월에는 멀티미디어와 상호작용 등 강력한 기능을 추가한 VRML 2.0이 발표되었고 현재는 VRML 2.0을 기본으로 만들어진 VRML97이 사용되고 있다 [1][2].

이것은 인터넷에서 상호 작용하는 3차원 멀티 미디어 표현을 위한 국제표준(ISO/IEC 14772) 파일 포맷이다. HTML이 웹에서 문서를 보여준다면, VRML은 3차원의 가상 공간을 표현한다고 할 수 있다.

X3D와 VRML97의 개발 일정도를 보면, 추후 X3D는 XML과 더불어 통합 3D 그래픽과 멀티미디어를 위한 보편적인 교환 포맷이 될 것으로 보인다. 최근 그래픽 기술의 메카로 유명한 노스 캐롤라이나에서 VRML을 대체할 새 기술을 발표해 VRML 표준이 교체될 가능성이 커졌다. 또한 웹 상에서의 3차원 이미지 표준안을 관장하는 웹3D 콘소시엄은 "X3D(Extensible 3D)"라는 이름의 차세대 표준안을 확정했다고 최근 밝혔다. X3D는 VRML을 대체해 다양한 종류의 응용 프로그램과 기기에 대해 3차원 웹 그래픽을 지원하게 된다. X3D 기술은 유연성과 확장성이 뛰어나기 때문에 다양한 형태의 프레임 워크에 대해 하나의 표준이 되기에 유리하다고 전문가들은 평가하고 있다[3].

본 논문에서는 최근 웹에서 사용이 증가하고 있는 XML과 VRML 언어를 이용한 차세대 확장가능 언어인 X3D를 이용하여 Web3D기반 3D Object 표현에 대한 알고리즘을 제안하고, 검증한다.

II. Web3D 기반 Object 표현

2-1. Gregory patch

곡선에서의 NURBS식을 3차원 곡면으로 확장해 보면, Control Point가 u, v 두 방향으로 확장되고, 이에 따른 Knot Vector도 양방향으로 가지게 된다. 이 두방향 Knot Vector에 의해 만들어진 Blending Function을 곱한 값으로 3차원 곡면상의 점을 찾아 낼 수 있다.

그림 1은 3차원 Gregory Patch를 Bézier 곡선으로 표현한 것이며 그림 2는 u, v 양방향 곡선에 의해 만들어지는 곡면이다.

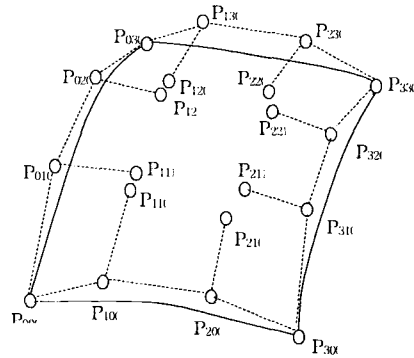


그림 1. 3차원 Gregory Patch

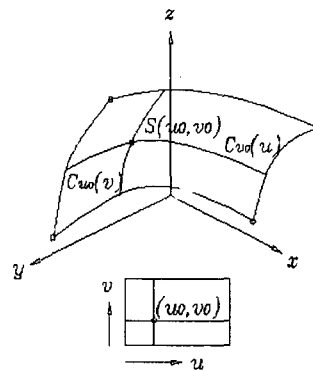


그림 2. u, v 양방향 곡선에 의해 만들어지는 곡면

NURBS 곡면의 기본식을 표현하면 식1과 같다.

$$S(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{i,j} P_{i,j}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{i,j}}$$

.....(식 1)

곡선식과 비교해 보면, Control Point에 곱해지는 Blending Function이 u, v 양방향이라는 것만 달라졌을 뿐이다. 위의 식 1을 간단하게 표현하면, 식 2와 같이 쓸 수 있는데 Control Point에 Weighting factor가 곱해진 형태, 곡선식과 형태는 같다. 그림 1의 3차원 Gregory Patch를 식 2, 3, 4에 의해 3차원 polygon을 처리한다.

$$S(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 B_i^3(u) B_j^3(v) Q_{ij}(u, v)$$

(0 ≤ u ≤ 1, 0 ≤ v ≤ 1)

.....(식 2)

$$Q_{ij}(u, v) = P_{ij}$$

.....(식 3)

$$Q_{11}(u, v) = \frac{uP_{110} + vP_{111}}{u + v},$$

$$Q_{12}(u, v) = \frac{uP_{120} + (1-v)P_{121}}{u + (1-v)},$$

$$Q_{21}(u, v) = \frac{(1-u)P_{210} + vP_{211}}{(1-u) + v},$$

$$Q_{22}(u, v) = \frac{(1-u)P_{220} + (1-v)P_{221}}{(1-u) + (1-v)}$$

(0 ≤ u ≤ 1, 0 ≤ v ≤ 1)

.....(식 4)

2-2. Bézier 곡선 제어

Bézier곡선은 생성하고자하는 곡선을 근사하게 포함하는 다각형의 꼭지점을 이용하여 정의한다. 이 다각형 꼭지점들의 영향을 각각 해당되는 블렌딩 함수로 섞어서 곡선을 형성할 수 있다.

블렌딩 함수(blending function)란 control point의 영향력을 나타내는 것으로써 곡선의 형상을 결정짓는 역할을 하는 함수이다. Bezier곡선에서는 블렌딩

함수로 Bernstein 다항식 식 5을 사용한다.

$$B_{i,n}(u) = {}_n C_i u^i (1-u)^{n-i}$$

$${}_n C_i = \frac{n!}{i!(n-i)!}$$

.....(식 5)

블렌딩 함수를 다각형의 꼭지점에 적용하면 Bezier 곡선 방정식은 식 6과 같다.

$$P(u) = \sum_{i=0}^n {}_n C_i u^i (1-u)^{n-i} P_i$$

.....(식 6)

Control point의 개수가 (n+1)개이면 un항이 최고차 항이 되어 곡선식은 n차 식이 됨을 알 수 있다. 따라서 Bezier곡선은 control point의 개수에 의해 곡선식의 차수도 정해진다. 그림 3(a)와 (b)는 Bezier 곡선으로 처리한 3차원 object이다.



그림 3. (a) 원 3D object

그림 3. (b) Bezier 곡선으로 처리된 object

III. Web3D

3-1. Web3D의 필요성

X3D는 확장 가능한 3D를 의미하는데, X3D는 VRML97의 기능을 확장한 차세대의 확장 가능한 3D 그래픽 규약이다. 특히 X3D란 이름은 XML과의 통합을 의미하기 위해 선택되었다. 그림 4는 X3D의 구조도 인데 X3D의 사용 목적을 요약하면 다음과 같

다. 첫째, VRML 97과 하위 호환성 유지로 X3D 기술을 이용하여 VRML 97 콘텐츠를 볼 수 있다. 둘째, XML과 통합하여 Extensible Markup Language를 이용하여 VRML 97을 표현할 수 있다. 셋째, 구성 요소화(Componentization)로 쉽게 새로운 기능을 추가할 수 있는 경량 코어(core)를 가능하게 해준다. 넷째, 기본적으로 코어에 새로운 노드와 그에 상응하는 실행코드를 추가하기 위해 구성요소(Component)를 사용하여 확장성을 가진다.

XML은 웹 상에서 발생하는 많은 문제점을 해결하기 위한 X3D 표현 구문으로 채택이 되었다.

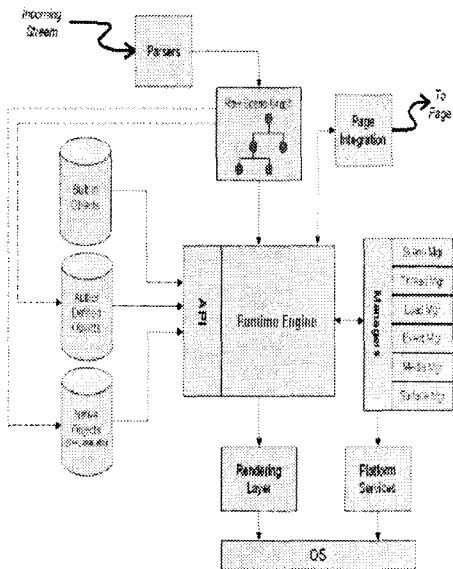


그림 4. X3D 구조

웹 상에서 3차원 그래픽을 표현하기 위해 XML를 사용하는데 그 이유는 재 집결성, 페이지 통합 그리고 차세대 웹과의 통합 등 다음 같은 특징을 가지고 있기 때문이다.

- 재집결성(Rehostability) ; VRML97 구문은 VRML 공동체를 제외하고는 대부분의 사람들에게는 익숙하지 않다. 그리고 VRML은 Open Inventor에 기반을 두고 있어서 Open Inventor의 장면 그래프(Scene Graph)의 구문과 비슷하고 몇 가지 물체의 표기에서도 유사하다. 그렇지만 전세계적으로 사용될 가장 유력한 구문은 XML인데,

- 마크업(Markup)은 자료의 오랜 사용을 위한 보관 및 재집결 문제의 최상의 해결책으로 판명되었다.
- 페이지 통합 (Page integration) ; XML 페이지 기반의 통합은 시스템을 단순화하는 문제와 직결되므로 보다 많은 사람들에게 콘텐츠와 실행도구 두 가지 면에서 웹 페이지의 개발을 가능하게 해준다.
- 차세대 웹과의 통합(Integration with the next-generation web) ; 월드와이드웹 컨소시엄(World Wide Web Consortium : W3C)에서XML 개발에 상당히 많은 노력을 쏟고 있는데 Netscape Communicator와 Internet Explorer 에서는 광범위한 XML 지원이 기대되고 있다. XML은 차세대 웹 기술과의 긴밀한 통합을 위해서 많은 부분을 차지 할 것이다.

그림 5는 운영체제와 VRML, X3D의 실행 관계도를 그림으로 나타낸 것으로 VRML 97 "Profile"은 프로파일이 Core X3D 위에 얹혀서 VRML 97과 완전한 하위 호환성을 제공하고 있음을 보여준다. "X3D Level 2 Extension"은 XML 구문 안에서 VRML의 기능을 구현하는 확장 요소를 의미한다. "GeoX3D Extension"은 Web3D 컨소시엄의 Working Group에서 개발하게 될 확장 요소의 실례이다. 그리고, Operating System Libraries는 코어의 실행도구와 특정한 확장요소를 위하여 공동으로 사용되는 시스템 라이브러리를 말한다.

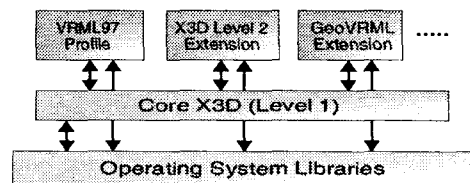


그림 5. 운영체제와 VRML, X3D의 실행 관계도

XML 안의 VRML은 일반적인 파일 구문으로 되어 있다. VRML 97은 3D를 표현하기 위한 부호로 되어 있고, 이전 포맷은 또 다른 부호가 되며 XML 또한 다른 부호로 되어있다. 다음의 간단한 보기는 VRML과 XML 사이에 대응되는 예이다.

VRML97 : DEF MyView viewpoint
 { position 0 0 10 }

XML : <viewpoint DEF='MyView'
 position='0 0 10' >

다음의 예는 XML 구문을 이용하여 PROTO가 어떻게 정의되고 사용되는지를 보여 주고 있다.

```
<Proto type="myBox">
  <Field id="mySize" type="vec">
    <Box size="mySize">
  </Proto>
```

그리고 다른 문서의 임의의 곳에서 아래와 같이 사용될 수 있다.

```
<ProtoUse type="myBox"
  DEF="aTwoThreeTenBox">
  mySize="2 3 10"
</ProtoUse>
```

그 다음부터는 아래와 같이 웹상에서 사용을 하면 된다.

```
<ProtoUse USE="aTwoThreeTenBox"/>
```

3-2. VRML 97

그림 6은 3차원 object 구조를 VRML로 처리하기 위한 알고리즘이다.

```
1: #VRML V2.0 utf8
2: PROTO XVL_EDGE [
3:   field SFfloat round_val 0
4:   field SFVec3f round_str 0 0 0
5:   field SFVec3f round_end 0 0 0
6: ]
7: { Text { string [ " weight of adge " ] } }
8: PROTO XVL_STATUS [
9:   field SFString status of shape" ] } }
10: Group{
11:   children [
12:     Group {
13:       children [
14:         shape {
15:           geometry IndexedFaceSet {
16:             }},
17: Switch {
18:   choice [
19:     XVL_STATUS {
20:       status "XVL_GREGORY"
21:   }

```

```
22: XVL_EDGE {
23:   round_val 0.5
24:   round_str 0 0 0
25:   round_end 0 0 0
26: }
27: IndexedLineSet {
28:   coordIndex [ 24 103 ]
29: }
30: ]
31: whichChoice -1
32: }}
33: }
```

그림 6. 3차원 object 구조를 VRML로 처리하기 위한 알고리즘

3-3. X3D(VRML2002)

3-2절의 VRML 변환 규칙에 의하여 3차원 Graphic을 VRML로 구성한다. 구성된 각 객체의 노드 유형은 관련된 기능을 가진 노드에 맞도록 추상 (abstract) 노드 기반으로 되어있다. 객체 계층 구조에 대한 그림은 추상 노드 유형(객체 계층구조에서 "Node"의 뒤에 붙어있는 명칭들)에 기반을 둔 각각의 노드 간의 연관성과 기원을 보여준다. 예를 들어 VRML 97 규약에서 정의되고 X3D DTD에서 다시 되풀이 되는 GeometryNode, LightNodes, SensorNode, BindableNode 등이 이에 해당된다. Tetrahedron 노드 정의는 GeometryNode 유형으로부터 파생되어 나올 것이므로, 이 노드는 Box, Sphere 또는 다른 기하(geometry) 노드가 놓일 수 있는 장면 그래프의 어느 곳이나 놓일 수 있다.

VRML로 구성된 3D Graphic은 XML에 의해서 다이나믹한 형태의 X3D로 구현이 되어 진다. 그림 7은 X3D의 Object 구조의 DTD (Document Type Definition)이다.

```
1: <!ENTITY % XvlShellTypes "CS_POLYLN |
2: CS_BEZIER | SS_POLYGON | SS_LATTICE |
3: SS_GREGORY " >
4: <!ELEMENT XvlShell (XYZ, UV, Faces*,
  Edges*,
5: Vertices*0>
6: <!ATTLIST XvlShell
7:   Type (%XvlShellTypes;) #REQUIRED
8:   DEF ID \#IMPLIED
9:   USE IDREF \#IMPLIED
10: >
11: <!ELEMENT Faces (Material?, Texture?,
  Face+)>
12: <!ELEMENT Edges (Material?, Edge+)>
```

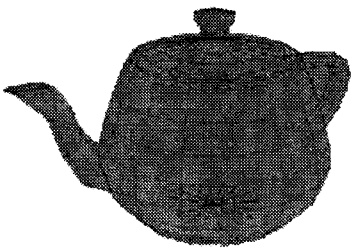
```

13: <!ELEMENT Vertices (Material?, Texture?
14:         %XvIG1T1FaceChild; ) >
15: <!ATTLIST Face
16:   ix %MFInt32; #REQUIRED
17:   tx %MFInt32; #IMPLIED
18: >
19: <!ELEMENT Edge (Material?
20:         %XvIG1T1EdgeChild; ) >
21: <!ATTLIST Edge
22:   ix %MFInt32; #REQUIRED
23:   vec %MFInt32; #IMPLIED
24:   VRnd %SFFloat; #IMPLIED
25: >
26: <!ELEMENT Vertex (Material?) >
27: <C
28:   ix %MFInt32; #REQUIRED
29:   VRnd %SFFloat; #IMPLIED
30: >
31: <!ELEMENT Texture (EMPTY) >
32: <!ELEMENT Texture
33:   url CDATA #IMPLIED
34:   repeatS %SFBool; "true"
35:   repeatT %SFBool; "true"
36:   url IDREF #IMPLIED
37:   url ID #IMPLIED
38:   url IDREF #IMPLIED
39: >
40: <!ELEMENT XYZ \#PCDATA>
41: <!ELEMENT UV \#PCDATA>
    
```

그림 7. X3D의 object 구조의 DTD

IV. 응용사례

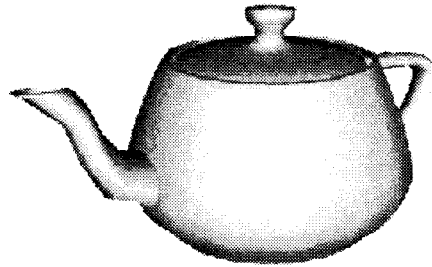
wbe3d 기반 object 표현 알고리즘에 의해 처리된 object의 모습으로 그림 8-a는 base mech, b는 division number를 1로, c는 2, d는 8로 표현을 했을 때의 변환 모습을 표현하였다. 원 이미지에 알고리즘을 적용하여 처리 할 경우 품질이 높은 객체를 생성해 낼 수 있다.



(a) base mech



(b) division number 1 (c) division number 2



(d) division number 8

그림 8. 분할 수에 따른 object의 모습

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서 제안한 VRML과 XML을 병합하여 3D Graphic 구성 요소화 하여 처리한 X3D의 이점은 아래와 같다.

첫째, 작고 경량화된 코어로 VRML 97은 실행 기에는 크고 복잡한 표준인데, VRML을 줄여 작은 코어 기능 세트로 만드는 것을 통하여 개발자들에게 X3D를 실행, 실행 도구의 복잡성 감소와 이 실행 도구의 지속적인 유지성 향상에 좀더 용이함을 제공한다. 둘째, 확장성으로 확장 요소와 프로파일의 개념을 통하여 코어 위에 추가 기능을 탑재할 수 있다. 이는 새로운 기능을 쉽게 추가하거나, 현재의 기능을 다른 확장요소로 바꿀 수 있게 해준다. 세계 Web3D Working Group의 재향원으로 확장이 가능한 구조는 코어 브라우저의 위에서 VRML Working Group의 작업 결과들을 실행할 수 있도록 해주는데, 예를 들면, H-Anim, EAI, Living Worlds나 GeoVRML 확장 요소가 된다. 네째 축소된 용량으로 예를 들면, 각각

의 특징 들이 비용과 연관되는 셋탑박스 공간에서는 이 것이 아주 유용한데, 이때에 보다 작은 용량(그리고 보다 작은 기능들과의 대응)의 브라우저를 가능하게 하는 프로파일을 사용할 수 있는 능력이 절대적으로 요구된다.

X3D는 VRML 97과 호환되며 HTML을 대체할 차세대 웹언어인 XML 통합될 예정인데 X3D는 오디오/비디오 스트리밍 기술 및 다른 확장된 기술을 채용하여 인터넷 뿐만 아니라 방송과 같은 다양한 분야에 적용시킬 수 있는 기술을 개발하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] VRML97, International Standard: ISO/IEC 14772-1, December, 1997
<http://www.vrml.org/Specifications/VRML97/index.html>.
- [2] Tim Bary, et. al. XML 1.0 Specification.
- [3] W. Ihlenfeldt. Visualizing Chemical Data in the Internet Data Driven and Interactive Graphic. Computers and Graphics, 22(6):703-714, 1999.
- [4] International Standard ISO/IEC Virtual Reality Modeling Language, 1997.
- [5] Jon Bosak, Tim Bary, XML and the Second-Generation Web. Scientific American, May 1999
- [6] Danicl Lipkin. Integrating XML and VRML : A Technical Discussion.
- [7] World Wide Web Consortium : Extensible Markup Language(XML)
[http://www.w3.org/XML/\(2000\)](http://www.w3.org/XML/(2000)).

저 자 소 개



이성태(Sung-tae Lee)

1994년 2월 광주대학교 전자계산학과 공학사

1998년 8월 조선대학교 전자계산학과 이학석사

1999년 3월~현재 조선대학교 전자계산학과 박사과정

1999년 3월~현재 동강대학 컴퓨터정보과 겸임교수
1999년 5월~현재 (주) 베네테크 연구소 선임연구원
※관심분야 : 가상현실, 3차원 캐릭터, 멀티미디어



김이선(Yi-Sun Kim)

2001년 2월 대불대학교 컴퓨터교육학과

2001년 3월~현재 조선대학교 전자계산학과 석사과정

※관심분야 : 3차원 캐릭터, 가상현실, 멀티미디어



기우용(Woo-Young Ki)

1983년 2월 조선대학교 전자공학과 공학사

1985년 8월 조선대학교 전자공학과 공학석사

1998년 3월~현재 동신대학교 정보통신공학과 박사과정

1987년~현재 동강대학 컴퓨터정보과 교수
※ 관심분야 : 음성인식, 가상현실, 멀티미디어



이윤배(Yun-bae Lee)

1980년 2월 광운대학교 전자계산학과 이학사

1983년 2월 광운대학교 전자계산학과 이학석사

1993년 12월 숭실대학교 전자계산학과 공학박사

1988년~현재 조선대학교 컴퓨터공학부 교수
※관심분야 : Artificial Intelligence, Expert Systems, Multimedia, Image Processing, Virtual Reality