

스플라인 곡선을 이용한 Web3D 투어패스 설정 기법*

송특섭

목원대학교

Web3D Tour Path Setting-Method Using Spline Curve

Teuk-seob Song

Mokwon University

E-mail : teukseob@mokwon.ac.kr

요 약

3차원 가상환경에서 탐색항해는 현실세계에 비해 부족한 정보를 활용하기 때문에 많은 어려움이 있다. 3차원 가상환경에서의 탐색항해 보조도구 개발은 3차원 가상현실에서 중요한 연구주제이다. 본 연구는 스플라인 곡선을 활용한 탐색항해 패스 설정에 대해 연구 하였다. 스플라인 곡선은 다항식 함수이기 때문에 미분가능하다. 특히, 2차 3차 스플라인 곡선은 2번이상 미분가능하기 때문에 컴퓨터그래픽스에서 요구하는 충분히 부드러운 곡선이다.

ABSTRACT

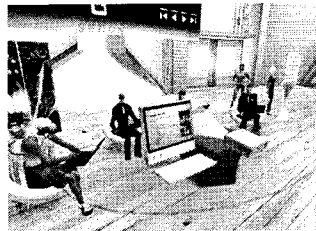
Navigation in 3D virtual environment(VE) is very difficult because the virtual environment is lack information than real 3D world. So navigation is import research subject in 3D VE. In this paper, we study tour path setting method using spline curve. The spline curve is augmented polynomial function. So the curve is differentiable. In particular, since the curves which are order of 2 and 3 are second order differentiable those are sufficiently smooth for using the computer graphics and CAD system.

키워드

Virtual Environment, Navigation, Spline Curve

1. 서 론

인터넷(internet)의 보급과 컴퓨터하드웨어의 비약적인 발전으로 인해 가상현실(VR: Virtual Reality)의 보급에 큰 역할을 하였다. 예전에는 일부 전문가에 실험실에서 연구되던 3차원 가상현실 연구가 최근에는 세컨드라이프(Second Life)와 같이 사이버 공간에서 일반인이 3차원 가상현실을 체험하고 참여할 수 있는 다양한 가상현실공간이 개발되어 있다. 웹환경 3차원(Web3D) 가상현실은 기존의 텍스트나 이미지를 이용한 단조로운 정보제공을 3차원을 이용한 정보제공으로 바뀌어 가고 있다.



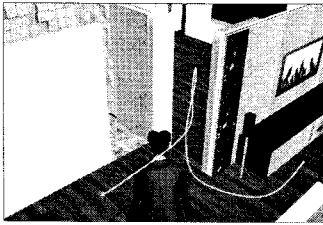
[그림 1] 세컨드라이프 [1]

과거에는 정보의 제공자에 의해 생성된 정보가 일방적으로 전달되던 단 방향성 정보의 흐름이 인터넷의 발전과 소비자의 활발한 참여로 인해 사용자와 정보제공자간 상호작용(Interaction)이

* "이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임" (KRF-2007-331-D00429)

중요한 요인이 되고 있다[1-10].

3차원 가상환경의 상호작용은 그 적용기술 및 단계에 따라 탐색항해(navigation), 선택(selection) 그리고 조작(manipulation)으로 일반적으로 구분한다[2]. 탐색항해란 사용자가 사이버 공간에 구축된 3차원 가상환경 내에서 이동하면서 원하는 목표물을 찾거나 방문하는것을 말한다. 선택은 3차원 가상공간내에 구축된 특정한 객체(object)를 효과적으로 선택하기 위한 기술이다. 조작은 가상환경내의 객체를 사용자의 의도한 대로 움직이기 위한 기술이다. 이중 탐색항해는 사용자가 가상환경에 방문하여 이동하고 목표물을 선택하기 위한 가장 중요한 기술이며 탐색항해를 위한 많은 선행연구가 진행되었다[2-10].



[그림 2] 투어패스 가이드 예

3차원 가상환경은 현실세계와 유사하게 구축되어 있으나 현실세계에 비해 많은 정보를 활용하기 곤란하다. 현실세계에서의 길찾기는 사용자의 경험과 5감을 이용하지만 가상환경에서의 탐색항해는 시각에 주로 의존하여 이루어 진다. 또한 3차원 가상환경의 경우 모니터를 통해 보여지는 정보에 의존하기 때문에 현실세계에 비해 많은 정보의 활용이 불가능하다. 따라서, 사용자는 3차원 가상환경내에서 본인의 위치를 파악하지 못하거나 방향감을 상실하여 더 이상의 탐색항해를 불가능하게 하게 한다. 가상환경내에 2차원 지도를 제시하여 현재의 위치와 사용자가 향하는 방향을 제시하는 방법을 사용하거나 가상환경내의 특징적인 지형 지물을 사진으로 제시하는등 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 다양한 탐색항해 보조도구에 대한 연구가 진행 되고 있다[2-10].

3차원 가상환경에 대한 연구는 컴퓨터의 성능 많은 장비의 필요성으로 인해 이전에는 일부 실험실이나 전문개발자에 의해 연구 되었으나 최근 비약적으로 향상된 컴퓨터 성능과 인터넷을 보급으로 인해 이제 일반인도 쉽게 사용할 수 있게 되었다.

기존에 개발된 많은 연구들은 주로 정보제공자나 개발자를 위한 연구였으나 사용자의 인식변화에 따라 사용자의 참여를 적극 반영하는 연구 위주로 연구동향이 변화하고 있다.

본 연구는 탐색항해 보조도구에 대한 연구이다. 본 연구는 VRML 가상환경에서 사용자에게 탐색항해 경로를 미리 경험해 보게 하여 가상환

경에 쉽게 익숙해 지고 사용자가 직접 탐색항해하지 않아도 원하는 목표물 까지의 경로를 따라 여행 할 수 있게 하는 방법을 제안한다.

- 스플라인커브를 사용한 투어가이드 기법 제시 많은 선행연구들은 목표물찾기에 초점이 맞추어져 있었으나 본 연구는 스플라인 곡선을용 탐색항해 과정을 보여 준다.
- 접선벡터를 이용한 투어방향 설정 방법 제시 3차원 탐색항해는 패스와 보는 시점을 설정이 중요하다. 시점을 설정을 위해 접선 벡터를 사용했다.
- 수치해석 및 선형대수학 이론을 적용한 패스설정 부드러운 곡선의 방정식을 구하기 위해 수치해석적 방법을 적용하여 투어패스설정 방법 제시 했다.

II. 관련연구

이절에서는 스플라인 곡선과 탐색항해에 대한 선행 연구에 대해 알아 본다. 스플라인곡선(Spline Curve)는 다항식으로 표현되는 부드러운 곡선으로 CAD 및 컴퓨터그래픽스에서 곡면으로 표현되는 다양한 객체를 모델링하는데 사용하는 곡선이다. 스플라인 곡선은 2차 스플라인 곡선과 3차 스플라인 곡선을 주로 사용한다. 다음식 (1)과 (2)는 3차원 2차 및 3차 스플라인 곡선의 방정식이다.

$$\begin{aligned}x(u) &= a_x u^2 + b_x u + c_x \\y(u) &= a_y u^2 + b_y u + c_y, \quad (0 \leq u \leq 1) \\z(u) &= a_z u^2 + b_z u + c_z\end{aligned}$$

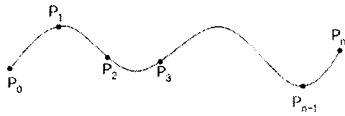
[식 1] 2차 스플라인 곡선 매개변수 방정식

$$\begin{aligned}x(u) &= a_x u^3 + b_x u^2 + c_x u + d_x \\y(u) &= a_y u^3 + b_y u^2 + c_y u + d_y, \quad (0 \leq u \leq 1) \\z(u) &= a_z u^3 + b_z u^2 + c_z u + d_z\end{aligned}$$

[식 2] 3차 스플라인 곡선 매개변수 방정식

2차 스플라인 곡선은 다항식 함수 이기 때문에 1계 및 2계 도함수의 연속임을 보장하는 곡선으로 컴퓨터그래픽스에서 요구하는 부드러움을 충분히 가지고 있는 곡선이다. 3차 스플라인 곡선은 3차 도함수까지 연속성을 보장하는 곡선이며 2차 스플라인 곡선에 비해 부드러움을 보장하지만 3차 방정식을 다루워야 하기 때문에 복잡함이 있다. 2차 스플라인 곡선을 구하기 위한 가정은 다음과 같다.

1. 각 교점에서 함수값은 같다.
2. 첫 번째와 마지막 함수는 끝점을 통과한다.
3. 교점에서 1차 도함수는 같다
4. 2계도함수가 첫 번째 점에서 0이라고 가정한다



[그림 3] 큐빅 스플라인 곡선의 예

부드러운 곡선을 위해서는 베이지어곡선(Bezier Curve)와 NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)등이 CAD 및 컴퓨터그래픽스 분야에서 광범위하게 적용되고 있으나 2차 및 3차 스플라인 곡선은 주어진 제어점을 통과하지만 베이지어곡선이나 NURBS곡선의 경우 주어진 제어점을 반드시 통과하지 않는다.

3차원 가상환경 탐색항해 보조도구에 대한 연구는 월드맵(Worldlet)과 액티브월드(Active World) 그리고 인지맵(Cognitive map)등 다양한 연구가 진행되었다. 그러나 기존의 연구들은 주로 가상환경의 사진이나 매뉴, 지도등을 사용한다. 본 연구에서와 같이 탐색항해를 위한 패스를 설정하거나 이동과정을 보여주지는 않는다.



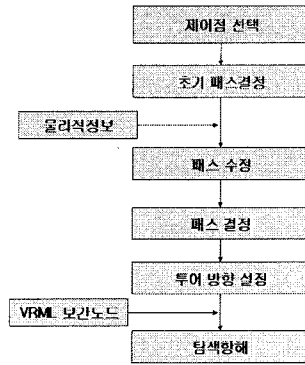
[그림 4] 월드맵(worldlet) 탐색항해 보조도구 예[4]

III. 2차 스플라인 커브를 이용한 패스 설정 기법

본 논문에서 제시하는 스플라인 곡선(이차)을 이용한 탐색항해 보조도구는 기존의 점프가 아닌 연속적인 투어 가이드이다. 스플라인을 구하고 탐색항해에는 탐색항해 경로와 방향이 필요하며 방향은 곡선의 접선 방향으로 설정하였다. 접선방향의 방향 설정은 제어점에서의 접선 방향을 구하고 중간과정은 보간법을 사용해서 구현하였다. 다음 [그림 5]는 본 논문에서 제안하는 시스템의 개요도이다.

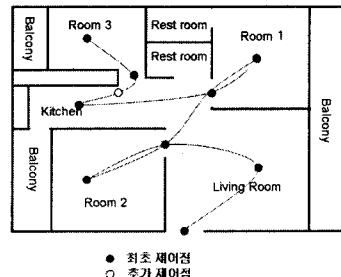
단계별 적용단계는 다음과 같다. 가상환경내 구축되어 있는 중요 지형지물인 랜드마크를 활용하여 투어코스를 위한 방문 순서를 결정한다. 방문순서가 결정되면 투어 패스를 결정한다. 결정된 투어 패스와 가상환경의 물리적인 정보를 비교하여 가상환경의 객체와 충돌성을 검증한다. 충돌이 발생하는 경우 제어점을 추가하여 새로운 투어

패스를 결정한다. 추가된 제어점을 사용하여 최종적인 투어 패스를 결정한다. 투어패스의 결정후 VRML의 보간노드(Interpolation)를 활용하여 투어 패스를 결정한다.



[그림 5] 제안 시스템 개요

투어패스와 함께 방향은 접선벡터 방향으로 정하여 일관 갑자기 보는 방향이 변하여 사용자에게 혼란을 주지 않도록 설정하였다.



[그림 6] 가상환경 탐색항해 패스

투어패스 구하기 위한 방법은 수치해석[13]이나 선형대수학에서 제시하는 일반적인 방법을 사용해서 구하였다.

$n+1$ 개의 제어점 $P_k(x_k, y_k, z_k) (k=0, 1, 2, \dots, n)$ 이 주어졌을 때 매개변수 u 에 대해서 다음의 방정식을 만족하는 곡선이다[14].

접선 벡터의 방향은 주어진 제어점에 대해서 구하였으며 여기서는 단위접선 벡터를 의미한다. 접선 벡터의 방향은 주어진 제어점 $P_k = (x_k, y_k, z_k) (k=0, 1, \dots, n)$ 에 대해서

$$\frac{dx}{du} i + \frac{dy}{du} j + \frac{dz}{du} k$$

로 구하였으며 여기서는 (i, j, k) 는 단위접선 벡터를 의미한다.



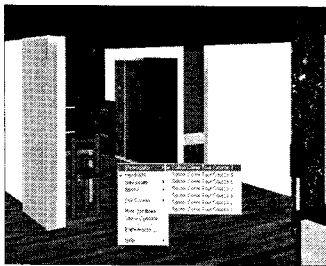
[그림 7] 접선 벡터를 이용한 방향 설정

[그림 8,9]는 VRML의 보간 노드를 활용하여 뷰 포인트를 보간한 결과코드의 일부분과 테스트 환경을 위해 구축한 사이버 모델하우스에 시현한 결과 화면이다.

```

    Def CubeGuideOrientation Open Inherit {
    0
    0 0 1 1.00
    0 0 2 1.14
    0 0 3 1.28
    0 0 4 1.42
    0 0 5 1.56
    0 0 6 1.70
    0 0 7 1.84
    0 0 8 1.98
    0 0 9 2.12
    0 0 10 2.26
    0 0 11 2.40
    0 0 12 2.54
    0 0 13 2.68
    0 0 14 2.82
    0 0 15 2.96
    0 0 16 3.10
    0 0 17 3.24
    0 0 18 3.38
    0 0 19 3.52
    0 0 20 3.66
    0 0 21 3.80
    0 0 22 3.94
    0 0 23 4.08
    0 0 24 4.22
    0 0 25 4.36
    0 0 26 4.50
    0 0 27 4.64
    0 0 28 4.78
    0 0 29 4.92
    0 0 30 5.06
    0 0 31 5.20
    0 0 32 5.34
    0 0 33 5.48
    0 0 34 5.62
    0 0 35 5.76
    0 0 36 5.90
    0 0 37 6.04
    0 0 38 6.18
    0 0 39 6.32
    0 0 40 6.46
    0 0 41 6.60
    0 0 42 6.74
    0 0 43 6.88
    0 0 44 7.02
    0 0 45 7.16
    0 0 46 7.30
    0 0 47 7.44
    0 0 48 7.58
    0 0 49 7.72
    0 0 50 7.86
    0 0 51 8.00
    0 0 52 8.14
    0 0 53 8.28
    0 0 54 8.42
    0 0 55 8.56
    0 0 56 8.70
    0 0 57 8.84
    0 0 58 8.98
    0 0 59 9.12
    0 0 60 9.26
    0 0 61 9.40
    0 0 62 9.54
    0 0 63 9.68
    0 0 64 9.82
    0 0 65 9.96
    0 0 66 10.10
    0 0 67 10.24
    0 0 68 10.38
    0 0 69 10.52
    0 0 70 10.66
    0 0 71 10.80
    0 0 72 10.94
    0 0 73 11.08
    0 0 74 11.22
    0 0 75 11.36
    0 0 76 11.50
    0 0 77 11.64
    0 0 78 11.78
    0 0 79 11.92
    0 0 80 12.06
    0 0 81 12.20
    0 0 82 12.34
    0 0 83 12.48
    0 0 84 12.62
    0 0 85 12.76
    0 0 86 12.90
    0 0 87 13.04
    0 0 88 13.18
    0 0 89 13.32
    0 0 90 13.46
    0 0 91 13.60
    0 0 92 13.74
    0 0 93 13.88
    0 0 94 14.02
    0 0 95 14.16
    0 0 96 14.30
    0 0 97 14.44
    0 0 98 14.58
    0 0 99 14.72
    0 0 100 14.86
    0 0 101 15.00
    0 0 102 15.14
    0 0 103 15.28
    0 0 104 15.42
    0 0 105 15.56
    0 0 106 15.70
    0 0 107 15.84
    0 0 108 15.98
    0 0 109 16.12
    0 0 110 16.26
    0 0 111 16.40
    0 0 112 16.54
    0 0 113 16.68
    0 0 114 16.82
    0 0 115 16.96
    0 0 116 17.10
    0 0 117 17.24
    0 0 118 17.38
    0 0 119 17.52
    0 0 120 17.66
    0 0 121 17.80
    0 0 122 17.94
    0 0 123 18.08
    0 0 124 18.22
    0 0 125 18.36
    0 0 126 18.50
    0 0 127 18.64
    0 0 128 18.78
    0 0 129 18.92
    0 0 130 19.06
    0 0 131 19.20
    0 0 132 19.34
    0 0 133 19.48
    0 0 134 19.62
    0 0 135 19.76
    0 0 136 19.90
    0 0 137 20.04
    0 0 138 20.18
    0 0 139 20.32
    0 0 140 20.46
    0 0 141 20.60
    0 0 142 20.74
    0 0 143 20.88
    0 0 144 21.02
    0 0 145 21.16
    0 0 146 21.30
    0 0 147 21.44
    0 0 148 21.58
    0 0 149 21.72
    0 0 150 21.86
    0 0 151 22.00
    0 0 152 22.14
    0 0 153 22.28
    0 0 154 22.42
    0 0 155 22.56
    0 0 156 22.70
    0 0 157 22.84
    0 0 158 22.98
    0 0 159 23.12
    0 0 160 23.26
    0 0 161 23.40
    0 0 162 23.54
    0 0 163 23.68
    0 0 164 23.82
    0 0 165 23.96
    0 0 166 24.10
    0 0 167 24.24
    0 0 168 24.38
    0 0 169 24.52
    0 0 170 24.66
    0 0 171 24.80
    0 0 172 24.94
    0 0 173 25.08
    0 0 174 25.22
    0 0 175 25.36
    0 0 176 25.50
    0 0 177 25.64
    0 0 178 25.78
    0 0 179 25.92
    0 0 180 26.06
    0 0 181 26.20
    0 0 182 26.34
    0 0 183 26.48
    0 0 184 26.62
    0 0 185 26.76
    0 0 186 26.90
    0 0 187 27.04
    0 0 188 27.18
    0 0 189 27.32
    0 0 190 27.46
    0 0 191 27.60
    0 0 192 27.74
    0 0 193 27.88
    0 0 194 28.02
    0 0 195 28.16
    0 0 196 28.30
    0 0 197 28.44
    0 0 198 28.58
    0 0 199 28.72
    0 0 200 28.86
    0 0 201 29.00
    0 0 202 29.14
    0 0 203 29.28
    0 0 204 29.42
    0 0 205 29.56
    0 0 206 29.70
    0 0 207 29.84
    0 0 208 29.98
    0 0 209 30.12
    0 0 210 30.26
    0 0 211 30.40
    0 0 212 30.54
    0 0 213 30.68
    0 0 214 30.82
    0 0 215 30.96
    0 0 216 31.10
    0 0 217 31.24
    0 0 218 31.38
    0 0 219 31.52
    0 0 220 31.66
    0 0 221 31.80
    0 0 222 31.94
    0 0 223 32.08
    0 0 224 32.22
    0 0 225 32.36
    0 0 226 32.50
    0 0 227 32.64
    0 0 228 32.78
    0 0 229 32.92
    0 0 230 33.06
    0 0 231 33.20
    0 0 232 33.34
    0 0 233 33.48
    0 0 234 33.62
    0 0 235 33.76
    0 0 236 33.90
    0 0 237 34.04
    0 0 238 34.18
    0 0 239 34.32
    0 0 240 34.46
    0 0 241 34.60
    0 0 242 34.74
    0 0 243 34.88
    0 0 244 35.02
    0 0 245 35.16
    0 0 246 35.30
    0 0 247 35.44
    0 0 248 35.58
    0 0 249 35.72
    0 0 250 35.86
    0 0 251 36.00
    0 0 252 36.14
    0 0 253 36.28
    0 0 254 36.42
    0 0 255 36.56
    0 0 256 36.70
    0 0 257 36.84
    0 0 258 36.98
    0 0 259 37.12
    0 0 260 37.26
    0 0 261 37.40
    0 0 262 37.54
    0 0 263 37.68
    0 0 264 37.82
    0 0 265 37.96
    0 0 266 38.10
    0 0 267 38.24
    0 0 268 38.38
    0 0 269 38.52
    0 0 270 38.66
    0 0 271 38.80
    0 0 272 38.94
    0 0 273 39.08
    0 0 274 39.22
    0 0 275 39.36
    0 0 276 39.50
    0 0 277 39.64
    0 0 278 39.78
    0 0 279 39.92
    0 0 280 40.06
    0 0 281 40.20
    0 0 282 40.34
    0 0 283 40.48
    0 0 284 40.62
    0 0 285 40.76
    0 0 286 40.90
    0 0 287 41.04
    0 0 288 41.18
    0 0 289 41.32
    0 0 290 41.46
    0 0 291 41.60
    0 0 292 41.74
    0 0 293 41.88
    0 0 294 42.02
    0 0 295 42.16
    0 0 296 42.30
    0 0 297 42.44
    0 0 298 42.58
    0 0 299 42.72
    0 0 300 42.86
    0 0 301 43.00
    0 0 302 43.14
    0 0 303 43.28
    0 0 304 43.42
    0 0 305 43.56
    0 0 306 43.70
    0 0 307 43.84
    0 0 308 43.98
    0 0 309 44.12
    0 0 310 44.26
    0 0 311 44.40
    0 0 312 44.54
    0 0 313 44.68
    0 0 314 44.82
    0 0 315 44.96
    0 0 316 45.10
    0 0 317 45.24
    0 0 318 45.38
    0 0 319 45.52
    0 0 320 45.66
    0 0 321 45.80
    0 0 322 45.94
    0 0 323 46.08
    0 0 324 46.22
    0 0 325 46.36
    0 0 326 46.50
    0 0 327 46.64
    0 0 328 46.78
    0 0 329 46.92
    0 0 330 47.06
    0 0 331 47.20
    0 0 332 47.34
    0 0 333 47.48
    0 0 334 47.62
    0 0 335 47.76
    0 0 336 47.90
    0 0 337 48.04
    0 0 338 48.18
    0 0 339 48.32
    0 0 340 48.46
    0 0 341 48.60
    0 0 342 48.74
    0 0 343 48.88
    0 0 344 49.02
    0 0 345 49.16
    0 0 346 49.30
    0 0 347 49.44
    0 0 348 49.58
    0 0 349 49.72
    0 0 350 49.86
    0 0 351 50.00
    }
    
```

[그림 8] VRML 소스 일부



[그림 9] 프로토타입 구현

IV. 결론

본 연구는 부드러운 곡선인 스플라인 곡선을 활용하여 탐색항해 보조도구설계 기법을 제시했다. 2차 및 3차 스플라인 곡선을 2번 이상 미분가능하기 때문에 컴퓨터그래픽스에서 사용하기에 충분히 부드러운 곡선이다. 탐색항해 패스 설정을 위해 2차 스플라인 곡선을 활용하였으며, 탐색항해 과정중 보는방향설정은 접선방향을 적용했다. 스플라인 곡선은 다항식함수 이기 때문에 접선또한 연속적임을 변하기 때문에 갑자기 보는 시점이 변하지 않는다. 따라서 사용자가 갑자기 화면이 변하여 혼란을 주지 않는 장점이 있다.

참고문헌

- [1] 세컨드라이프, <http://secondlife.com/>
- [2] R. Darken, J. Sibert, "Wayfinding Strategies and Behaviors in Large Virtual Worlds", Proceedings of the ACM CHI '96, Vancouver, 1996, pp. 142-149.
- [3] R. Darken, H. Cevik, "Map Usage in Virtual Environments: Orientation Issues," IEEE Virtual Reality Conference 1999 (VR'99) pp. 133-140, 1999
- [4] R. Downs, D. Stea, "Maps in Minds : Reflections on Cognitive Mapping," Harper & Row, New York. 1977.
- [5] T. Elvins, D. Nadeau, D. Kirsh, "Worldlets - 3D Thumbnails for Wayfinding in Virtual Environments," In Proceedings of UIST'97, pp.21-30, 1997.
- [6] R. Ramloll, D. Mowat, "Wayfinding in virtual environments using an interactive spatial cognitive map," Information Visualization, London, 2001.
- [7] C. Santos, P. Gros, P. Abel, D. Loisel, N. Trichaud, J. Paris, "Metaphor-Aware 3D Navigation," INFOVIS Salt Lake, pp. 155-165, 2000.
- [8] S. Desney, T.Gergle, G. Peter, R , "Physically large displays improve path integration in 3D virtual navigation tasks," Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp. 439 - 446, 2004
- [9] P. Sadeghian, M. Kantardzic, O. Lozitskiy, Y. Lozitskiy, "VR distributed architecture and communication: Preview of recommended routes in large-scale virtual environments" Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications 35-42, 2006
- [10] Kim, et. al, Design and Implementation of Navigation-Aid for 3D Virtual Environment using Topic Map, J. KISS-B, Vol. 11-8, 793-802, 2004.
- [11] VRML: Web3D Consortium - VRML97 and Related Specifications; www.web3d.org/x3d/specifications/vrml/
- [12] VRML examples : <https://savage.nps.edu/Savage/Tools/Authoring/>
- [13] Active world, available online at <http://www.activeworlds.com/>.
- [14] Kim, et. al, Numerical methods for engineers, McGraw-Hill, 2004.
- [15] Choy, et. al, Interactive computer graphics, Life and Power Press, 2006