

가  
가

(李 鍵)  
( 가 )

2002

가  
가

Modeling Virtual Object Behavior  
within Virtual Environment

# Modeling Virtual Object Behavior within Virtual Environment

by

Gun A. Lee

Division of Electrical and Computer Engineering

(Computer Science and Engineering)

Pohang University of Science and Technology

A thesis submitted to the faculty of Pohang University of Science and Technology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the Division of Electrical and Computer Engineering (Computer Science and Engineering).

Pohang, Korea

December 24, 2001

Approved by

---

Major Advisor

가  
가

.

2001 12 24

( )

( )

( )

MECE , Gun A. Lee, Modeling Virtual Object  
20002130 Behavior within Virtual Environment, 가  
가 ,  
( 가 ),  
2002, 57p, Advisor : Chan-mo Park. Text in Korean.

## ABSTRACT

As virtual reality technology has matured during the last several years, the scales of virtual worlds have grown steadily as well. And as the scales of virtual worlds have become larger, constructing and maintaining the virtual worlds has become increasingly difficult. Throughout the development process of VR systems, many iterations of specification, implementation and evaluation are unavoidable. Since correct evaluations of immersive VR systems require the tedious process of wearing many devices and experiencing the virtual world first hand, there exist both temporal and spatial gaps between the implementation and evaluation stage, and this usually causes delay and inefficiency in the development process.

To overcome this gap and provide efficiency in constructing and testing virtual worlds, there have been several approaches in constructing or modeling the physical aspects of the

virtual world (or objects) in the virtual environment. However, modeling their behaviors are still carried out in conventional programming environments, with the aforementioned “gaps”.

Many virtual object behaviors (like motion) exhibit 3D characteristics better tested inside the VE. However, since in general, modeling virtual object behaviors are done by programming, and thus use text, it is difficult to accomplish such a programming task inside virtual environments that still lack good alphanumeric input interfaces.

In this thesis, three interaction methods for modeling behaviors in virtual environment are suggested: using virtual terminals, interacting with metaphorical objects and the programming by demonstration. A system named PiP (Programming virtual object behavior in virtual reality Program) is introduced which uses the programming by demonstration technique for modeling virtual object behaviors inside the virtual environment. Some examples of virtual worlds constructed using the PiP system are presented, and its strengths and weaknesses are discussed.



		i
		iv
		v
I.	.....	1
1.1	.....	1
1.2	.....	3
1.3	.....	4
II.	.....	6
2.1 가            가	.....	6
2.2 가	.....	8
2.3	.....	9
2.4 Programming by Demonstration	.....	10
III. 가            가	.....	13
3.1 가	.....	13
3.2	.....	15
3.2.1 가	.....	15



3.2.2	.....	17
3.2.3	Programming by Demonstration .....	18
IV.	가 .....	21
4.1	가 가 .....	21
4.1.1	가 .....	21
4.1.2	가 .....	23
4.2	가 .....	25
4.2.1	가 .....	25
4.2.2	Programming by Demonstration .....	27
4.3	ACE .....	28
4.3.1	Event .....	29
4.3.2	Context .....	30
4.3.3	Action .....	31
4.4	가 .....	33
4.5	3 ACE .....	37
4.5.1	3 Event .....	37
4.5.2	3 Context .....	39
4.5.3	3 Action .....	40

V. PiP	.....	41
5.1 PiP	.....	41
5.2 PiP	가 .....	45
5.3 PiP	가 .....	45
VI. 가	.....	49
VII.	.....	53
	.....	55

[ 1] 가	.....	16
[ 2] Cube	3 .....	18
[ 3] Statechart	가 .....	18
[ 4]	.....	22
[ 5]	.....	33
[ 6] PiP	.....	33
[ 7] 가	.....	35
[ 8] 가	.....	35
[ 9]	.....	38
[ 10]	.....	38
[ 11]	.....	40
[ 12] PiP	가 .....	42
[ 13] PiP	가 .....	43
[ 14] PiP	.....	44
[ 15] 가	.....	47
[ 16] 가	.....	47

[ 1] 가	.....	24
[ 2] 가	.....	32
[ 3] 가	.....	36
[ 4] 가	.....	48

# I.

## 1.1

가 , , , 가  
. 가 가 가  
, 가 가 , 가  
. 가  
, structured approach[1][2]  
가 .  
가 가 가  
, 가 (form)  
(behavior) [1][2]. 가 3  
(geometrical form) 3 3 (3D  
scanner) ,  
가 (toolkit)

가 , , 가  
[1][2] . , 가 가

가 , 가

3 가

GUI command line

WYSIWYG('What You See Is What You Get.') direct manipulation .

2 ,

, , 가

, 가 가

, 가 가 , 가 ,

, 가 (VUI, Virtual reality based User

Interface)가 .

가 , 가 가

[3][4][5][6] . ,  
가 가  
, 가 가  
가 .

1.2

가 가  
가  
, ,  
, (form)  
가 가 가  
(behavior) 가  
가 .  
가 3  
가

1.3

가 , , rapid prototyping, [7] , 가 3

가 , 가 ,

가 가

‘virtual story telling’ [8] 가

Virtual story telling , 가

story telling , 가 virtual





## II.

가 가  
가 가 , 가  
, ,  
.

### 2.1 가

### 가

가 가 가  
가 가 . 가  
가 3  
, 가  
가 가  
(navigate) 가 . 3  
3 가  
, .  
Butterworth 3DM[3] HMD(Head-mounted Display) 3

(Polhemus 3Space Isotrak) 가 3

, CAD

Liang , 3 3

3 JDCAD[4]

, (prototype)

Bowman Conceptual Design Space(CDS)[5][9] 가

(constraint) 3

ISSAC[6] 3 3

가 . Mine

가

가

가 3 3

가

가 가

.

## 2.2 가

가

가

. 가

가 .

가 가

,

. , 가 가 가

가 가 가 가

.

가

가

, 가

VRML[10] Alice[11]

. 가

가 , [11][12] GUI

,

가

GUI

2.3

가

가

가

[1][2]

가

(statechart)

(flowchart),

(Data Flow Diagram)

(visual

language)[13]

가

가

가

, 가

Cube ToonTalk,

Lingua Graphica 가

Cube[14] 3

, 가

ToonTalk[15]

2

가

가

(metaphorical object)

가

Stiles

가

가

Lingua Graphica[16]

가

## 2.4 Programming by Demonstration

가

programming by demonstration[17][18]

programming by example[19]

KIDSIM Pavlov 가

KIDSIM[20][21]

2

. KIDSIM

programming by demonstration

가

가

가

Pavlov[22][23]

(animated interface)

- (stimulus-response)

programming by demonstration

. Wolber

(demonstration)

Pavlov 가

(explanation-based learning)

programming by demonstration

[24]

2

programming by demonstration

가

3

가



### III. 가 가

가 가 .  
가 가  
, ,  
.

#### 3.1 가

가 (實在感,  
presence) 가 , HMD  
가 .

가

,  
, 가 3  
[7].

, 가

가 , 3 ,  
 , 가 3  
가 .  
HMD 가 ,

, . , HMD 가

가

.

,

가

, 가

가

,

가

,

가

가

, 가

.

가

가

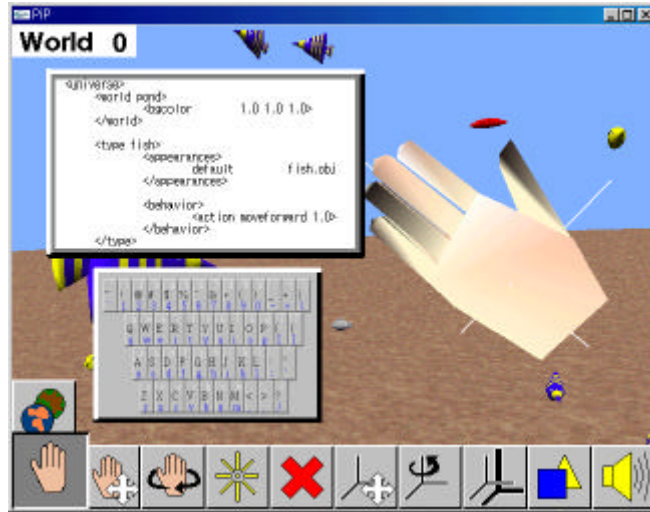
.

## 3.2

가 가 가 가  
, 3  
가 3  
가 가  
. 3  
가

### 3.2.1 가

가 가 가  
(virtual terminal) . 가 가  
, 가 [ 1]  
,  
가 . ,  
, statechart  
(flowchart) (visual language) .



[ 1 ] 가

가

, 가

, 가

3

3

, 3

2

가

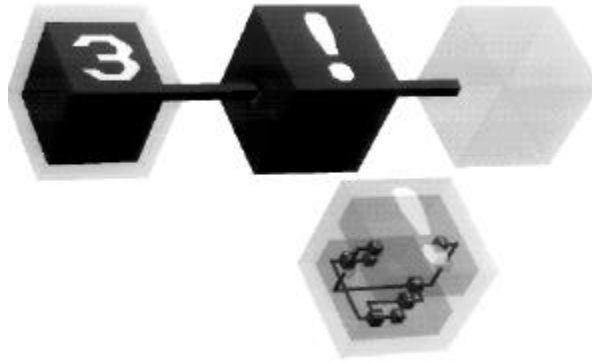
, 3

가

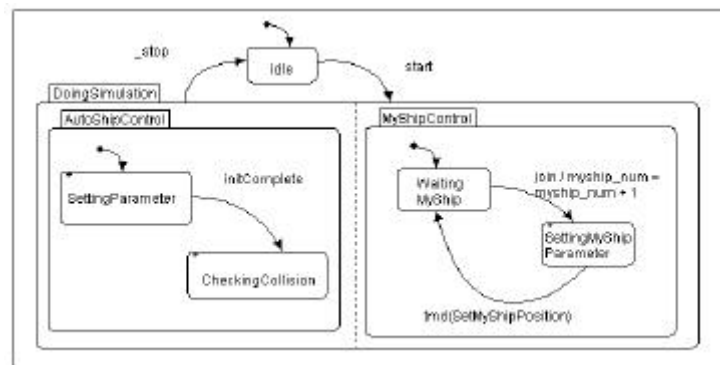
가

가





[ 2] Cube 3 ([14] )



[ 3] Statechart 가 ([2] )

### 3.2.3 Programming by Demonstration

3 가

3 , 가

,

3 가

가 , 가 가

가 가

direct manipulation[25] programming

by demonstration , 가 direct

manipulation . , 2

programming by demonstration Pavlov[22] , 2

KIDSIM[20] 가

Programming by demonstration 가

, 가 3 가

,

,

3 ,

, programming by demonstration ,

, 가  
가

. 가 3  
가 , 3

programming by demonstration

.



## IV. 가

가

(behavior model)

가

. , 가 가

,

virtual story telling 가

가 ,

, 가

programming by demonstration

.

### 4.1 가 가

#### 4.1.1 가

가

(scene graph) 가

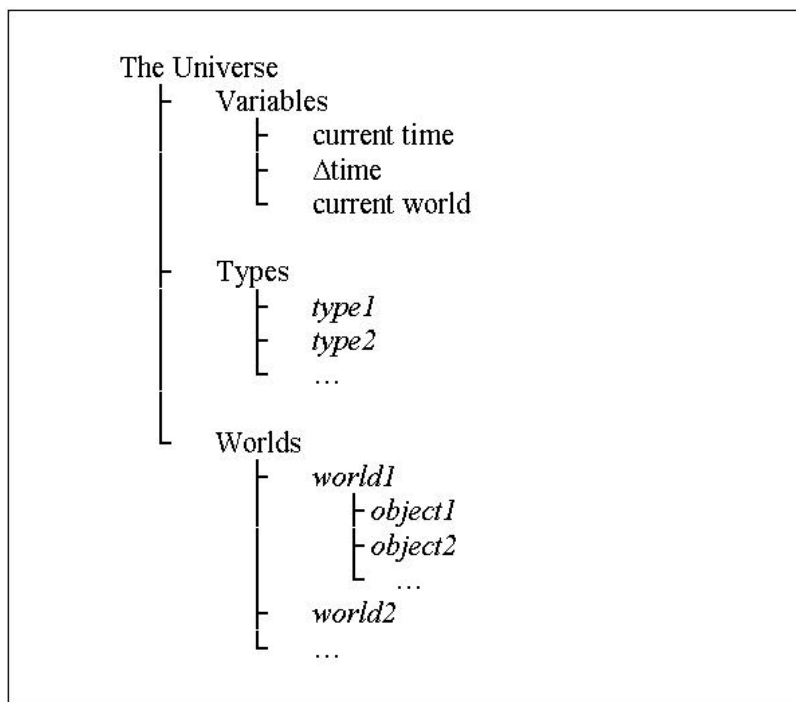
. virtual story telling

(scene graph)

, 가 ,

(tree)

[ 4].



[ 4]

가

(universe)

(root node)

virtual story telling

(world)

(object) .  
 , (type) 가  
 , 가 , 가  
 . , 가 , 가  
 , 가 .

#### 4.1.2 가

가 (form), (function) (behavior) [1].

3 가

‘ , ‘ , .

,

. 가 .

가

3 . , virtual story telling

가

3 , 3

. , 가

, 가 .  
 [ 1] 가  
 , (real number) , type, world, appearance,  
 sound (index) .

type	가
world	world
x, y, z	3
azimuth, pitch, roll	3
scale x, scale y, scale z	/ (scale factor)
appearance	3
sound	
status	가

[ 1] 가

가 (type) , 가  
 . 가  
 가

가 , 가 . 가  
(behavior model) ,

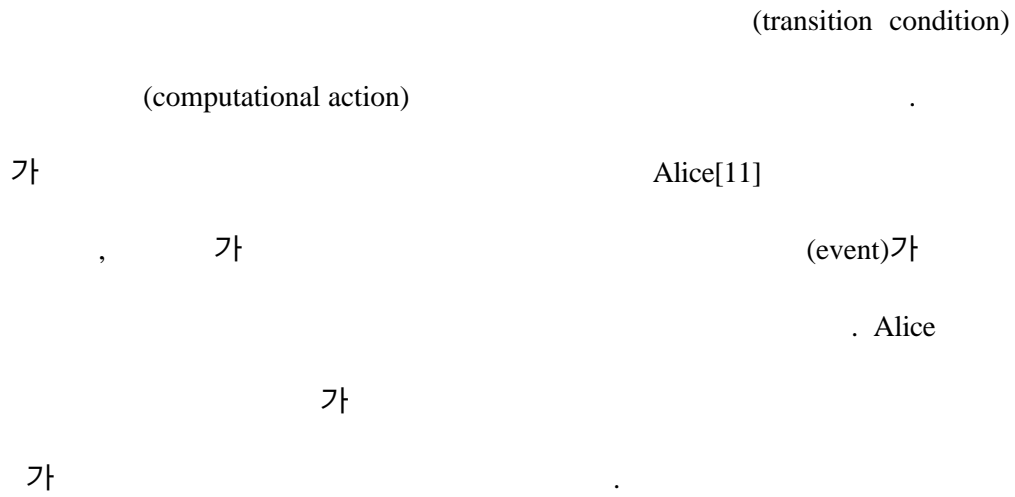
## 4.2 가

가 , 가  
가 ,  
3  
3

### 4.2.1 가

가 가  
, 가 가  
가 가

. ,  
 ,  
 . 가  
 가 .  
 가  
 VRML[10] . VRML Javascript  
 , 가 ,  
 (route) . ,  
 (touch) (sensor)  
 (field) 가  
 가  
 . VRML 가 가  
 . , 가  
 가 가  
 가 [1] ,  
 가 statechart . 가



#### 4.2.2 Programming by Demonstration

programming by demonstration

2

programming by demonstration

KIDSIM[20] 가 가

(graphical rewriting rule)



Pavlov[23]

- (stimulus-response)

가

가

(event-driven)

. Pavlov

-

(context)

,

### 4.3 ACE

가

,

가

(event)가

(context checking)

(action)

3

가

ACE(Action while Context holds when Event occurred)

.

가

(virtual story)

가



, ,  
가  
가 ,  
ACE  
, 가  
.

#### 4.3.1 Event

(event) 가  
가 가  
, 가 가  
가 (collision event),  
가 (object status  
change event),  
(timer event) 3 가  
가 ,  
가

가 (type)

가 , 가

가

, , 가 가  
(frame)

#### 4.3.2 Context

가 가

가 가 가

, ACE

(context)

, 가

가 가 .

가 가

(ROI: region of interest)

. 가 가

가 (type) ,  
 .  
 가  
 가 ,  
 , 가 (universe)가  
 .  
 ,  
 가

### 4.3.3 Action

가 가 가 (action)  
 . (function) ,  
 . [ 2]  
 가  
 가 가 ,  
 , (universe)

(function)	
ChangeVariable	가 가 . ( (=), 가 , (%), (^))
Create	(type)
Destroy	.
MoveForward, MoveBackward, MoveLeft, MoveRight, MoveUp, MoveDown	가 (local axis) .
TurnRight, TurnLeft, PitchUp, PitchDown, RollLeft, RollRight	가 (local axis) .
ScaleX, ScaleY, ScaleZ	가 (local axis) .
Say	.

[ 2] 가

[ 5] ACE (grammar)

ACE , [ 6] 5

PiP

```

<behavior> -> <actionlist> | <event> <actionlist> | <contextlist> <actionlist>
           | <event> <contextlist> <actionlist>

<event> -> collision | status_changed | timer

<contextlist> -> <context> | <context> <contextlist>
<context> -> <spatial> | <non-spatial>
<spatial> -> region_of_interest type_of_object_in_roi
<non-spatial> -> object attribute relational_op constant
                | object attribute relational_op object attribute

<actionlist> -> <action> | <action> <actionlist>
<action> -> moveforward | movebackward | moveleft | moveright | moveup |
           | movedown | turnleft | turnright | pitchup | pitchdown | rolleft
           | rollright | create | destroy | changevariable

```

[ 5]

```

<behavior>
  <event collided food>

  <context>
    <roi back -10 -10 10 10 10 20 empty>
    <thisObject appearance != 1 >
  </context>

  <action>
    <moveforward 1.0>
    <destroy eventedObject>
  </action>
</behavior>

```

[ 6] PiP

#### 4.4 가

가

(navigation),

가

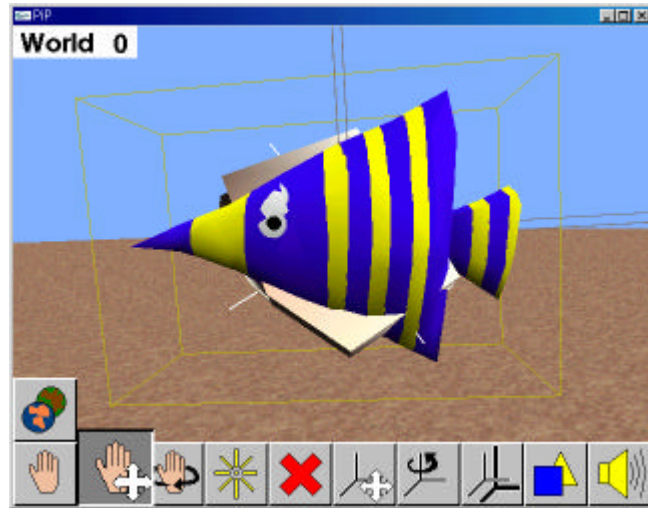
(selection),

가

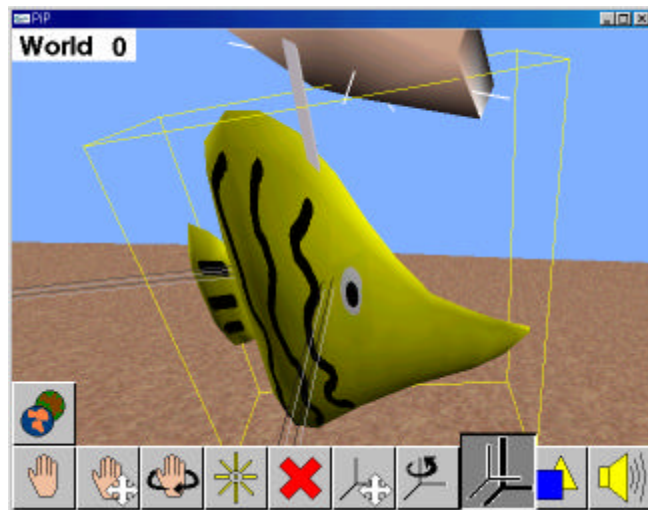
(manipulation)

3 가

가 . 가  
 programming by demonstration 가 가  
 , 가  
 .  
 가 (virtual  
 hand) , (ray casting) 가 (virtual widget)  
 . 가  
 가 (direct manipulation) , 가  
 (indirect manipulation) , 가  
 가 virtual storytelling ,  
 가  
 .  
 가 가  
 , (constraint)  
 . ,  
 , .  
 [ 7] 가 , [ 8]  
 가 . [ 3]  
 가 .



[ 7] 가



[ 8] 가

가	.
가 -	.
가 -	.
	, 가 , 가 .
	가 .
-	가
-	가
-	가
	.
	가 가 .
	.

[ 3 ] 가



#### 4.5 3

#### ACE

ACE

, , , 3 가

. 3 3

, 가 가

. ACE 3

가

가

가

.

#### 4.5.1 3

#### Event

,

3 가 가 . 가

.

,

가

.

가

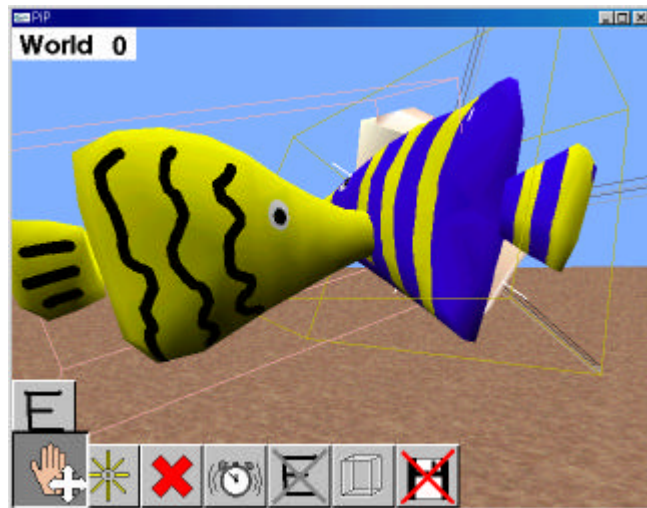
가 (virtual widget)

가

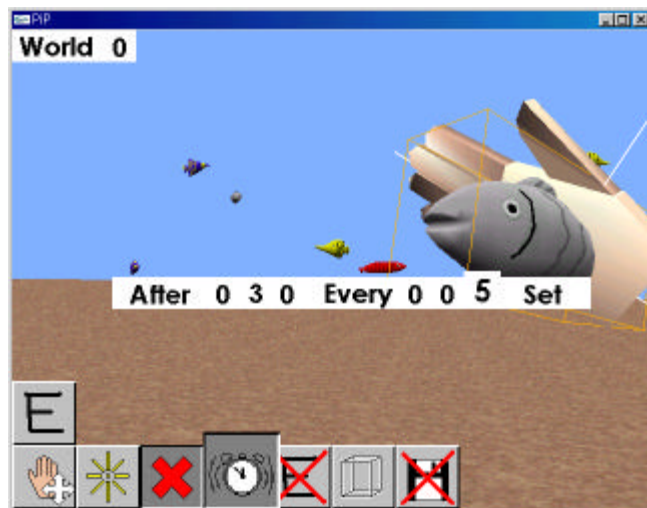
.

[ 9]

, [ 10]

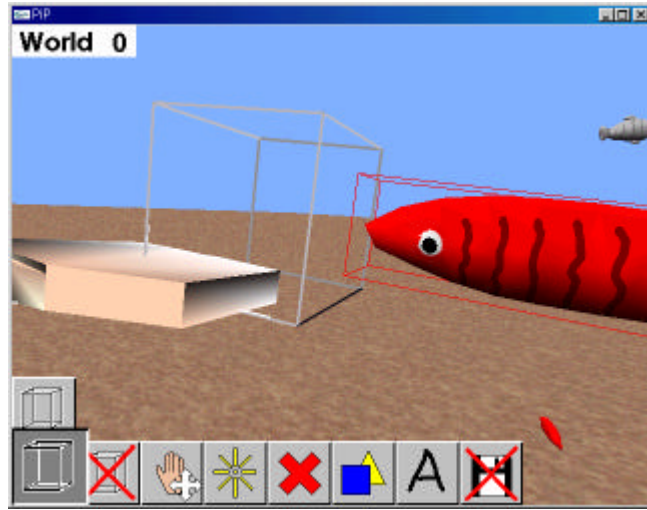


[ 9]



[ 10]





[ 11]

4.5.3 3

Action

ACE

3

(action)

가

가

## V. PiP

PiP(Programming virtual object behavior in virtual reality Program) 가  
가 .  
virtual story telling 가 가  
가 , 3 가 .

### 5.1 PiP

PiP MS Windows PC platform  
. 3 OpenGL ,  
(scene graph) 가 ,  
가 . [ 12] PiP 가

```

<universe>
  <world pond>
    <bgcolor      1.0 1.0 1.0>
  </world>

  <type fish>
    <appearances>
      default      fish.obj
    </appearances>

    <behavior>
      <action moveforward 1.0>
    </behavior>
  </type>

  <object fish1>
    type      fish
    x         100
    y         100
    z         100
    world     pond
  </object>

  <object>
    type      fish
    x         -50
    y         200
    z         100
    world     pond
  </object>
</universe>

```

[ 12] PiP 가

가 HMD[26] Fastrak[27], 5th Dimension Technologies 5DT Data Glove[28]가 , 3 . [ 13] PiP

가



[ 13] PiP 가

stereo 가 HMD , Fastrak

3 . 가

가 glove

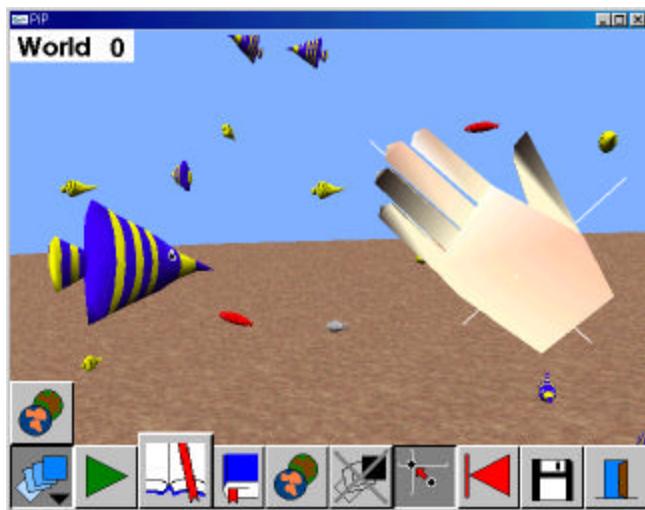
, 3

Fastrak 3 가

. glove 가 , , 3가 , 가

가 , 가

,  
 3 가 glove  
 , 2  
 가  
 가 , 가 가  
 , 가 3 가  
 , 가 가 가  
 . [ 14] PiP  
 , 가



[ 14] PiP



5.2 PiP

가

PiP

가

가

가

가

가

가

가

가

3

가

, 가

가

5.3 PiP

가

PiP

가

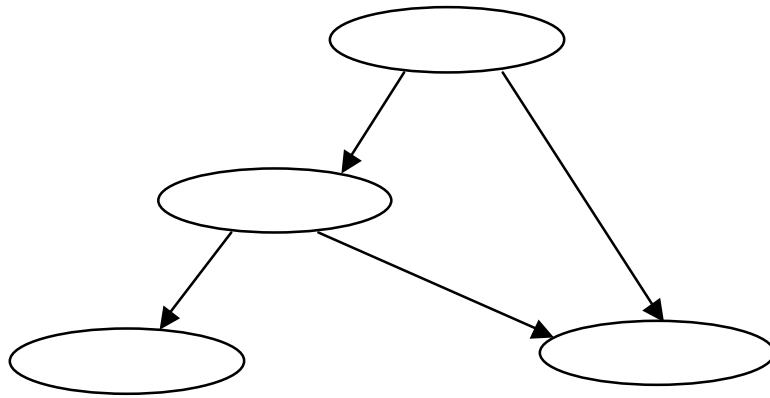
virtual story telling

가

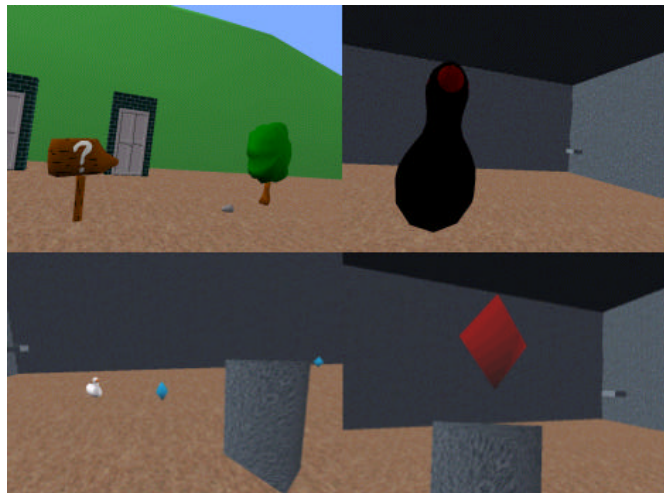
(virtual story)

가





[ 15] 가



[ 16] 가

	가 . , 가 , ' , , ' , .
	가 가 , . , , , , ' , , 가 , 가 ' , .
	가 가 .
	가 가 가 가 .

[ 4 ] 가



2 , 1

3

, 가

가 3

가

가

가

,

가

.

가

,

가

가

, 가

가

가

. 가

가

,

가 가

가

.

rapid prototyping

.

3

. 가

3

가

.

가 , 가  
가 programming by  
demonstration 가  
가  
Programming by demonstration  
가  
가  
demonstration 가 , programming by  
가 3  
 , 가  
3  
programming by demonstration  
가 , 가  
 , 가 가  
가 (usability)

programming by demonstration

,

.

가

가

가

가

가

cyber sickness



VII.

가

가

가

,

가

가

가

.

,

programming by demonstration

PiP

,

가

,

programming by demonstration

가

가

.

가

가

, programming by demonstration

.

,

,

, 가

, 가가 .  
, 가 , 가  
, 가  
가 가  
가 . 가  
, 가  
. 가 가  
,  
. , 가  
, 가  
, 가  
. 가 가  
가 , 가  
가 (VUI)  
가 가

- [1] G. Jounghyun Kim, Kyo Chul Kang, Hyejung Kim and Jiyoung Lee, "Software Engineering of Virtual Worlds," in *Proceedings of Virtual Reality Software & Technology' 98*, 1998, pp.131-139.
- [2] Jinseok Seo et al., "A Structured approach to Virtual Reality System Design," in *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, MIT Press, 2001(submitted).
- [3] Jeff Butterworth, Andrew Davidson, Stephen Hensch and T. Marc Olano, "3DM: A Three Dimensional Modeler Using a Head-Mounted Display," in *Proceedings of Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1992, pp.135-138.
- [4] Jiandong Liang and Mark Green, "JDCAD: A Highly Interactive 3D Modeling System," in *Computer & Graphics*, Vol.18, No.4, 1994, pp.499-506.
- [5] <http://www.cc.gatech.edu/gvu/virtual/CDS>
- [6] Mark R. Mine, *ISAAC: A Virtual Environment Tool for the Interactive Construction of Virtual Worlds*, Technical Report of Dept. of Computer Science, UNC Chapel Hill, CS TR95-020, 1995.
- [7] John Vince, *Virtual Reality Systems*, Addison-Wesley, 1995.
- [8] Randy Pausch et al., "Disney's Aladdin: First Steps Toward Storytelling in Virtual Reality," in *Proceedings of SIGGRAPH' 96*, ACM SIGGRAPH, New Orleans, LA, Aug 4-9, 1996, pp.193-203.
- [9] Doug A. Bowman and Larry F. Hodges, *User Interface Constraints for Immersive Virtual Environment Applications*, Technical Report of Graphics, Visualization, and Usability Center, Georgia Institute of Technology, GIT-GVU-95-26, 1995.

- [10] <http://www.vrml.org>
- [11] <http://www.alice.org>
- [12] <http://www.parallelgraphics.com/products/isb>
- [13] Shi-Kou Chang (ed.), *Visual Languages and Visual Programming*, Plenum Press, 1990.
- [14] Marc A. Najork, "Programming in Three Dimensions," in *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol.7, No.2, 1996, pp.219-242.
- [15] Ken Kahn, "ToonTalk – An Animated Programming Environment for Children," in *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol.7, No.2, 1996, pp.197-217.
- [16] Randy Stiles and Michael Pontecorvo, "Lingua Graphica : A Visual Language for Virtual Environments," in *IEEE Workshop on Visual Languages*, IEEE Computer Society Press, 1992, pp.255-227.
- [17] Allen Cypher, *Watch what I do : programming by demonstration*, MIT Press, 1993.
- [18] Henry Lieberman (ed.), *Your wish is my command : Programming by Example*, Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [19] Brad A. Myers, *Creating User Interfaces by Demonstration*, Academic Press, Inc., 1988.
- [20] David Canfield Smith, "KIDSIM : Programming Agents without a Programming Language," in *Communications of the ACM*, Vol.37, No.7, 1994, pp.55-67.
- [21] Allen Cypher and David Canfield Smith, "KIDSIM: End User Programming of Simulations," in *Proceedings of CHI'95*, ACM, 1995, pp.27-34.
- [22] David Wolber, "Pavlov : An Interface Builder for Designing Animated Interfaces," in *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol.4, No.4, 1997, pp.347-386.
- [23] David Wolber, "Pavlov : Programming by Stimulus-Response Demonstration," in

*Proceedings of CHI 96*, ACM SIGCHI, 1996, pp.252-259.

[24] David Wolber and Brad Myers, “Stimulus-Response PBD: Demonstrating ‘When’ as Well as ‘What’,” in *Your wish is my command : Programming by Example*, Morgan Kaufmann Publishers, 2001, pp.321-344.

[25] Ben Shneiderman, Foreword in Henry Lieberman (ed.), *Your wish is my command : Programming by Example*, Morgan Kaufmann Publishers, 2001, pp. v-vii.

[26] <http://www.virtualresearch.com>

[27] <http://www.polhemus.com>

[28] <http://www.5dt.com>

!

,

!

,

,

가

.

2

가

,

.

.

가

.

2

,

,

,

.

,

,

,

,

.

,

,

,

,

,

,

,

.

1

가

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

:

: 1977 11 22

:

: 712

1996.3 - 2000.2 : (B.S.)

2000.3 - 2002.2 : (M.S.)

1. Kyung-Ha Min, Seung-Min Baek, Gun A. Lee, Haeock Choi and Chan-mo Park,  
“Anatomically-based modeling and animation of human upper limbs,” in *Proceedings of  
International Conference on Human Modeling and Animation*, Seoul, Korea, 2000.

2. , , , “ ”,  
, 2000, pp. 212-214.