

---

# 가상 해저 환경 콘텐츠 제작을 위한 Fish 군중행동 시뮬레이터

김종찬\* · 조승일\* · 김응곤\*

Fish Schooling Behavior Simulator for the  
Contents Production of Cyber Underwater Environment

Jong-chan Kim\* · Seung-il Cho\* · Eung-kon Kim\*

---

본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 지역문화산업연구센터(CRC) 지원사업의  
연구결과로 수행되었습니다.

---

## 요 약

가상 해저 환경 속에서 군중 행동은 영화, 게임 등의 엔터테인먼트 산업에서 많은 장면으로 연출된다. 컴퓨터 그래픽스 기술의 발달로 인하여 디지털 영화나 애니메이션이 점차 증가함에 따라 다수의 캐릭터들이 등장하는 장면을 쉽게 접할 수 있다. 가상 환경에서 군중의 행동을 효율적으로 처리하는 기술에 관련해서 군중 장면 처리 및 군중 행동 시스템의 구현에 관한 연구는 있었으나, 자연스러운 군중 행동 시뮬레이터를 개발하는 연구는 아직 미흡한 편이다. 본 논문에서는 가상 해저 환경에 존재하는 다수의 물고기들의 행동유형을 스마트하게 표현하여 시간과 비용이 많이 소요되는 단점을 보완하며 fish 군중행동 유형을 자동화하면서 사실적이면서 효율적인 가상 해저 환경 콘텐츠 제작을 구현하기 위한 fish 군중행동 시뮬레이터를 개발한다.

## ABSTRACT

Crowd behaviors on cyber underwater environment are often produced in entertainment contents, such as films and games. It is easy for us to come in contact with the scenes appearing a lot of characters as digital films and animation works are increased gradually, owing to developing of computer graphics. Though the processing a scene of crowd and the behavior system of crowd, related to the processing techniques of crowd behavior in cyber space, have been implemented so far, the research for developing the natural crowd behavior simulator can not be still satisfying.

In this paper, we designed a realistic and efficient Fish Schooling Behavior Simulator for the contents production of cyber underwater environment, which showed each type of fish behavior in cyber underwater smartly, and which generated the animating the behavior automatically, reducing the time and cost.

## 키워드

Crowd Animation, Flocking Algorithm, Crowd Behavior in Cyber Space, Fish Schooling Behavior Simulator

### I. 서 론

컴퓨터 그래픽스 기술의 발달로 인한 디지털 영화나

애니메이션이 점차 증가함에 따라 이러한 장면이 등장하는 가상캐릭터를 쉽게 접할 수 있다. 이런 가상 캐릭터를 이용하여 가상 해저 환경을 생성하기 위해서는

---

\* 순천대학교 컴퓨터학과  
심사완료일자 : 2007. 01. 30

접수일자 : 2006. 12. 12

3D 모델링 및 애니메이션 기술을 개발해야 한다. 가상 해저 환경 속에서 군중 행동 장면은 영화, 게임 등의 엔터테인먼트 산업에서 많은 장면이 사용된다. 그래픽스 기술의 발달로 인하여 디지털 영화나 애니메이션이 점차 증가함에 따라 이러한 장면이 등장하는 경우를 쉽게 접할 수 있다.

컴퓨터 애니메이션에서 캐릭터는 가상공간의 생기를 불어넣은 역할을 한다. 이러한 가상캐릭터의 수가 증가함에 따라 가상세계의 몰입감은 그에 비례하여 증가한다. 그리고 영화, 애니메이션과 같은 군중환경에서는 캐릭터를 움직이는 실시간 계산이 필요하지 않기 때문에 계산량을 줄이는 것이 필수적이지는 않지만, 이미지 공간을 적게 차지하는 캐릭터의 움직임을 계산하는 자원을 낭비할 필요가 없다. 하지만 군중의 규모가 커질수록 한 프레임을 생성하기 위한 시뮬레이션 성능은 이에 반비례하여 감소한다. ‘군중’이라는 표현은 일정한 장소에 모여 있거나 이동 중에 있는 사람들의 집합을 말한다. 이러한 군중들의 행동을 애니메이션이나 가상현실 또는 게임에서 응용하기 위한 시뮬레이션을 군중 시뮬레이션이라고 한다. 같은 목적으로 같은 장소에 있는 군중이라고 하더라도 군중에 속해있는 개개의 사람들은 각기 다른 생각과 행동을 한다.

이런 상황에서 가상 환경에 존재하는 다수의 캐릭터 개개의 움직임을 수작업에 의존하는 기존의 애니메이션을 제작 방법으로 제작할 경우 많은 시간과 비용이 필요하기 때문에 이를 자동화하여 보다 사실적, 효율적인 가상 환경을 표현할 수 있기 때문에 군중 행동 장면을 생성하기 위해서 자동화된 연구가 진행되어야 한다.

국내에서는 가상 환경을 구축하여 실감 체험 할 수 있는 VR 콘텐츠 기술 개발 관련하여 군중 장면 처리 및 군중 행동 시스템의 구현 관한 연구가 있었으나 자연스러운 군중 행동 시뮬레이터를 개발하는 연구는 아직 미흡한 편이다. 그러므로 해저환경에서 사실적이고 효율적인 객체 표현을 위해서는 3D 객체에 행동양식을 부여하고, 상호작용이 가능하도록 다수의 fish 군중 행동에 관한 시뮬레이션 기술이 개발되어야 한다.

본 논문에서는 가상 해저환경에 존재하는 다수의 물고기들의 행동유형을 스마트하게 표현하여 시간과 비용이 많이 소요되는 단점을 보완하여 fish 군중행동 유형을 자동화하면서 사실적이고 효율적인 가상 해저 환경 콘텐츠 제작을 구현하기 위한 fish 군중행동 시뮬레

이터를 개발한다[1][2].

## II. 플로킹 알고리즘 및 군중 애니메이션

### 2.1 플로킹 알고리즘(Flocking algorithm)

플로킹 알고리즘은 동물이나 생물 등이 집단으로 움직이는 것을 컴퓨터 프로그램으로 구현하는 것을 말한다. 플로킹 알고리즘은 1987년 Craig Reynolds에 의해 처음으로 발표되었다. 플로킹의 아버지로 불리는 Reynolds는 그림 1의 세가지의 간단한 기본 규칙들을 이용하여 보이드라는 존재들이 생물과 비슷한 집단행동을 취하는 것을 보여준다[1][3]. Reynolds는 이 규칙들을 조타 행동(steering behavior) 규칙이라고 불렀으며 다음과 같다.

- ▶ 분리(Separation) 규칙 : 보이드가 주변의 다른 보이드들과 적당한 거리를 유지하도록 하는 것이다. 응집규칙만 있다면 보이드들은 서로 부딪히게 되는데 그것을 방지하는 것이 분리규칙이다. 무리의 각 보이드마다 주변 보이드들과의 거리를 판단하고 적당한 거리를 유지할 수 있도록 방향을 돌리는 방식으로 이 규칙을 구현한다.
- ▶ 정렬(Alignment) 규칙 : 보이드가 주변의 다른 객체들과 동일한 방향(속도)을 유지하도록 하는 것이다. 이 규칙에 의해 보이드들이 모인 무리가 마치 하나의 보이드처럼 움직이게 된다. 보이드의 방향과 속도를 주변 보이드들의 평균적인 속도와 방향으로 조정함으로써 이 규칙을 구현한다.
- ▶ 응집(Cohesion) 규칙 : 보이드들을 하나의 무리를 이루는 동료 보이드들과 거리가 많이 떨어졌을 때에 동료 보이드들과의 평균위치 쪽으로 움직이는 역할을 한다.
- ▶ 회피(Avoidance) 규칙: 보이드가 장애물과 부딪히지 않도록 하기 위한 것이다. 이는 보이드가 어느 정도의 거리를 내다 보고 장애물이 존재하면 그것을 피할 수 있는 쪽으로 방향을 조정함으로써 구현된다. 이 규칙은 장애물 뿐만 아니라 어떠한 천적에 해당하는 에이전트가 있을 때에도 적

용될 수 있다.

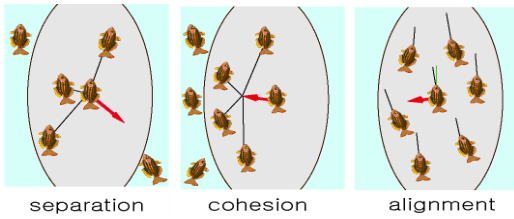


그림 1. 분리, 결합, 정렬 규칙  
Fig. 1 Rules of steering behaviors

플로킹은 유닛들의 집단 이동을 위한 도구가 될 수 있으며, 또한 게이머에게 좀 더 현실감 있는 게임 환경을 제공하는 수단이 될 수 있다. 이미 많은 상용 게임들이 플로킹을 사용했다. 예를 들어서 Unreal과 Half-Life는 몬스터들이나 또는 좀 덜 위험한 생물들(물고기나 새 등)의 움직임에 플로킹을 적용했다. 그리고 RTS(리얼타임 시뮬레이션) 게임이나 RPG(롤플레이 게임)에서 동물들의 무리를 움직일 때 간단한 스크립팅(일일이 움직임을 미리 지정하여 구현하는 것)보다는 플로킹을 사용하는 것이 훨씬 더 현실감 있는 결과를 얻을 수 있다. 또한 1인칭 슈팅 게임에서, 던전 안의 몬스터들이 혼자 떨어져 있을 때에는 플레이어를 피하다가 무리를 이루면 플레이어를 공격하게 만드는 데에도 사용할 수 있을 것이다.

## 2.2 군중 애니메이션

군중 애니메이션의 궁극적인 목적은 장면의 사실성, 시스템의 성능 그리고 사용자와의 상호작용성이다. 위의 3가지 핵심을 모두 만족하는 시스템을 설계하는 것이 바람직한 군중 애니메이션의 연구 방향이다. 가상공간에 존재하는 대규모 군중 애니메이션의 개개의 움직임을 부여하는 것은 앞서 제시하였듯이 사람의 노력이 많이 요구되는(labor intensive) 작업이다. 따라서, 군중의 규모가 커지면 커질수록 개개인의 움직임에 대한 자동화가 필요하고, 이를 위해서는 군중의 계층 모델이 필요하다. 군중의 계층은 군중(crowd), 집단(group), 개인(individual) 순으로 구성되며 개개의 움직임을 제공하기 위해 개인들을 포함한 집단을 접근하여 행동을 제시한다. 각 개인이 행위의 지침을 얻는 과정은 아래와 같다. 가상 세계에 존재하는 물체들과의 상관 관계를

인지하는 센서(sensor)로부터 행위의 순서(behavioral routines)를 결정한다. 행위의 규칙에 따른 행위의 순서가 결정되면 운동 제어기(motor controller)에서 적절한 모션을 시뮬레이션한다[2][4].

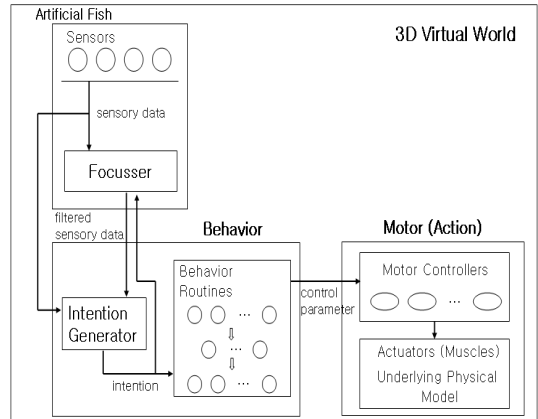


그림 2. 군중 애니메이션 시스템 모델  
Fig. 2 System Model for Crowd Animation

센서는 가상공간에 놓인 물체들의 상관관계를 통하여 개인간의 혹은 개인과 물체 사이의 충돌을 회피하고 가상공간의 정보를 제공 받아 행위 결정의 지침으로 활용된다. 센서로부터 받은 가상공간의 정보와 행위의 규칙은 개인의 행위의 순서를 생성하는 입력정보로 사용되고 행위의 순서를 결정하는 과정에서 자연스러운 행위의 연결을 위한 분석이 이루어진다. 최종적으로 행위의 순서가 결정되면 운동 제어기는 행위에 맞는 모션을 제공하는데, 모션 시뮬레이션의 성능을 향상 시키기 위해 영상기반 혹은 모션 단순화를 통한 시스템 성능의 향상을 노력한다.

개인의 행위 규칙은 개인을 포괄하는 그룹으로부터 결정되고 그룹의 행위는 군중의 유동 성향에 영향을 받는다. 그림 2는 군중 애니메이션 시스템 모델에 대한 그림이다[2].

## 2.3 행동 조정 기법

사람의 행동의 관한 연구가 있기 전에 동물의 무리에 관한 연구가 있었다. Reynolds는 이러한 동물 무리의 이동에 관한 행동 모델을 제시 했다[1]. 이 모델에서는 동적인 공간의 분할 기법으로 효율적인 이동이 가능

하다. 그러나 이 모델은 단순하여 지능을 가진 인간의 집단에 그대로 적용하기엔 부적합하다. 후에 자동화된 캐릭터의 행동 조정을 제안한 그이 논문에서는 앞에서 제안한 모델을 기반으로 하여 행동 조정 규칙을 추가하였으나, 마찬가지로 인간의 집단에 그대로 적용하기엔 부적합하다. 그러나 앞의 모델들을 인간의 행동에 적합하도록 수정하면 인간의 군집에 적용 가능하다.

## 2.4 규칙 기반 행동 기법

사람이 어떤 행동을 하는 것은 대부분 원인이 있게 마련이다. 그러한 행동의 원인이 주어지면 그에 따라서 행동이라는 결과가 발생하게 된다. 이러한 논리에 입각한 접근 방법이 규칙 기반 행동 기법이다. 이 기법은 가상환경 내의 인물이 특정 조건을 만족하게 되면 그 조건에 해당하는 행동을 하도록 규칙을 정의한다. 따라서 미리 정의된 규칙에 없는 행동은 할 수 없다.

## 2.5 Leader-Follower 기법

군중 시뮬레이션의 기반 알고리즘인 플로킹 알고리즘은 공중이나 물 속을 유영하는 속성을 지니고 있다. 또한 가상 환경 내의 객체들은 특정한 목적지를 가지고 있지 않다. 그래서 군중의 목적지가 정해지지 않은 상태로 각 객체 간에 일정 거리를 유지하여 가상환경을 떠돌게 된다.

특정한 목적을 가지고 이동하는 군중은 보통 그 군중을 인도하는 리더가 있다. 군집에 리더 속성을 가지는 인물을 설정하고, 목적지나 경유지에 대한 정보를 추가하여 실제 군중의 이동과 유사한 모델을 Leader-Follower 기법(Leader-Follower Model)이라고 한다. 여기서는 군중 이동 계획 기법(Crowd Motion Planning)을 도입한다.

## III. 스마트 물고기 및 상호 작용

가상 해저 환경을 구축하기 위해서는 스마트한 물고기 및 여러 수중 생물들이 필요하다. 각각의 객체가 서로 상호작용을 하기 위해서는 물고기 형태, 서식방법, 활동성, 먹이 사슬단계, 군집형태, 번식방법, 회피 특성, 먹이 획득 등으로 설계한다.

스마트한 물고기의 형태는 유형, 고착, 부유 등으로 나누는데 객체에 지정된 고유형태의 움직임에 따른 것이다. 서식방법은 수온, 깊이, 장소가 있는데 먼저 서식 수온은 물고기에 정의된 적정 수온과 가상환경의 수온과 비교하여 적정 수온에서 물고기의 반응 상태를 보면서 결정하고, 물고기는 자신의 정보에 따라 적정서식 수온으로 이동하며 활동성이 증가된다. 서식깊이는 물고기에 정의된 적정서식깊이와 가상환경의 깊이를 비교하여 적정 깊이에서 물고기가 반응하며, 물고기 개체는 자신의 정보에 따라 적정서식 깊이에 맞게 이동하고 적정 수심에서 활동성 및 번식률이 증가된다. 서식 장소는 물고기 객체에 정의된 서식장소와 가상환경의 서식장소를 비교하여 적정장소로 이동하고, 물고기 개체는 자신의 객체의 정보에 따라 적정서식장소로 이동한다.

활동성은 물고기 객체의 여러 속성을 참조하여 백분율로 표시하고 수치가 커지면 객체의 속도가 빨라지고, 이동 범위가 넓어진다. 스마트한 물고기의 먹이 사슬단계는 시야 항목으로 다른 객체를 인지하고 이 항목을 통하여 회피 상태나 먹이획득을 결정하고 먹이 사슬단계에서 먹이종류를 판단하여 먹을 수 있는 사슬단계의 위치인지 결정한다. 스마트한 물고기의 군중형태 항목에는 군집생활 유무와 군중 이동 방법이 있다. 군집생활 유무는 군중 시뮬레이션의 확장이고, 군집이동시 군집 간격 등을 고려하면서 포식자 출현에 대한 반응과 먹이 포획시 반응을 나타낸다.

번식방법은 적합성에 따라서 물고기 객체의 여러 속성을 참조하고 처리하여 백분율로 표시하고 높으면 특정객체의 수가 증가 하도록 하며 플랑크톤의 개체 수를 증대하여 그와 관련된 여러 환경변수에 대한 변화와 다른 개체수에 증가를 디스플레이 화면에 다수 보이도록 처리한다. 먹이 획득에 대한 특징으로는 시야항목으로 인지하고 먹이 사슬단계를 거친 후 판단이 완료되면서 자신의 특성에 따라 먹이 획득 행동 유형을 시뮬레이션한다.

스마트한 물고기의 상호작용에는 물고기간의 상호작용이 있다. 물고기의 사냥 방법에는 사슬단계의 반응을 통한 능동적 사냥과 유인을 통한 수동적인 사냥방법으로 나눈다. 포식자는 먹이 획득을 위한 적극적인 행동을 하고, 피식자 또한 자신이 가진 회피를 능력의 최대한 발휘하는 적극적인 행동으로 포식자로부터 벗어난다. 먹이의 종류에 따른 반응에서는 플랑크톤을 섭취

하는 객체들은 주로 유영을 하는 행동을 보여줄 것이며, 다른 객체를 포식하는 객체는 적극적으로 먹이 획득에 대한 군중행동 유형을 할 것이다.

#### IV. 군중 행동 framework 및 알고리즘

##### 4.1 군중행동 모델러

군중행동 모델러를 설계하기 위해서는 먼저 수중환경 및 생물환경에 대한 정보를 통해 행동 선택을 결정하고, 행동 유형에 대한 패스를 설정하여 카메라 제어 및 렌더링 과정을 통하여 애니메이션을 구현한다. 환경에는 수중환경과 생물환경이 있는데 수중환경 요소는 빛, 부양물, 물결, 해수면 상태가 있다. 빛은 바다 밑바닥에서 움직이는 빛의 문양과 표면에서 쏟아져 들어오는 빛줄기에 대한 부분을 설정하고, 부양물은 물속에 떠다니는 미세한 물질에 대한 설정 부분이며, 물결은 수중 생물을 움직이게 하는 일정한 요동 부분의 대해서 설정하는 상태이다. 해수면 상태는 빛의 영향을 받은 수면과 물결에 대한 설정이고, 수중 생물에는 산호초, 소라, 불가사리, 조개, 물고기 수 등이 있다.



그림 3. 군중행동 Framework  
Fig. 3 Framework of Crowd Behavior

다음 단계는 mental state 상태가 있는데 이 부분에서는 물고기 유형과 물고기 상태를 표현하는 부분이다. 예를 들면 배고픔, 공포, 배회, 만족감, 성욕 같은 정신적인 상태를 표현한 것이다. 군중 행동선택 부분에서는 여러 군중행동 중에서 하나를 선택하여 행동패스를 설

정한다. 카메라 제어 부분에서는 위치, 속도, 시점, 가속도, 등에 요소들을 선택한다. 렌더링 부분에서 평면적으로 보이는 물고기 및 배경 등에 입체감이 들게 함으로써 사실감을 추가 하였다. 마지막으로 애니메이션 단계에서 자연스러운 가상 해저환경을 보여준다. 그림 3은 군중행동 framework을 나타낸다.

##### 4.2 군중행동 알고리즘

군중행동 알고리즘에 대한 첫 번째 단계에서는 정의한 물고기를 생성한다. 다음 단계는 스마트한 물고기의 다음 위치 값을 계산하고, 카메라 모드를 설정하여, 3D 객체를 생성한다.

```

Fish (ProximityDatabase& pd) //fish 초기화
Vec3 handleBoundary (void) // fish 위치 계산
position().length() < worldRadius
CameraFixed mode // 카메라 설정
drawBasic3dFish // 3D fish draw
(*this, Vec3(0.53, 0.53, 0.05));
for (int i = 0; i < 20; i++) addBoidToFlock
// fish 객체수 증가
nextBoundaryCondition (void)
{ const int max = 2;
  boundaryCondition =
    (boundaryCondition + 1) % max;
} // 경계 조건을 체크
setMaxForce (27); // 3D fish 속성 값 정의
setMaxSpeed (9);
setSpeed (maxSpeed() * 0.3f);
separationW = separation*separationWeight
alignmentW = alignment* alignmentWeight
cohesionW = cohesion * cohesionWeight
// Fish 군중 행동 유형의 벡터값 설정
    
```

그림 4. Fish 군중행동 알고리즘  
Fig. 4 Algorithm for fish schooling behavior

3D 객체를 생성한 다음으로는 객체수를 증가시키고, 증가한 물고기 객체들에 대한 경계조건을 체크한다. 경계조건에서 0, 1이 있는데, 0이면 턴하고, 1이면 다음 조건에서 시작한다. 그리고 물고기 객체의 속성값을 재설정하여, 마지막으로 군중행동 유형 중에서 정렬, 분리, 결합 등의 벡터값을 설정하여 군중 행동 시뮬레이션을 실행한다. 그림 4는 Fish 군중행동 알고리즘을 나타낸다.

### V. Fish 군중행동 유형 및 군중행동 모듈

군중에 따른 행동 규칙은 개체 주위에 존재하는 Fish들의 성향에 해당하는 행동 유형을 다음과 같이 정의 한다.

- ◆ Wander : Fish들이 규칙없이 자유롭게 움직인다.
- ◆ Separation : Fish들이 일정한 거리를 유지하면서 움직인다.
- ◆ Alignment : Fish들이 일정한 대형을 유지한다.
- ◆ Cohesion : Fish들이 한 곳으로 결함한다.
- ◆ Hunt : Fish가 포식자일 경우, 피식자를 사냥하는 상태를 나타낸다.
- ◆ Flee : 포식자를 피해 움직이는 상태 나타낸다.
- ◆ Collision Avoidance : 무리를 이루는 fish 또는 지형 장애물이 있을 경우 충돌회피 한다.
- ◆ Path Following : 무리를 이루는 fish 들이 일정한 경로에 따라서 움직인다.
- ◆ Leader Following: Fish 무리 중에서 리더에 움직임에 따라 움직이는 행동 유형이다.
- ◆ Seek : Fish 무리들이 먹이를 찾아서 움직이는 행동 유형을 나타낸다.
- ◆ Pursuit : 무리를 이루는 fish들이 먹을 추적하는 행동 유형을 나타낸다.

그림 5는 군중행동 유형에서 같은 종의 한 마리 이상 fish들이 결함하는 것을 표시한 군중행동 루틴이다.

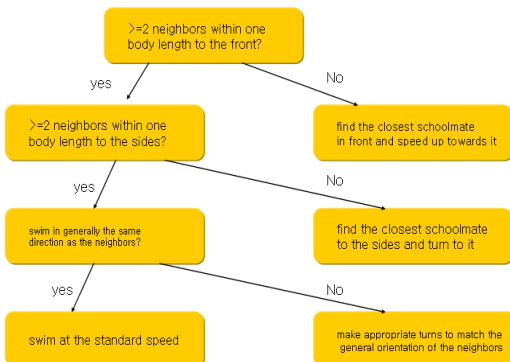


그림 5. 군중행동 루틴  
Fig. 5 Routines of crowd behavior

그림 6은 군중행동 유형에서 포식자와 피식자 간에

군중행동에 대하여 한 마리 이상 fish들이 hunt하는 fish 군중행동 상태도이다.

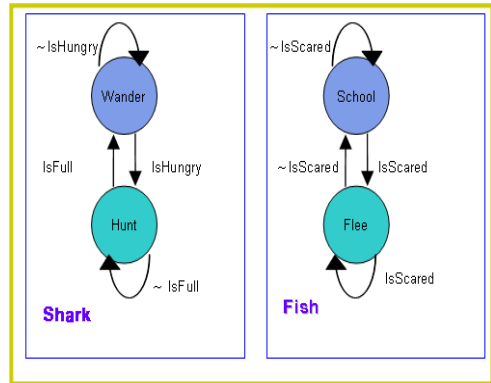


그림 6. Fish 군중행동 상태도  
Fig. 6 States of fish schooling behavior

그림 7은 wander, separation, alignment, cohesion, hunt, flee, path following, leader following, seek, pursuit와 같은 fish 군중행동 유형에서 하나의 군중유형을 선택한 후 이에 대한 행동 패스를 설정하여 fish 군중 애니메이션을 실행하는 fish 군중행동 계층구조를 나타낸 것이다.

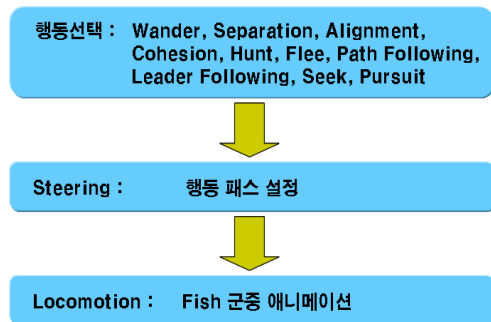


그림 7. Fish 군중행동 계층구조  
Fig. 7 Hierarchy of fish schooling behavior

그림 8은 fish 군중행동 플로우차트를 나타낸 것이다. Initialize 단계는 환경설정에 대한 초기화 과정이며, InitializeGraphics 단계는 OpenGL API를 초기화 하고, Display 단계에서 군중행동에 필요한 fish 모델을 생성하여 Draw 단계에서 스마트한 3D 객체 fish를 생성하면서 군중행동 유형을 실행한다.

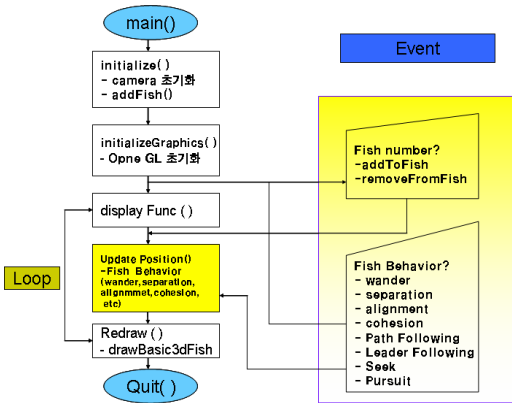


그림 8. Fish 군중행동 플로우차트  
Fig. 8 Flowchart of fish schooling behavior

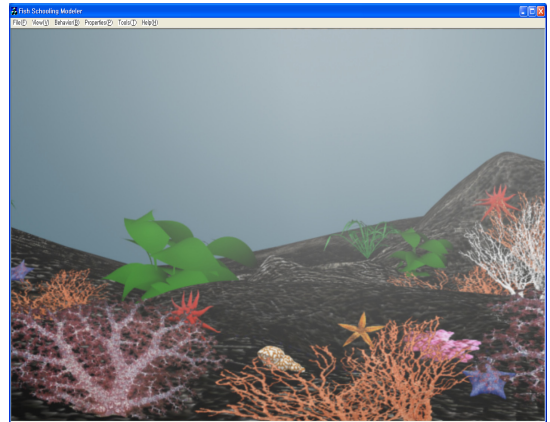


그림 9. Fish 군중행동 시뮬레이터 사용자 인터페이스  
Fig. 9 User's interface for fish schooling behavior simulator

## VI. 사용자 인터페이스 및 구현결과

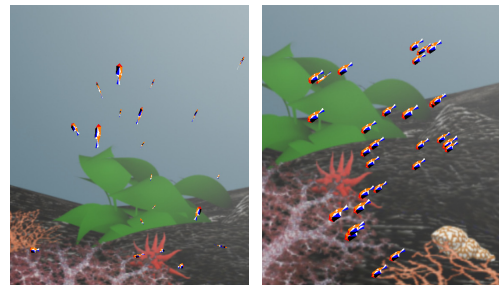
Fish 군중행동 시뮬레이터의 구현 환경은 운영체제 Windows XP와 개발툴은 Visual C++ 6.0 함께 OpenGL API을 이용했고, 각 fish형태를 30개의 메쉬로 삼차원 모델링하여 표현하였다.

그림 9는 Fish 군중행동 시뮬레이터 사용자 인터페이스를 나타낸다. 표 1은 fish 군중 행동 시뮬레이터를 실행했을 때 fish 수와 초당 프레임수를 나타낸 것이다.

그림 10은 군중행동 유형에서 separation, alignment의 실행화면이고, 그림 11 cohesion, wander 군중행동 실행화면이고, 그림 12은 path following, seek 군중 행동 실행화면이고, 그림 13은 leader following 군중 행동 실행화면이다.

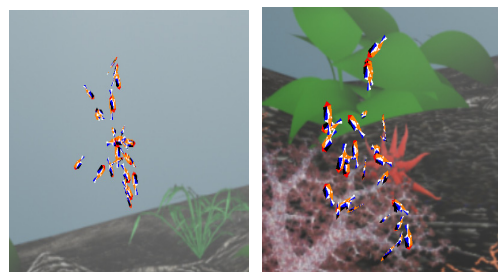
표. 1 Fish 수와 초당 프레임수  
Table 1. The number of fish and frames

Fish 수	Frame/초
50마리	30
100마리	24
200마리	15
300마리	10



separation behavior      alignment behavior

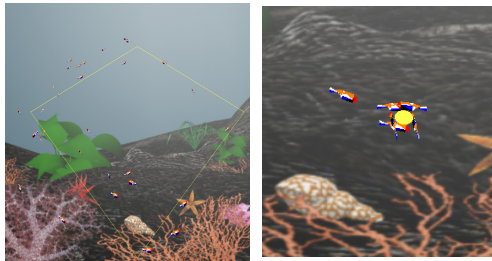
그림 10. separation과 alignment 실행화면  
Fig. 10 Scene of separation and alignment behavior



cohesion behavior      wander behavior

그림 11. cohesion 과 wander 실행화면  
Fig. 11 Scene of cohesion and wander behavior





path follower behavior      seek behavior

그림 12. leader follower 과 seek 실행화면  
Fig. 12 Scene of path follower and seek behavior



그림 13. Leader follower 실행화면  
Fig. 13 Scene of leader follower behavior

## VII. 결론 및 향후연구과제

가상 해저환경 속에서 장면의 사실성과 시스템의 성능, 사용자와의 상호작용성을 효율적으로 표현하고 군중 행동 장면을 생성하기 위해서 본 연구에서는 사실적이고 효율적인 가상 해저환경 속에서 군중 행동에 적용되는 행동 유형 및 이벤트를 생성하는 fish 군중 행동 시뮬레이터를 개발 하였다. Fish 군중 행동 시뮬레이터는 가상해저 환경에서 다수의 가상 캐릭터를 제어하는데 이용하고, 수행결과 fish의 수가 100일 경우 초당 24 프레임을 디스플레이 하게 되어 PC 환경에서 실시간 시뮬레이션이 가능함을 알 수 있다.

향후 연구과제는 해저 3D 시뮬레이션 중 가장 난해한 해초의 움직임, 해류의 흐름 등 바다 속 해양 생태계의 보다 사실적인 표현을 위해 유체 표현 및 주변 환경과의 상호작용을 통한 객체 모델링 표현 기술을 통하여 군중행동 알고리즘을 사용하여 실시간 상호작용 객체 모델링 및 실시간 군중행동 제어 자동화 기술을 개발하는 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 지역문화산업연구센터(CRC) 지원사업의 연구 결과로 수행되었습니다.

### 참고 문헌

- [1] C. Reynolds, "Flock, Herds and Schools: A Distributed Behavioral model", Proceedings Computer Graphics(SIGGRAPH'87), Vol. 21, No. 4, pp.25-34, July, 1987.
- [2] 안정현, 원광연, "Survey on Crowd Animation", 한국과학기술원 전산학과, Tech Memo, April 2003.
- [3] C. Reynolds, "Steering behaviors for autonomous characters", GDC 1999, 1999.
- [4] 김종찬, 김용곤, "가상 해저 환경 구축을 위한 Fish 행동 시뮬레이터 설계", 정보과학회 한국 컴퓨터종합학술대회 논문집(A), pp.124-126, 2006.
- [5] Kingsley Stephens, "Modelling Fish Behaviour", 2003.
- [6] X. Tu and D. Terzopoulos, "Artificial fishes: physics, locomotion, perception, behavior", ACM SIGGRAPH 94, July 1994.
- [7] C. Reynolds, "Interaction with groups of autonomous characters", GDC 2000, Terzopoulos, D., Maes, P., Prusinkiewicz, P., Reynolds, C., Sims, K., and Thalmann, D.1995. Artificial life for graphics, animation, and virtual reality. ACM SIGGRAPH'95 Course Notes, pp.449-460, 2000.
- [9] Terzopoulos, D., Tu, X., and Grzeszczuk, R.1994b. Artificial fishes with autonomous locomotion, perception, behavior and learning in a simulated physical world, Artificial Life, Vol. 1, No. 4, pp.327-350.
- [10] S. R. Musse and D. Thalmann. Hierarchical model for real time simulation of virtual human crowds. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 7, No. 2, pp.152-164, 2001.



## 저자 소개



### 김종찬 (Jong-chan Kim)

2000년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과  
학과 (이학사)

2002년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과  
학과 (이학석사)

2002년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터과학과 박사과정

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 얼굴인식, 게임



### 조승일 (Seung-il Cho)

1992년 2월 : 조선대학교 수학교육  
과 (이학사)

2001년 2월 : 순천대학교 컴퓨터교  
육과 (교육학석사)

2003년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터과학과 박사과정

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, HCI



### 김응곤 (Eung-kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 전자공학  
과 (공학사)

1986년 2월 : 한양대학교 컴퓨터공  
학과 (공학석사)

1994년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터과학과 정  
교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디  
어, HCI