

GA를 이용한 AUV의 자율 운동에 관한 연구

조민철* · 박제웅**

*조선대학교 선박해양공학과 석사, **조선대학교 선박해양공학과 교수

A Study on the Autonomic Movement of AUV Using Genetic Algorithm

MIN-CHEOL, CHO*, JE-WOONG, PARK**

*Master, Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, Chosun Univ., Korea

**Professor, Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, Chosun Univ., Korea

KEY WORDS: Genetic Algorithm 유전자 알고리즘, AUV(Autonomous Underwater Vehicle) 자율잠수정,

ABSTRACT: This paper presents a genetic algorithm based autonomic movement algorithm for an autonomous underwater vehicle(AUV) and verified it to simulation. Also, developed program that can do simulation on two dimension and three dimension in seabed environment. The presented algorithm is applicable to a escape from the recursive search and a development of obstacle avoidance system.

1. 서 론

자율잠수정은 Sonar(Sound Navigation and Ranging)를 이용하여 예측할 수 없는 해저환경에 대한 정보를 습득하고, 장애물과의 충돌을 회피하며 활동 목적지까지 자동운행 한다. 이러한 자동운행은 한정된 동력에너지의 소모를 최소화하기 위해 목적지까지의 최단경로로 운항하여야 한다.

본 연구에서는 자율잠수정이 목적지까지 운항하면서 발생할 수 있는 문제(복잡한 해저환경에 의한 지역적 국부탐색, 타 객체와의 충돌, 과다 동력손실에 의한 탐색능력 상실 등)를 최소화하기 위해 유전자 알고리즘을 바탕으로 잠수정의 자율 운동을 모델링 하였다. 또한, 이를 검증을 위한 2차원 시뮬레이터와 OpenGL을 이용한 3차원 시뮬레이터를 개발하였다.

2. 유전자 알고리즘

2.1 유전자 알고리즘의 개념

진화 알고리즘은 자연세계에 존재하는 생물체의 진화과정을 프로그래밍 한 것으로, 구성 요소의 해석과 구현방법이 비교적 간단하여 응용범위가 매우 넓다. 특히, 적응적 탐색, 학습 그리고 최적화를 통한 공학적인 문제 해결에 많이 이용되고 있다.

진화 알고리즘은 염색체의 표현 방법에 따라 4가지로 구분된다. 본 연구에서 사용한 유전자 알고리즘은 고정된 길이의 이진

문자열을 염색체로 사용하는 알고리즘으로 자연선택과 유전법칙을 수치적으로 모델링 한 확률적 탐색기법이다.

유전자 알고리즘의 핵심구성요소는 세대(Generation), 개체군(Population), 염색체(Chromosome), 적합도(Fitness Func.), 평가(Evaluation), 선택(Selection, Ps), 교배(Crossover, Pc), 돌연변이(Mutation, Pm) 등이 있다.

유전자 알고리즘의 기본 흐름도는 Fig. 1과 같다.

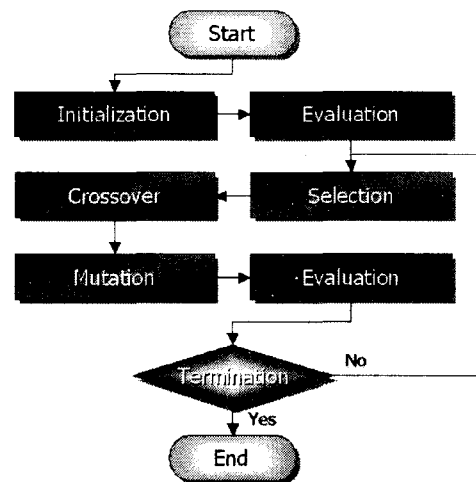


Fig. 1 Flowchart of Genetic Algorithm

유전자 알고리즘의 단계별 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- 1단계 : 초기 개체군을 초기화한다.
- 2단계 : 개체들의 적합도를 평가한다.
- 3단계 : 적합도를 토대로 다음 세대에 생존할 개체를 선별한다.

조민철 연락처: 광주광역시 동구 서석동 375번지 조선대학교 선박해양공학과, 062-230-7884, cfboss@stmail.chosun.ac.kr

- 4단계 : 교배확률로 교배연산을 수행한다.
- 5단계 : 돌연변이확률로 돌연변이연산을 수행한다.
- 6단계 : 개체들의 적합도를 평가한다.
- 7단계 : 종결조건을 만족할 때 까지 3단계에서 6단계를 순차적으로 반복수행 한다.

2.2 변수 설정

유전연산의 결과에 큰 영향을 미치는 주요 변수에는 몇 세대까지 진화할 것인가를 결정하는 세대 크기(GenSize), 탐색영역의 크기를 결정하는 개체군 크기(PopSize), 산출 값의 다양성을 결정하는 염색체 길이(ChromLength), 교배확률(Pc), 돌연변이확률(Pm), 초기 개체군생성을 결정하는 확률(Random Seed) 등이 있다.

본 연구에서는 자율잠수정에 주로 사용되는 시스템(Onboard Compter)을 감안하여 GenSize와 PopSize을 결정함으로써, 수렴 후에 발생하는 비생산성 Iteration을 감소시켰다.

3. 자율 운동 모델링

3.1 운동방향 정의

유전자 알고리즘을 이용해 자율잠수정의 운동방향을 결정하기 위해서는 운동방향을 이진 문자열로 정의하여야 한다.

※ 가정

- 장애물에 대한 상대적 위치정보의 탐색은 Sonar System에 의해 이루어진다.
- Sonar의 탐색범위는 시뮬레이터에서 정의한 단위 Cell로 한다.

3.1.1 2차원 운동방향 정의

2차원에서의 운동방향은 Fig. 2와 같이 자율잠수정을 중심으로 인접한 8개의 단위 Cell로 정의하였다.

7	0	1
6		2
5	4	3

운동방향은 잠수정의 이동방향과 무관하게 항상 동일한 위치에 존재할 수 있도록 절대위치로 정의하였다. 이를 이진 문자열로 정의하기 위해 필요한 문자열의 길이는 3이다. 그러므로 2차원에서 탐색체의 최소길이는 3이다.

2차원에서는 선형비례식을 사용하지 않고 방향을 정의하였으며, 각각의 이진 문자열을 방향으로 표현하면 다음과 같다.

Fig. 2 Direction of Two Dimensions

000 -> 0 (전방)	001 -> 1 (우측전방)
010 -> 2 (우측)	011 -> 3 (우측후방)
100 -> 4 (후방)	101 -> 5 (좌측후방)
110 -> 6 (좌측)	111 -> 7 (좌측전방)

3.1.2 3차원 운동방향 정의

3차원에서의 운동방향은 Fig. 3과 같이 자율잠수정을 중심으로 상단에 인접한 9개(0~8), 측면에 인접한 8개(9~16) 그리고 하단에 인접한 9개(17~25)의 단위 Cell로 정의하였다.

0	1	2	9	10	11	17	18	19
3	4	5	12		13	20	21	22
6	7	8	14	15	16	23	24	25

Fig. 3 Direction of Three Dimensions

3차원 방향의 위치 또한 2차원 방향과 마찬가지로 자율잠수정을 중심으로 항상 절대위치에 존재하도록 하였다.

26개의 방향을 이진 문자열로 표현하면 "11010"으로, 최소 5개의 비트가 필요하며 2차원과는 달리 선형비례식을 사용하여 방향을 정의하여야 한다.

염색체의 길이가 ChromLength인 이진 문자열을 26개의 방향으로 나타내기 위한 선형비례식은 다음과 같다.

$$Direction = \frac{[Dir_{Min}, Dir_{Max}]}{[2^0, 2^{Chrom.Length}]} \times (Value_{bm})_n + Dir_{Min} \quad (1)$$

정의된 26개의 운동방향은 상단과 하단의 개념이 추가된 2차원 정의 방법과 동일하다.

3.2 운동방향 결정

자율잠수정의 운동방향을 결정하기 위한 평가함수(Object Function)는 네 가지의 가감(加減) 요소로 구성되어 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

- Distance Factor(WeightDist) :
목적지까지의 거리가 가까울수록 높은 Bonus를 부과함.
- Space Factor(WeightSpace) :
이동하고자 하는 위치가 공간일 때 Bonus를 부과함.
- Wall Factor(WeightWall) :
이동하고자 하는 위치가 장애물일 때 Penalty를 부과함.
- Again Factor(WeightAgain) :
이동한 공간을 재 이동할 때 Penalty를 부과함.

가감요소를 이용한 적합도의 계산은 다음과 같다.

$$Fitness = X1 + X2 + X3 \quad (2)$$

where

$$X1 = (\sqrt{GridX^2 + GridY^2} - \sqrt{(DestX - AurX)^2 + (DestY - AurY)^2}) \times WeightDist$$

if (Map[AurX][AurY] == Space)

$$X2 = WeightSpace$$

else

$$X2 = WeightWall$$

if ((AurX == AgainX[]) and (AurY == AgainY[]))

$$X3 += WeightAgain$$

자율잠수정의 운동방향은 구해진 Fitness의 값이 가장 큰 개체군에 의해 결정된다.

4. 결과 및 분석

4.1 2차원 환경 시뮬레이션

2차원 환경에서 자율잠수정을 시뮬레이션하기 위해 인위적 장애물을 규칙적으로 설치한 Map과 해저환경을 모방한 Map을 생성하였다. 적색 Cell이 무인잠수정이고, 녹색 Cell이 목적지라고 가정한다.

Map의 크기는 30×30으로 고정하였으며, 실질적으로 자율잠수정이 움직일 수 있는 범위는 외곽 경계선을 제외한 28×28(784 Cell)이다.

4.1.1 테스트 시뮬레이션

일정한 간격을 유지하는 십자모양의 장애물(Map1) 또는 'U'타입의 장애물(Map2)을 배열하고 자율잠수정과 목적지를 적절히 배치한다.

Fig. 4는 자율잠수정과 목적지를 Map에 설정한 것이다.

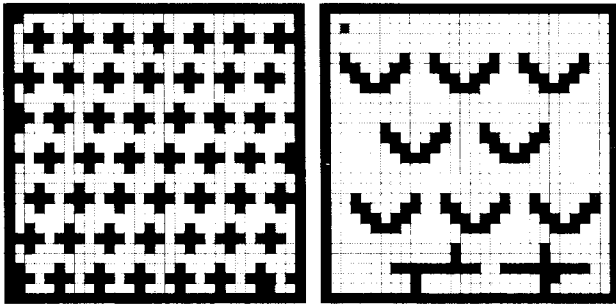


Fig. 4 Simulation at the Test Map of Two Dimensions

유전연산에 필요한 변수를 Fig. 5와 같이 설정하고, Test Map을 각각 50회 시뮬레이션 하였다.

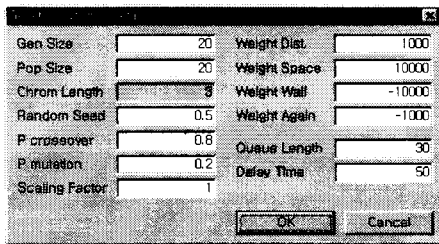


Fig. 5 Variable Setting of Genetic Operator

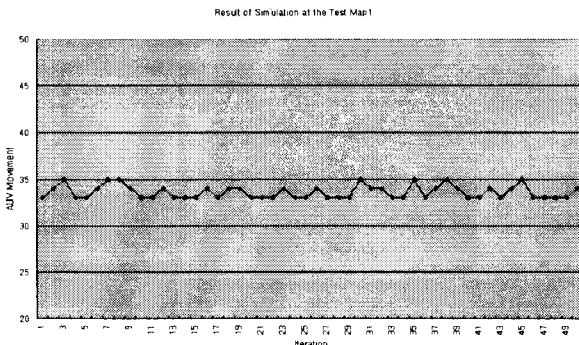


Fig. 6 Result of Simulation at the Test Map1

Fig. 6은 Test Map1을 50회 시뮬레이션 한 결과(33.6회 이동)를 나타낸 것으로, 인위적 탐색절차에 의한 결과(34회 이동)보다 평균적 탐색능력이 높음을 알 수 있다.

Test Map2의 시뮬레이션 결과 또한 'U'타입의 장애물을 4번의 Movement로 탈출하여, 세 방향 폐쇄 장애물에 대한 탐색능력도 높음을 알 수 있다.

4.1.2 해양환경 시뮬레이션

유전연산에 필요한 변수 설정은 테스트 시뮬레이션에서 사용한 수치와 동일하게 입력하였고, Delay time을 설정하여 자율잠수정의 이동패턴을 관찰할 수 있도록 하였다.

Fig. 7은 해양환경을 모방한 Underwater Map을 이용하여 시뮬레이션 하기위한 준비단계를 나타낸다.

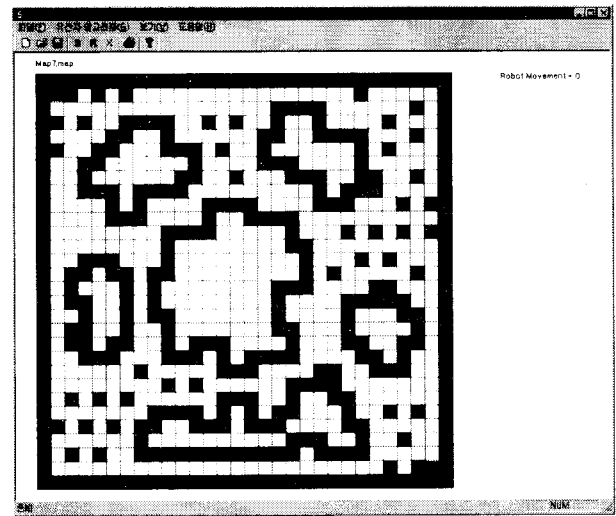


Fig. 7 Simulation at the Underwater Map of Two Dimension

Fig. 8은 Underwater Map에서 50회 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 것이다.

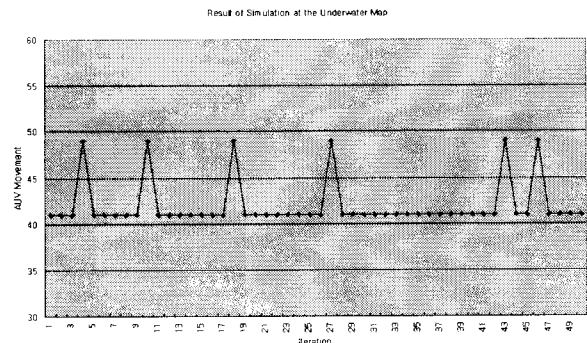


Fig. 8 Result of Simulation at the Underwater Map

시뮬레이션 결과, 자율잠수정이 처음 만나는 장애물로 인해 결정되어지는 방향에 따라 최종 Movement의 차이가 8회 정도 나는 것을 알 수 있었다. 그러나 두 방향에 대한 인위적 탐색절차에서도 동일한 결과를 보여, 본 알고리즘이 안정적으로 탐색을 수행함을 알 수 있었다.

4.2 3차원 환경 시뮬레이션

3차원 환경에서는 Z축의 높이를 고려해야 함으로 적합도 평가에 있어 거리에 대한 요소(X1)를 다음과 같이 수정하였다.

$$X1 = (\sqrt{GridX^2 + GridY^2 + GridZ^2} - \sqrt{(DestX - AwX)^2 + (DestY - AwY)^2 + (DestZ - AwZ)^2}) \times WeightDist$$

※X2와 X3에 대한 2차원 요소를 3차원 요소로 수정하여야 한다.

3차원 해저환경 Map의 크기는 50×30×30으로, i, j, k벡터 순으로 정의되어 있다. 자율잠수정의 실질적인 운동범위는 외곽경계를 제외한 48×28×28(37632 Cell)이다.

4.2.1 테스트 시뮬레이션

2차원에서 사용했던 십자모양의 평면 장애물을 5Cell 높이의 입체 장애물로 재구성 균일하게 배열하였다.

Fig. 9는 십자모양의 입체 장애물 112개를 정의한 것이다.

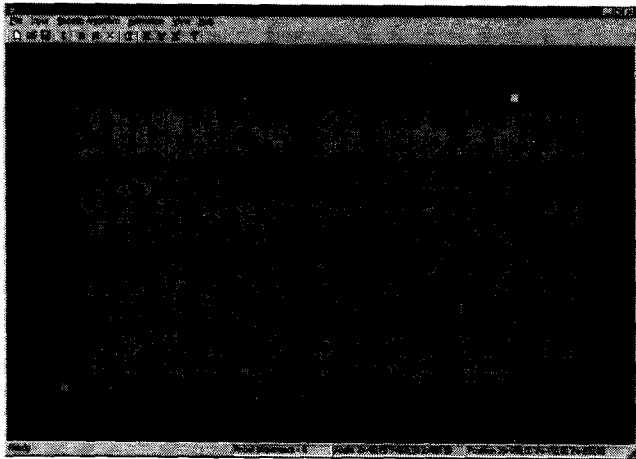


Fig. 9 Simulation at the Test Map of Three Dimension

Fig. 10은 Test Map에서 50회 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 것으로, 3차원 환경에서의 안정적인 탐색을 수행함을 알 수 있다.

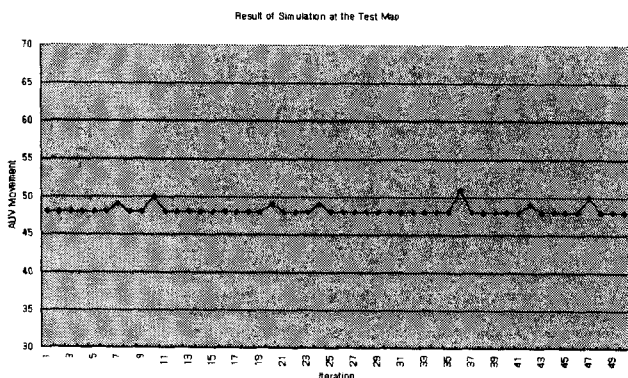


Fig. 10 Result of Simulation at the Test Map of 3D

4.2.2 해양환경 시뮬레이션

두개의 봉우리를 갖는 3차원 해저환경을 재현한 Map으로, 자율잠수정이 탐색을 통해 장애물과 충돌하지 않고 목적지까지의 이동하는 것을 시뮬레이션 한다.

Fig. 11은 3차원 해저환경을 재현한 Underwater Map을 나타낸 것이다.

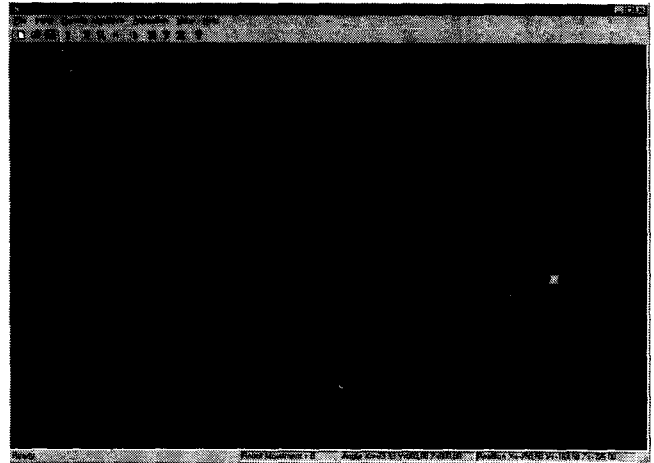


Fig. 11 Simulation at the Underwater Map of Three Dimension

Fig. 12는 Underwater Map에서 50회 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 것으로, 봉우리 형태의 해저환경에서 자율잠수정의 탐색이 매우 안정적임을 알 수 있다.

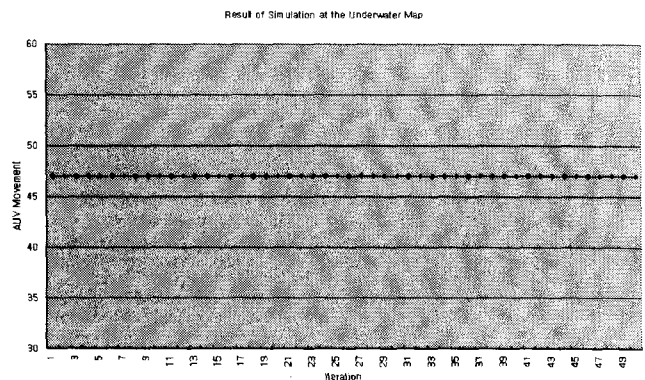


Fig. 12 Result of Simulation at the Underwater Map of 3D

5. 결 론

본 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 자율잠수정의 운동방향을 결정하는 알고리즘을 제시하고 그 성능을 검증하였다. 또한, 2차원 및 3차원 해저환경에서의 잠수정의 자율운동에 대한 시뮬레이션 할 수 있도록 프로그램을 개발하였다.

시뮬레이션 자료를 분석한 결과 넓은 영역을 탐색하기 위해 큐(Queue) 개념의 자기 활동영역 저장 공간을 확보함으로써, 자율잠수정이 특정 환경에서 국부탐색을 반복하여 수행하는 것이 감소됨을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 개발된 자율운동 알고리즘을 바탕으로 반복적인 국부탐색을 유발하는 해저 환경에서의 탈출과 유동 장애물에 대한 충돌회피알고리즘 개발 등과 같은 연구가 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 손남선 외 3명 (2001). "수중운동체의 충돌회피시스템에 대한 연구", 대한조선학회논문집 제38권 제4호, pp 23-29.
- 손남선 외 2명 (2001). "수중운동체의 수직·수평회피를 분리한 충돌회피시스템의 연구", 대한조선학회논문집
- 이판문, 전봉환, 김시문 (2003). "AUV의 수중 도킹을 위한 비주얼-초음파 항법 시스템 설계", 선박해양기술, 제35호
- 김여근 외 2명 (1999), "메타 휴리스틱 - 유전자알고리즘, 시뮬레이티드 어닐링, 타부서치", 영지문화사
- Richard S. Wright and Jr. Michael Sweet (2001), "OpenGL - Second Edition", 인포북
- Mitsuo Gen and Runwei Cheng (1997), "Genetic Algorithms and Engineering Design", John Wiley & Sons
- Lance Chambers (1995), "Practical Handbook of Genetic Algorithms", CRC Press
- David E. Goldberg (1989), "Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning", Addison-Wesley