

## 해양 센서 네트워크에서의 최적경로 타겟 트래킹

김미숙<sup>o</sup> 강태원, 김창화, 김상경

강릉대학교 컴퓨터공학과

mikiss@hanmir.com<sup>o</sup>, {twkang, kch, skkim98}@kangnung.ac.kr

### the Optimized target tracking in Ocean Sensor Network

MiSuk Kim.<sup>o</sup> T.W Kang, C.H Kim, S.K Kim

Kangnung National University

#### 요 약

현재 센서네트워크 분야는 여러 방면에서 이슈가 되고 있다. 해양 센서네트워크는 지상에서의 전파를 사용할 수 없으므로 음향(Acoustic)파를 사용한다. 일정거리만큼만 음파가 도달하는 환경에서 원하는 노드를 찾아가는 최적화 문제는 NP complete한 TSP 문제이다. 최적경로를 찾았을 경우 음파의 에너지 손실 또한 저전력으로 사용된다. 본 논문에서는 최적탐색기법인 유전자알고리즘을 사용하여 목적노드를 찾기 위한 최적경로를 시뮬레이션 해 보았다.

#### 1. 서 론

현재 무선통신이 급격히 발달하고 있는 가운데, 센서의 지능화가 급격히 연구되고 있다. 이러한 무선 센서네트워크는 다양한 분야에서 응용을 하기위해 연구되고 있으며 향후 많은 분야에서 응용 될 것이다. 무선 센서네트워크에 대한 인프라가 기대되는 가운데, 해양에서의 무선통신은 저전력, 저비용을 추구하는 장점을 가진다. 또한, 해양에서의 센서 네트워크는 전파가 아닌 음파(acoustic)를 사용하므로 음파의 강도에 따른 노드 트래킹이 필요하다.

해양 센서 네트워크에서 음파를 사용하여 노드 트래킹을 하는 문제는 음파의 강도에 따라 최적화된 노드를 트래킹 하는 TSP(Travelling Salesman Problem)와 같다. 본 논문에서는 해양 센서네트워크를 구현하기 위해 라우팅테이블에 각 노드간 음파의 강도를 알고 있을 때, 음파강도 정보를 이용하여 최적화된 노드를 트래킹 하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 해양 센서 네트워크에서 통신을 위한 음파강도(CEL:Communication Energy Level)에 대하여 정의하고, 3장에서는 최적화된 노드 트래킹을 위한 유전자 알고리즘의 유전형태의 표현과 유전 연산의 표현방법과 적합도의 타당성에 대하여 논의한다. 4장에서는 이러한 최적화된 노드 검색의 결과를 시뮬레이션을 비교 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

#### 2. 해양 센서 네트워크 통신

1490년 Leonardo da Vinci가 수중에 음파가 존재한다는 사실을 발견한 이래로, 실생활에 응용하려는 시도가 꾸준히 계속되어 왔다. 이러한 시도는 특히 양 세계대전을 전후하여 수중의 목표물을 탐지하려는 군사적인 필요성에 힘입어 큰 발전을 보아왔다.

본 해양 센서네트워크에 관한 연구에서는 이와같은 센서네트워크를 위한 음파의 강도를 다음과 같이 정의하였다.

해양에서 센서는 일정지점에 위치하기가 곤란한 상태이며 또한 해양에서의 다양한 변화에 의해 센서의 위치는 변화할 수 있다. 이러한 점을 고려하여 환경변화에 따른 네트워크 연결을 다시 하여야 한다. 본 연구에서 CEL(Communication Energy Level : 음파강도)은 센서들간의 통신을 위하여 일정거리만큼의 에너지 강도로 주어 네트워크 연결하는 인자로 사용한다. 센서 네트워크에서 각 노드간 통신을 위해서는 CEL을 라우팅 테이블에 저장하고 원하고자 하는 노드를 찾아간다.

목표하고자하는 노드를 찾아가기 위한 방법은 NP complete하며, 라우터를 중심으로 각 노드가 CEL이라는 강도를 가지고 라우팅되는 기법이 최적화 알고리즘인 TSP와 유사함을 볼 수 있다. 이러한 TSP에 적용할 경우 CEL에서는 에너지를 사용하므로 최적 경로를 찾은 경우, 배터리의 양과 더 적은 비용으로 각 노드들을 연결할 수 있다.

#### 3. 최적경로 유전자 알고리즘

유전자알고리즘은 자연선택과 유전에 기초를 둔 일종의 탐색 알고리즘이다[3]. 자연계(system)에 있는 생물의 진화과정에 있어서 어떤 세대(generation)을 형성하는 개체(individual)들의 집합, 즉 개체군(population)중에서 환경에 대한 적합도(fitness)가 높은 확률로 살아남아 재생(reproduction)할 수 있게 되며, 이때 교차(crossover) 및 돌연변이(mutation)로서 다음 세대의 개체군을 형성하게 된다. 유전자알고리즘은 선택, 교차 및 돌연변이라는 세 개의 연산을 포함하는데 이들의 수행은 모두 임의의 성을 포함한다.

##### 3.1 최적경로를 위한 유전형

순회 판매원 문제(TSP: Travelling Salesman Problem)는 n 개의 도시와 도시 사이의 거리가 주어질 때, 판매원이 한 도시에서 시작하여 모든 도시를 순회하여 방문하는 최단 경로를 찾는 문제이다. TSP는 NP complete 라고 하며, 실용적인 시간 내에 최적해를 찾아내는 방법이다[2,4].

본 해양센서네트워크에서의 최적경로는 각 노드에 사용되는 CEL의 크기에 따라 최적경로를 선택할 수 있으므로, 유전자알고리즘을 적용하기 위한 유전형은 시작노드와 목적노드의 ID를 주어 시작노드에서 목적노드로 가기 위한 노드의 경로(path)로 정의하였다. 최적경로를 위한 유전형은 다음과 같다[그림1].



[그림1] 해양 센서네트워크의 최적경로 유전형

처음 시작하고자 하는 노드와 목적노드를 주어 CEL 크기에 따른 최적경로를 찾는 TSP에 적용하였으며, 유전형의 길이는 전체노드를 탐색하는 고정길이를 사용하였다.

### 3.2 최적경로를 위한 유전연산자 및 적합도

유전자알고리즘을 적용할 때 사용하는 진화 연산자 즉, 교차와 돌연변이로 대표되는 유전연산자 및 선택연산자의 종류는 매우 다양하며, 각각의 방법은 나름대로의 특징을 갖는다[5,6,7]. 이 문제에서는 TSP문제에서와 같이 한 개체의 유전자 값은 유전형 내에 두 번 이상 나올 수 없다. 따라서 일반적인 교차 연산을 수행하지 않고 부분사상교차(PMX: Partially Mapped Crossover)등과 같이 교차 연산 후에 새롭게 생겨난 자식 개체 역시 정당한 연산을 수행하는 방법을 사용하였다.

돌연변이 연산을 적용하는 경우도, 어떤 방법을 사용해도 무관하나 돌연변이 후의 결과가 항상 정당한 경로가 되는 연산자를 사용해야 한다. 본 논문에서는 임의의 두 유전자를 교환하는 치환방법을 사용하였다.

해양 센서네트워크에서 최적경로는 CEL 크기의 합이 작고 에너지 손실을 적게 할 수 있는 경로를 선택하는 문제이다.

$$f_{(fitness)} = \min\left(\sum_{n=0}^{n-1} nodeID(nCEL)\right)$$

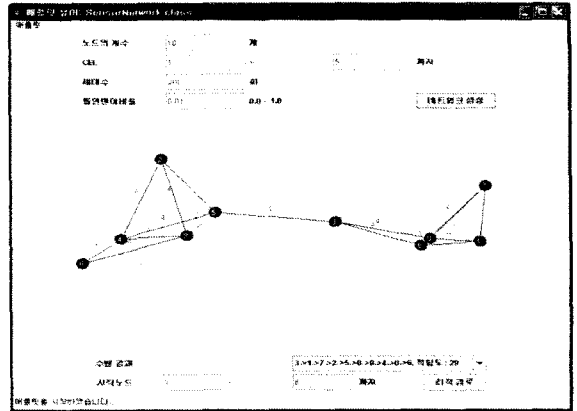
이를 위한 적합도는 목적노드에 도달하는 동안 사용되는 CEL의 크기를 사용하였다. 즉, 적합도 평가를 위한 방법으로 최적경로인 각 노드의 CEL의 합이 가장 작은 경로를 사용하였다.

### 4. 시뮬레이션 결과

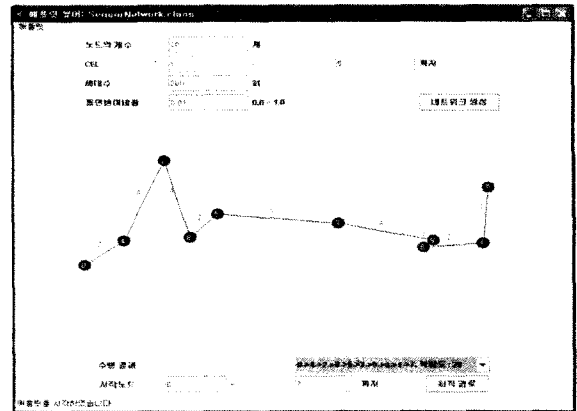
최적경로를 찾기 위한 시뮬레이션은 먼저 노드가 해양에 랜덤하게 뿌려진다는 전제하에 랜덤하게 노드의 위치

를 바꾸어 보았으며, 각 노드간의 CEL강도를 1-5까지 주어 노드가 고아노드(orphan node)가 되는 경우도 가정하여 보았다. CEL 강도는 노드의 거리와 물속에서의 굴절과 산란을 고려하여 임의적인 변경을 고려하였다.

각 노드의 개수별 네트워크 형성의 초기 화면과 CEL 강도에 따른 최적경로를 찾았을 경우의 경로를 보면 다음과 같다[그림2-6].



[그림2] 노드가 10개인 경우의 네트워크

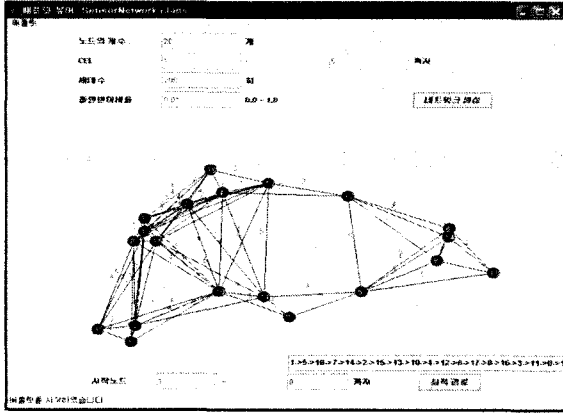


[그림3] 노드가 10개인 경우의 최적경로

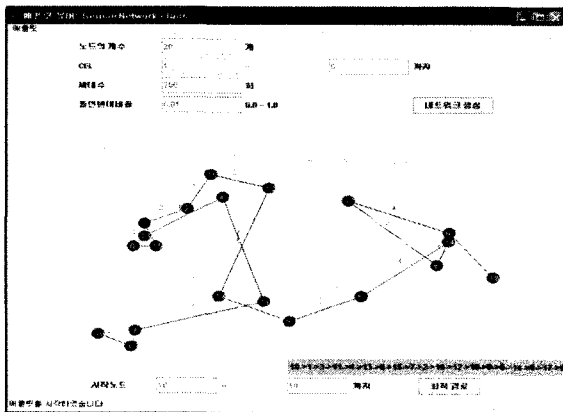
[그림2]는 10개 노드를 사용한 경우, 임의의 네트워크의 구성이며, 각 노드들간의 통신가능도를 CEL강도 1-5까지로 표현하였다. [그림2]에서 0번 노드에서 7번 노드로 가는 최적경로를 찾고자 할 때, CEL의 크기를 고려한 최적경로는 [그림3]과 같다. [그림2]의 네트워크에서, 세대수 200, 돌연변이 확률을 0.01을 적용한 경우 적합도는 28이다.

해양 센서네트워크 환경에 따라 20개 노드를 사용한 경우 임의의 네트워크의 구성은 [그림4]와 같다. 노드의 개수가 많을수록 목적노드를 찾기 위한 경로는 기하급수적으로 많아진다. 이러한 경우, 최적경로를 찾는 문제는 저비용, 저전력을 위해 더 우선시 된다고 볼 수 있다.

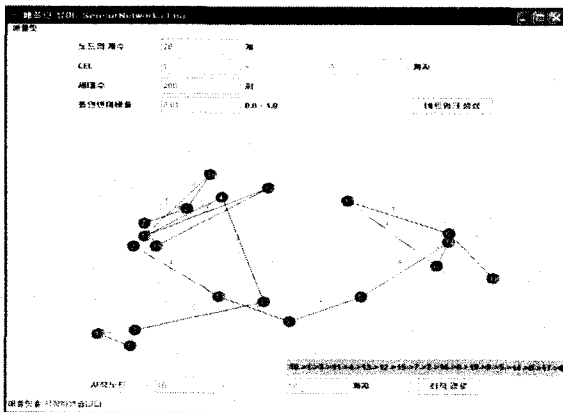
[그림4]의 임의의 네트워크에서 유전자알고리즘을 적용하여 CEL크기를 고려한 최적경로는 [그림5,6]과 같다.



[그림 4] 노드가 20개인 경우의 네트워크



[그림 5] 노드가 20개인 경우의 최적경로1



[그림 6] 노드가 20개인 경우의 최적경로2

20개의 노드 중 10번 노드에서 18번노드를 찾기위한 방법은 노드 20개를 사용한 경우, 20!과 같은 경우의 수를 생성할 수 있다. 이러한 최적경로 탐색에서 유전자알고리즘을 적용하여 생성한 최적경로 중 [그림5,6]에 2가지 경우를 탐색하였다. [그림5]의 CEL의 합은 57이고, [그림6]의 CEL의 합은 63이다. 이와 같이 유전자알고리즘의 임의성을 포함한 최적경로는 적자생존에 의해 선택할 수 있다.

이러한 최적경로는 노드에서 노드간 통신을 위한 CEL 강도에 쓰이는 음압뿐만 아니라 노드와 노드를 연결하기 위한 링크마진의 에너지손실에도 많은 영향을 미친다. "중심주파수 50KHz, 전송 속도 10Kbps, 전달거리 1.5Km QPSK 전송의 경우에 풍속 5knot 이하의 해상 상태에서 송신 음압 레벨이 190 dB이면 링크 마진이 5dB이 소요된다[1]"는 논문에 근거하여 노드 20개인 경우의 임의의 네트워크에서는 최적경로를 찾아가는 CEL의 합이외에 최대 500dB의 링크마진을 위한 에너지 손실이 예상되나, 최적경로에 의한 경우 285~315dB까지의 링크마진을 위한 손실이 예상된다.

## 5. 결론

해양 센서네트워크는 저전력, 저비용의 장점을 가지는 것을 특징으로 한다. 위와같이 해양에서 음파를 사용하고자 할 때 음파의 강도를 사용한 최적 경로를 찾는 것은 센서네트워크의 저전력, 저비용의 기대에 수렴된다고 볼 수 있다.

본 논문은 해양 센서네트워크에서 음파를 사용할 경우 음파에너지를 가장 적게 사용할 수 있는 최적경로에 대하여 유전자알고리즘을 적용하여 시뮬레이션 해 보았다. 시뮬레이션 결과, 임의의 네트워크 환경인 노드 20개인 경우, 유전자알고리즘을 사용한 최적경로는 CEL이 합이 57또는 63인 경우를 볼 수 있으며 이때, 음파의 링크마진을 고려하였을 때 최소 285dB정도가 더 사용된다. 이러한 시뮬레이션은 센서네트워크의 저전력을 목표로 하는데 기여할 수 있다.

향후, 센서네트워크의 해양에서의 환경변화에 따른 인자들을 더 고려하여 최적경로를 찾을 수 있을 것이며, 또한 네트워크 통신에서 브로드캐스트 할 경우, 최적경로를 찾기 위한 방법으로 병렬유전자알고리즘을 적용할 수 있을 것이다.

## 6. 참고문헌

- [1] 최영철, 김시문, 임용근, "수중음향통신을 위한 링크 예산 수립에 관한 연구", 선박해양기술 제40호, 2005년 11월.
- [2] 한확웅, "패턴인식 개론: MATLAB 실습을 통한 입체적 학습", 한빛미디어, p402-435.
- [3] David B.Fogel, Lawrence J.Fogel, "An Introduction to Evolutionary Programming", Natural Selection Inc.
- [4]. Goldberg.D.E. and Lige, R.Jr., "Alleles, Loci and the Traveling Salesman Problem", Proc.1st. ICGA, 1985.

- [5]. Hancock, Selection Methods for Evolutionary Algorithms, in Practical Handbook of Genetic Algorithms Vol.2, pp.67-92, 1995.
- [6]. Jose L.Ribeiro Filho, Philip C.Treleaven Cesare Alippi, " Genetic - Algorithm Programming Environments",IEEE Computer, pp.28-43, June1994.
- [7]. Melanie Mitchell, Stephanie Forrest, "Genetic Algorithms and Artificial Life", The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, pp.267-289,1995.