

MANET 상의 로봇과 휴대 단말을 통한 인명 구조를 위한 효과적인 시스템

이재석*, 양성봉*

*연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail : lejasu@lge.com, yang@cs.yonsei.ac.kr

An Effective Rescue System using Multi-robots and Mobile Phones on MANET

Jae-Suk Lee*, Sung-Bong Yang*

*Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

본 논문에서는 휴대 단말을 소지한 사용자가 재난 발생시 구조자로부터 접근이 용이하지 않을 때, 구조자 대신 인명을 찾는 다수의 로봇이 효율적인 탐색을 할 수 있도록 target space(재난 발생 영역)를 각 노드의 통신 범위를 기반으로 셀 단위로 분할한다. 각 노드가 동일한 방향으로 탐색하는 비효율성을 개선하기 위해 셀에서 방향을 설정해 각 노드가 탐색하며, 여러 셀을 묶어 노드들의 탐색범위를 분할하는 방법을 제안한다. 탐색에 참여하는 노드들의 협동 방법으로는 모바일 환경에서의 효율적인 Peer-to-Peer 시스템으로 제안된 double-layered topology 를 기반으로 노드들을 구성하여 super peer 를 통해 맵 정보, 장애물정보, 위험지역 정보를 구조자의 요청에 따라 응답하여 인명을 구조하는 방법을 제안한다.

1. 서론

최근 휴대 단말의 기능은 통화라는 본래의 기능 외에 방송, 네비게이션, 인터넷 기능 등 컨버전스 현상이 가속화 되고 있다. 특히 건물의 붕괴, 화재 등의 재난 상황에서 휴대 단말을 사용하고 있는 사용자가 고립되고, 위험 상황에서 다수의 로봇들이 구조자를 대신하여 고립된 사용자를 찾고 이를 이용하여 구조하는 방법들이 제안되고 있다[3].

본 논문은 이러한 위급 상황에서 로봇들을 이용하여 효과적으로 네트워크를 긴급히 구축하고 구조자를 구조하는 방법에 대해 살펴본다. 이 방법은 크게 세 가지로 나누어 진다. 첫째는 긴급 네트워크 구축을 위해 MANET(Mobile Ad hoc Network)을 활용한다. MANET 은 초기에 군사적 목적으로 개발된 네트워크 구축 방식으로 각 모바일 노드가 라우터 역할을 수행하여 별도의 장비 없이 무선 통신 네트워크를 구축할 수 있다[6]. 둘째는 다수의 로봇이 협력적으로 탐색을 수행하는 방법이다. 최근 로봇을 이용한 미로탐색 방식은 다수의 로봇들을 이용하여 협력적으로 미로를 탐색하는 방식으로 발전하고 있다[4]. 본 논문에서는 재난 환경에서 빠르고 효과적으로 긴급 노드를 찾고 구조할 수 있는 시스템을 제안한다. 마지막으로 노드들의 협력적인 탐색을 위해서는 정보를 효율적으로 교환하는 방안이 필요하다. 이를 위해 기존에 네트워크 패킷 감소를 위해 기 연구된 peer-to-peer (P2P) system [1][2]을 이용 한다. 이러한 방식으로 모바일 로봇의 활동시간을 연장하고 빠른 정보전달 할 수 있다.

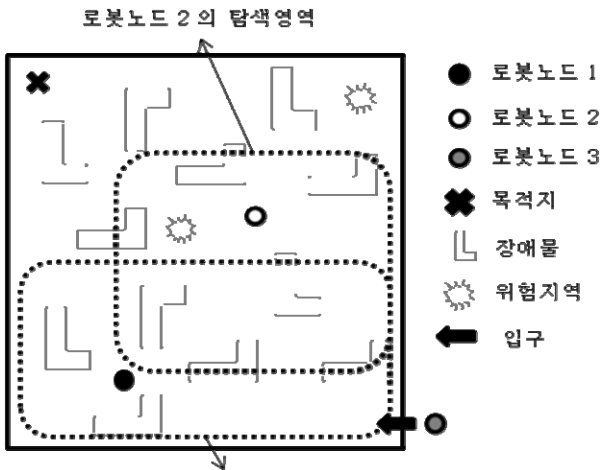
본 논문에서는 이러한 이슈들에 대해 각각 살펴보고 다수의 로봇을 이용한 효과적인 경로 탐색 방법을 제안 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 다수의 로봇으로 경로 탐색을 할 경우의 문제점과 관련된 연구에 대해서 살펴보고, 3 장에서 긴급 노드를 탐색하는 분산적인 방식을 제안한다. 그리고 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

특정 미지의 영역에 대한 탐색은 최대한 많은 영역을 탐색하여 최단 경로를 구하는 것이 최선의 방법이며, 다수의 로봇에 의한 탐색은 각 로봇이 상이한 영역을 탐색하여 정보를 교환, 가능한 빠른 시간에 전체 정보를 획득할 수 있도록 협동하는 것이 최적의 방법이다. 탐색이 중복되지 않도록 하는 정책 없이 여러 로봇이 탐색을 하는 경우 이미 탐색한 영역을 다시 탐색하는 비효율성이 존재하게 된다.

(그림 1)은 이러한 예를 보여준다. 로봇 노드 1 탐색 영역은 로봇 노드 2 의 탐색영역과 상당부분이 중복되어 비효율적이고, 계속해서 로봇 노드 3 을 투입하여도 탐색 영역이 중복될 가능성이 높다.



(그림 1) 일반적인 여러 로봇의 탐색과정

이러한 비효율성을 극복하고자 많은 연구가 이루어졌고, 다음과 같은 방법이 제안되었다[3].

입구를 통해 투입된 로봇 노드들은 삼각형 형태의 셀을 만들어 가면서 영역을 확장한다. 이를 dynamic triangulation method 라 하며 만들어진 삼각형 형태의 셀은 새로 투입된 노드에게 셀내의 장애물 위치 등의 정보를 제공하며, 새로운 노드는 영역 확장을 위해 삼각형 형태의 중계역할을 수행하거나 기존 셀을 통한 정보를 통해 목적지까지 임무를 수행하게 된다. 이러한 방법도 넓은 영역을 포함하지만, 너무 많은 로봇 수가 요구되고, 구축속도 지연이 예상된다.

3. 제안하는 시스템

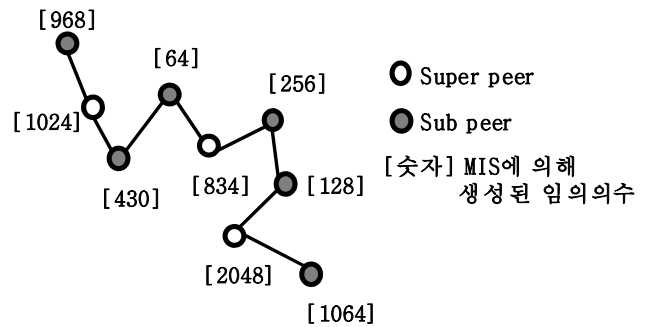
본 논문에서는 중복 탐색영역의 가능성을 줄이기 위해 통신영역의 셀로 전체 영역을 구분하고, 셀 영역을 방향이 설정된 노드들이 탐색하는 구획으로 묶어서 전체 영역을 분할 탐색하도록 한다. 분할된 구획은 셀 단위로 방향이 설정된 노드들이 탐색을 담당하고 전체 영역은 노드의 네트워크 기능에 의해 취합되게 된다. 각 탐색된 노드가 효과적으로 중요한 정보(재난 영역의 맵 정보, 장애물 정보, 위험지역 정보)를 교환하기 위해 2 계층 P2P 시스템인 MIS(maximal Independent Set) system[1] [2]을 활용한다.

이는 기존의 대표적인 P2P 인 ORION(Optimized Routing Independent Overlay)[1] [2]의 flooding 방식을 개선한 방식이다. Flooding 방식은 자신에게 연결된 모든 peer 에게 메시지를 보내는데, 이는 broadcast 방식을 사용함으로써 network traffic 이 많아질 수 밖에 없는 단점을 가지고 있다.

MIS system 은 이를 개선하기 위해 특정 peer 에게 보내는 방식으로, 기존의 모든 peer 들이 동일한 계층에 있는 반면, MIS 방식은 peer 들을 단일 계층이 아닌 주위 peer 들을 관리하는 super peer 들과 super peer 에 의해 관리되는 sub-peer 의 2 계층으로 나눈다. super peer 는 자신이 관리하는 sub-peer 들의 모든 정보를 가지고 있기 때문에 정보 요청 시 super peer 에게 요청하기만 하면 되고, 각 super peer 를 통해서 관리되는

sub-peer 의 정보를 얻을 수가 있다. MIS 는 각 peer 가 임의의 수를 선정하며 통신 범의 peer 들과 비교하여 자신의수가 큰 peer 가 super peer 로 선정한다. (그림 2)는 MIS 방식을 통해 계층화된 peer 들의 결과를 보여준다.

본 논문에서는 이를 이용하여, 노드들이 앞에서 언급한 셀 구획 단위로 탐색하는 중 통신 범위에 들어왔을 경우 MIS 방식을 통해 계층화 되고, 선정된 super peer 는 자신이 관리하게 되는 sub-peer 노드들의 맵 정보 등을 취합하게 된다. 이렇게 구성된 topology 를 통해 구조자는 super peer 를 통해 정보를 요청하고 응답 받아 목적지까지 찾아 갈 수 있도록 한다.



(그림 2) MIS 를 이용한 peer 들의 계층화

3.1 용어에 대한 정의

본 논문에서 제안한 방식을 설명하기 위해 정의한 용어는 표 1 과 같다.

<표 1> 용어에 대한 정의

용어	정의	표시
셀	탐색영역의 노드통신 영역내 단위	□
섹션	Target space를 분할한 cell로 이루어진 노드들이 탐색 할 영역	□
긴급 노드	재난 상황의 건물내의 사람	Ⓜ
로봇 노드	협력적으로 재난 상황의 건물내에서 찾는 로봇	Ⓜ
마스터 노드	목적지를 찾은 로봇 노드	Ⓜ
중계 노드	구조자가 경로를 찾을 수 있도록 중계 역할을 수행하는 노드	Ⓜ
휴먼 노드	구조자 노드	Ⓜ
	각 노드의 통신 범위	○

3.2 시나리오 및 탐색 알고리즘

본 논문에서는 모바일 로봇들이 피구조자를 찾아내고 피구조자로부터 구조자까지의 최단 경로 네트워크를 구축하는 시나리오를 다음과 같은 가정을 한다.

- 1) 목적지는 재난 발생 건물내의 인명이다.
- 2) 피구조자는 모바일 기기를 긴급모드로 변경할 수 있으며, 이때 피구조자는 구축되는 MANET 네트워크에서 긴급 노드로 설정된다.
- 3) 로봇의 위치를 측위하는 시스템은 구현되어 있다고 가정한다.
- 4) 구조지역의 맵의 크기는 미리 알고 있다고 가정한다.

본 논문에서 제안하는 탐색 방법은 모바일 노드의 이동방향을 고려하여 로봇을 최대한 분산시킴으로써 맵 정보를 최대한 빠르게 얻을 수 있도록 한다. 탐색 알고리즘은 다음과 같으며 3.3 절에서 이를 기반한 제안 방법을 설명을 한다.

//Input: 맵의 크기, 로봇의 진입위치, 로봇의 개수
 //Output: 피구조자의 위치, 구조자로부터 피구조자의 MANET 네트워크

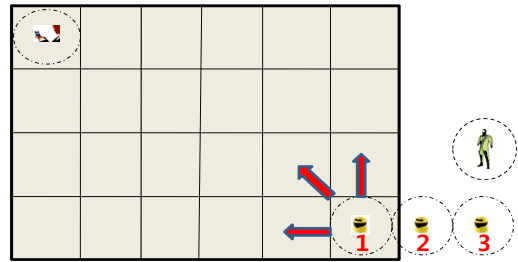
```

1. 맵을 균일하게 분할하고 로봇에 맵 정보를 입력한다.
2. 로봇 초기 위치 설정
for (i = 0; i<로봇개수;i++)
{
    2.1 if (투입지점 셀인 경우)
    {
        로봇 i를 주변의 이동하지 않은 셀로 진행 방향을 설정한다;
        로봇 i+1에게 진행 방향을 알린다;
        탐색을 진행한다;
    }
    2.2 else
    {
        투입된 로봇의 예상 이동 셀 정보를 바탕으로 새로운 색선으로 진행시킨다;
        로봇 i+1에게 진행 방향을 알린다;
    }
}
3. 탐색하기 및 MANET 구성
while (긴급 노드를 찾을 때까지)
{
    3.1 if (장애물을 만났을 경우)
        맵 정보, 위험지역정보, 장애물 정보를 저장한다;
    3.2 else if (다른 노드를 만났을 경우)
    {
        MANET을 구성하고, 정보를 교환한다. 예상 이동경로를 받아, 방문 하지 않은 갈 수 있는 지역 중 예상 이동경로가 아닌 곳을 목표로 이동한다;
        설정된 진행방향으로 로봇을 이동시킨다;
    }
}
4. 주변 노드에게 긴급 노드를 찾았음을 알리고, 구조자와 피구조자 사이의 최단경로로 이동하여 네트워크를 구축한다;
    
```

3.3 제안 방법

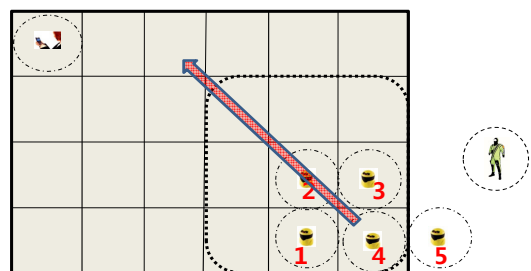
(과정 1) 셀 분할 및 방향 설정 (그림 3) : 알고리즘 1, 2 에서 수행된다. 탐색하고자 하는 건물의 면적을 알 수가 있기 때문에 탐색 효율을 위해 전체 면적을

통신 영역의 탐색 정보를 취합할 수 있는 단위인 셀 단위로 나눈다. 같은 방향으로 탐색을 할 경우 탐색 영역 중복으로 탐색 효율이 떨어짐으로 투입 시 방향을 결정하고, 다음 노드에게 방향을 알린다. 로봇 노드 1 은 로봇 노드 2 에게 진행 방향을 알리고, 탐색을 시작한다. 같은 방법으로 로봇 노드 2 도 탐색 방향을 로봇 노드 3 에게 알리고 탐색을 시작한다.



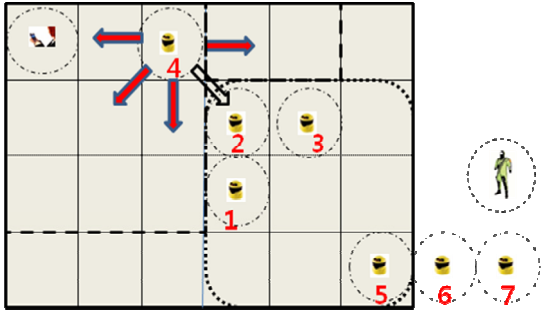
(그림 3) 셀 분할 및 방향 설정

(과정 2) 색선의 형성(그림 4) : 알고리즘 2.2 에서 수행되며, 각 방향으로 로봇 노드 1,2,3 이 탐색을 진행하고, 시작 셀 다음 셀 영역은 시작된 로봇 노드에 의해 탐색될 가능성이 많고, 투입된 로봇 노드 1,2,3 의 탐색영역 설정을 위해 탐색 방향을 알고 있는 로봇 노드 4 는 다음 색선에서 탐색을 시작하고 로봇 노드 5 에게 방향을 알린다. 색선의 확장은 전체 면적을 분할 탐색하는 과정으로 전체 면적이 예시의 경우보다 클 경우는 각 색선의 모서리에 추가로 로봇 노드를 투입하여 확산과정을 거치고, 전체 면적을 구성하게 된다. 즉, 전체 면적을 방향 설정된 로봇 노드로 분할 정복하게 된다. 색선확산은 규칙성을 가질 수 있기 때문에 로봇 노드의 탐색 능력을 고려하여 면적이 주어지면 로봇 노드의 투입 개수도 계산할 수 있다.



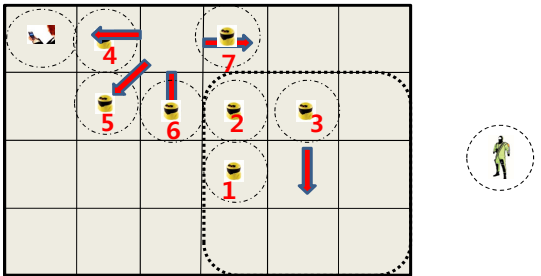
(그림 4) 색선의 형성

(과정 3) 두 번째 색선에서의 방향설정(그림 5): 알고리즘 2 에서 수행되며, 새로운 색선에서 로봇 노드 4 가 갈 수 있는 방향으로 다음 로봇 노드 5,6,7 을 알고리즘 1, 2 의 방법으로 투입한다. 이때 빈 화살표 방향은 이전 색선으로 기 투입된 로봇 노드에 의해 탐색될 영역으로 탐색하지 않는다.



(그림 5) 두 번째 섹션에서의 방향설정

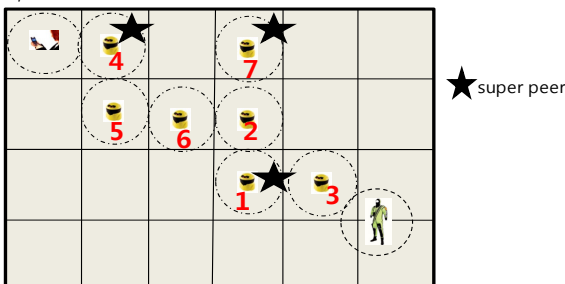
(과정 4) 두 번째 섹션에서의 로봇 노드 배치(그림 6): 알고리즘 2.1 에서 수행되며, 새로운 섹션은 로봇 노드 4, 5, 6, 7 의 투입으로 형성되고, 로봇 노드 4, 5, 6, 7 은 설정된 방향으로 탐색을 시작한다.



(그림 6) 두 번째 섹션에서의 로봇 노드 배치

(과정 5) 각 노드의 계층화 (그림 7): 알고리즘 3, 4 에서 수행되며, 긴급 노드를 찾은 노드는((그림 7)에서 로봇 노드 4) 탐색을 중지하고 마스터 노드가 되며, 주변 통신 범위에 있는 노드의 super peer 를 통해 탐색 중지를 알리며, 나머지 로봇 노드는 중계 노드가 된다. 계층화된 구조에서 super peer 는 sub-peer 가 탐색한 맵 정보, 위험지역정보, 장애물 정보를 취합한다. sub-peer 를 만나는 경우는 각 super peer 사이의 정보를 취합한다.

탐색 중지 상태에서 입구와 가장 가까운 경로에 있는 노드를 입구로 배치하기 위해 super peer 에게 sub-peer 의 경로와 통신 셀 거리를 요청하고 해당 노드를 이동한다.((그림 6)의 로봇 노드 3) 휴먼 노드는 sub-peer 를 통해 super peer 에게 취합된 정보를 요청하고, 받은 정보를 활용하여 최단 경로로 긴급 노드로 접근한다. 각 맵 정보는 super peer 가 취합해서 가지고 있으므로 휴먼 노드는 경로를 따라 가면서 sub-peer 혹은 super peer 를 통해 정보를 요청 받을 수 있다.



(그림 7) 로봇 노드들의 계층화

4. 결론 및 향후연구

본 논문은 재난 상황에서 다중 로봇의 탐색을 한 로봇의 탐색 단위인 셀과 여러 투입된 로봇의 탐색단위인 섹션으로 나누어 전체 탐색영역을 방향을 설정하여 분할 탐색 하도록 하였고, 탐색 중 각 다중 로봇의 협력적 방법과 구조자가 찾아갈 수 있는 topology 구성 방법으로 2 계층 P2P 시스템의 MIS 방식을 적용하였다. 이 방법을 적용함으로써 전체 탐색영역을 효과적으로 로봇이 분할하여 탐색할 수 있고, 나누어진 탐색 영역에 대해 협력적인 탐색을 함으로써 보다 빠르게 원하는 목적지 및 경로를 탐색할 수 있다. 향후 이를 검증하기 위한 다양한 실험을 진행하고, 더 나아가 전체 탐색 영역의 크기에 따른 적절한 로봇의 개수, 제안된 방안을 기반으로 전체 탐색 영역의 크기, 장애물 개수 등에 따른 실험과 효과적으로 전체 영역으로 섹션을 확산하는 방법, 서로 다른 센서 및 능력을 가진 로봇이 투입되는 경우에 대해서 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] Jun-Suk Han, Jin-Woo Song, Kwang-Jo Lee, and Sung-Bong Yang, "Mobile Peer-to-Peer System using Super Peers for Mobile Environments", *The International Conference on Information Networking 2008*, January 2008.
- [2] 한정석, 이광조, 송진우, 양성봉, "분산 네트워크 환경에서 Super Peer 를 이용한 Mobile Peer-to-Peer system", *한국정보처리학회 춘계학술대회*, November 2007.
- [3] Witkowski, U, El-habbal, M, Herbrechtsmeier S, Tanoto A, Penders J, Alboul L, Gazi V, "Ad-hoc network communication infrastructure for multi-robot systems in disaster scenarios", *IARP/EURON Workshop on Robotics for Risky Interventions and Environmental Surveillance*, January 2008.
- [4] 정진홍, 김성륜, "다중홉 통신 기법을 활용한 네트워크 로봇의 협력적 경로 탐색", *한국통신학회*, November 2008.
- [5] Yu-Kwong Ricky Kwok Vincent K.N.Lau "Wireless Internet and Mobile Computing", *WILEY press* 2007.
- [6] Imrich Chlamtac, Marco Conti, and Jennifer J Liu "Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges", *Ad Hoc Networks*, July 2003.