

이동성과 차수를 고려한 Ad hoc 네트워크 클러스터링

왕기철, 조기환
전북대학교 컴퓨터 통계정보학과

An ad hoc Network Clustering Scheme with Consideration of Host Mobility and Connection Degree

Gicheol Wang, Gihwan Cho
Dept. of Computer Science, Chonbuk Nat'l University
E-mail : {gcwang, ghcho}@dcs.chonbuk.ac.kr

요약

Ad hoc 네트워크에서 클러스터 구성은 채널의 효율적 사용, 제어메시지의 교환부하 감소, 이동성 관리 용이, 그리고 QoS라우팅 지원등의 이점이 있다. 이런 이유로 인해 클러스터 구조는 자주 변경되지 않아야 하고, 노드의 이동성을 반영하여 클러스터를 구성하여야 한다. 그러나 기존의 클러스터 구성에 관한 연구에서는 노드의 이동성을 고려하지 않고 있으며, 이동성을 고려하는 경우에는 이동속도만을 고려하여 클러스터를 구성함으로써 클러스터의 잦은 변경을 유발한다. 이에 본 논문은 단위 시간당 클러스터 변경 횟수, 현재 클러스터에 체류한시간, 그리고 평균적으로 클러스터에 체류한 시간을 이용하여 이동성을 고려한다. 또한 라우팅 효율성을 위해, 차수도 고려하여 클러스터를 구성한다. 그리고 클러스터 구성절차의 적절한 수행횟수를 보장하기 위하여 LCC[4]의 수정된 클러스터 구조 유지전략을 제공한다.

1. 서론

무선 네트워크는 움직이는 사용자들에게 자신의 위치에 상관없이 정보를 접근하고 상호 통신을 가능케 하는 서비스를 제공한다. 기존의 무선 네트워크는 대부분 기지국이나 AP와 같은 유선의 기반구조를 이용하여 단말들에게 서비스하고 있다. 이동단말은 오로지 기지국이나 AP에만 접근하면 통신이 가능하기 때문에, 이러한 네트워크를 단일 흡(single hop)네트워크라 한다. 기존의 이동통신망이나 무선 랜이 이러한 형태의 서비스를 제공한다.

반면에 Ad hoc 네트워크는 기반구조를 설치할 수 없는 곳에서, 임시 특정의(ad hoc) 단말들끼리 서로의 도움으로 정보 서비스를 받는 특별한 형태이다. Ad hoc 네트워크에서 이동단말은 다른 이동단말들의 도움을 기반으로 통신하기 때문에 다중 흡(multi hop)네트워크라 한다. 화재나 지진과 같은 재난상황에서 그리고 전쟁터와 같은 곳에서는, 기지국을 설치

할 겨를이 없기 때문에 이러한 형태의 정보서비스 제공은 아주 유용하다.

Ad hoc 네트워크에서 이동호스트들을 그룹으로 묶어 관리하면 여러 가지 이점이 있다. 여러 채널을 효율적으로 사용할 수 있고, 네트워크의 지역동기화 설정이 용이해지며, 제어메시지의 교환부하 감소 및 이동성 관리가 용이해진다[1]. 또한 멀티미디어 서비스를 위한 QoS라우팅을 가능하게 한다[5]. 이렇게 이동호스트들을 그룹화 하는 것을 클러스터 구성이라 한다. 임의의 노드는 누구나 클러스터 헤드가 될 수 있고, 클러스터 헤드의 이웃에 있는 노드들은 가장 가까운 클러스터 헤드의 멤버가 된다. 클러스터 헤드는 네트워크의 위상을 유지하고, 자신의 클러스터에 속한 멤버들에게 자원을 할당해주며, 코드를 스케줄링(CDMA)하고 라우팅을 수행한다.

Ad hoc 네트워크에서 노드들은 이동하기 때문에 클러스터 헤드는 변경되기 쉽다. 그리고 클러스터 헤

드의 잦은 변경은 네트워크의 성능저하로 연결된다. 따라서 클러스터를 구성할 때 이동성(mobility)은 아주 중요한 고려요소가 된다. 또한 클러스터 헤드를 선정할 때 노드의 차수(degree)를 고려하지 않으면 전체 네트워크의 클러스터수가 많아진다. 클러스터 수가 많아지면 라우팅 경로는 길어지게 된다. 따라서 노드의 차수 또한 클러스터 구성시의 중요한 고려요소가 된다.

본 논문에서는 노드들의 이동에 잘 대처하면서도, 라우팅 효율을 위해 차수를 고려하는 클러스터 구성 방법을 제안한다. 또한 참고문헌 [4]에서 제안하는 LCC(Least Clusterhead Change)방법을 수정한 클러스터 구조 유지전략을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 클러스터 구성과 클러스터 구조 유지에 관한 기준 연구들의 특성과 문제점을 간단히 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 클러스터 구성 방법과 클러스터 구조 유지 전략을 소개한다. 4장에서는 기준의 방법과 비교 및 분석을 하고 5장에서는 결론을 내린다.

2. 관련연구

일반적으로 가장 널리 알려진 단순한 클러스터 구성방법은 LIDCP[3]와 HCCP[3]이다. 먼저 LIDCP는 이웃하는 노드들간의 ID를 기준으로 ID가 낮은 노드가 클러스터 헤드가 되는 방법이다. HCCP는 이웃하는 노드들간에 차수를 교환하고 차수가 높은 노드가 클러스터 헤드가 되는 방법이다. 두 방법 모두 비교 기준이 동등할때는 ID가 낮은 노드가 우선순위를 가진다. LIDCP는 노드들의 차수를 고려하지 않으므로 라우팅 경로가 길어진다. HCCP는 노드의 이동으로 인한 차수의 감소효과로 잦은 클러스터 헤드 변경이 일어난다. 또한 두 방법은 주기적인 제어정보(ID 또는 차수)교환을 필요로 한다.

참고문헌 [4]에서는, 클러스터 헤드의 빈번한 변경을 피하기 위해, LCC(Least Clusterhead Change)방법을 제안하였다. LCC방법은 클러스터 헤드의 이동으로 인한 클러스터 헤드간의 경합이 발생하거나 기존 클러스터들의 영역외로 이동한 경우에만 클러스터 헤드의 변경을 허용한다. 그리고 초기에 전체 네트워크가 클러스터로 구성되면 그 이후에는 전체 네트워크를 다시 클러스터 구성하지 않는다. 따라서 라우팅 경로가 길어지고 채널이용이 비효율적으로 된다.

DCA[2]는 노드의 이동성(mobility)을 고려하여 클러스터 헤드를 선정하기 위해 노드의 이동속도를 비교 기준으로 설정했다. DCA는 이웃노드들간에 이동속도

를 교환하여 이동속도가 가장 낮은 노드를 클러스터 헤드로 선정한다. 그러나 DCA는 차수를 고려하지 않으므로 라우팅 경로를 길어지게 한다. 또한 이동성에 관한 기준으로 이동속도만을 설정하였다.

WCA[1]에서는 클러스터 헤드를 선정하기 위한 기준을 다양화 시켰다. WCA에서 고려하는 기준들은 차수, 전송전력, 이동속도, 그리고 단말의 배터리 전력이다. 이 기준값들에 가중치를 곱한 후에 더하면, 전체 기준값이 되고, 전체 기준값을 기준으로 클러스터를 선정한다. WCA는 네트워크의 용용에 따라 기준값들에 다른 가중치를 부여할수 있으므로, 다양한 용용을 가능케 하는 융통성을 제공해준다. 그러나 WCA 또한 라우팅 경로가 길어질수 있으며 DCA처럼 이동성을 이동속도로만 설정하였다.

기존의 연구들은 클러스터를 구성할 때 이동성을 고려하지 않거나, 이동성을 고려한 경우라도 노드들의 이동속도만을 고려하였다. 그러나 이동속도만으로는 노드들의 이동성을 정확히 표현할수 없다. 또한 노드의 차수는 라우팅의 효율성에 영향을 미치므로 노드의 차수도 고려해야 한다. 이에 본 논문에서는 노드의 차수를 고려하여 라우팅의 효율성을 유지하고, 단위시간당 이동횟수와 임의의 클러스터 영역에 체류할 시간을 이동성의 요소로 고려하여 클러스터를 구성하고자 한다.

3. 이동성과 차수를 고려한 클러스터 구성

본 논문에서는 클러스터를 구성할 때의 기준으로 이동성과 차수를 고려한다. WCA나 DCA는 이동성을 이동속도로만 설정했다. 그러나 이동속도는 노드들의 이동성을 일부만 표현할 수 있다. 예를들어, 임의의 노드는 이동속도가 낮더라도, 빈번하게 이동하는 경우가 있을수 있고, 반대로 이동속도가 높더라도 거의 이동하지 않는 경우도 있기 때문이다. 이런 경우, 이동속도가 낮은 노드를 클러스터 헤드로 선정한다면, 잦은 클러스터 헤드의 변경이 일어나게 된다. 또한 노드의 이동성은 임의의 클러스터에 체류한 시간에 비례한다. 즉, 임의의 클러스터 영역에 오랜 기간 있었던 노드는 곧 현재의 클러스터 영역을 벗어날 것이기 때문에 이동성이 높다고 할수 있다. 이때 체류한 기간의 장단(長短)을 판단하기 위한 기준으로 그 노드의 평균 클러스터 체류시간을 사용해야 한다. 그리고 이 시간은 노드의 평균 이동속도에 비례한다. 따라서 본 논문에서는 이동성에 대한 기준으로 단위 시간당 클러스터를 변경한 횟수와 현재의 클러스터 체류시간 / 평

균 클러스터 체류 시간으로 설정한다.

이동노드의 차수는 자신의 이동성에 따라 크게 영향을 받는다. 즉, 이동성이 높은 노드는 현재의 차수가 자주 변화하게 된다. 따라서 높은 이동성은 차수를 감소시키는 효과가 있다고 볼 수 있다. 그러므로 차수와 이동성을 고려하여 클러스터를 구성한다면, 이 관계를 고려하여 클러스터를 구성하여야 한다. d_i 는 노드 i 의 차수, nc_i 는 노드 i 의 단위 시간당 클러스터 변형 횟수, cs_i 는 노드 i 의 현재 클러스터 체류시간,

그리고 as_i 를 노드 i 의 평균 클러스터 체류시간이라

하자. 본 논문은 다음과 같은 식 (1)에 의해, 클러스터를 구성하기 위한 각 노드의 비교 기준값(c_i)을 산출

해낸다.

$$c_i = d_i - nc_i \times \frac{cs_i}{as_i} \quad (1)$$

본 논문에서 제안하는 클러스터 구성절차를 위해 다음과 같은 사항을 가정한다.

■ 각 이동단말은 클러스터 구성절차에 참여하기 위해서 자신이 boot up한 후 클러스터를 변경한 횟수를 기억할 수 있다.

■ 각 이동단말은 임의의 클러스터에 체류한 시간을 기록할 수 있다.

■ 각 이동단말은 현재 클러스터에 가입하여 등록된 시간을 기록할 수 있다.

다음은 본 논문에서 제안하는 클러스터 구성방법의 절차에 대해 기술한 것이다.

1. 네트워크내의 각 노드는 이웃노드들과 ID를 교환한다.

2. 각 노드는 식 (1)에서 기술된 비교기준값(c_i)를 계

산. 자신의 비교기준값이 모든 이웃노드들 보다 크다면 자신을 클러스터헤드로 선언하는 메시지를 방송한다.

4. 이 메시지를 수신한 이웃노드들은 자신을 그 클러스터에 가입시키고, 클러스터헤드 경합절차에서 탈퇴한다.

5. 자신보다 큰 비교기준값을 가진 모든 이웃노드로부터 탈퇴메시지를 수신한 노드는 나머지 이웃노드들과 절차 3-4.를 수행한다.

6. 네트워크내의 모든 노드가 임의의 클러스터에 가입될 때 까지 3-5.를 수행한다.

위에서 설명한 클러스터 구성절차를 좀 더 쉽게 이해하기 위하여 그림 1을 보자.

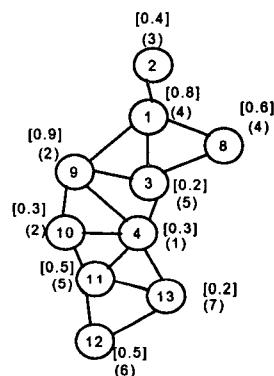


그림 1. 차수와 이동성을 고려하는 Ad hoc network

그림 1에서 소괄호안에 들어 있는 숫자들은 각 노드의 단위시간당 평균이동횟수를 의미하고, 대괄호 안에 있는 숫자들은 각 노드들의 현재 클러스터 체류시간을 평균 클러스터 체류시간으로 나눈 값이다. 절차 1에 의해, 각 노드는 자신의 이웃노드에 대해 알게되고, 절차 2에 의해 이웃노드들의 비교기준값을 알게된다. 노드 4의 경우, 모든 이웃노드 보다 큰 값을 가지므로 클러스터 헤드가 되고 노드 4의 이웃인 3, 9, 10, 11, 13은 각각 노드 4의 클러스터에 가입한다. 그리고 경합탈퇴 메시지를 방송한다. 노드 1은 자신의 비교기준값보다 큰 값을 가진 노드 9와 3으로부터 경합탈퇴 메시지를 수신하므로, 비로소 자신을 클러스터 헤드로 하는 새로운 클러스터를 생성한다. 마찬가지로 노드 12도 자신을 클러스터 헤드로 선언한다. 그림 2는 위에서 설명한 과정을 거쳐서 클러스터가 생성된 결과를 보여준다.

산하고 이를 이웃노드들과 교환한다.

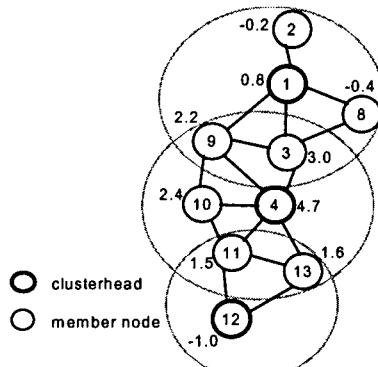


그림 2. 차수와 이동성을 고려한 Ad hoc 네트워크의 클러스터 구성

Ad hoc 네트워크내의 노드들은 동적인 속성을 지니고 있으므로, 클러스터 헤드이거나 아니면 멤버노드이거나에 상관없이 이동한다. 따라서 네트워크의 위상도 시간에 따라 변하게 된다. 그러나 위상변화시마다 클러스터를 재구성 한다면 시스템 전체에 큰 부하를 주게 된다. 따라서 될 수 있으면 클러스터 구성절차를 수행하지 않도록 하는 방법이 필요하다. 반면에 LCC에서 제안한 것처럼, 절대적으로 필요한 경우에만(예를 들어 클러스터 헤드가 없는 경우) 부분적으로 클러스터를 재구성한다고 가정해보자. 클러스터 구성으로 인한 부하는 크게 줄어들지만 클러스터의 수가 많아지므로, 라우팅 효율성이 감소된다. 즉, 클러스터 구성절차의 수행횟수에 따라서 시스템 부하와 라우팅 효율성사이의 trade-off가 생기게 된다. 따라서 본 논문에서는 LCC방법을 수정한 클러스터 구조 유지전략을 다음과 같이 제안한다.

■클러스터 헤드가 이동 시에는 전체 네트워크를 다시 클러스터 구성한다. 이것은 라우팅의 효율성을 유지하기 위한 조치다.

■멤버 노드가 기존의 클러스터외의 영역으로 이동시에는 자신을 클러스터 헤드로 하는 새로운 클러스터를 생성한다. 이것은 잊은 클러스터 구성절차의 수행을 회피하기 위한 조치다.

■멤버노드가 다른 클러스터 영역으로 이동하였을 시에는 기존의 클러스터헤드는 멤버 삭제를 수행하고, 새로운 클러스터의 클러스터 헤드는 멤버가입을 수행한다.

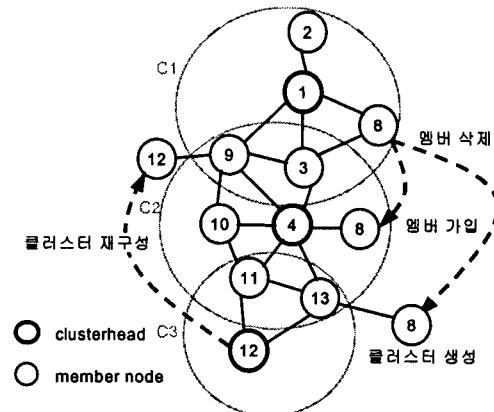


그림 3. 노드의 이동에 따른 클러스터 구조 유지전략

그림 3은 위의 클러스터 구조 유지전략을 도식적으로 보여준 것이다. 클러스터 C1의 멤버 노드 8이 클러스터 C2의 영역으로 이동시에는 C1의 클러스터 헤드인 1은 멤버삭제를 수행하고, C2의 클러스터 헤드인 4는 멤버가입을 수행한다. 만일 멤버노드 8이 기존의 클러스터 영역외로 이동하였을 경우에는, 노드 8은 자신을 클러스터 헤드로 하는 새로운 클러스터 헤드를 생성한다. 반면에 클러스터 헤드인 노드 12가 이동하였을때에는 전체 네트워크를 다시 클러스터 구성한다.

4. 비교분석

좋은 클러스터 구성방법은 다음과 같은 조건들을 만족하여야 한다. 먼저, 잊은 클러스터 헤드의 변경을 피하기 위해, 이동성을 고려하여야 한다. 둘째, 클러스터 구성은 라우팅의 효율성을 얻을수 있도록 하여야 하므로, 각 노드의 차수를 고려하여야 한다. 셋째, 무선의 특성상 낮은 대역폭과 양방향 신호전달의 상이성, 그리고 잊은 연결 단절현상 등이 일어나므로 주기적인 제어정보 교환은 회피해야 한다.

제안한 클러스터 구성방법은 시스템의 초기 setup 시에는 각 노드의 클러스터 변경횟수가 0이므로, HCCP와 동일한 클러스터 구성이 된다. 따라서 초기에는 클러스터 헤드의 변화가 잊으나, 시간이 지나면서 차츰 클러스터 헤드의 변화 횟수가 줄어든다. 또한 제안방법은 주기적인 제어정보의 교환을 요구하지 않는다. 더구나 차수와 이동성의 역상관관계를 고려하여 클러스터를 구성하므로, 가장 오랫동안 많은 차수를 가질 노드를 클러스터 헤드로 선정할 수 있다.

표 1에서는 위에서 제시한 기준을 토대로 제안한

방법과 기존의 방법들을 비교하였다. 여기서 N은 노드의 수이고 G는 하나 이상의 클러스터에 속하는 노드들의 수이다. 또한 D_b 는 각 노드가 자신의 역할을 결정하기 위해 기다려야 하는 시간이다[2].

표 1. 클러스터 구성 방법의 비교

클러스터 구성방법 비교 기준	LIDCP	HCCP	DCA	WCA	제안 방법
이동성 고려	×	×	△	△	○
차수고려	×	○	×	○	○
주기적인 제어정보 교환	○	○	○	×	×
메시지복잡도	$O(N+G)$	$O(N+G)$	$O(N)$	$O(N+G)$	$O(N+G)$
시간복잡도	$O(D_b+1)$	$O(D_b+1)$	$O(D_b+1)$	$O(D_b+1)$	$O(D_b+1)$

5. 결론

본 논문에서는 ad hoc 네트워크에서 노드들의 이동성을 고려하고 라우팅 효율성을 유지하기 위한 클러스터 구성 방법을 제안하였다. 클러스터 구성 시 단위 시간당 클러스터 변경횟수, 평균 클러스터 체류시간, 현재 클러스터 체류시간을 이용하면 좀더 정확한 이동성을 표현할 수 있다. 또한 노드들의 차수를 고려하여 클러스터를 구성함으로써 라우팅 경로가 길어지지 않도록 하였다. 그리고 LCC의 수정된 클러스터 구조 유지전략을 사용하여 적절한 클러스터 구성절차 수행 횟수가 유지되도록 제안하였다. 그러나 제안된 클러스터 유지 전략은 멤버노드들의 다른 클러스터로의 편입에 제한을 두지 않으므로, 임의의 클러스터 헤드의 병목현상을 유발할 수 있다. 이러한 병목현상은 시스템의 성능을 저하시키므로, 병목현상을 감지할 방법 및 클러스터 구성 절차를 수행할 적절한 시점에 대한 연구가 요구된다.

[참고문헌]

- [1] M. Chatterjee, S. Das and D. Turgut, "An On-Demand Weighted Clustering Algorithm(WCA) for Ad hoc Networks," Proc. on GLOBECOM, vol. 3, pp. 1697-1701, 2000
- [2] S. Basagni, "Distributed Clustering for Ad Hoc Networks," International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks', pp. 310-315, 1999
- [3] M. Gerla and C. Chiang, "Multicluster, mobile, multimedia radio network," ACM-Baltzer Journal of Wireless Networks, Vol. 1, No. 3, pp. 255-265, 1995
- [4] C. Chiang, H. Wu, W. Liu, M. Gerla, "Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks with Fading Channel(CCSR)," Proc. of IEEE SICON'97, pp. 192-211. 1997
- [5] K. Liu, Jiandong Li, K. Mukumoto, A. Fukuda, "Adaptive Control Protocol in Mobile Wireless Ad Hoc Networks," APCCAS 2000, pp. 13-17, 2000