

무선 애드 혹 네트워크상에서 라우팅 성능 향상을 위한 퍼지 적합도 기반 클러스터링

Fuzzy Relevance-Based Clustering for Routing Performance Enhancement in Wireless Ad-Hoc Networks

이종득*

Chong-Deuk Lee*

요 약

클러스터링은 모바일 노드들에 대한 정보를 효율적으로 제공해 주며, 라우팅, 대역폭 할당과 같은 처리성능을 향상시키는 중요한 메카니즘이다. 본 논문에서 우리는 이동성(mobility)으로 인한 동적 속성, 평면구조 구조상에서 발생하는 노드 분산 등과 같은 문제를 효과적으로 해결하고 라우팅 성능을 향상시키기 위한 퍼지 적합도 기반의 클러스터링 기법을 제안한다. 제안된 기법은 FSV (Fuzzy_State_Viewing) 구조를 이용하여 퍼지 적합도 α 를 수행한다. 퍼지 적합도 α 는 FSV 구조에서 클러스터링을 수행하기 위한 클러스터헤드 CH (ClusterHead)를 선정하는 역할을 수행한다. 본 논문에서는 이와 같이 제안된 클러스터링 기법을 통해서 기존의 1-홉 클러스터 및 2-hop 클러스터에서 발생하는 문제를 해결하도록 하였다. 제안된 기법의 성능을 알아보기 위하여 우리는 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 우리는 시뮬레이션 평가를 위해 기존의 Lowest-ID, MOBIC, SCA 기법 그리고 제안된 기법과의 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법의 성능이 Lowest-ID, MOBIC, SCA 기법에 비해서 우수함을 알 수 있다.

Abstract

The clustering is an important mechanism that provides information for mobile nodes efficiently and improves the processing capacity for routing and the allocation of bandwidth. This paper proposes a clustering scheme based on the fuzzy relevance degree to solve problems such as node distribution found in the dynamic property due to mobility and flat structure and to enhance the routing performance. The proposed scheme uses the fuzzy relevance degree, α , to select the cluster head for clustering in FSV (Fuzzy State Viewing) structure. The fuzzy relevance α plays the role in CH selection that processes the clustering in FSV. The proposed clustering scheme is used to solve problems found in existing 1-hop and 2-hop clustering schemes. NS-2 simulator is used to verify the performance of the proposed scheme by simulation. In the simulation the proposed scheme is compared with schemes such as Lowest-ID, MOBIC, and SCA. The simulation result showed that the proposed scheme has better performance than the other existing compared schemes.

Key words : mobility, FSV, fuzzy relevance degree , cluster head

I. 서 론

최근에 무선 모바일 애드 혹 네트워크상에서 클러

* 전북대학교 공과대학 전자공학부(Div. of Electronic Engineering, Chonbuk National University)

· 제1저자 (First Author) : 이종득

· 투고일자 : 2010년 5월 4일

· 심사(수정)일자 : 2010년 5월 6일 (수정일자 : 2010년 8월 5일)

· 게재일자 : 2010년 8월 30일

스터링 기법은 홈 네트워크, 빌딩 오토메이션 등 유비쿼터스 응용 분야에 다양하게 적용되고 있다. 이러한 클러스터링 기법은 특성상 네트워크의 크기가 대규모적이기 때문에 이들을 분산적인 형태나 평면구조로 관리하는 것은 비용이 많이들 뿐만 아니라 오버헤드가 많이 발생한다 [1],[2],[3]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 대규모의 네트워크를 클러스터로 분할하는 클러스터링 기법이 제안되고 있다. [4],[5],[6] Lowest-ID 알고리즘 [3]은 1-hop 클러스터를 구성하는 알고리즘으로서 이 알고리즘에서 각 노드는 이웃 테이블을 사용하며, 여기서 테이블은 이웃 노드들에 대한 정보 즉 노드의 ID, 클러스터의 역할 그리고 노드에 대한 링크상태 정보 등의 정보를 저장한다. 그러나 이 기법은 모바일 애드 혹 네트워크의 크기가 확장되거나 이동성이 증가할 경우에 많은 클러스터헤드가 생성되는 문제점이 있다. MOBIC [7]은 이웃 노드들의 에너지를 측정하여 클러스터링을 구성하기 위한 이동성 기반의 클러스터링 알고리즘이다. 이 기법은 노드의 신호강도에 따라 클러스터헤드를 선정하는 기법으로서 신호강도에 따른 정확성 측정이 어렵다는 문제를 가지고 있다. SCA (Secured Clustering Algorithm) [1]은 믿음값 (trust value)을 이용한 클러스터링 알고리즘을 제안하였다. 이 기법은 클러스터링 기법을 위하여 1-hop 및 2-hop 클러스터 문제를 부분적으로 개선하였으나 노드의 규모가 커질 때 적응성이 떨어지는 문제가 발생하고 있다. 그리고 CBLARHM (Cluster Based Location-Aware Routing Protocol for Large Scale Heterogeneous Mobile Ad Hoc Networks) [8]은 GPS (Global Position System) 기반의 클러스터링 알고리즘을 제안하였다. 이 기법은 대규모의 네트워크를 클러스터링하기 위한 기법이지만 GPS로 인한 비용이 많이 든다. 이들 알고리즘은 네트워크 크기가 가변적으로 변할 때 클러스터의 구성과 관리를 어렵게 만들고 있다. 따라서 본 논문에서는 네트워크의 노드 상태에 따라 클러스터 구성과 관리가 용이하도록 퍼지 적합도 기반의 클러스터링 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안된 기법은 네트워크 노드 상태에 따라 클러스터가 구성되도록 FSV구조를 이용한다. FSV 구조는 ID, α , Level, M-hop, Balance의 5개의 parameter로 구성되어 있으며, FSV

구조에 의해 클러스터헤드 CH (ClusterHead)가 선정되고 CM (ClusterMember)이 구분된다.

특히 제안된 구조는 퍼지 적합도 α [9]에 의해 확장성 문제를 해결하며, 다중-홉 클러스터 (multi-hop cluster)가 구성될 수 있도록 조절기능을 수행한다. 이처럼 α 는 너무 많은 클러스터가 생성되거나 너무 적은 클러스터가 생성되는 작업을 조절하게 된다. 제안된 기법의 성능을 알아보기 위하여 우리는 NS-2 시뮬레이터 [10]를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 우리는 시뮬레이션 평가를 위해 기존의 Lowest-ID [3], MOBIC [7], SCA [1]기법과 그리고 제안된 기법과의 성능을 비교하였다. 그 결과 제안된 기법의 성능이 Lowest-ID, MOBIC, SCA기법에 비해서 성능이 우수함을 알 수 있게 되었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 메카니즘에 대해서 기술하고, 3장에서는 시뮬레이션 결과를 기술한다. 그리고 끝으로 결론을 기술한다.

II. 퍼지 적합도 기반 클러스터링 기법

이 장에서 우리는 제안된 퍼지 적합도 기반의 클러스터링 메카니즘에 대해서 살펴본다. 효과적인 클러스터 구성은 처리율과 성능 향상에 중요한 영향을 미치며 [11],[12] 네트워크 안정성에도 영향을 미친다.

2-1 FSV 구조

FSV 구조는 노드의 이동성에 따라 클러스터 크기가 변할 때 클러스터를 보다 효과적으로 구성하고, 노드 상태에 따라 클러스터링을 적응적으로 수행한다. FSV 구조는 임의의 노드가 그 자신의 이웃 노드에게 패킷을 전송할 때 퍼지 값 (fuzzy value) [9]를 함께 전송한다. 이때 퍼지 값은 다른 노드들로부터 간섭 및 공격을 받지 않기 위해 사용한다. 클러스터를 구성하는 노드는 클러스터의 기본 파라미터이며, CH 노드, CM 노드, 게이트웨이 노드 그리고 CH 후보 (candidate) 등으로 구성된다. 클러스터 노드들은 자신의 역할에 따라 CH, CM, 게이트웨이 노드, CH 후보

가 되며 그림1과 같은 패킷을 이웃 노드들에게 브로드캐스트한다.

ID	α	Level	H-Hop	Balance
----	----------	-------	-------	---------

그림 1. FSV의 패킷 구조
Fig. 1. The packet Structure of FSV

i) 식별자 (Identifier : ID) : ID는 네트워크의 각 노드에 할당된 고유한 식별자이다. 이 식별자는 클러스터헤드 선정과정에서 노드의 간섭 또는 공격을 피하기 위해 사용된다.

ii) 퍼지적합도 (α) : 퍼지 적합도 FRD (α)는 퍼지 값 (Fuzzy Value)(($0 \leq \mu \leq 1$)에 의해 수행되며, FRD (α)는 클러스터헤드 선정 (Cluster selection) 및 클러스터 구성을 위해 사용된다. 퍼지 적합도 FRD (α)는 배터리 파워 (battery power), 거리, 이동성 (Mobility) 등에 의해 결정된다.

iii) 레벨 : 우리는 레벨을 퍼지 적합도 (Fuzzy Relevance Degree)에 따라 Level-0, Level-1, Level-2의 3단계로 구분한다. Level-0 (low level)은 $\alpha \leq 0.4$ 이고, Level-1 (middle)은 $0.5 \leq \alpha \leq 7$, Level-2 (high level)는 $\alpha \geq 0.8$ 의 퍼지 적합도를 가진 노드들이다. 이렇게 설정된 레벨은 CH의 선정, CM 노드 그리고 CH의 후보를 선정하기 위해 사용된다. 그리고 이것은 클러스터 관리로 인해 발생하는 복잡도를 피하기 위해 사용된다.

iv) M (Multi-hop)-hops 조절 : M-hops 조절 기능은 1-hop 클러스터 및 2-hop 클러스터에서 발생하는 관리 및 생성문제를 퍼지 적합도에 따라 조절한다. 즉 1-hop 클러스터 및 2-hop 클러스터는 네트워크 크기가 대규모일 때에는 클러스터헤드가 너무 많이 생성된다. 따라서 M-hops 조절은 네트워크의 규모에 따라 클러스터를 구성하는 Multi-hop 클러스터링이다.

v) 밸런스 (Balance) : 각 노드는 퍼지적합도(α)에 의해 클러스터헤드가 선정된다. 이때 밸런스는 클러스터 노드의 수에 따라 클러스터를 균형있게 구성한

다. 이것은 클러스터를 구성하고 있는 CM들을 공평하게 관리하기 위해 사용된다.

2-2 클러스터 헤드 선정

효과적인 클러스터헤드 CH (ClusterHead) 선정은 클러스터 구조에 매우 중요한 영향을 미친다 [13],[14]. 본 논문에서 우리는 기존의 Lowest-ID [3], MOBIC [7] 그리고 SCA (Secured Clustering Algorithm) [1]과는 달리 퍼지 적합도 (α)에 의해 CH를 선정한다. Lowest-ID [3]에서의 Lower ID 기반의 CH 선정, MOBIC [7]에서의 이동성 기반 CH 선정, 그리고 SCA (Secured Clustering Algorithm) [1]에서의 믿음 값 (trust value)기반의 CH 선정은 CH 선정이 복잡하고 부정확하다. 그리고 지금까지 CH 선정은 이들을 join한 방법이 아닌 개별적 적용방법을 이용하였다. 따라서 우리는 보다 정확한 CH 선정을 위해서 배터리 용량, 이동성에 의한 신호 강도 그리고 노드들 간의 거리척도 등을 모두 고려한 퍼지 적합도 기반의 CH 선정 기법을 제안한다.

i) FRD (Fuzzy Relevance Degree) α : 퍼지 적합도 FRD (α)는 네트워크에 있는 임의의 노드가 자기 자신의 이웃노드에게 어느 정도 신뢰를 받고 있는가를 측정하는 퍼지 적합도이다. FRD (α) 측정은 각 이웃노드들로부터 수신한 퍼지값 μ ($0 \leq \mu \leq 1$)를 평균해서 구한다.

이처럼 이웃 노드들에 대한 퍼지값 μ 에 의한 FRD (α) 측정은 다음과 같이 수행한다.

$$FRD(\alpha) = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_i}{N} \times \mu_i \text{이다.} \quad (1)$$

여기서 N은 이웃 노드들의 수이고, μ_i 는 임의의 노드 i로부터 수신된 퍼지값이다.

ii) 배터리 파워 : 배터리 파워는 에너지 용량 (capacity)을 말한다. 에너지 용량에 따른 임의의 노드 j의 퍼지 적합도 $FRD_{B_j}(\alpha)$ 는 배터리 파워에 의해 측정된다. 퍼지 적합도가 크면 일반적으로 파워가 안

정적으로 유지되며, 높은 용량을 가지게 된다. 따라서 이러한 노드는 CH가 선정 될 가능성이 높게 되며, 선정된 노드는 더 멀리 그리고 오랫동안 통신을 수행하게 된다.

iii) 이동성 : 이동성은 클러스터헤드를 선정하기 위한 유용한 파라미터이다. 이동성 기반의 퍼지 적합도 $FRD_{M_j}(\alpha)$ 는 신호강도에 의해 측정된다. 우리는 이동성 기반의 개별 노드의 퍼지 적합도를 측정하기 위하여 수신측 노드에서 감지한 신호 강도 $RS_{strength}$ 를 이용한다. 즉 $RS_{strength}$ 는 수신측 노드에서 감지한 신호강도이다. 이때 송신측과 수신측 사이의 신호강도는 물리적 거리에 의해 측정되며, 송신측과 수신측 사이의 거리에 따른 신호 강도는 $\frac{RS_{strength}}{TRS_{strength}} \propto \frac{1}{d^2}$ 이다[7].

여기서 $TRS_{strength}$ 는 송신측과 수신측 사이의 신호강도이다.

그러나 실제로는 애드 혹 네트워크에서의 동적인 이동성으로 인해 송신측과 수신측 사이의 신호강도 측정은 모호하고 부정확하다. 이러한 신호강도 측정의 모호성과 부정확성은 CH 선정에 부정적 영향을 미치게 된다. 따라서 우리는 노드 Y가 노드 X에 대한 신호강도의 모호성과 부정확성의 문제를 개선하기 위해 퍼지적합도 기반의 상대적 이동성 척도 $FRDM_Y^{\alpha-corr}(X)$ 를 이용한다. $FRDM_Y^{\alpha-corr}(X)$ 는 이웃 노드들에게 지속적인 패킷을 전송하여 $TRS_{strength}$ 를 측정하며, 측정된 정보를 이용하여 자신노드 X와 이웃노드 Y사이의 상대적 이동성에 관한 정보를 얻게 된다. 이처럼 노드 X에 대한 노드 Y의 퍼지적합도 기반의 상대적 이동성 척도 $FRDM_Y^{\alpha-corr}(X)$ 는 다음과 같다.

$$FRDM_Y^{\alpha-corr}(X) = 10 \log_{10} \frac{TRS_{strength}^{Y_\alpha}(X \rightarrow Y)}{TRS_{strength}^{X_\alpha}(X \rightarrow Y)} \quad (2)$$

여기서 $TRS_{strength}^{X_\alpha}(X \rightarrow Y)$ 는 자신 노드 X에 대

한 퍼지 적합도이며, $TRS_{strength}^{Y_\alpha}(X \rightarrow Y)$ 는 이웃노드 Y의 퍼지 적합도이다.

만일 $TRS_{strength}^{X_\alpha}(X \rightarrow Y) < TRS_{strength}^{Y_\alpha}(X \rightarrow Y)$ 이면 $FRDM_Y^{\alpha-corr}(X) < 0$ 임을 의미하게 되며, 이때 두 노드들 사이의 대응되는 퍼지 적합도 기반의 상대적 이동성 척도는 negative가 된다. 그러므로 이들 두 노드들은 서로 멀리 떨어져 있음을 의미한다.

이와 반대로 $TRS_{strength}^{X_\alpha}(X \rightarrow Y) > TRS_{strength}^{Y_\alpha}(X \rightarrow Y)$ 이면 $FRDM_Y^{\alpha-corr}(X) > 0$ 임을 의미하게 되며, 이때 두 노드들 사이의 대응되는 퍼지 적합도 기반의 상대적 이동성 척도는 positive가 된다. 그러므로 이들 두 노드들은 서로 가까이 있음을 의미한다. $TRS_{strength}^{X_\alpha}(X \rightarrow Y) < TRS_{strength}^{Y_\alpha}(X \rightarrow Y)$ 의 경우는 자신의 노드 X는 CH가 될 수 없음을 의미하며, 이때에 X는 CM 노드가 된다. 그러나 $TRS_{strength}^{X_\alpha}(X \rightarrow Y) > TRS_{strength}^{Y_\alpha}(X \rightarrow Y)$ 는 자신의 노드가 CH될 수 있음을 의미하며 이때 CH를 중심으로 클러스터링이 수된다.

iv) 거리 : 거리 기반의 퍼지 적합도 $FRD_{D_j}(\alpha)$ 는 두 노드 X와 Y 사이의 거리에 의해 측정된다. 두 노드 X와 Y사이의 거리 ($D_{x,y}$)는 홉 수에 의해 측정된다. 홉 수에 의한 평균거리는 노드 X와 그 자신의 모든 이웃 노드들의 평균 거리를 이용하며, 이들에 대한 평균 거리 척도는 다음과 같다.

$$MD(X) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N D_{X,n} \quad (3)$$

여기서 N은 이웃 노드들의 수이다. 그리고 평균거리 MD는 1과 거리 D사이의 퍼지 값이며, 이것은 노드들의 밀도가 가장 큰 반경에서 수행된다.

iv) 파라미터 조인

본 논문에서는 위에서 언급된 모든 파라미터들을 조인하여 CH에 대한 퍼지 적합도를 측정한다. 이와

같이 제안된 퍼지 적합도 측정에 따라 노드가 CH가 될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

이와 같이 퍼지 적합도가 측정되었을 때 노드 X에 대한 CH 선정은 다음과 같다.

$$CH(X) = \max \left\{ \frac{\sum_{i=1}^j (FRD_{B_j} + FRD_{M_j} + FRD_{D_j})}{K} \right\} \quad (4)$$

여기서 K는 적용된 파라미터들의 수이고 $FRD_{B_j}(\alpha)$, $FRD_{M_j}(\alpha)$, $FRD_{D_j}(\alpha)$ 는 각각 battery power의 퍼지 적합도, 이동성 척도의 퍼지적합도, 평균거리에 의한 퍼지 적합도이다. 따라서 퍼지적합도가 큰 CH(X)일수록 CH가 될 확률이 크며, 그리고 퍼지 적합도의 값에 따라 레벨이 결정된다. 우리는 퍼지 적합도에 의해 level-0은 CM, level-1은 CH의 후보, 그리고 level-2는 CH가 되도록 하였다.

2-3 클러스터 구성

FRD (α)에 의해 CH가 선정되면, 각 클러스터 구조는 이웃 노드들에 대한 클러스터링을 수행한다. 이때 클러스터링을 원하는 노드는 자신의 상태가 어떤 상태인지를 체크하게 된다. 그리고 난 후 각 클러스터의 노드의 수를 체크한다. 여기서 노드의 수의 체크는 FSV의 패킷을 브로드캐스트하여 클러스터의 방향을 결정한다. 예를 들어 그림2와 같은 기본 클러스터 구조를 가정하자.

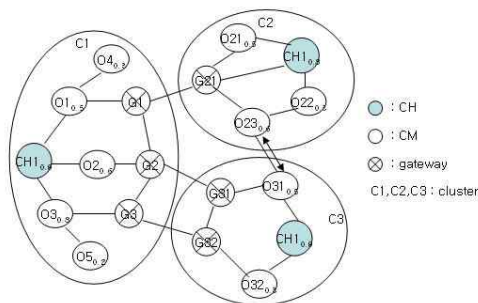


그림 2. 기본 클러스터 구조
Fig. 2. The basic cluster structure

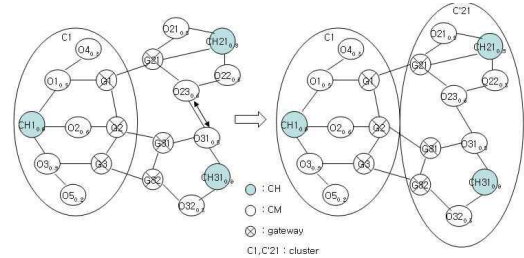


그림 3. 클러스터 구성
Fig. 3. The cluster formation

그림3은 그림2의 클러스터 구조를 기반으로 하여 클러스터링을 수행한 구조이다. C1, C2, C3의 각각의 클러스터는 클러스터 안에서 CH, 게이트웨이, CM 노드를 멤버로 하여 네트워크 토폴로지를 유지한다. 클러스터링은 클러스터 C1과 밸런스를 맞추기 위해 클러스터 C2와 클러스터 C3를 클러스터링을 수행한다. 이것은 우리의 기법에서 중요하다. 즉 C1과 C2, 또는 C1과 C3와 클러스터링을 수행하면 밸런스는 깨지게 된다. 클러스터링이 수행된 후에는 안정된 클러스터 관리와 클러스터의 성능을 향상시키기 위하여 클러스터링 정보를 표처럼 관리한다.

표 1 클러스터 C1의 정보 구조
Table 1. The information structure of the cluster C1

Node	State	(α)
CH1	CH	0.9
G1	Gateway	
G2	Gateway	
G3	Gateway	
O1	CM	0.5
O2	CM	0.6
O3	candidate	0.8
O4	CM	0.3
O5	CM	0.2

표2 클러스터 C'21의 정보구조

Table 2. The information of the cluster C'21

Node	State	(α)
CH21	candidate	0.8
CH31	CH	0.9
G21	Gateway	
G31	Gateway	
G32	Gateway	
O21	CM	0.5
O22	CM	0.3
O23	CM	0.6
O31	CM	0.5
O32	CM	0.3

클러스터링이 수행된 후에는 그림3처럼 기존의 클러스터 구조는 변경되며, 이때 CH 노드 또한 갱신되어야 한다. 그림3에서처럼 노드 CH31은 CH노드가 되고 CH21이 CH 후보노드가 됨을 알 수 있다. 이것은 앞에서 기술한바와 같은 레벨 조건 및 CH 선정에 의해 CH21이 CH31로 갱신되었기 때문이다. 따라서 퍼지 적합도에 따른 CH 선정은 클러스터를 효과적으로 구축하는 방법을 제공하며, 그리고 클러스터 관리 정보는 네트워크를 효과적으로 관리하는 기반을 제공하게 된다.

III. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 우리는 제안된 기법의 성능을 알아보기 위하여 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위하여 우리는 네트워크 크기, 노드의 수, 최대 이동 속도, 정지 시간, α , 패킷 크기, 전송 범위, 전체 시뮬레이션 시간 등의 파라미터를 이용하여 랜덤하게 생성하였다. 시뮬레이션을 위한 파라미터는 표3과 같다. 제안된 기법의 성능평가를 위해 우리는 기존의 Lowest-ID, MOBIC, SCA과 우리의 기법을 비교분석하였다.

표 3. 시뮬레이션 파라미터

Table 3. The simulation parameters

파라미터	값
network size	700×700
number of nodes	380
speed	30m/s
pause time	0 s
α	$0.5 \leq \alpha \leq 0.9$
packet size	100byte
Transmission Area	200m
simulation time	420s
MAC protocol	IEEE 802.11

클러스터링 알고리즘에서 적절한 클러스터헤드 생성은 클러스터 오버헤드를 줄이고 성능을 향상시키는 중요한 과정이다. 따라서 우리는 클러스터헤드 생성에 따른 성능을 알아보기 위하여 다음과 같은 시뮬레이션 시나리오를 고려하였다.

- 시뮬레이션 시나리오 1: 이것은 노드 수에 따른 클러스터헤드 생성 시나리오로서 클러스터헤드 생성에 따른 성능평가를 위해 노드 수를 80, 160, 240, 320, 380으로 구분하여 시뮬레이션을 수행한다.

- 시뮬레이션 시나리오 2: 이것은 퍼지적합도(α)에 의한 오버헤드 발생율을 평가하기 위한 시나리오로서 성능평가를 위해 α 를 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9로 구분하여 시뮬레이션을 수행한다.

- 시뮬레이션 시나리오 3: 이것은 퍼지적합도(α)에 의한 클러스터헤드 생성 시나리오로서 클러스터헤드 생성에 따른 성능평가를 위해 α 를 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9로 구분하여 시뮬레이션을 수행한다.

그림4는 이러한 시나리오에 의한 시뮬레이션 결과이다.

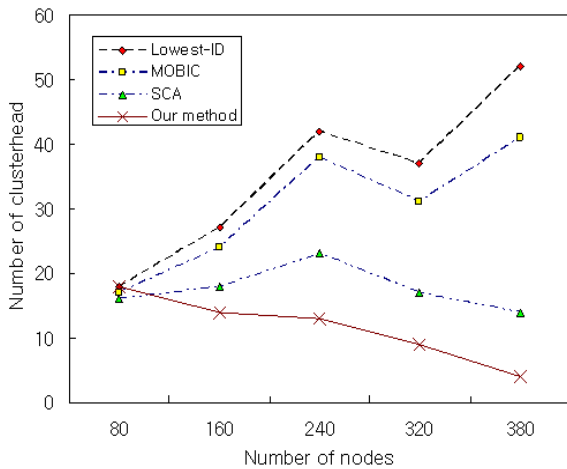


그림 4. 노드 수에 의한 클러스터헤드 생성
Fig. 4. The clusterhead generation by node numbers

그림 4에서 우리는 노드의 수를 80에서 380으로 변경했을 때 Lowest-ID, MOBIC, SCA, 우리의 기법의 성능을 비교한 것이다. 시뮬레이션 결과에서 보듯이 노드의 수가 80일 때는 다른 기법들과의 성능차이가 거의 없음을 알 수 있다. 그러나 우리의 기법은 노드의 수가 380으로 증가할 때 클러스터헤드를 적절하게 생성함을 알 수 있다. 이것은 지나친 클러스터헤드 생성을 줄임으로서 네트워크의 성능을 효율적으로 유지함을 의미한다. 그림5는 시뮬레이션 시나리오 2에 의한 시뮬레이션 결과이다.

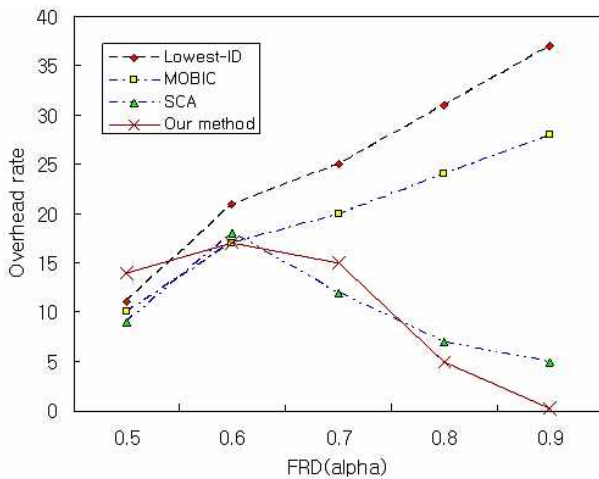


그림5 퍼지적합도(α)에 의한 오버헤드를
Fig. 5. The overhead rate by the fuzzy relevance (α)

그림5는 퍼지적합도 (α)를 적용한 시뮬레이션 결과이다. 퍼지적합도 (α)가 0.5일 때는 오버헤드율이 다른 기법들과 비슷하였다. 이것은 제안된 기법에서

$\alpha \leq 0.7$ 일 때는 노드들이 CM으로 평가되기 때문이다. 그러나 $\alpha=0.9$ 일 때 오버헤드율이 매우 적게 발생함을 알 수 있다. 실제 본 논문에서 우리는 220개의 패킷을 전송했을 때 오버헤드 수가 2개 이었다. 따라서 퍼지 적합도(α)를 적용하면 처리율과 성능이 향상되며, 네트워크 클러스터를 안정적으로 유지할 수 있는 장점을 가지게 된다. 그리고 그림6은 시뮬레이션 시나리오 3에 의한 시뮬레이션 결과이다.

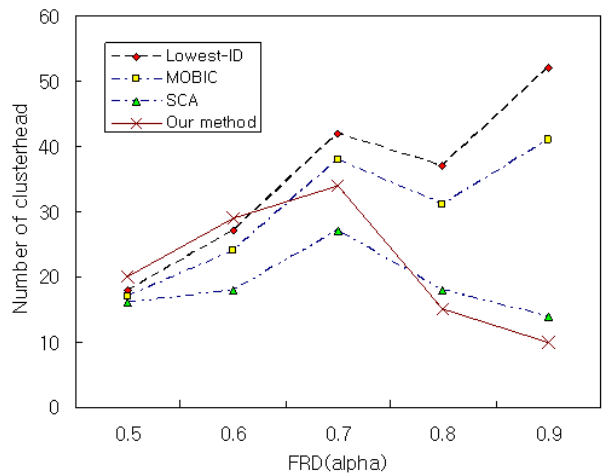


그림6 퍼지적합도(α)에 의한 클러스터헤드 생성
Fig. 6. The clusterhead generation by the fuzzy relevance (α)

그림6의 시뮬레이션 결과는 퍼지적합도 (α)에 의한 클러스터헤드 생성을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 $\alpha=0.5$ 일 때는 클러스터헤드 생성이 다른 기법들에 비해서 더 많이 생성되었다. 이것은 본 논문에서 제안된 기법은 $\alpha \geq 0.8$ 을 기준으로 하여 클러스터헤드 생성을 수행하기 때문이다. 따라서 $\alpha=0.9$ 일 때 최적의 클러스터헤드를 생성하고 있다. 클러스터링 구성에서 클러스터헤드가 너무 많이 생성되면 클러스터 관리 문제가 발생한다. 본 논문에서 우리는 경험적 관점에서 볼 때 클러스터헤드가 관리하는 노드의 수는 100개 정도가 적합하다고 판단하였다. 그 결과 본 논문에서는 약 4개의 클러스터가 생성됨을 알 수 있으며, 이것은 클러스터 당 노드의 수를 조정함으로써 처리율의 향상을 가져오게 된다.

V. 결 론

클러스터링은 모바일 애드 혹 네트워크를 계층적으로 구성하는데 있어서 매우 중요한 기법이다. 클러스터링은 모바일 노드들에 대한 정보를 효율적으로 제공해 주며, 라우팅, 대역폭 할당과 같은 처리 성능을 향상시킨다. 실제로 노드들의 이동성은 클러스터 구성을 어렵게 하고 있으며, 이로 인하여 클러스터를 재구성해야하는 문제를 제공하고 있다. 본 논문에서 우리는 이러한 문제를 해결하기 위하여 퍼지적합도(α)기반의 클러스터링 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 클러스터 구성을 위해 FSV 구조에 의한 α 를 적용하였다. 적용된 퍼지 적합도(α)는 CH를 효율적으로 선정함을 알 수 있다. 그리고 지금까지는 CH선정을 위해 개별적인 기법만을 사용하였는데 본 논문에서는 배터리 파워, 이동성, 거리 등의 퍼지적합도를 모두 적용하여 CH를 선정하였다. 제안된 기법의 성능을 알아보기 위해 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 우리의 기법이 Lowest-ID, MOBIC, SCA 기법에 비해서 오버헤드율과 처리율이 향상됨을 알게 되었다.

참 고 문 헌

- [1] B. Kadri, A. Mohamed, M. Feham, "Secured Clustering for Mobile Ad Hoc Networks," *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL.7 No.3, pp.27-34, 2007.
- [2] Tim Daniel Hollerung, "The Cluster-Based Routing Protocol," *project group'Mobile Ad-Hoc Networks Based on Wireless LAN' winter semester 2003/2004*.
- [3] Mingliang Jiang, Jinyang Li, Yong Chiang Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP) Functional Specification," *IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-cbrp-spec-00.txt*, 1998.
- [4] M. Chatterjee, Sajal K. Das and D. Turgut, "WCA: A Weighted Clustering Algorithm for Mobile Ad Hoc Networks," *Cluster Computing* 5, pp.193-204, 2002.
- [5] Tomoyuki Ohta, Shinji Inoue, and Yoshiaki Kakuda, "An Adaptive Multihop Clustering Science for Highly Mobile Ad Hoc Networks," *Proceedings of the Sixth International Symposium on Autonomous Decentralized Systems(ISADS'03)*, pp. 1-8, 2003.
- [6] C.R. Lin and M. Gerla, "Adaptive Clustering for Mobile Wireless Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 15, No. 7, pp. 1265-1275, 1997.
- [7] P. Basu, N. Khan, and T.D.C. Little, "A Mobility Based Metric for Clustering in Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. IEEE ICDCS 2001 Workshop on Wireless Networks and Mobile Computing, Phoenix, AZ*, pp. 1-19, 2001.
- [8] Y. Wang, T.Liang, X. Yang and D. Zhang, "Scalable and Effective Cluster Based Routing Algorithm Using Node's Location for Mobile Ad Hoc Networks," *Information Technology Journal* 7(7): pp.958-971, 2008.
- [9] K. Atanassov, "Intuitionistic Fuzzy Sets," *Fuzzy Sets Syst., vol.20*, pp.87-96, 1986.
- [10] NS-2 simulator, <http://www.isi.edu/nanam/ns>
- [11] D. J. Baker and A. Ephremides, "The Architectural Organization of a Mobile Radio Network via a Distributed Algorithm," *IEEE Transactions on Communications*, 29(11), pp. 1694-1701, 1981.
- [12] I. F. Akyildiz, T. Melodia, T. R. Chowdhury, "A survey on wireless multimedia sensor networks," *Computer Networks* 51, pp. 921-960, 2007.
- [13] P. Basu, N. Khan, and T. D. C. Little, "A Mobility Based Metric for Clustering in Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. IEEE ICDCSW 21st International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, 2001.

- [14] M. Chatterjee, Sajal. K. Das, and D. Turgut, "An Demand Weighed Clustering Algorithm(WCA) for Ad Hoc Networks," *Global Telecommunications Conference*, pp. 1697-1701, 2000.

이 종 득 (李鍾得)



1983년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과학과 (이학사)

1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과학과 (이학석사)

1998년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과학과 (이학박사)

1992년 3월~2002년 2월 : 서남대학교

컴퓨터통신학과 교수

2002년 2월~현재 : 전북대학교 전자공학부 교수

관심분야 : 무선 모바일 네트워크, 무선센서 네트워크, 무선모바일 애드혹 네트워크, 유비쿼터스 통신 등