

# 효과적인 위치 기반 이동 노드 밀집도 계산방법

김인범\*, 서춘원<sup>o</sup>

## Efficient Computing Method for Location-Based Density of Mobile Node

In-bum Kim\*, Choon-weon Seo<sup>o</sup>

### 요약

이동노드의 밀집도 정보는 모바일 IT 기술의 비약적인 발전과 함께 위치기반서비스, 사물인터넷, 스마트그리드, 지능형빌딩시스템 등 최근에 확대되는 다양하고 새로운 분야에 다양하게 활용될 수 있다. 일반적으로 특정 위치에서의 무선 이동노드의 통신 가능한 수신 이동노드는 송신 이동노드의 최대 통신 거리에 따라 가변적이다. 본 논문에서 들로네 삼각망을 이용해서 최대 통신거리와는 무관하게 주어진 환경에서의 전체적인 노드들의 상대적 위치를 반영한 이동노드들의 밀집도를 효과적으로 계산하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 사물인터넷과 같이 목적, 기능에 따라 최대 통신거리가 동일하지 않은 통신 디바이스들로 구성된 통신망의 밀집도를 계산하는데 잘 활용될 수 있다. 본 논문에서 제안되는 방법은 위치기반서비스, 사물인터넷, 스마트 그리드, 지능형빌딩 시스템 등에 잘 적용될 수 있다.

**Key Words** : Location-Based Density, Mobile Node, Max Communication Range, Delaunay Triangulation

### ABSTRACT

Location-based density information of mobile node could be used well in various, new and expanding areas such as location-based services, internet of things, smart grid technologies, and intelligent building. In general, receiving mobile nodes of a wireless mobile node depend on the maximum communication range of transmitting mobile node. In this paper, efficient computing method for mobile node using Delaunay triangulation is proposed, which is irrespective of mobile node's maximum communication range and reflect relative location in a given situation. Proposed method may be good used to find out the density of network constructed by various max communication range devices as Internet of Things. This method suggested in this paper could work well for location-based services, internet of things, smart grid technologies, and intelligent building.

### 1. 서론

이동노드(Mobile Node)의 밀집도(Density)란 2차원 평면에서 현재 위치한 좌표에서 인접한 다른 노드들의 많고 적음을 수치로 표현한 것으로 정의한다. 이동노드의 밀집도를 활용하는 분야는 다양하다. 최근에

각광을 받고 있는 위치기반서비스(Location Based Service)는 다양한 IT 디바이스를 통해 취득한 위치정보 등을 활용하여 사용자들에게 유용한 서비스를 제공한다. 차량이나 사람들의 현재 위치를 분석하여 목적지를 안내하거나, 현 위치에서의 날씨 안내, 생활정보 안내 서비스 등이 위치기반서비스의 예이다. 여기

\* First Author : Kimpo University School of Smart Information Technology, ibkim@kimpo.ac.kr, 정희원

<sup>o</sup> Corresponding Author : Kimpo University Department of Computer Networks, cwseo@kimpo.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2015-09-316, Received September 22, 2015; Revised October 30, 2015; Accepted October 30, 2015

서 현재 위치에 존재하는 관련 기기나 사물들이 노드가 된다. 모든 사물들이 네트워크를 통해 자발적으로 데이터와 정보를 교환하며 다양한 서비스를 제공하는 사물 인터넷(Internet of Things)에서는 센싱 기술과 함께 유·무선 네트워크에 연결된 노드 상호간에 통신하는 기술이 중요하다<sup>[1]</sup>. 사물인터넷에서는 정보를 교환하고 서비스를 제공하는 사물들이 통신노드가 된다. 스마트그리드(Smart Grid)는 전력망, 열수송관등과 같은 전통적인 에너지 망에 IT 기술을 적용하여 에너지 공급 및 사용을 효과적으로 제어할 수 있는 다양한 기술을 의미한다. 에너지 공급자와 에너지 사용자 사이에 발생하는 정보들을 실시간으로 송수신하며 에너지의 수요에 맞추어 공급하고 사용하는 기술이다. 여기서 사용자와 에너지 검침 및 관리 시설 및 기기들이 노드가 된다. 지능형 빌딩 시스템(Intelligent Building System) 분야에는 건물의 효율적인 관리뿐만 아니라 건물 거주자들에게는 최적의 환경을 제공하기 위해 첨단 IT 기술이 도입된다<sup>[2]</sup>. 지능형 빌딩 시스템에서는 정보를 교환하는 센서, 정보를 전달하는 기기, 서비스를 제공하는 동작기기 등이 이동통신노드가 된다. 이것과 관련된 연구로는 위치 기반 서비스 사용의 증가에 따른 GPS로 인한 과도한 배터리 소모를 감소하기 위해 위치 탐지 기법인 적응 위치 검출<sup>[3]</sup>, 위치기반 라우팅의 무선 센서 네트워크에 적용<sup>[4]</sup>, 이기종 네트워크(Heterogeneous Network) 환경에서의 사물인터넷 플랫폼 개발 문제점 개선 연구<sup>[5]</sup> 등이 있다. 또한 사물인터넷 환경에서 상호인증 및 세션 키 합의 기술<sup>[6]</sup>, 초고층 대형 업무용 건물 중 인텔리전트 빌딩의 화재 확대지연 통합 플랫폼의 요구사항 정의 및 구현<sup>[7]</sup>, 태양광 발전 모니터링 시스템을 기존 모니터링 시스템에 N스크린 기술을 적용 및 구현<sup>[8]</sup>, 전자계량기 모니터링 시스템을 전력선 통신과 인터넷 뱀을 연동 구현<sup>[9]</sup>, 스마트 그리드 환경이 구축된 가정에서 발생하는 가전기기 소비전력 패턴을 데이터 마이닝을 이용하여 가족 유형 분류 등의 연구가 시행되었다<sup>[10]</sup>.

통신노드들의 밀집도는 환경과 서비스에 따라 상이하다. 밀집된 환경을 감지하고 이에 대응하는 적절한 서비스를 제공하여야 이러한 기술들의 만족도는 좋아질 것이다. 그러나 각 통신기기들의 성능에 따라 이동노드의 최대 통신거리는 상이하다. 따라서 이동노드의 밀집도는 통신거리에 영향을 받게 되므로 그 사용에 한계가 있다.

들로네 삼각망(Delaunay Triangulation) 또는 들로네 삼각 분할은 주어진 노드의 집합의 모든 원소들을 삼각형으로 연결할 때 생성된 삼각형의 내각이 최대

가 되게 하는 조건으로 생성된 삼각망이다<sup>[11]</sup>. 본 논문에서는 들로네 삼각망을 활용하여 현재 형성된 노드들의 전체 분포와 특정 노드 부근의 노드 분포를 고려한 노드 밀집도를 계산하는 효과적인 방법을 제안한다. 들로네 삼각망은 여러 분야에 적용할 수 있으나 본 논문에서 제안하는 것처럼 최대통신거리가 가변적인 다 수의 이동 통신노드들의 밀집도를 계산하는 데 활용한 예는 거의 없다.

본 논문은 2장에서 본 연구에서 제안하는 내용인 들로네 삼각망을 이용한 노드밀집도 계산, 3장에서는 관련 실험 및 분석, 4장의 결론으로 구성되었다.

## II. 들로네 삼각망을 이용한 노드 밀집도 계산

본 논문에서 제안하는 내용은 최대 통신거리가 상이한 통신 디바이스에 해당하는 2차원 평면상에 위치한 수많은 입력 단말 노드들중에서 통신 가능한 상대노드가 많고 적응을 의미하는 밀집도를 들로네 삼각망을 활용하여 효과적으로 계산하는 방법이다.

들로네 삼각망의 주요 특징은 평면상에 위치한 노드들은 들로네 삼각망을 구성하는 어떠한 삼각형들의 외접원의 내부에 존재하지 않는다는 것이다<sup>[11]</sup>. 들로네 삼각망의 삼각형들의 모든 최소각도는 최대이다. 들로네 삼각망은 2차원 평면에서  $O(N \log N)$  시간 내에 분할 정복(Divide and Conquer) 알고리즘과 증가(Incremental) 알고리즘을 이용해서 구축할 수 있다<sup>[11]</sup>. 들로네 삼각망을 구성하기 위해서 많이 사용되는 알고리즘은 분할 정복(Divide & Conquer) 방법과 증가(Incremental) 방법이다<sup>[12]</sup>. 증가 방법은 이 전 단계에서 이미 생성된 들로네 삼각망에 새로운 이동 노드들을 추가하면서 삼각망을 재구성한다. 이 알고리즘의 첫 번째 단계는 이동노드를 모두 포함할 수 있는 슈퍼 삼각형을 설정하는 것이다. 설정된 삼각형이 첫 번째 삼각망이 된다. 다음 단계는 이러한 초기 삼각망에 이동노드들을 차례로 추가시키면서 삼각망을 확장시켜 새로운 삼각망을 형성시킨다. 확장방법은 새로운 이동노드가 추가되면 이전 단계의 들로네 삼각망을 분석하여 외접원이 새로운 이동노드를 포함하는 삼각형들을 수집한다. 현재의 삼각망에 존재하는 모든 삼각형에 대해 이 과정을 반복한 후 외접원이 이동노드를 포함하는 삼각형들의 정점으로 구성된 다각형을 생성한 후 이 다각형에 존재하는 내부의 변들을 제거하고, 새로 입력된 입력노드와 다각형의 정점을 연결하여 삼각형을 만들면 새로운 단계의 들로네 삼각망이 구축된다.

본 논문에서 제안하는 방법은 먼저 입력노드들에 대하여 위에서 기술한 방법으로 들로네 삼각망을 구축한다. 들로네 삼각망의 구성이 완료되면 다음 단계로 각 노드들의 인접한 들로네 삼각형의 면적을 구하고 이 면적의 역수를 구하면 이것이 해당 노드의 밀집도로 정의한다.

그림 1은 랜덤하게 생성된 20개의 이동노드의 위치를 나타낸다. 원점을 중심으로 가로축은 -6에서 6, 세로축도 -6에서 6인, 12×12 정사각형의 평면을 대상으로 java의 Random()함수를 사용하여 이동노드의 위치를 선정하였다. 그림 1의 한 눈금은 1을 의미한다.

그림 2는 20개 이동노드들이 각각 완전 연결(Complete Connection)된 모습을 보인다. 완전 연결은 본인을 제외한 나머지 노드들과 모두 연결됨을 의미한다. 노드의 수가 20개이므로 이에 대한 완전연결

은 총 380개가 생성된다.

그림 3은 각 이동노드의 최대통신거리가 3인 환경에서, 각 노드들의 가능한 연결을 표시한 것이다. 이것의 연결 수는 총 56개이고 4개의 클러스터(Cluster)가 형성된다. 그림 3에서 가장 밀집도가 높은 노드는 8번(-4.06, 4.39), 19번(-4.02 1.92)노드이고 이 노드들의 최대통신 거리 이내에 위치한 인접노드의 수 5이다.

그림 4는 최대통신거리가 6인 환경에서, 각 노드들의 가능한 연결이 표시되어 있다. 그림 4의 연결 수는 총 156개이고 최대통신거리가 커짐에 따라 그림 3과는 다르게 한 개의 클러스터를 형성한다. 최대 통신거리가 6인 환경에서 가장 밀집도가 높은 노드는 11번(-1.69, 3.49)이고 이 노드와 최대통신 거리 이내에 위

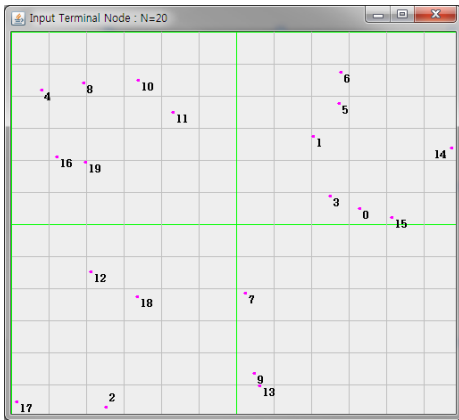


그림 1. 20개의 이동통신 노드의 위치  
Fig. 1. Location of 20 mobile nodes

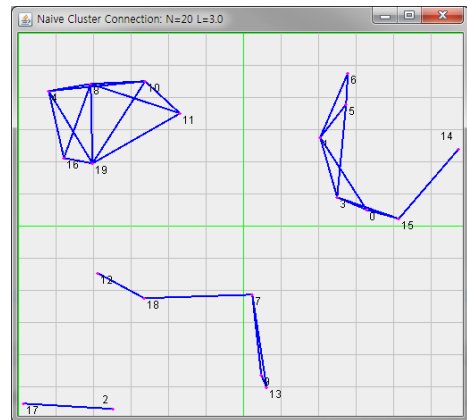


그림 3. 최대 통신거리가 3인 경우 연결 가능 노드  
Fig. 3. Node connection coverage with maximum communication range 3

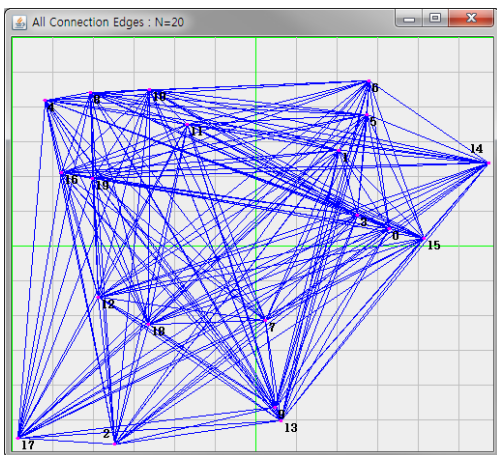


그림 2. 20개의 이동통신 노드의 완전연결  
Fig. 2. Complete connections of 20 mobile nodes

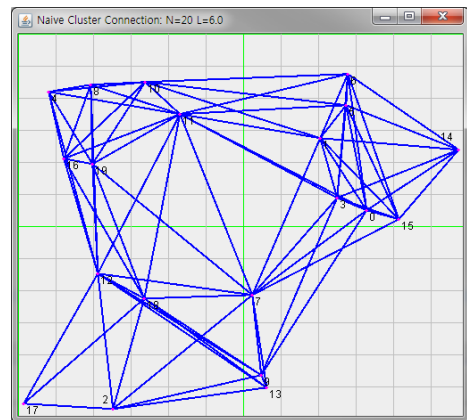


그림 4. 최대 통신거리가 6인 경우 연결 가능 노드  
Fig. 4. Node connection coverage with maximum communication range 6

치한 인접노드의 수는 13이다.

그림 5는 최대통신거리가 9인 환경의 결과를 보인다. 이 환경에서의 연결 수는 총 296개이고 최대통신거리가 더 길어짐으로 인해 당연하게 한 개의 클러스터를 형성한다.

가장 밀도가 높은 노드는 (0.26, -2.16)에 위치한 7번 노드이고 최대 통신거리인 9 이내에 위치한 인접 노드의 수는 자신을 제외한 나머지 노드의 총 합인 19이다.

그림 6은 최대통신거리가 12인 환경에서 연결모습을 보인다. 최대 통신거리가 증가함에 따라 연결 수도 증가하는 데, 이 환경에서의 연결 수는 총 370개이고, 이는 완전연결의 경우인 380 연결에 근접한 수치이다. 따라서 대부분의 노드들이 자신을 제외한 나머지 노

드들과 모두 통신이 가능하고 소수의 노드가 완전연결이 아니다. 이러한 노드는 2번 (-3.47 -5.70)의 17개 연결, 5번 (2.75 3.76) 노드의 18개 연결, 6번 (2.79 4.75) 노드의 17개, 14번 (5.76 2.38) 노드의 17개, 17번 (-5.85 -5.53) 노드의 16개의 다른 이동노드들과 각각 통신한다. 이러한 노드들도 거의 모든 노드들과 연결되어 있다고 할 수 있다.

그림 7은 최대 통신거리가 15인 환경인데, 총 연결 수는 총 380개이므로 이는 완전연결로 모든 노드의 통신 가능한 상대 노드의 수는 자신을 제외한 나머지 모든 노드인, 19의 노드이다.

그림 8은 본 논문에서 제안하는 이동노드들의 밀집도 계산 방법의 첫 단계에 활용되는 20개의 이동노드로 구성된 들로네 삼각망이다. 그림 8의 들로네 삼각망을 구성하는 모든 삼각형들의 각 정점을 이동노드

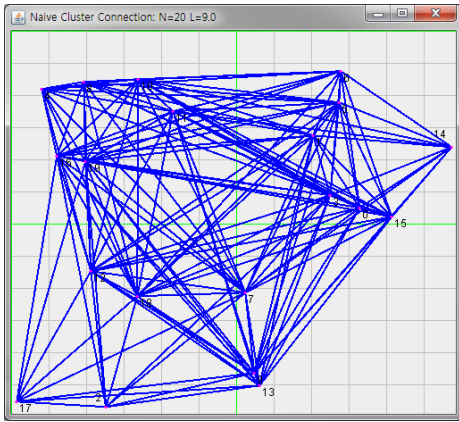


그림 5. 최대 통신거리가 9인 경우 연결 가능 노드  
Fig. 5. Node connection coverage with maximum communication range 9

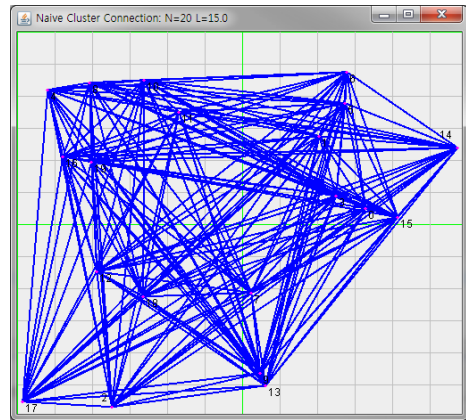


그림 7. 최대 통신거리가 15인 경우 연결 가능 노드  
Fig. 7. Node connection coverage with maximum communication range 15

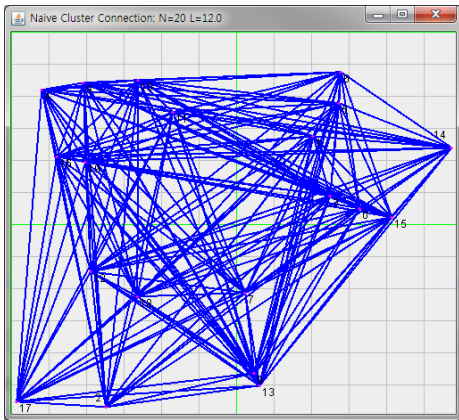


그림 6. 최대 통신거리가 12인 경우 연결 가능 노드  
Fig. 6. Node connection coverage with maximum communication range 12

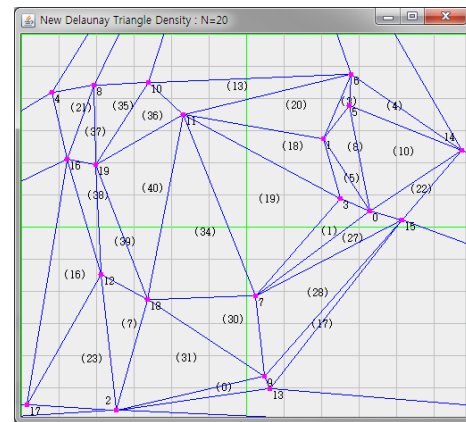


그림 8. 20개 이동통신에 대한 들로네 삼각망  
Fig. 8. Delaunay triangulation of 20 mobile nodes

라고 가정했을 때, 삼각망의 각 이동노드가 구성하는 삼각형들의 면적을 활용하면 각 이동노드의 밀집도를 효과적으로 계산할 수 있다.

그림 8에서 이동노드 7이 구성하는 삼각형은 (1), (19), (34), (30), (28), (27) 이다. 이 삼각형의 면적이 클수록 밀집도는 떨어지고, 작을 수록 밀집도는 커진다. 이러한 방법은 이동노드와의 떨어진 거리에 상대적으로 덜 영향을 받으면서 밀집 한 정도를 잘 반영한다고 할 수 있다. 이것은 기존의 naive 방법이 최대 통신거리에 따라 각 이동노드들의 밀집도가 변하는 문제점을 해결한다고 할 수 있다. 여기서 naive 방법은 각 노드들이 통신할 수 있는 최대 거리 영역 안에 존재하는 노드들의 수를 계산하여 밀집도를 계산하는 방법을 의미한다. IoT와 같이 기능과 목적, 성능에 따라 다양한 통신 디바이스로 구성된 네트워크에서 최대 통신거리에 상관없이 상대적 위치에 따른 밀집도를 구해야 하는 응용에 본 논문에서 제안하는 방법은 잘 적용될 수 있다.

식 (1)은 본 논문에서 제안하는 이동노드  $k$ 의 밀집도를 계산하는 식이다. 즉 이동노드  $k$ 가 구성하는 모든 삼각형의 면적의 합을 구해 이것의 역수를 계산하는 것이다. 여기서  $S_i$  는  $i$ 번째 삼각형의 면적이고  $n_k$  는 최종 구축된 들로네 삼각망에서 노드  $k$ 가 구성하는 삼각형의 수이다. 식 (2)는 관찰되거나 계산된 값들을 정규화하기 위한 식이다. 여기서  $X$ 는 정규화 대상인 데이터이고,  $m$ 은 평균,  $\sigma$  는 표준편차이다.

$$d_k = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_k} S_i} \quad (1)$$

$$Z = \frac{X - m}{\sigma} \quad (2)$$

### III. 실험

#### 3.1 실험

본 논문에서 제안하는 방법과 비교하기 위해서 입력노드와 각 노드의 최대통신거리를 입력으로 5개 부류의 환경을 설정하였다. 또한 동일한 환경에서는 각 통신노드의 최대통신거리가 같다고 가정하였다.

가로 12, 세로 12인 가상적인 평면에서 임의로 20개의 이동노드들을 생성하고 각 최대통신거리를 3, 6, 9, 12, 15로 설정한 환경을 생성 한 후, 각 이동노드의 밀집도를 계산하였다. 이동 노드의 밀집도는 각

최대 통신 거리 내에 위치하는 인접 노드의 수로 계산하였다. 본 논문에서 제안하는 방법으로 입력노드를 대상으로 들로네 삼각망을 생성하고, 2장 본문의 식 (1)을 활용해서 각 이동노드가 정점인 삼각형들의 면적의 합을 구하고 이 값의 역수를 계산하고 이를 각 이동노드의 밀집도로 결정하였다.

실험은 8.0GB 램, Intel core i-7 CPU, 3.6 GHz, 마이크로소프트 윈도우즈 8.1 환경의 랩톱 컴퓨터에서 시행되었다. 이동노드 위치 생성은 가상적인 평면 공간에서 java 언어의 Random 함수를 이용하여 처리 결과 값으로 해당 노드들의 x와 y 좌표로 설정하였다.

#### 3.2 결과검토 및 분석

표 1에는 그림 1에 표시된 20개의 이동노드에 대한 각 환경에 따른 실험결과가 표현되어 있다.

표 1에서 range는 각 이동노드의 최대 통신거리, node는 각 이동노드의 표식자이다. 동일한 range에 있는 노드들은 같은 최대 통신거리를 가진다고 가정하였다. Area sum은 본 논문에서 제안하는 방법에서 활용하는 들로네 삼각망에서 각 이동노드와 관련 있는 삼각형들의 면적의 합이고, Prop.는 이 값의 역수이

표 1. 최대통신거리의 변화 및 제안된 방법의 20개 이동통신 노드 밀도  
Table 1. Density of 20 mobile nodes with maximum communication range and proposed method.

range \ node	3	6	9	12	15	Area sum	Prop.
0	3	9	16	19	19	1.8300	0.5464
1	4	9	17	19	19	1.9500	0.5128
2	1	6	9	17	19	7.9400	0.1259
3	4	9	18	19	19	3.7300	0.2681
4	4	6	12	19	19	18.4100	0.0543
5	3	8	16	18	19	1.9500	0.5128
6	2	8	14	17	19	7.4100	0.1350
7	3	11	19	19	19	4.9300	0.2028
8	5	6	13	19	19	3.1200	0.3205
9	2	7	15	19	19	3.4100	0.2933
10	4	8	15	19	19	7.7200	0.1295
11	3	13	17	19	19	5.0900	0.1965
12	1	11	17	19	19	3.2200	0.3106
13	2	5	13	19	19	17.3600	0.0576
14	1	6	10	17	19	17.2200	0.0581
15	3	7	14	19	19	15.0000	0.0667
16	3	7	17	19	19	14.0800	0.0710
17	1	3	8	16	19	17.6100	0.0568
18	2	9	18	19	19	4.7800	0.2092
19	5	8	18	19	19	2.3100	0.4329
max	5	13	19	19	19	18.4100	0.5464
min	1	3	8	16	19	1.83000	0.0543

다. 즉 각 노드에 인접한 들로네 삼각망의 삼각형들에 대한 면적의 합과 이에 대한 역수이다. 표 1의 색깔로 표시된 부분은 최대통신거리를 변경한 실험에서 각 노드의 연결가능 노드 중에서 가장 많은 연결 가능한 노드의 수를 표시한 것이다. 최대 통신거리가 길면 길 수록 완전연결(Complete Connection)하는 이동노드들의 수가 많아진다. 최대 통신거리가 15인 경우는 그림 1의 20개의 이동노드들이 완전 연결하는 것을 확인할 수 있다. 반대로 최대 통신거리가 적으면 적을수록 통신 가능한 노드의 수는 매우 적게 된다. 최대 통신거리가 3인 환경에서 20개의 입력노드를 대상으로 최소 통신 가능 노드가 1이고 최대 통신 가능 노드의 수가 5이다.

표 2는 각 조건에 따른 데이터의 상이함을 보정하기 위해 2장의 식 (2)를 적용해서 표 1의 값을 정규화시킨 밀집도가 나타나 있다.

즉 최대 통신거리에 따라 평균 밀집도, 최소 밀집도, 최대 밀집도의 차이가 발생하므로 이에 대한 절대

표 2. 최대통신거리의 변화 및 제안된 방법의 20개 이동통신 노드 정규화 밀도

Table 2. Normalized density of 20 mobile nodes with maximum communication range and proposed method.

range node	3	6	9	12	Avg.	Prop.
0	0.50	0.60	0.73	1.00	0.71	1.00
1	0.75	0.60	0.82	1.00	0.79	0.93
2	0.00	0.30	0.09	0.33	0.18	0.15
3	0.75	0.60	0.91	1.00	0.81	0.43
4	0.75	0.30	0.36	1.00	0.60	0.00
5	0.50	0.50	0.73	0.67	0.60	0.93
6	0.25	0.50	0.55	0.33	0.41	0.16
7	0.50	0.80	1.00	1.00	0.83	0.30
8	1.00	0.30	0.45	1.00	0.69	0.54
9	0.25	0.40	0.64	1.00	0.57	0.49
10	0.75	0.50	0.64	1.00	0.72	0.15
11	0.50	1.00	0.82	1.00	0.83	0.29
12	0.00	0.80	0.82	1.00	0.65	0.52
13	0.25	0.20	0.45	1.00	0.48	0.01
14	0.00	0.30	0.18	0.33	0.20	0.01
15	0.50	0.40	0.55	1.00	0.61	0.03
16	0.50	0.40	0.82	1.00	0.68	0.03
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
18	0.25	0.60	0.91	1.00	0.69	0.31
19	1.00	0.50	0.91	1.00	0.85	0.77

적인 값의 차이는 의미가 없다. 따라서 이를 보정하여 상대적 밀집도를 분석한 것이 표 2이다. 표 2에서 특정 색깔로 표시된 부분은 최대 통신거리를 변경한 실험에서 각 노드의 연결가능 노드 중에서 가장 높은 정규화 밀집도를 표시한 것이다. 최대 통신거리가 15인 경우는 모든 이동노드가 완전연결이므로 데이터로서의 의미가 없으므로 표 2에서 제외시켰고, Avg.는 최대통신거리가 3, 6, 9, 12 인 경우의 정규화 밀집도의 평균값이다. 표 1과 표 2의 결과에서 나타난 것처럼 이동노드의 최대통신거리가 변경됨에 따라 각 이동노드의 밀집도가 변함을 확인할 수 있다.

그림 9는 최대 통신거리가 3인 환경에서의 이동노드 밀집도와 제안된 방법의 밀집도를 보인다. x축인 Node는 그림 1에 표현된 20개의 입력 이동노드를 표현하는 표식자이고, y축은 최대 통신거리가 3인 환경과 본 논문에서 제안한 방법으로 계산된 각 노드들의 정규화 밀집도를 의미한다.

이와 유사하게 그림 10, 11, 12에는 최대통신거리가 각각 6, 9, 12인 환경에서의 이동노드의 정규화 밀집도와 제안된 방법의 밀집도를 보인다. 그래프에서

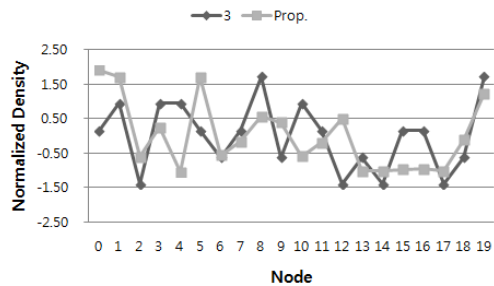


그림 9. 최대 통신거리가 3인 경우 각 이동통신 노드의 정규화 밀도와 제안된 방법의 정규화 밀도  
Fig. 9. Normalized densities of maximum communication range 3 mobile node and proposed method

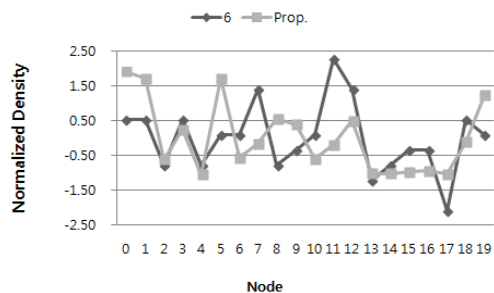


그림 10. 최대 통신거리가 6인 경우 각 이동통신 노드의 정규화 밀도와 제안된 방법의 정규화 밀도  
Fig. 10. Normalized densities of maximum communication range 6 mobile node and proposed method

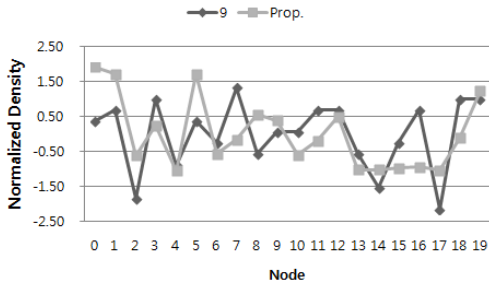


그림 11. 최대 통신거리가 9인 경우 각 이동통신 노드의 정규화 밀도와 제안된 방법의 정규화 밀도  
Fig. 11. Normalized densities of maximum communication range 9 mobile node and proposed method

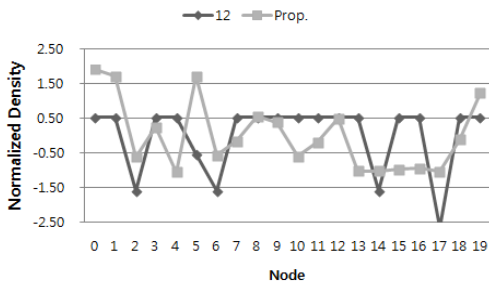


그림 12. 최대 통신거리가 12인 경우 각 이동통신 노드의 정규화 밀도와 제안된 방법의 정규화 밀도  
Fig. 12. Normalized densities of maximum communication range 12 mobile node and proposed method

표현된 것에서 제안된 방법은 최대 통신거리와 무관하게 동일한 결과를 보인다. 그러나 최대 통신거리에 따라 각 노드들의 밀집도가 변하므로, 최대 통신거리가 가변적이거나 최대 통신거리가 동일하지 않는 환경에서의 이동노드의 밀집도 계산은 의미가 없음을 확인할 수 있다.

또한 그림 13은 최대통신거리가 3, 6, 9, 12인 환경에서의 정규화된 이동노드 밀집도를 표현한 것이다. 노드 2에서 약간의 유사성을 보이나 전체적으로 큰 상관성을 보이지 않는다. 특히 최대통신거리가 클수록 정규화된 밀집도 그래프의 모양은 단순해진다.

그림 14는 최대통신거리에 따른 밀집도의 평균값과 제안된 방법으로 얻은 밀집도를 비교한 그래프이다. 이 역시 큰 상관성을 찾을 수 없다.

그림 15는 10,000개의 이동통신 노드의 어느 순간의 위치를 나타내는 그림이다. 이와 같이 다수의 이동노드에 대하여 각 노드의 위치 기반 밀집도를 계산하는 것은 쉬운 일이 아니다.

본 논문에서 제안한 방법으로 이동통신 노드의 밀집도를 계산하기 위한 들로네 삼각망의 결과는 그림

16에 있다. 비록 자세히 확인할 수 없으나 수치적 연은 결과에 따르면, 그림 15의 위치에서 가장 높은 밀집도를 보이는 노드는 7879이고 이것의 좌표는 2차원

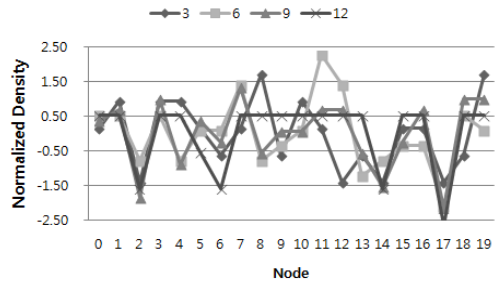


그림 13. 최대 통신거리가 3, 6, 9, 12인 경우 각 이동통신 노드의 정규화 밀집도  
Fig. 13. Normalized densities of maximum communication range 3, 6, 9, and 12 mobile node

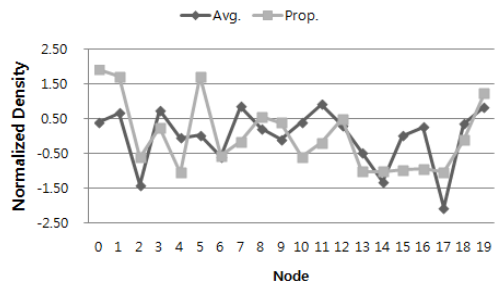


그림 14. 최대 통신거리가 3,6,9,12인 이동통신 노드 정규화 밀도의 평균과 제안된 방법의 정규화 밀집도  
Fig. 14. Average normalized density of maximum communication range 3, 6, 9, 12 mobile node and normalized density of proposed method

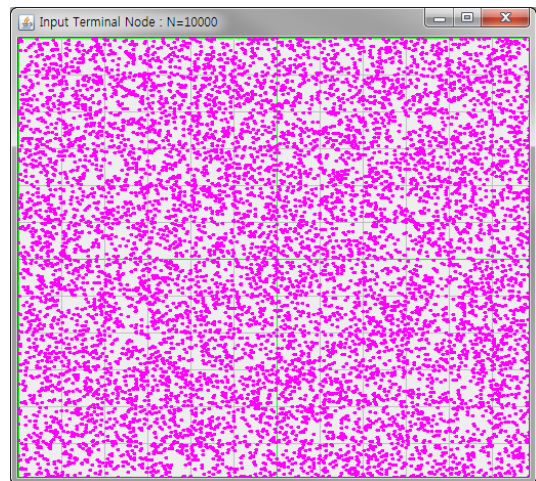


그림 15. 10,000개의 이동통신 노드의 위치  
Fig. 15. Location of 10,000 mobile nodes

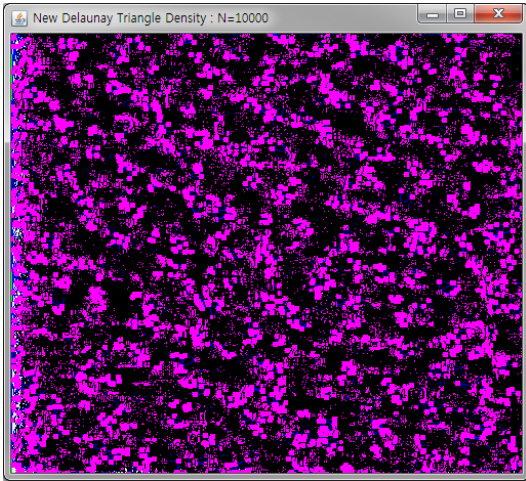


그림 16. 10,000개 이동통신에 대한 들로네 삼각망  
Fig. 16. Delaunay triangulation of 10,000 mobile nodes

평면의  $x=-3.04$ ,  $y=-1.09$ 이다. 제안된 방법을 활용하여 모든 이동통신의 위치기반 밀집도를 얻을 수 있다. 이 방법은 그림 9에서 그림 12까지를 통해 확인한 것처럼 각 노드들의 최대 통신거리와 무관하게 수 많은 이동노드들에 대하여 일정한 밀집도의 계산이 가능하므로, IoT와 같이 다양한 최대 통신거리를 가지는 통신기기들의 밀집도를 계산하고 분석하여, 적절한 동작의 가능 및 대처에 잘 활용할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문은 들로네 삼각망을 이용해서 현 시점에서 위치한 이동노드의 상대적 위치에 대한 밀집도를 효과적으로 계산하는 방법을 제안하였다. 이동노드들의 밀집도는 현재 급속히 발전하는 위치기반서비스, 사물인터넷, 스마트그리드, 지능형빌딩시스템 등에 잘 활용할 수 있다.

이동노드의 밀집도를 계산하는 기존의 방법은 각 이동노드들의 최대통신거리가 변경되면 각 노드의 밀집도도 변경이 된다. 최대통신거리는 항상 변경 가능하므로 이러한 특성은 특정 환경에서 문제가 될 수 있다. 본 논문에서는 이동노드의 최대통신거리와는 상관없이 각 노드의 위치와 분포도에 따라 밀집도를 효과적으로 계산하는 방법을 제시하였다. 즉 특정 노드를 중심으로 들로네 삼각망을 구성하는 삼각형의 수와 삼각형의 면적을 활용하여 전체적인 관점에서의 다른 인접노드들의 상대적 밀집 정도를 파악할 수 있다.

향 후 연구는 특정 평면이나 공간에 위치한 이동노드의 최대통신거리가 가변적인 경우를 고려한 이동노

드 밀집도 계산에 관한 것이다. 본 논문에서는 한 환경에서 이동노드의 최대통신거리가 일정하다고 가정하였으나 현실적으로 통신환경 시스템에서의 이동노드들의 종류가 다양하므로 최대통신거리 또한 여러 종류이다. 이러한 연구를 통해서 다양한 통신시스템을 구성하는 이동통신노드들의 밀집도를 효과적으로 계산한다면 좀 더 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

#### References

- [1] Internet of Things, Retrieved Sept. 20, 2015, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_Things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things)
- [2] K. H. Park, N. J. Choi, W. S. Yang, H. Y. Lee, S. K. Lee, C. A. Choi, and J. D. Kim, "Present state and prospect of sensor technologies for smart building," *ETRI, Electron. Telecommun. Trends* (in Korean), vol. 24, no. 6, pp. 1-10, Dec. 2009.
- [4] D. H. Kim and H. K. Bahn, "Adaptive location detection scheme for energy-efficiency of smartphones," *J. IIBC*, vol. 15, no. 3, pp. 119-124, Jun. 2015.
- [5] H. C. Cho, S. D. Kim, C. Y. Kim, S. H. Kim, and C. J. Hwang, "Energy-efficient face routing protocol considering radio range in wireless sensor networks," *J. KICS*, vol. 40, no. 06, pp. 1058-1069, Jun. 2015.
- [6] S. J. Lee and Y. H. Yoo, "Probabilistic method to enhance ZigBee throughput in Wi-Fi interference environment," *J. KICS*, vol. 39B, no. 09, pp. 606-613, Sept. 2014.
- [7] J. Y. Park, S. M. Shin, and N. H. Kang, "Mutual authentication and key agreement scheme between lightweight devices in Internet of Thing," *J. KICS*, vol. 38B, no. 09, pp. 707-714, Sept. 2009.
- [8] J. H. Jang, D. B. Kim, B. J. Shin, and S. C. Yoon, "Development of the integrated fire suppression system in intelligent buildings," *J. Korean Soc. Hazard Mitigation*, vol. 15, no. 3, pp. 169-175, Jun. 2015.
- [9] K. H. Lee and H. W. Park, "Implementation of N-screen based solar power monitoring system," *J. The Korea Soc. Computer and Inf.*,



vol. 19, no. 10, pp. 151-158, Oct. 2014.

- [10] K. S. Park and Y. H. Lee, "Implement of watt-hour meter monitoring system by internet map based GUI using power line communication," *The J. Korea Inst. Electron. Commun. Sci.*, vol. 8, no. 10, pp. 1435-1441, 2013.
- [11] J. H. Kim, Y. J. Lee, and H. W. Kim, "Development of the power consumption simulator and classification of the types of household by using data mining over smart grid," *The J. Korea Inst. Electron. Commun. Sci.*, vol. 39C, no. 1, pp. 72-81, 2014.
- [12] Delaunay triangulation, Retrieved Sept. 20, 2015, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay\\_triangulation](http://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation), Sept. 20, 2015.

**김 인 범 (In-bum Kim)**



1989년 2월 : 대우통신종합연구소

1995년~1996년 : 오라클코리아

2007년 : 위스컨신주립대-밀워키 전산학 공학박사

1996년~현재 : 김포대학교 스마트IT학부 교수

<관심분야> 네트워크 알고리즘, 데이터베이스, 컴퓨터 이론

**서 춘 원 (Choon-weon Seo)**



1988년 2월 : 광운대학교 전자공학과 공학사

1990년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 공학석사

1997년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 공학박사

2000년~현재 : 김포대학교 컴퓨터네트워크과 부교수

<관심분야> 패턴인식, 영상처리, 인공지능