

HAP 네트워크에서 BIRCH 클러스터링 알고리즘을 이용한 이동 기지국의 배치

(Mobile Base Station Placement with BIRCH Clustering Algorithm for HAP Network)

채준병[†] 송하윤^{**}

(Jun Byung Chae) (Ha Yoon Song)

요약 본 연구는 HAP(High Altitude Platform) 기반 네트워크 구성에서 최적의 이동 기지국의 위치와 적용범위를 찾는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 지상 노드들을 BIRCH(Balanced Iterative Reducing and Clustering Using Hierarchies) 알고리즘을 응용하여 클러스터링(clustering) 하였다. BIRCH 알고리즘의 특징인 계층적 구조를 통해 CF(Clustering-Feature) 트리를 만들어 모바일 노드들을 관리하였고, 최대 반경과 노드 수 제약조건으로 분할과 합병 과정을 수행하도록 하였다. 제주도를 기반으로 한 모바일리티 모델을 만들어 시뮬레이션 작업을 수행하였으며, 제약 조건에 만족하는 이동 기지국의 최적위치와 적용범위를 확인했다.

키워드 : HAP, BIRCH, 이동기지국, 군집화

Abstract This research aims an optimal placement of Mobile Base Station (MBS) under HAP based network configurations with the restrictions of HAP capabilities. With clustering algorithm based on BIRCH, mobile

- 이 논문은 2009학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음
- 이 논문은 제35회 추계학술대회에서 'HAP네트워크에서 BIRCH 클러스터링 알고리즘을 이용한 이동 기지국의 배치'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 학생회원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과
kilhanii@naver.com

^{**} 종신회원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수
hayoon@wow.hongik.ac.kr

논문접수 : 2009년 1월 19일

심사완료 : 2009년 9월 2일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨터공학의 실제 및 리더 제15권 제10호(2009.10)

ground nodes are clustered and the centroid of the clusters will be the location of MBS. The hierarchical structure of BIRCH enables mobile node management by CF tree and the restrictions of maximum nodes per MBS and maximum radio coverage are accomplished by splitting and merging clusters. Mobility models based on Jeju island are used for simulations and such restrictions are met with proper placement of MBS.

Key words : HAP, BIRCH, MBS, Clustering

1. 서론

HAP(High Altitude Platform)은 성층권에 이동성이 있는 무인 비행선을 띄워 지상의 기존 통신망과 인공위성과 통신이 가능하며, 비행선 각자의 포함 가능한 영역의 무선 이동 네트워크를 지원해 줄 수 있는 새롭게 제안된 네트워크 시스템이다. 성층권 통신 연구 분야에 있어서 비행선의 개발과 프로토콜의 개발에 이어 성층권 네트워크 비행선의 최적의 위치를 디자인하는 연구가 필요하다. 성층권 통신은 기존의 지상과 인공위성 네트워크의 장점을 취합한 형태로서 지상의 움직이는 노드들에게 통신을 제공할 수 있어야한다[1]. 이 때 이 비행선들은 모바일 베이스 스테이션(Mobile Base Station)의 역할을 하며 각 비행선은 경제성과 효율성, 서비스 용량의 극대화를 위하여 거리의 제약과 포함할 수 있는 노드 숫자의 제약, 그리고 최소 이동 등의 제약이 필요하다[2].

이런 조건을 만족하며 최적의 위치에 비행선을 위치하게 하기 위한 방법으로 BIRCH 클러스터링 알고리즘을 이용하여 제약조건에 따라 트리 구조를 이용하여 분할과 합병을 통하여 효율적으로 이동 기지국의 위치가 구성되도록 연구하였다.

2. 배경 연구

HAP 네트워크 시스템(그림 1)을 통하여 폭넓은 무선 이동 네트워크에 대한 공급이 가능해질 것이며 기존의 네트워크와의 통신을 통해 적은 비용으로 무선 이동 네트워크의 이용이 가능해질 것으로 기대된다. 또한 기존에 설비가 갖추어지지 않은 지역이나 인구 밀도에 비해 광활한 지역, 무선 이동 네트워크에 대한 수요가 많은 지역에서 특히 그 효과가 뛰어나는 것으로 기대된다[1,3]. 이 때 각 HAP 기반 비행선은 알맞은 고도에서 안테나의 각도 조절을 통하여 자신의 영역을 커버할 수 있다[4]. 본 논문은 이 때 각 비행선이 이동 기지국으로서 역할을 수행함에 있어 최적의 효율을 보일 수 있는 위치를 지정하는 기법의 연구이다. 다양한 클러스터링 알고리즘에 대한 조사를 수행하였으며 BIRCH 알고리즘을 응용하여 제약조건들을 만족시킬 수 있었다.

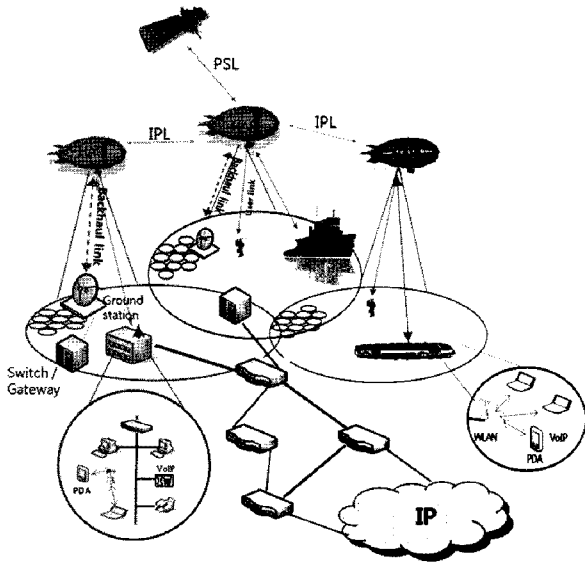


그림 1 HAP 기반 네트워크 시스템

3. 이동성 모델

HAP 비행선의 이동 기지국으로서의 효율적인 위치를 파악하기 위하여 실제 제주도 환경을 기반으로 만든 모델을 통해 시뮬레이션 작업을 수행하였다.

제주도는 섬 지역으로 인구 밀집도가 높은 두 개의 도시를 갖고 있으며 그 외는 인구 밀도가 낮다. 또한 주위의 작은 섬들에 인구가 존재하기 때문에 다양하게 분산된 인구 밀집의 환경에서 그들의 왕래를 자동차, 말, 도보, 선박 등의 다양한 속도로 가정하고 시뮬레이션이 가능하다. 노드들의 모빌리티는 시간에 따라 목적지와 속력이 랜덤하게 변하는 Random Way point(RW) Model방식을 이용하였다[5].

표 1 HAP 기반 이동 기지국의 제약조건

HAP -- MBS의 제약 조건	
최대 반경	150Km
최대 포함 가능 노드 수	30
최소 포함 노드 수	10

각 이동기지국으로서의 비행선은 최대 포함할 수 있는 네트워크 용량으로서의 노드 숫자의 제약과 효율성을 위한 최소 노드 수의 제약, 그리고 담당할 수 있는 최대 반경 등의 제약을 표 1과 같이 갖는다.

4. 모바일 베이스 스테이션 배치

4.1 사전 실험

K-means 클러스터링 알고리즘은 거리 기반을 이용하는 클러스터링 알고리즘으로서, K값을 초기에 정하고 이 K개의 군집을 중심으로 가장 가까운 거리에 있는 노

드들을 군집화하는 기법이다[6].

빠른 실행 속도로 기본 클러스터링을 수행할 수 있다는 장점이 있으나, 거리에서 가까운 노드들을 모두 같은 군집으로 포함시키기 때문에 최대 반경, 최대 포함 노드 수 제약 조건을 만족시킬 수 없었다.

4.2 BIRCH 클러스터링 알고리즘

BIRCH 클러스터링 알고리즘은 대용량 자료를 제한된 자원에서 효율적으로 사용하여 군집화하는 통합된 계층 군집 알고리즘이다[7].

BIRCH는 입력되는 데이터 객체를 점진적이고 동적으로 군집을 구성하여 CF(Clustering Feature)와 CF트리 두 가지 군집 대표성을 이용하여 군집화를 수행한다. 먼저 읽어 들인 데이터 객체들을 CF값에 따라 트리를 작성하게 되는데 이 때 CF값은 (N, LS, SS) 정보이다.

- N : 클러스터에 포함된 노드 수
- LS : N개의 데이터의 합, $\sum_{i=1}^N X_i$
- SS : N개의 데이터의 제곱 합, $\sum_{i=1}^N X_i^2$

이 CF값들을 바탕으로 CF트리는 균형요소로 B(non-leaf node)와 L(leaf node)를 갖고, 임계 값 T값을 갖게 된다.

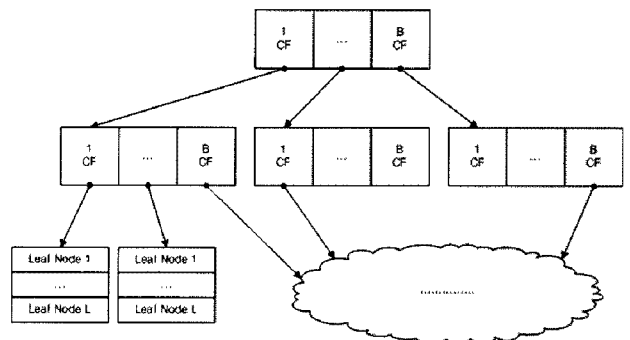


그림 2 BIRCH CF 트리

이렇게 균형요소와 임계값의 제약에 맞추어 작성된 CF트리(그림 2)의 내부 인덱스는 자식을 갖게 되며 이들은 자식의 CF값의 합을 저장하게 된다. 이를 통하여 BIRCH는 일반적으로 다음과 같이 동작한다.

- 1) 모든 데이터를 읽어 들여 메모리에 로드하며 CF트리를 작성한다.
- 2) 클러스터링이 수행 가능하도록 알맞은 크기와 범위로 작은 CF트리를 만든다.
- 3) 글로벌 클러스터링 알고리즘을 이용하여 클러스터링한다.
- 4) 클러스터를 정제한다.

이 후 삽입되는 데이터는 루트 단계부터 CF값을 비

교하여 적정 리프노드를 찾아가도록 한 후 제약 조건에 따라 분할과 병합을 수행한다[8].

4.3 BIRCH 클러스터링 알고리즘을 응용한 MBS 최적 위치 파악 알고리즘

본 실험은 모든 모바일 노드에 대한 클러스터링을 수행하기 위해 K-means 클러스터링 알고리즘과 BIRCH 클러스터링 알고리즘을 응용하여 간단한 CF트리를 만들어 클러스터링을 하도록 하였다.

우선 입력받은 모바일 노드들의 위치를 기반으로 K-means를 이용하여 매우 작은 크기의 많은 마이크로 클러스터(micro cluster)들을 생성하였고 이를 상향 계층적 구조를 통하여 CF트리의 형태로 만들었다.

이 때 CF트리의 T값으로는 거리 제약 조건인 150Km를 설정하였고 L값으로는 한 클러스터가 포함할 수 있는 숫자인 30을 설정하였다. 또한 트리 구조의 인덱스의 제약 값인 B는 노드들의 밀집도에 따라 차이가 크므로 설정하지 않고 높이 균형에 관계없이 자유롭게 동적으로 변화가 가능하도록 하였다.

- 1) K-means 알고리즘 이용하여 마이크로 클러스터들을 생성한다. (그림 3. Initialization)
- 2) 생성된 클러스터들을 루트 레벨까지 작은 숫자의 K값의 K-means를 반복적으로 적용시켜 CF트리 형태를 만든다. (그림 4. CF-tree Construction)
- 3) 크기와 거리 제약 조건을 통해 분할을 수행한다. 크기 제약 조건이나 거리 제약 조건의 허용된 범위를

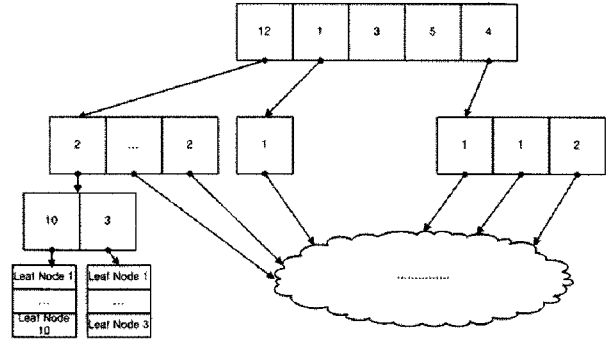


그림 4 CF 트리 생성

넘어선 클러스터가 존재할 경우 분할을 통하여 제한된 크기 이내가 되도록 한다. (그림 5. Split)

- 4) 크기와 거리 제약 조건을 비교하여 합병할 수 있는 것은 합병한다. (그림 6. Merge)

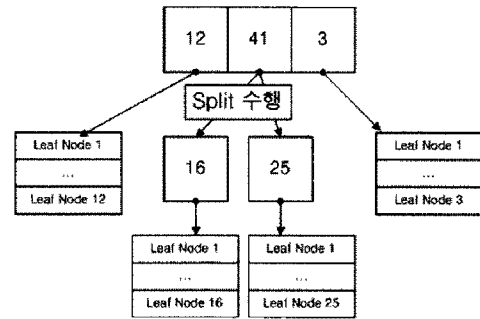


그림 5 분할 과정 수행

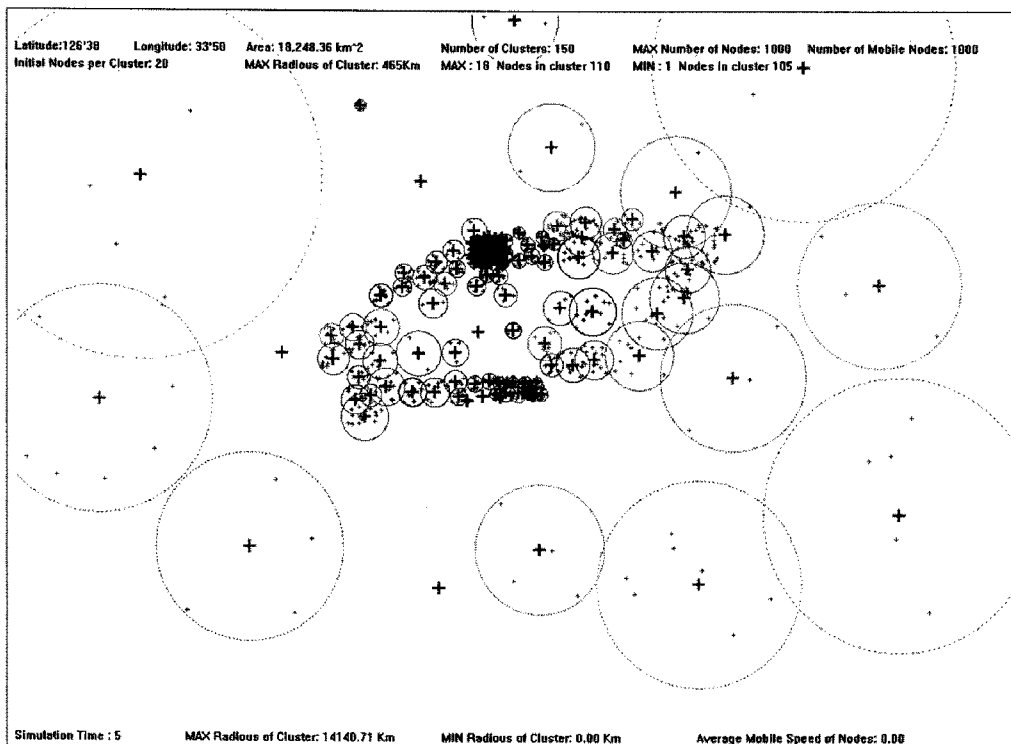


그림 3 초기 K-means 이용하여 생성한 마이크로 클러스터들의 배치

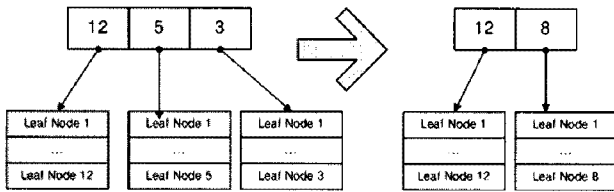


그림 6 합병 과정 수행

5) 클러스터가 다른 클러스터를 포함하는 경우 클러스터를 병합하거나 거리 기반을 이용하여 최대한 겹치지 않도록 다시 합병 후 절반으로 분할을 시도한다. (그림 7. Half-Cut)

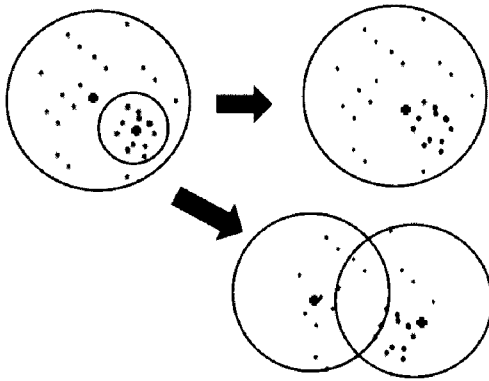


그림 7 내부 클러스터 합병, 분할 과정

4.4 BIRCH 클러스터링에 의한 네트워크 제약 조건 만족과 시뮬레이션 결과

초기 구성된 CF트리를 이용하여 마지막 인덱스 단계에서 분할과 합병을 수행함으로써 표 2와 같이 제약조건인 클러스터 당 노드 30개를 넘지 않으며 150km반경을 넘지 않는 클러스터들을 구성하였고, 각 클러스터의 센트로이드가 이동 기지국의 위치이다. 그림 8은 두 종류의 트레이스 파일을 이용하여 시뮬레이션을 수행한 결과로서 제주도를 중심으로 이동 기지국의 배치 결과를 보여주고 있다. 원은 이동 기지국이 포함하는 영역을 의미하며, 이동 기지국의 위치는 십자가로 표시하였다. 하지만 클러스터 간의 실시간 합병 과정을 재귀적으로 트리 구조 안에서 수행하며 거리가 먼 곳의 클러스터부터 합병을 하는 경우 비효율적으로 클러스터 안에 클러스터가 포함되는 경우가 발생하였다. 따라서 이런 경우에는 제약 조건에 만족하는 경우 다시 합병을 해주거나, 만족하지 않으면 두 클러스터를 합병한 후 다시 두 개의 클러스터로 거리를 기반으로 나누어주는 과정을 수행하였다. 이를 통하여 클러스터의 개수가 조금 늘어났지만 보다 효율적인 배치를 보일 수 있었다.

특히 고립된 노드의 존재 시 최소 노드 수 제약 조건은 만족하지 못하고 1개의 모바일 노드만이 한 클러스터에 포함되는 비정상적인 경우가 발생할 수 있었다.

표 2 평균 결과 값

평균 클러스터 개수	58.68개
평균 노드 수	16.58개
평균 최대 노드 수	29.63개
평균 최소 노드 수	2.05개

5. 결론 및 향후 연구

HAP 기반 네트워크의 모바일 베이스 스테이션의 위치를 결정하는 문제에 있어서 K-means 알고리즘의 문제점을 BIRCH 알고리즘의 병합과 분할 과정을 통해 HAP 네트워크의 제약성을 만족시켰지만, 지상 노드의 급격한 이동 시 이동 기지국의 갑작스런 위치 변화가 존재한다. 이 문제는 노드의 이동성에 기반한 문제는 모바일 노드의 움직임을 확률적으로 예측하여 처리할 수 있는 EM 클러스터링 알고리즘을 응용하여 해결해 볼 수 있을 것으로 예상된다[9]. 따라서 EM 등의 알고리즘을 통하여 노드들의 이동성에 대응 가능한 이동 기지국의 위치의 최적의 효율성을 찾는 방향으로 향후 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Anggoro K.Widiawan, Pahim Tafazolli, "High Altitude Platform Station (HAPS): A Review of New Infrastructure Development for Future Wireless Communications," *Wireless Personal Communications, Springer Netherlands*, pp.387-404, 2006.

[2] Ha Yoon Song, "A Method of Mobile Base Station Placement for High Altitude Platform Based Network with Geographical Clustering of Mobile Ground Nodes," *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology*, vol.3 pp.869-876, 2008.

[3] Cianca, E. Prasad, R. De Sanctis, M. De Luise, A. Antonini, M. Teotino, D. Ruggieri, M. "Integrated satellite - HAP systems," *IEEE Communications Magazine*, vol.43 Issue: 12, pp.33-39, Dec. 2005.

[4] Giggenbach, Dirk. Epple, Bernhard. Horwath, Joachim. Moll, Florian, "Optical Satellite Downlinks to Optical Ground Station and High-Altitude Platforms," *Views of the 16th IST Mobile and Wireless Communication Summit*, Springer, pp.331-349, 2008.

[5] 신영민, 조관식, 송하운 "HAP기반 네트워크 시뮬레이션을 위한 노드 모빌리티 구성", *한국정보과학회 2008년 가을 학술발표논문집*, vol.35 pp.267-272, 2008.

[6] T. Kanungo, D. M. Mount, N. Netanyahu, C. Piatko, R. Silverman, and A. Y. Wu, "An Efficient K-means Clustering Algorithm: Analysis and Implementation," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.24 no.7, pp.881-892, 2002.

- [7] 이우춘, "이 단계 군집분석 방법에 관한 연구", 중앙대 대학원, 2004.
- [8] Tian Zhang, Raghv Ranmakrishnan and Niron Liny, "BIRCH : An Efficient Data Clustering Method for Very Large Databases," *SIGMOD*, pp.103-114, 1996.
- [9] Frank Dellaert, "The Expectation Maximization Algorithm," *Collage of Computing, Georgia Insti-*

tute of Technology, Machine Learning, vol.39 Issue 2-3, pp.103-134, May-June 2000.

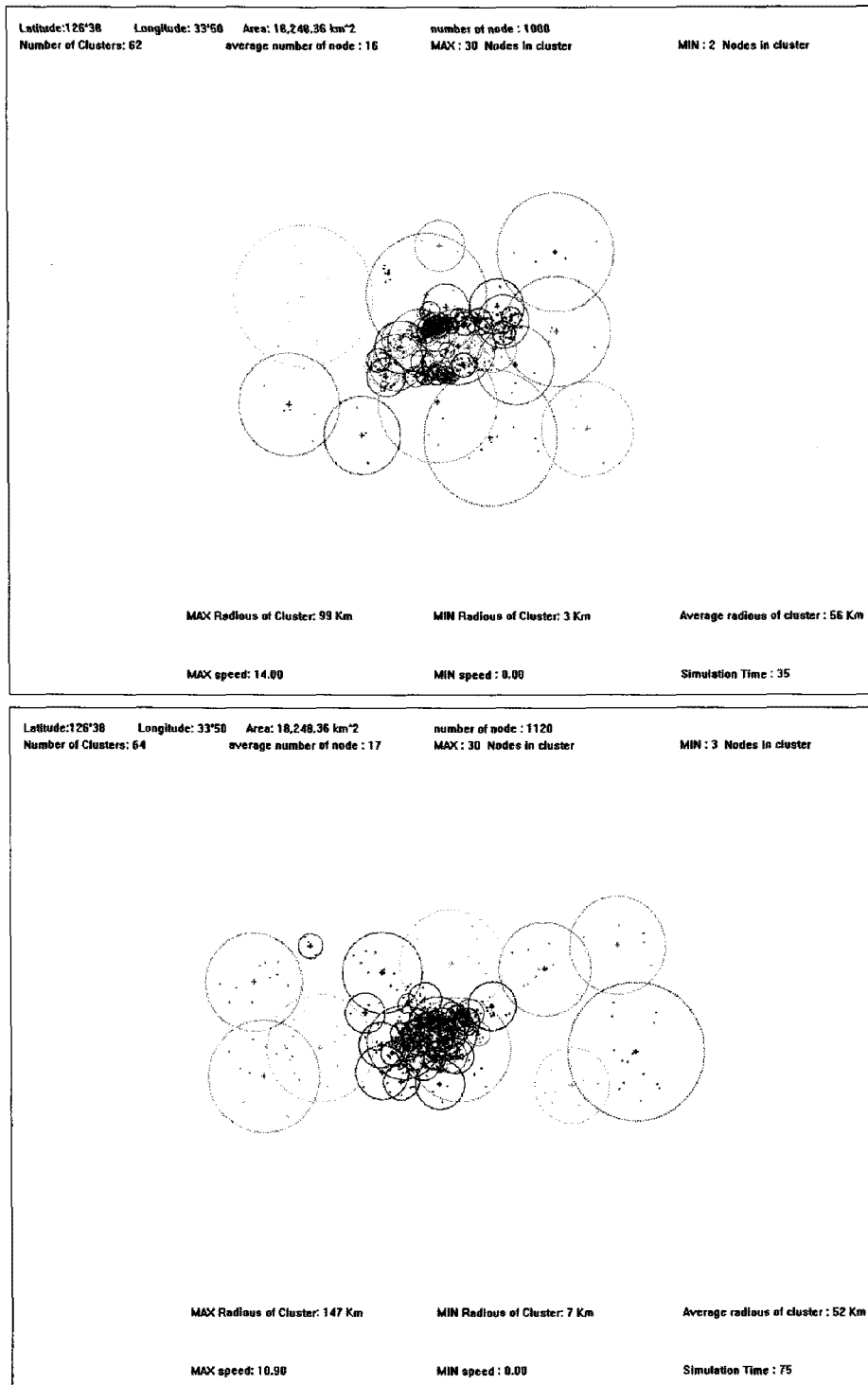


그림 8 이동기지국의 배치