

센서 네트워크 환경에서 동적 스카이라인 질의를 이용한 효율적인 클러스터링

Efficient-Clustering using the Dynamic Sky line query in Sensor Network Environment

조영복¹, 이상호²

1. 충북 청주시 충북대학교 전자계산학과
E-MAIL : bogicho@gmail.com
2. 충북청주시 충북대학교 전자계산학과
E-Mail : shlee@chungbuk.ac.kr

요 약

기존 센서네트워크 환경의 노드들이 모바일 환경으로 바뀌면서 클러스터를 구축하고 클러스터 헤더를 선정함에 있어 기존 방법은 정적 노드를 대상으로 구축되어 있기 때문에 이를 동적 노드에 적합한 방법으로 구축하기 위해 기존 연속적인 스카이라인 질의방법을 이용하여 클러스터를 구축하고 클러스터헤더를 선정함으로 센서네트워크의 효율적인 환경을 구축하고자 한다. 기존은 클러스터 헤드 선정을 클러스터를 구축하고 구축된 클러스터 내에서 에너지 잔여량을 비교 하여 가장 에너지가 많은 노드를 헤드로 선정하여 라우팅을 고려하는 기법을 사용하였다. 그러나 센서 노드가 모바일 노드일 경우 위치도 함께 고려되어야 할 속성 중 하나일 것이다. 따라서 이 논문에서는 클러스터 헤드 선정기법에서 기존 방식과 달리 클러스터 헤더를 선정하고 클러스터 헤더를 선정하고 클러스터 헤더를 기준으로 R hop 까지를 하나의 클러스터로 설정하는 효율적인 영역 결정 기법을 제안하였다.

1. 서 론

이동 객체에 대한 대표적인 위치 의존질의(location Dependent Query)는 질의의 현재 위치와 가장 가까운 대상 객체를 검색하는 최근접 질의(Nearest Neighbor Query)이다. 위치 정보를 변경하는 모바일 환경에서 이동 객체는 질의 결과가 현재 위치에서는 유효하지 않을 수 있으므로, 위치 변경에 따른 연속적인 질의가 발생한다.[1]

이동 객체란 시간에 따라 위치정보가 계속 변경되는 공간 객체를 의미한다. 이동 객체는 질의를 요청한 후 계속해서 위치를 변경하기 때문에 처음 질의 결과가 현재 위치에서는 유효하지 않기 때문에 처음 질의 결과가 현재 위치에서는 유효하지 않을 수 있으므로, 위치 변경에 따른 연속적인 질의가 발생한다. 연속적인 질의는 네트워크 부하의 증가와 전체 대상 객체에 대해 빈번한 재 계산에 따른 비용 증가 등 문제점이 발생한다. 연속적인 질의로 인한 계산 횟수의 증가를 줄이기 위하여 초기에 계산된 결과의 유효성을 검증하여 결과를 갱신하는 기법들이 연구되고 있다.[2,3] 기존의 대상 객체의 정적 속성에 대한 스카이라인 질의 결과는 질의의 위치와 상관

없이 항상 고정이다. 그러나 이동 객체에 대한 스카이라인 질의는 이동 객체의 위치변경에 따른 동적 속성인 이동 객체와 대상 객체의 거리 때문에 질의 위치에 따라 결과는 가변적이다. 질의 결과 집합의 객체들은 대상 객체의 정적인 속성에 대한 스카이라인 객체와 정적인 속성에 대해서 지배하는 객체보다 이동 객체와 가까운 객체들로 이루어진다. 이동 객체에 대한 스카이라인 질의 결과(Skyline total)는 질의의 위치와는 상관없이 정적 속성에 대한 스카이라인 객체(Skyline static)를 항상 포함하고, 정적 속성에 대해 지배를 받을지라도 이동 객체와의 거리라는 동적속성으로 다른 객체가 지배하지 않는 가변적인 객체(Skyline dynamic)도 질의 결과에 포함된다. 즉 이동 객체에 대한 스카이라인 질의 결과는 객체의 정적 속성에 대해 지배하는 객체보다 이동객체와 가까운 객체들과 현재 위치에서 가장 가까운 객체를 포함한다. 예를 들어 호텔의 정적 속성 관계가 “현재 위치(Q1)에서 가장고 숙박료가 싸고 해변과의 거리가 가까운 호텔을 검색하라” 는 질의의 결과는 대상 결과의 정적 속성(숙박료, 해변과의 거리)에 대한 스카이라인을 질의의 위치에 관계없이 포함하고 Q1은 동적 속성인 이동 객체와의 거리가 정적 속성보다 상대적으로 가까운 스카

이라인 질의 결과를 포함하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로 무선 센서네트워크, 센서 네트워크를 위한 클러스터링 기반 계층적 라우팅 프로토콜에 대해 설명하고 3장에서는 동적 스카이 인을 이용한 클러스터링 기법, 4장에서는 평가 및 향후 연구에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 무선 센서 네트워크

기존의 무선 센서네트워크에서 물체 추적에 대한 연구들은 크게 Naive 방식, 계획적 모니터링 방식, 지속적 모니터링 방식, 동적 클러스터링 방식, 예측기반의 방식 등으로 분류할 수 있다. 그중 지속적 모니터링, 동적 클러스터링, 예측기반 등 방식은 기존의 센서네트워크에서의 일반적인 응용에서 부가적으로 지원되는 Naive, 계획적 모니터링 방식과 달리 전문적으로 물체추적을 위해 연구되었다. 각각을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

Naive 방식은 모든 센서노드들은 활성화 상태를 계속 유지하면서 감지된 결과를 주기적으로 BS(Base Station)에 보내주기에 에너지 소모가 너무 많다[4]

계획적 모니터링 방식은 모든 센서 노드들은 BS가 잘 동기화 되었다고 가정하고 sleep과 wake up 두 개 상태 사이에서 transit 할수 있다. 센서노드는 자신이 센싱해야 할 타임이 되면 바로 센싱하고 데이터를 bs에 보낸다. 모든 센서 노드들은 X초만큼 활성화상태에 있다가 (T-X)초 동안 수면상태에 들어간다. 하지만 모든 센서 노드들과 BS가 잘 동기화 되었다는 가정 사항은 현실적으로 실현이 어렵다. 또한 물체를 추적하기 위해 사용되는 센서노드의 수량이 많으므로 에너지 소모가 많다 [5][6].

지속적 모니터링 방식은 모든 센서노드들이 주기적으로 깨어나 센싱 하다가 물체가 자신의 센싱 범위에 들어온 센서노드만 활성화 된다. 활성화노드는 물체가 이웃노드의 센싱 범위에 들어가기 직전에 이웃노드의 센싱 범위에 들어가기 직전에 이웃노드를 깨워준다. 하나의 노드로만 모니터링하기에 missing-rate가 높으며 활성화노드는 계속 센싱하고 있어야 하기에 에너지 소모가 불균형적이며 전반 네트워크의 생명주기에 영향을 준다[7]

동적 클러스터링 방식은 센서네트워크는 파워가 강한 CH(Cluster Header)노드와 파워가 약한 SN노드들로 구성된다. 물체를 센싱한 신호가 제일 강한 CH노드가 클러스터헤드가 되고 주변의 SN노드들로 클러스터를 구성한다. SN 노드들은 센싱한 정보를 클러스터헤드인 CH노드에게 전송해주고 CH노드는 수집한 정보들을 BS에 전달

해준다. 물체를 놓치지 않기 위해서 모든 CH노드들은 지속적으로 센싱을 해야 한다. 오직 CH노드들만 클러스터헤드가 될 수 있기에 CH 노드가 균일하게 뿌려지지 않은 지역에서는 물체추적이 어렵다. 그리고 클러스터가 일단 구성된 후에는 헤드를 rotation 하지 않기에 물체의 이동이 매우 느린 경우에 특정한 클러스터 헤드의 에너지 소모는 많아진다. 따라서 CH노드들 사이의 에너지 소모가 불균형해지고 전반 네트워크의 생명주기에 영향을 준다.[8][9][10][11]

예측기반의 방식은 예측모델을 통하여 물체의 다음 위치를 예측하면 wake up mechanism을 통하여 물체가 현재 노드의 센싱 범위를 벗어나 인접노드로 들어가기 직전 인접노드를 깨우며 물체를 놓쳐버리면 전체 네트워크 범위에서 물체추적을 복구한다.

선택된 wake up mechanism 이 다름에 따라 존재하는 문제점 역시 다르다 먼저 목표위치 부근에서 하나의 노드만을 선택하여 깨울 경우, 위치예측이 완전히 정확한 상황에서만 효과적이지만 반면에 하나의 노드만 계속 센싱하고 있어야 하기에 에너지 소모가 불균형적이다. 또한 위치 예측의 100% 정확성을 본존하기 어려운 현실에서는 missing -rate가 상당히 높기에 매번 추적을 복구하기 위해서 들어가는 부하가 엄청나다. 둘째 현재위치에서 목표위치까지의 이동경로 상에 있는 노드들을 모두 깨울 경우, 위치추정의 약간의 오차를 허용하지만 이동 경로 상의 노드들만 계속 모니터링하기에 물체가 도중 이동 방향을 바꾼다면 missing-rate가 높은 것이고 추적을 복구하는데 드는 부하도 많다. 또한 이동 경로 상의 노드들은 모두 깨워 동시에 센싱하기에 에너지 소모방면에서 비효율적이다.

셋째, 현재위치에서 목표위치까지의 이동경로주변의 모든 노드들을 깨울 경우, 위치추정의 일정한 오차를 허용하지만 이동 경로 주변의 모든 노드들을 깨워 동시에 센싱하기에 missing-rate가 낮은 반면에 에너지 낭비가 많다[12][13][14]

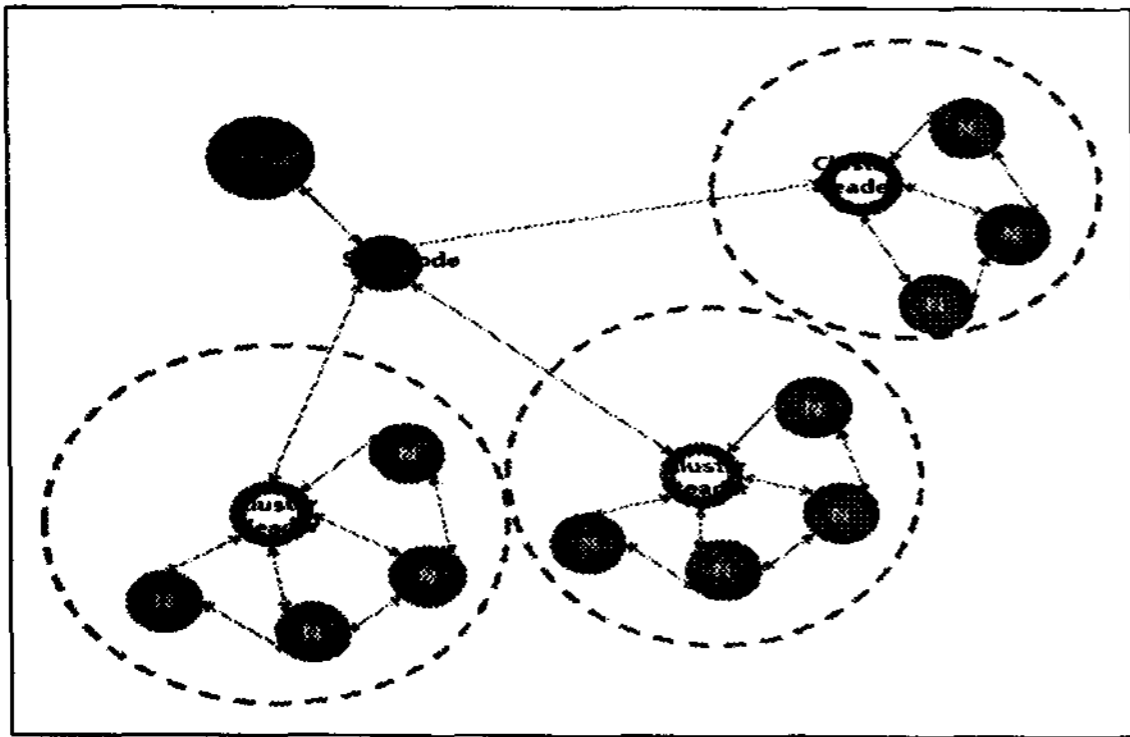
2.2 센서 네트워크를 위한 클러스터링 기반 계층적 라우팅 프로토콜

경로설정을 위한 라우팅 프로토콜의 주목적은 네트워크 내 전송 노드에서 목적 노드로 데이터를 전송하는데 있어 정확하고 최적화된 경로를 찾는 것이다.[15] 특히 MANET환경의 경우 제한된 공유 자원을 가지고 네트워크내의 오버헤드 및 노드와 노드간의 전송 대역폭의 소모를 최적화해야 한다.

이를 위해 센서네트워크에서는 인접 센서 노드간 클러스터화 함으로써 데이터 중복을 방지하고 경로 설정의 단순화하며 에너지 소비를 효율적으로 관리하기 위한 계

층적 라우팅 기법들이 연구되어졌다.

클러스터링 기법은 라우팅 프로토콜에 비교하여 많은 장점을 가지고 있다. 클러스터링 기법은 로컬 클러스터를 형성함으로써 인접한 지역에서 발생한 유사데이터 정보를 클러스터 헤드로 전송하고 클러스터 헤드가 이를 모아 처리 수행하는 방식으로써 기존 라우팅 프로토콜보다 에너지 효율적이 라우팅을 가능하게 한다. 또한 요청된 질의 등을 클러스터 헤드에 의해 이루어져 비효율적인 질의 flooding 을 막을 수 있다.



[그림 1] 계층적 클러스터링 기반의 센서네트워크

3. 동적 스카이라인 질의를 이용한 효율적인 클러스터링 기법

센서 네트워크 환경에서 센서 노드는 이동성을 고려하여 제한적인 에너지를 사용하며 센서노드의 이동경로에 따라 에너지 소비량도 서로 다르다. 즉 센서노드는 데이터 량에 무관하게 일정한 에너지를 소비하여 데이터 수집을 위한 고정된 센싱 파워레벨을 가진다. 이로 인해 센서노드에서는 불필요한 에너지 소비가 발생하게 되고 지속적인 센싱이 발생하는 경우 많은 에너지를 소비하게 되어 에너지 불균형을 가져오게 되어 센서 네트워크의 라이프 타임이 감소하게 된다. 따라서 본 논문에서는 기존 스카이라인 질의 방식을 이용하여 센서노드의 이동객체를 고려한 동적 클러스터링 기법을 제안하고자 한다. 기존 스카이라인 질의 방식은 이동 객체의 속도와 방향에 무관하기 때문에 스카이라인 질의를 이용하여 센서네트워크 환경에서 효율적인 동적 클러스터링을 이용한다. 센서네트워크를 구성하는 모바일 노드의 특징을 고려한다면 정보의 수집을 위해 이동해 가면서 BS에게 수집된 정보를 전송하게 된다. BS을 위한 상태정보는 $Power(IR_1, IR_2)$ 로 표기하는 함수와 $Power(IR_1, IR_2)$ 로 표기되는 사용가능 잔여량을 포함한다. 제안 아키텍처에서는 스카이라인 질의를 통한 BS선택을 위하여

수와 잔여 용량은 다음과 같다.

표 1 기호 설명

기호	설명
$R_{x,y}$	x번째 BS를 향한 y번째 경로
$L(x)$	x번째 BS경로
$N_{x,y}^{(1)}$	$R_{x,y}$ 의 i번째 경로
BS_i	i번째 베이스 스테이션
SN_{Pow}	센서노드의 power
SN_{Loc}	센서노드의 현재 위치
SN_{Dire}	센서노드의 이동방향
SN_{arri}	센서노드의 목적지

$$Power(R_{x,y}) = Power(N_{x,y}^{(1)}, N_{x,y}^{(2)}) + \dots + Power(N_{x,y}^{(n-1)}, N_{x,y}^{(n)}) = \sum_{i=1}^{n-1} power(N_{x,y}^{(i)}, N_{x,y}^{(i+1)})$$

$$Power(IR_x) = \forall_y \min_{\leq} L(x) power(R_{x,y})$$

$$CP(R_{x,y}) = \forall_{<} \min_z \left\{ CP(N_{x,y}^{(i)}, N_{x,y}^{(i+1)}) \right\}$$

$$CP(IR_x) = \forall_y \max_{\leq} L(x) \{ CP(R_{x,y}) \}$$

다음은 기존의 스카이라인의 동적속성과 정적속성을 기반으로 제안 방식의 동적속성과 정적속성을 나열한 것이다.

$$Sky_{Dynamic} = \{BS_i, SN_{Pow}, SN_{Loc}, SN_{Dire}, SN_{arri}\}$$

$$Sky_{Static} = \{BS_j\}$$

$$Sky_{Dynamic} \cap Sky_{Static} = \{BS_{i,j}\}$$

센서네트워크를 위한 스카이라인 영역은 대상 객체들 간의 지배관계에 의해 결정되는 영역으로 이동객체가 영역 안에 위치하면 결과 집합은 대상 객체를 항상 포함한다.

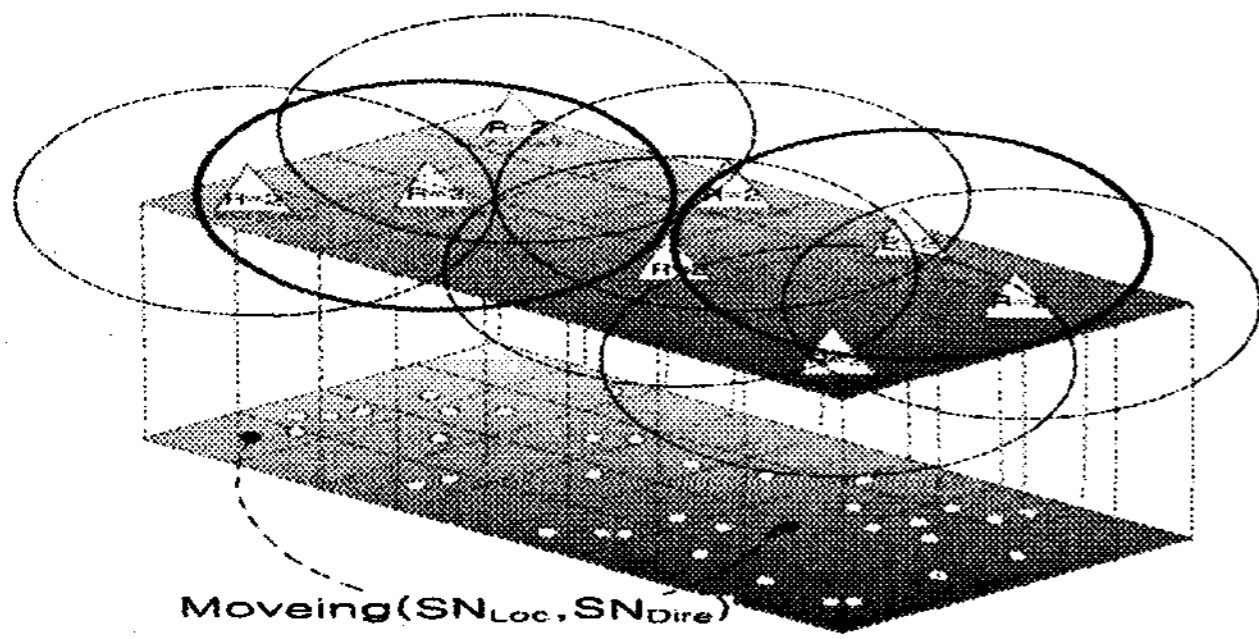


그림 2 센서 노드의 이동 결정

센서 노드가 이동할 영역은 결정트리를 이용하여 노드의 SN_{Loc}, SN_{Dire} 에 의해 결정된다. 결정된 영역의 BS_{ij} 을 설정하기 위해 기존 $BS_i = [SN_{Pow}] \otimes BS_j = [SN_{Pow}]$ 를 이용하여 최적의 BS_{ij} 를 선택한다.

또한 선택된 BS_{ij} 의 SN_{Pow} 가 서로 다르기 때문에 각 BS_{ij} 의 커버리지가 서로 다르게 된다.

예를 들어보면

$$BS_1 = [A1, A2, A3, A5, A6, A7, A9, A10, A11]$$

$$BS_2 = [A3, A4, A8]$$

$$BS_3 = [A8, A12]$$

와 같이 각 BS_{ij} 의 커버리지가 서로 다르지만 일부 영역을 중복하여 커버하기도 한다. 이때는 BS_{ij} 의 r' 을 계산하여 가까운 쪽이 커버할 수 있도록 설정하고 미리 각 대상객체의 스카이라인 영역을 결정 한후 전체 스카이라인 결과 집합은 이동객체의 위치와 색인과의 간단한 비교연산 만으로도 가능하다. 또한 이동 객체에 대한 스카이라인 질의 결과는 질의 위치와 무관하게 정적 속성에 대한 스카이라인 객체를 항상 포함한다.

센서노드가 각 지역을 이동해 갈 때 노드의 지역 정보를 업데이트 해준다. 그러나 센서 노드가 이동해 갈 때 마다 위치 정보를 업데이트 하게 되면 업데이트 속도와 모바일 노드의 이동 속도 사이에서 갭이 발생할 수 있다. 따라서 이 논문에서는 모바일 노드의 이동성을 스카이라인의 동적속성 과 정적속성 정보를 이용하여 노드의 이동 방향을 미리 예측하고 노드가 이동한 정보와 예측한 정보를 비교하여 동일하지 않은 경우 Server 정보를 업데이트 해준다. 이는 위치 정보의 잦은 업데이트로 인한 노드의 배터리 소모를 줄일 수 있게 된다.

4. 결론 및 향후연구

기존 센서네트워크 환경의 노드들이 모바일 환경으로 바뀌면서 클러스터를 구축하고 클러스터 헤더를 선정함에 있어 기존 방법은 정적 노드를 대상으로 구축되어 있기 때문에 이를 동적 노드에 적합한 방법으로 구축하기

위해 기존 연속적인 스카이라인 질의방법을 이용하여 클러스터를 구축하고 클러스터헤더를 선정함으로써 센서네트워크의 효율적인 환경을 구축하였다. 기존 센서네트워크 환경의 클러스터 헤더 선정 방식보다 노드의 파워를 고려한 클러스터 헤더를 선정후 클러스터를 구축함으로써 네트워크의 생존률이 향상되고 네트워크의 센서노드의 엔트로피를 향상시켜 센서노드의 제약점이었던 노드의 파워문제로 인한 네트워크의 단절 문제를 해결하였다. 향후 제안 방식의 보안성 문제를 해결 측면에서의 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] Song, Z., Roussopoulos, N. "K-Nearest Neighbor Search for Moving Query Point".SSTD, 2001.
- [2] Zheng B., Lee, D. "Semantic Caching in Location - Dependent Query Processing," SSTD, p.97-116,2001.
- [3] J. Zhang, M. Zhu, D. Papadias, Y. Tao, and D. L. Lee. "Location-based spatial queries," In SIGMOD, pp.443-454, 2003.
- [4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H.Balakrishnan; "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks". Proceedings of the Hawaii Conference on System Sciences, Jan. 2000.
- [5] Arati Manjeshwar et al.; "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks". Proceedings of Wireless Networks and Mobile Computing, 2001.
- [6] Arati Manjeshwar et al.; "APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks". Proceedings Of Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS'02), pp.195-202.
- [7] Balasubramanian, S.; Elangovan, I.; Jayaweera, S.K.; Namuduri, K.R.; "Distributed and collaborative tracking for energy-constrained ad-hoc wireless sensor networks". Proceedings of WCNC 2004. Page(s):1732 - 1737 Vol.3
- [8] Xiang ji; Hongyuan Zha; Metzner, J.J.; Kesidis, G.; "Dynamic cluster structure for object detection and tracking in wireless ad-hoc sensor networks". Proceedings of Communications, 2004 Page(s):3807 - 3811 Vol.73
- [9] Wei-Peng Chen; Hou, J.C.; Lui Sha; "Dynamic clustering for acoustic target tracking in wireless sensor networks". Proceedings of Mobile Computing, IEEE Transactions 2004 Page(s):258 - 271
- [10] Wei-Peng Chen; Hou, J.C.; Lui Sha; "Dynamic clustering for acoustic target tracking in wireless sensor networks". Proceedings of Network Protocols 2003 Page(s):284 - 294
- [11] Vercauteren, T.; Dong Guo; Xiaodong Wang; "Joint multiple target tracking and classification in collaborative sensor networks". Proceedings of Selected Areas in Communications, IEEE Journal on Volume 23, Issue 4, 2005 Page(s):714 - 723

- [12] Yingqi Xu; Winter, J.; Wang-Chien Lee; "Prediction-based strategies for energy saving in object tracking sensor networks". Proceedings of Mobile Data Management, 2004 Page(s):346 - 357
- [13] Yang, H.; Sikdar, B.; "A protocol for tracking mobile targets using sensor networks". Proceedings of the First IEEE. 2003 Page(s):71 - 81
- [14] Xu, Y.; Winter, J.; Lee, W.-C.; "Dual prediction-based reporting for object tracking sensor networks". Proceedings of MOBIQUITOUS 2004. Page(s):154 - 163
- [15] Paolo Santi, "*Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks,*" WILEY