

이동 단말기를 위한 Three-Tier 상황정보 수집 기법[†]

(TTCG : Three-Tier Context Gathering Technique for Mobile Devices)

소수환*, 김승훈**

(Su-Hwan Sho, Seung-Hoon Kim)

요약 기존의 센서네트워크의 연구는 센서에서 센싱된 데이터가 무선 센서네트워크를 통해서 효율적으로 정지싱크노드로 전달되는 연구가 주를 이루었다. 최근 이동성을 갖는 싱크노드의 연구가 활발히 진행되고 있지만 정지 싱크노드와 이동 싱크노드가 혼재하는 환경에 대한 연구는 미비한 실정이다. 본 논문에서는 기 구축된 클러스터 기반 다중홉 센서네트워크 환경에서 이동싱크들이 정지 싱크를 이용하여 데이터 수집이 가능한 기법을 제안한다. 이를 위해서 이동싱크들이 기존에 구축되어진 센서네트워크의 정지 싱크를 중심으로 클러스터링 되고 해당 정지 싱크를 이용하여 상황정보 수집이 가능하도록 하였다. 기존에 모바일 싱크를 위해 제안되었던 TTDD 라우팅 프로토콜과 비교하여 수학적 분석을 통해, 이동싱크의 수가 많아지거나 이동싱크의 이동횟수가 많아 질수록 더 우수한 성능을 보임을 확인하였다

핵심주제어 : 센서네트워크, 상황정보, 이동싱크

Abstract Previous research on sensor networks mainly focused on efficient transmission of data from sensors to fixed sink nodes. Recently there has been active research on mobile sink nodes, but the re-research of an environment where both fixed sink nodes and mobile sinks are present at the same time is rather scarce. This paper proposes a technique for context gathering by mobile devices with the sink functionality added through fixed sinks under a previously built, cluster based multi hop sensor network environment. To this end, clustering of mobile devices were done based on the fixed sinks of a previously built sensor network, and by using appropriate fixed sinks, context gathering was made possible. By mathematical comparison with TTDD routing protocol, which was proposed for mobile sinks, it was confirmed that performance increases in energy with the number of mobile sinks, and with the number of movements by mobile devices

Key Words : Wireless Sensor Network, Context Gathering, Mobile Sink

1. 서론

유비쿼터스 핵심기술 중 하나인 센서네트워크는 다수의 제한된 성능의 센서노드와 이들로부터 센싱된 데이터를 수집하는 싱크노드로 이루어져 있다[1]. 센서네트워크는 군사용, 환경 감시용, 산업용 등 다양한 상황에 대한 정보들을 수집하고 처리하기 위해 발전되었다. 센서네트워크의 센서노드

[†] 이 논문은 문화콘텐츠기술연구소(CT) 육성사업 (1-06-5003-001-1077-00-0001) 지원에 의해 수행되었음.

* 단국대학교 정보컴퓨터과학전공 컴퓨터과학

** 단국대학교 컴퓨터학부 멀티미디어공학

들은 제한된 성능을 가지고 있으므로 주된 연구는 상황정보수집에 따른 에너지 효율에 초점이 맞추어져 왔다[2]. 또한 상황정보를 수집하는 싱크노드의 위치가 고정된 연구가 주를 이루었으나 최근 들어 이동성을 가지는 싱크노드의 연구가 활발히 진행되고 있다[3]. 싱크노드가 이동성을 가지게 되면 센서네트워크를 이용하여 더욱 다양한 응용의 활용이 가능하다.

최근에는 센서를 통해 수집된 데이터를 이용하여 안전하고, 편리하고 유효한 삶의 질을 위한 다양한 어플리케이션 연구가 진행되고 있다[4,5]. 향후 유비쿼터스 환경에서는 다양한 사용자 이동단말기가 개발될 것이며 이동단말기를 통한 주변환경 정보 취득이 보편화 될것이다. 또한 삶의 질의 향상을 위한 개인 맞춤형 콘텐츠 서비스의 욕구가 증가될 것이며, 이를 위해서 단말기의 정보, 소비자의 성향, 소비자의 감성, 환경정보 등 다양한 정보들이 요구된다[6]. 이들 정보 중 환경정보와 소비자의 감성정보 등이 센서네트워크를 이용하여 수집될 수 있다. 향후에는 다양한 목적으로 구축되어진 센서네트워크들이 혼재해 있을것이며 싱크기능이 탑재된 사용자 이동단말기들은 이동중에 기 구축된 특정 센서네트워크를 인지하고 센서네트워크의 일원으로 참여해서 쉽게 상황 정보를 취득 할수 있을것이다. 그러기 위해서는 정지 싱크와 이동싱크가 혼재하는 연구가 필요하다. 하지만 현재까지의 센서네트워크 연구방향은 이동싱크와 정지싱크를 동시에 고려한 연구가 미비한 실정이다.

본 논문에서는 다양한 목적으로 기 구축된 센서네트워크 인프라를 바탕으로 싱크기능이 추가된 사용자 이동단말기들이 상황정보를 수집할 수 있는 기법을 제시한다. 본 연구에서는 사용자 이동단말기가 특정 센서네트워크 영역에 진입했을 때 해당 센서네트워크 클러스터 영역의 정지싱크를 발견하고 정지싱크노드를 중심으로 이동단말기들이 클러스터를 구성하고 해당 정지싱크를 이용해서 상황정보를 수집할수 있는 3-tier 아키텍처 방안을 제시한다. 2장에서는 기존의 이동싱크를 위한 데이터 라우팅 프로토콜에 대해 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 이동 단말기를 위한 Three-tier 상황정보 수집기법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 방식의 성능을 에너지 효율적인

측면에서 평가한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

현재 센서 네트워크를 위한 다양한 종류의 라우팅 프로토콜이 제안되었다. 이러한 프로토콜에는 Directed Diffusion[7], Declarative Routing Protocol, GRAB[8] 등이 있으나 싱크노드가 모든 센서 노드들에게 계속적으로 자신의 위치정보를 전송해야 하고 센서노드들은 싱크노드가 보낸 위치정보를 가지고 후에 자신이 싱크노드에게 보낼 데이터가 있을때 데이터 전송방향을 결정 할 수 있다. 그러나 여러 개의 이동 싱크 노드로부터 전송되는 잦은 위치 정보 업데이트는 센서노드들의 배터리를 소모할 뿐만 아니라 무선 통신 채널의 많은 대역폭(bandwidth)을 소비한다. 이러한 싱크노드 지향 데이터 전송방식은 모바일 싱크노드를 가지는 큰 규모의 센서네트워크를 위한 라우팅 프로토콜로는 적합하지 않다. 모바일 싱크노드 문제점을 해결하기 위해서 두 계층 데이터 전송방식(Two-Tier Data Dissemination approach : TTDD)이 제안되었다[9].

2.1 두 계층 데이터 전송 라우팅(Two-Tier Data Dissemination Routing)

TTDD 라우팅 프로토콜[9]은 센서필드에서 사건(event)을 감지한 소스노드(source node)가 데이터 전파를 위해 자신을 중심으로 능동적으로 그리드를 생성한다. 그리드의 각 교차점(dissemination points)에 가장 가까운 센서노드가 전파노드(dissemination node)가 되며 소스노드는 자신주변 네 개의 전파노드로 데이터 알람 메시지(data announcement message)를 전송한다. 데이터 알람 메시지를 수신한 소스노드 인근의 네 개의 전파노드는 각각의 자신의 인근 네 개의 전파노드에게 데이터 알람 메시지를 전송한다.

TTDD는 데이터를 전송하기 위해서 두 개의 전송 계층을 사용한다. 하위 계층(low-tier) 전송은 한 셀(cell)내에서 지역적인 통신을 위해서 사용되

고 상위 계층(high-tier) 전송은 전파노드가 셀과 셀 사이의 통신을 위해 사용한다.

이동 싱크노드는 데이터를 전송 받기 위해서 하위계층 전송을 이용하여 데이터 요구 패킷(data request packet)을 셀 내에 플러딩(flooding)한다. 데이터 요구 패킷은 이동 싱크노드와 가장 가까운 전파노드로 전송된다. 전파 노드는 이 패킷을 상위 계층 전송을 이용하여 자신의 이웃 전파노드로 재전송 하게 된다. 이런 방식으로 재전송된 데이터 요구 패킷은 결국 소스 노드까지 전송되며, 소스 노드는 데이터 요구 패킷이 전송된 경로의 역 방향으로 이동 싱크노드까지 데이터를 전송한다. TTDD의 동작 과정은 그리드 구성(grid construction)과 두 계층 데이터 패킷과 쿼리 패킷의 전송(two-tier query and data forwarding)으로 이루어져 있다.

가. 그리드 구성(Grid construction)

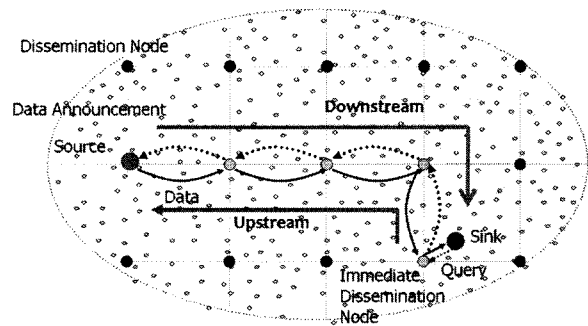
센서필드에서 사건을 감지한 소스 노드는 능동적으로 자신을 중심으로 한변의 길이가 a 인 axa 의 셀들을 만들어 그리드를 생성하게 된다. 소스노드의 위치가 $L_s=(x,y)$ 일 때 각 그리드의 교차점의 위치는 $L_p=(xi,yj)$ 이며 아래 식으로 계산되어 질수 있다.

$$L_p=(xi,yj) \{xi=x+i \cdot a, yj=y+j \cdot a ; i,j=\pm 0,\pm 1,\pm 2,\dots\}$$

소스노드는 주변 네 개의 그리드 교차점(dissemination points) 위치를 계산하여 데이터 알림(data announcement) 패킷을 교차점에 전송한다. 데이터 알림 메시지를 받은 교차점(dissemination point)에서 가장 가까운 위치의 센서노드는 전파노드(dissemination node)가 되고 이 메시지를 보낸 소스노드 방향(upstream) 이웃 전파 노드의 위치를 저장한다. 이 전파 노드는 소스 노드와 같은 방식으로 이웃 전파노드를 선택하고 이러한 과정을 반복하여 결국 센서 필드 전역에 그리드 구조로 구성된다

나. 데이터와 쿼리의 두 계층 전송(Two-tier query and data forwarding)

감지 정보가 필요한 이동 싱크는 이동시 마다 현재 자신으로부터 가장 가까운 전파노드를 포함하는 일정거리 내의 센서 노드들로 질의(query)를 플러딩(flooding) 한다. 이동 싱크와 가장 가까운 전파노드를 근접 전파노드(immediate dissemination node)라 하며 근접 전파노드가 질의를 받으면 데이터 알림 메시지를 보냈던 소스노드 방향(upstream)의 이웃 전파노드로 질의를 포워드 한다. 각 전파 노드는 질의를 보낸 이동 싱크 방향(downstream)의 이웃 전파 노드의 위치를 저장하며 이로써 이동 싱크로부터 소스노드로 향하는 양방향 경로가 설정된다. 소스노드가 질의를 받으면 질의를 보냈던 이동 싱크 방향의 이웃 전파 노드로 감지 정보를 전달한다. 이러한 과정을 반복하여 질의를 했던 이동 싱크노드가 위치한 셀의 내부에 있는 근접 전파 노드까지 감지 정보가 전달된다. (그림 1 참조)



(그림 1) TTDD에서의 쿼리와 데이터 전송

TTDD에서는 센서노드가 사건을 감지할 때 마다 그리드 구조를 만들게 된다. 그리드 구조를 구성하는데 사용되는 제어 패킷(control packet)의 수는 전체 센서네트워크에 플러딩 하는 패킷의 수와 비슷하다. 만약 관심 사건이 여러 곳에서 자주 발생하게 된다면 이 프로토콜은 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜로는 적합하지 않다.

3. 이동 싱크를 위한 Three-tier 상황정보 수집 기법

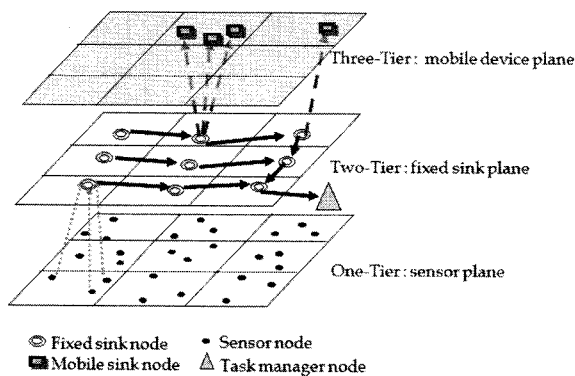
본 장에서는 싱크기능이 탑재된 이동단말기를

위한 three-tier 상황정보 수집 기법에 대하여 제안한다.

이동 단말기를 위한 three-tier 상황정보 수집 기법(이하 TTCG 이라 함) 정지싱크를 중심으로 이동 단말기를 위한 네트워크 레이어를 구성하여 이동 단말기가 상황정보를 수집하도록 한다.

이동 단말기가 이동 중에 특정 목적으로 구축되어진 센서네트워크 영역을 지나게 되면 해당 센서네트워크 영역에서 정보를 수집중인 정지 싱크노드를 감지하고 정지싱크를 중심으로 하는 이동싱크를 위한 클러스터영역에 가입하게 된다. 이동 싱크를 위한 클러스터는 여러개의 이동싱크들로 구성되며 주기적으로 정지싱크의 광고를 수신하여 자신의 위치를 확인한다. 만약 정지싱크의 광고메시지에서 정지싱크노드의 ID가 변경됨을 감지하면 이동 싱크는 다른 정지 싱크노드 영역으로 이동한 것이며, 정지싱크의 광고 메시지를 주기가 수신하지 못했을 경우는 정지싱크광고 메시지 요청을 보낼수 있다. 광고메시지 요청에도 답이 없다면 이동 싱크는 센서네트워크 영역을 벗어난 상태이며 더 이상 데이터를 수집할수 없다.

그림 1에서 사용자 이동싱크를 위한 가상의 레이어를 구성하고 정지 싱크노드를 중심으로 클러스터링 되고 있는 이동 싱크의 모습을 보여준다. 이동싱크는 정지 싱크를 이용하여 상황정보 요청 및 수집이 가능하다. 그림 1의 two-tier까지는 특정 목적으로 기 구축되어진 센서 네트워크 이다. 정지 싱크들 그리드를 구성하고 자신의 그리드에 포함되어 있는 센서노드들로부터 상황정보를 입수하여 태스크 매니저 노드(task manager node)까지



(그림 2) 정지싱크를 이용한 이동싱크의 three-tier 상황정보수집

전송 한다. 여기에 이동 싱크가 진입하였을때 가상의 three-tier 형태로 이동 싱크들을 클러스터링 하여 상황정보 데이터를 제공하여 준다.

본 논문에서 제안하는 이동싱크 및 센서네트워크는 다음과 같은 가정과 요구사항을 가진다.

- 센서필드에는 센서노드들이 균일하게 분포되어 있다
- 센서노드들과 정지싱크는 이동성이 없다
- 이동 싱크와 정지 싱크는 싱글 홉으로 통신한다

3.1 클러스터 가입(Admission into a Cluster)

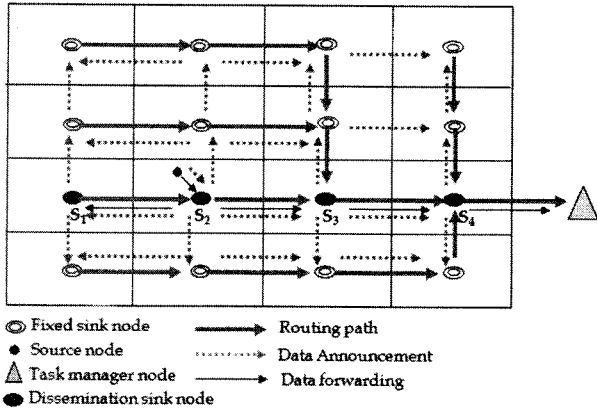
정지싱크노드는 자신의 존재를 알리는 광고메시지를 시간주기가 되면 광고한다. 또한 정지싱크의 존재를 요청하는 요청메시지가 있으면 즉시 광고메시지를 전송한다. 이동싱크가 이동중에 기 구축된 센서네트워크 영역에 진입했다면 정지싱크노드의 광고 메시지를 수신할 것이다. 이동싱크는 정지싱크의 광고메시지를 수신하면, 상황정보를 수집할수 있는 센서네트워크 영역으로 진입했음을 알고, 주기적인 정지싱크의 광고메시지를 기대한다. 또한 필요에 따라 정지싱크의 광고메시지를 요청할 수도 있다. 정지 싱크노드의 광고를 수신한 이동싱크는 정지싱크의 ID를 저장함으로써 정지싱크를 중심으로한 그리드에 가입하게된다.

3.2 데이터 알림(Data Announcement)

센서 필드에서 관심사건(interest event)을 감지한 센서노드는 소스노드(source node)가 된다. 소스노드는 데이터 패킷과 데이터 알림 메시지(data announcement message)을 생성하여 자신이 속한 정지 싱크에 전달한다. 데이터 알림 메시지에는 자신이 속한 정지싱크의 아이디, 데이터를 생성한 시간이 그리고 데이터의 유효시간이 기록되어 있다. 만약 같은 관심사건을 감지한 여러개의 소스노드가 데이터 알림 패킷을 정지싱크에게 전송한다면 정지싱크노드는 이 데이터를 병합한다.

<표 1> Data Announcement Message

Source sink ID	Data created time	Available time	Dissemination sink node ID	Hop count
----------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------



(그림 3) Data Announcement

가. 데이터 패킷의 전달(Transmission of a data packet)

센서노드로부터 데이터 패킷을 최초로 전달받은 정지싱크는(그림 3의 S_2 , 본문에서는 소스 싱크노드라고 함) 전파노드 아이디(dissemination node ID) 필드에 자신의 ID를 기록하고(표 1 참조) 업스트림 패스와 다운스트림 패스(본 논문에서는 업스트림 패스는 라우팅 경로상의 소스 싱크노드부터 태스크 매니저 노드까지의 경로를 말하며 다운스트림 패스는 그 반대의 경로를 말함)를 통하여 데이터 패킷을 전달한다. 데이터 패킷을 전달 받은 업스트림 패스와 다운스트림 패스상의 정지 싱크노드들은 데이터의 유효시간동안 자신의 캐쉬에 저장하고 라우팅 패스에 있는 인근의 정지 싱크들에게 데이터 패킷을 전달한다. 이 과정을 거치고 나면 업스트림 패스와 다운스트림 패스상의 정지 싱크들은(그림 3에서 S_1, S_2, S_3, S_4) 자신의 캐쉬에 데이터 패킷을 저장하고 전파노드(Dissemination node)가 된다

나. 데이터 알림 메시지의 전달(Transmission of a data announcement packet)

소스 센서 노드로부터 데이터 패킷과 데이터 알림 패킷을 전송 받은 정지 싱크노드(그림 3에서 S_2)는 데이터 패킷을 라우팅 경로상의 업스트림과 다운스트림으로 전달함과 동시에 데이터 알림 메시지를 이웃 정지 싱크노드(상,하,좌,우 방향)들에게 전송한다. 전파노드가 아닌 정지 싱크노드가 데이터 알림 메시지를 이웃 정지 싱크노드들로부터 수신하게 되면 데이터 알림 메시지 중 홉카운트(Hop count) 필드 값이 가장 작은 데이터 알림 메시지를 자신의 캐쉬에 저장하게 된다. 이미 수신되어 저장된 데이터 알림 메시지가 있다면 홉카운트가 작은 메시지로 갱신하고 데이터 알림 메시지의 홉카운트 필드를 1 증가시키고 이웃에 전송하게 된다. 전파노드가 데이터 알림 메시지를 수신하게 되면 전파노드 필드(Dissemination sink node ID)를 자신의 ID로 갱신한다. 또한 홉카운트를 0으로 갱신하고 이웃에 전송한다.

이 과정을 거치고 나면 센서필드내의 모든 전파노드가 아닌 정지 싱크노드들은 자신과 가장 가까운 전파노드의 ID를 알게 된다.

3.3 데이터 요청과 데이터 전달(Data Request and Data Forwarding)

이동 싱크가 관심사건이 발생했을 때 해당 클러스터 영역의 정지 싱크에게 데이터 요청 메시지를 전송하게 된다.(표 2 참조)

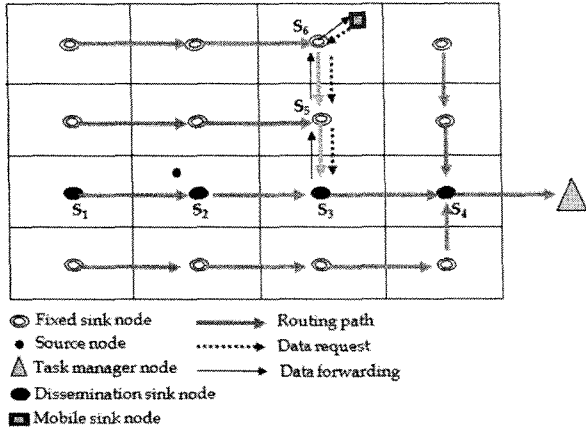
정지 싱크노드가 데이터 요청 메시지를 수신하게 되면 자신의 캐쉬에 저장된 데이터 알림 메시지와 비교하여 동일한 사건일 때 가장 가까운 전파노드에게 요청 메시지를 전송하게 된다.

그림 4에서 이동 싱크로부터 데이터 요청 메시지를 수신한 정지싱크 노드 S_6 는 자신과 가장 가까운 전파노드 S_3 로 요청 메시지를 전송한다.

데이터 요청 메시지를 수신한 S_3 는 자신의 캐쉬에 저장되어 있는 데이터 패킷과 비교하여 일치하고 데이터 유효시간이 남아 있다면 데이터 패킷을 S_6 에게 전송한다.

<표 2> Data Request Message

Source sink ID	Data created time	Available time	Dissemination sink node ID	Destination sink ID
----------------	-------------------	----------------	----------------------------	---------------------



(그림 4) Data Request and Data Forwarding

4. 성능분석

본장에서는 본 논문에서 제안하는 이동싱크를 위한 three-tier 상황정보 수집 기법의 통신 비용 (communication overhead)을 분석한다. 분석을 위해서 분석 모델을 정의하고 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능을 나타내기 위해서 기존 라우팅 프로토콜과 비교를 한다. 분석을 용이하게 위해서 데이터와 쿼리의 병합 그리고 각 라우팅 프로토콜을 유지하는데 들어 가는 비용은 고려하지 않는다.

4.1 분석 모델(Model and Notations)

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜(TTCG)과 기존의 라우팅 프로토콜인 TTDD를 비교 분석한다. 분석을 위해서 먼저 분석 모델을 정의한다. 분석 모델은 넓이가 A 인 센서 필드에 N 개의 센서 노드가 균등하게 뿌려져 있고 각 변에는 대략 \sqrt{N} 개의 센서노드가 존재하는 센서 네트워크이다. 센서 네트워크에는 k 개의 이동 싱크 노드가 존재한다. 이 이동싱크 노드들은 v 의 속도로 T 시간동안 m 개의 셀을 지나며 d 개의 데이터 패킷을 소스노드로부터 받게된다. 그러므로 이동싱크가 한 개의 셀에 있는 동안 받을 수 있는 데이터의 양은 $\frac{d}{m}$ 개의 데이터 패킷이다. 데이터 패킷은 단위 크기이고 데이터 요구 패킷과 데이터 알람 패킷의 크기는 모두 l 이다.

TTCG와 TTDD 라우팅 프로토콜에서는 센서 필드는 한번의 길이가 a 인 셀(cell)로 나누어 진다. 각 셀에는 $n(= \frac{N\alpha^2}{A})$ 개의 센서 노드들이 존재하며 셀 한번에 존재하는 센서노드의 수는 \sqrt{n} 으로 나타낼수 있다.

4.2 통신비용 분석(Communication Overhead)

본절에서는 TTDD와 TTCG에서 각각 싱크노드가 데이터를 소스노드에게 요구하고 전송 받을때까지의 통신비용을 분석한다. 분석을 간단히 하기 위해서 패킷의 병합과 그리드를 유지하기 위해서 사용되는 통신비용은 고려하지 않는다.

먼저 TTDD의 통신비용은 다음과 같다. 싱크노드는 데이터 요구패킷을 소스노드에게 전송하기 위해서 근접 전파노드를 찾는다. 싱크노드는 이를 위해서 셀(cell) 안에 지역적인 플러딩(flooding)을 수행하고 이때의 통신비용은 nl 이다, 데이터 요구패킷을 받은 근접 전파노드는 소스노드까지 데이터 요구패킷을 전송한다. 싱크노드에서 소스노드까지 직선거리에 존재하는 노드의 수는 평균 $c\sqrt{N}$ 이지만($0 < c \leq \sqrt{2}$), 패킷을 직선으로 보내지 않기 때문에 $\sqrt{2}$ 를 곱해야 한다. 최종 식은 다음과 같다.

$$nl + \sqrt{2}(c\sqrt{N})l$$

데이터요구 패킷을 받은 소스노드는 데이터패킷을 싱크노드까지 전송을 한다. 데이터요구패킷이 전달되는 overhead는 데이터 요구패킷 전달과정과 유사하게 $\sqrt{2}(c\sqrt{N})\frac{d}{m}$ 로 구할수 있다. k 개의 이동싱크가 m 개의 셀을 지날 때 TTDD의 라우팅 프로코를 통신비용은 다음과 같다. (k 개의 모바일 싱크가 m 개의 셀을 이동할시)

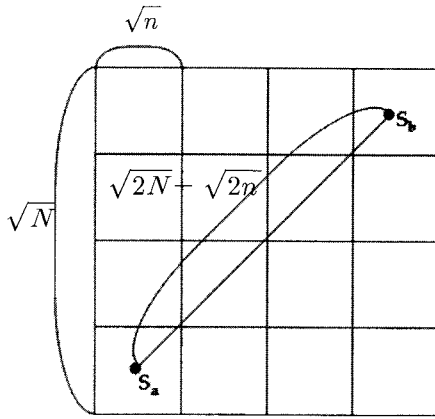
$$km \left(nl + \sqrt{2}(c\sqrt{N})l + \sqrt{2}(c\sqrt{N})\frac{d}{m} \right) = kmnl + kc(ml + d)\sqrt{2N}$$

여기에 그리드를 생성하기에 필요한 비용인 $\frac{4N}{\sqrt{n}}l$

을 더하면 TTDD의 최종 통신비용은 식 1과 같다

$$CO_{TTDD} = \frac{4N}{\sqrt{n}}l + kmnl + kc(ml+d)\sqrt{2N} \quad (1)$$

이제 TTCG의 통신비용에 대해서 알아 보겠다. 센서필드에 존재하는 정지싱크의 수는 $\frac{N}{n}$ 개이며 이는 셀의 수와 같다. 다시 말해서 각 셀당 한 개의 정지 싱크가 존재한다



(그림 4) TTCG model

이동 싱크가 데이터 요구패킷을 해당 셀의 정지 싱크에게 전송 한다. 이동 싱크와 정지 싱크간 가장 먼 거리는 $\frac{\sqrt{2n}}{2}$ 이며 평균 통신비용은 $\frac{c}{2}\sqrt{n}$ 이다 ($0 < c \leq \sqrt{2}$). 정지싱크는 데이터 요구패킷을 전파노드나 소스 싱크노드까지 전송한다. 이때 평균 오버헤드는 $c\sqrt{N} - \sqrt{2n}$ 이지만 ($0 < c \leq \sqrt{2}$), 패킷을 직선으로 보내지 않기 때문에 $\sqrt{2}$ 를 곱하면 최종식은 다음과 같다.

$$\left(\frac{c}{2}\sqrt{n}\right)l + \sqrt{2}(c\sqrt{N} - \sqrt{2n})l$$

데이터 요구패킷을 받은 전파노드나 소스싱크노드는 데이터 패킷을 요청한 정지싱크 노드까지 전송하고 정지싱크는 데이터패킷을 이동싱크에게 최종적으로 전송한다. 이때 오버헤드는 다음과 같다.

$$\left(\frac{c}{2}\sqrt{n}\right)\frac{d}{m} + \sqrt{2}(c\sqrt{N} - \sqrt{2n})\frac{d}{m}$$

k 개의 이동싱크가 m 개의 셀을 지날 때 TTCG의 라우팅 프로토콜 통신비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \left(\frac{c}{2}\sqrt{n}\right)l + \sqrt{2}(c\sqrt{N} - \sqrt{2n})l \\ & + \left(\frac{c}{2}\sqrt{n}\right)\frac{d}{m} + \sqrt{2}(c\sqrt{N} - \sqrt{2n})\frac{d}{m} \\ & = kc(ml+d)\sqrt{2N} + k(c-4)(ml+d)\frac{\sqrt{n}}{2} \end{aligned}$$

여기에 데이터 알림 패킷을 전달하는 오버헤드를 더하면 TTCG의 최종 통신비용은 식 2과 같이 구할수 있다.

$$CO_{TTCG} = \frac{N}{n}l + kc(ml+d)\sqrt{2N} + k(c-4)(ml+d)\frac{\sqrt{n}}{2} \quad (2)$$

TTDD의 식 (1)과 TTCG의 식 (2)를 비교하면 TTDD의 그리드 생성에 드는 통신비용 대비 TTCG의 데이터알림 메시지 전송에 드는 비용이 $\frac{4n}{\sqrt{n}}$ 만큼 줄었다. 또한 데이터 전송에 필요한 패

킷의 수를 $k(c-4)(ml+d)\frac{\sqrt{n}}{2}$ 만큼의 줄었다. c 의 범위는 ($0 < c \leq \sqrt{2}$)이며 따라서 $(c-4) < 0$ 임으로 $k(c-4)(ml+d)\frac{\sqrt{n}}{2}$ 값은 항상 음수값을 가진다. 이동싱크의 수가 증가 하거나, 이동싱크의 이동횟수가 증가할수록 TTDD에 비해 성능향상을 기대할 수 있다.

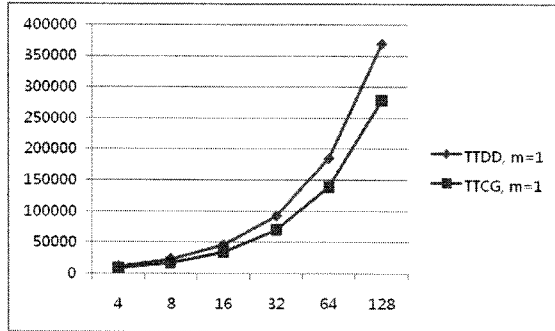
Figure 5와 6은 성능 차이를 그래프로 나타낸 것이다. 적용된 각각의 값은 Table 3과 같다.

<표 3> 성능분석을 위한 변수 값

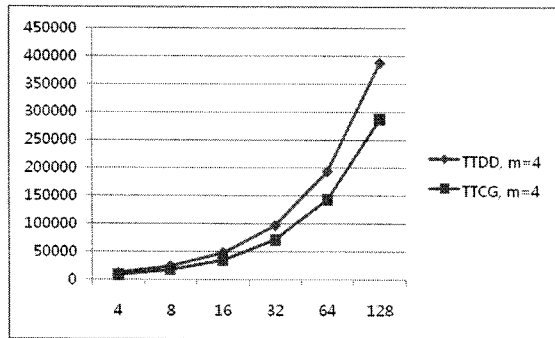
N	n	c	l	d
400	20	1	1	100

그림 5와 그림 6은 각각 $m=1$, $m=4$ 를 주었을때 TTDD와 TTCG의 결과이다. 그래프의 가로축은 이동 싱크의 개수(k)값을 나타낸다. 이동싱크의 수가 증가하거나, 이동싱크의 이동 횟수가 증가할수

록 TTCC가 더 좋은 성능을 나타내고 있다.



(그림 5) 모바일 싱크노드의 이동횟수가 1일 때 싱크노드의 개수에 따른 통신비용



(그림 6) 모바일 싱크노드의 이동횟수가 4일 때 싱크노드의 개수에 따른 통신비용

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 기구축된 센서네트워크 상에 이동 싱크가 진입했을때 기구축된 센서네트워크상의 정지 싱크를 이용하여 이동 싱크들이 그리드를 형성하고 센서필드상의 관심사건에 대해 데이터를 수집할수 있는 방법을 제안하였다. 기존의 그리드 개념을 이용한 TTDD 라우팅 프로토콜과 비교하여 수학적 분석을 통해, 이동싱크의 수가 많아지거나 이동싱크의 이동횟수가 많아 질수록 더 우수한 성능을 보임을 확인하였으며 평균 25%의 성능향상을 보이고 있다. 하지만 정지싱크에 의존적인 라우팅 프로토콜로 인한 많은 제약이 존재한다. 향후에는 이동싱크가 정지싱크의 기능 정지시에도 투명성있는 데이터 수집이 가능한 연구가 필요하다. 또한 네트워크 시뮬레이션을 활용한 다양한(delay,

throughput, network lifetime, speed) 성능평가가 요구된다.

참고 문헌

- [1] Mohammad Ilyas, Imand Mahgoub, "Handbook of Sensor Networks: Compact Wireless and Wired Sensing Systems," CRC Press, 2004.7.
- [2] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Snakarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Network," IEEE Communications Magazine 2002.
- [3] J. Luo, J. Panchard, M. Piorowski, M. Grossglauser, and J. P. Hubaux, "MobiRoute: Routing towards a Mobile Sink for Improving Lifetime in Sensor Networks", InternationalConferenceonDistributedComputinginSensorSystems,DCOSS'06,Sanfrancisco,June 2006.
- [4] J. Luo, J. Panchard, Hubaux, "Joint Mobility and Routing for Lifetime Elongation in Wireless Sensor Networks", in Proceedings of IEEE INFOCOM 2005, Miami,2005.
- [5] S. Cuddy, M. Katchabaw, and H. Lutfiyya, "Context-aware Service Selection based on Dynamic and Static Service Attributes", IEEE WiMob, Mintreal,Canada,2005.
- [6] A. Vetro, C. Timmerer, "Digital Item Adaptation : Overview of Standardization and Research Activities," IEEE Transaction Multimedia, Vol.7, No.3, pp. 418-426, jun. 2005.
- [7] Intanagonwiwat, C., Govindan, R., Heidemann, J., Silva, F., "Directed diffusion for wireless sensor networking" IEEE/ACM Transactions on Networking (TON) February 2003.
- [8] Fan Ye, Gary Zhong, Songwu Lu, Lixia Zhang "GRAdient broadcast: a robust data delivery protocol for large scale sensor

networks" Wireless Networks, May 2005.

- [9] Fan Ye, Haiyun Luo, Jerry Cheng, Songwu Lu, and Lixia Zhang, "A Two-Tier Data Dissemination Model for Large-scale Wireless Sensor Network," MOBICOM 2002



소 수 환 (Su-Hwan Sho)

- 정회원
- 1999년 2월 : 단국대학교 전자계산학과 (이학학사)
- 2002년 2월 : 단국대학교 전자계산학과(이학석사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 일반대학원 컴퓨터과학전공 박사과정 재학중
- 관심분야 : 센서네트워크, 멀티미디어 서비스



김 승 훈 (Seung-Hoon Kim)

- 정회원
- 1985년 2월 : 인하대학교 전자계산학과(이학 학사)
- 1989년 9월 : 인하대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
- 1998년 2월 : 포항공과대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1989.08 ~ 1990.12 한국전자통신연구소 연구원
- 1990.12 ~ 1993.01 포스데이타(주) 대리
- 1998.03 ~ 2001.08 상지대학교 조교수
- 2001.09 ~ 단국대학교 부교수

논문접수일 : 2009년 1월 6일

논문수정일 : 2009년 2월 24일

계제확정일 : 2009년 3월 4일