

논문 2008-45TC-9-3

Sensor Network에서의 개선된 망동기화 알고리즘

(An Improved Time Synchroniztion Algorithm in Sensor Networks)

장 우 혁*, 권 영 미**

(Woo Hyuk Jang and Young Mi Kwon)

요 약

Sensor network에서의 망동기화는 센서 노드들을 하나의 시각에 동기화시킴으로써, 센서 노드들이 수집해서 보내는 센서 정보들이 의미있는 정보들이 되도록 돕는 망의 기본적인 요소이다. 센서 노드들이 망동기화 되어 있지 않으면, 센서 노드들이 보내오는 시각정보와 재난 감지 이벤트를 잘못 해석하여, 방향을 오판할 수 있고, 이를 통한 대응은 큰 재난으로 나타날 수도 있다. 배터리의 제약과 컴퓨팅 파워의 제약 등으로 인해 센서 노드에 들어가는 시각동기화 알고리즘은 복잡한 계산을 요구하지 않고, 많은 메시지를 발생시키지 않으면서 정확하게 동기화할 수 있어야 한다. 동기화의 오차를 줄이기 위해서는 동기화 할 센서노드와 동기화 정보를 제공하는 참조노드(reference node)와의 홉 수가 적어야 한다. 이를 위해 망 내에 하나의 참조노드만 사용하는 것이 아니라, 여러 개의 참조노드를 사용하게 되는데, 이는 참조노드들 사이의 동기화를 맞추어야 하는 문제를 낳는다. 지금까지 망동기화를 위한 여러 알고리즘들이 제안되어 왔지만, 참조노드들끼리의 동기화 문제가 잘 고려되지 못하였다. 본 논문에서는 다수의 참조노드를 갖는 sensor network에서 센서 노드 자체의 동기 뿐 아니라, 참조노드들의 동기를 향상시켜 전체적인 망동기화를 개선시킬 수 있는 방안을 제시하였고, 이를 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

Abstract

Time synchronization of nodes in sensor network synchronizes sensor nodes to one time clock. This is very essential in sensor networks so that the information collected and reported from the sensor nodes becomes meaningful. If sensor nodes are not synchronized, disaster report with time information can be wrong analyzed and this may lead to big calamity. With the limitation of battery and computing power, time synchronization algorithm imported in sensor nodes has to be simple as it doesn't need big complexity, nor generates many synchronization messages. To reduce the synchronization error, hop count should be kept small between reference node to initiate synchronization and sensor nodes to be synchronized. Therefore, multiple reference nodes are used instead of single reference node. The use of multiple reference nodes introduce the requirement of synchronization among reference nodes in the network. Several algorithms have been proposed till now, but the synchronization among reference nodes are not well considered. This paper proposes improved time synchronization for sensor networks by synchronizing multiple reference nodes inside the network. Through simulation, we validated the effects of new algorithm.

Keywords : Time Synchroniztion, Sensor Network, TSync, Multi-hop, Reference Node

I. 서 론

Sensor network은 환경 모니터링, 스마트 공간 창출, 의료 시스템 구축, 로봇을 이용한 탐사 등 매우 넓은 범위에 응용될 수 있는 기술 분야이다. Wireless sensor network은 분산된 많은 수의 센서 노드들로 구성되며,

각 노드의 전송범위의 제약으로 인해 multi-hop wireless network을 이루게 된다. 이 sensor network의 센서 노드들은 하나의 공통된 임무를 위해 서로 협력하여 동작하는 것이 일반적이다.

트래킹(tracking)은 sensor network 응용분야의 하나이다. 센서 노드들은 이벤트 소스(source)의 위치 뿐 아니라 속도 및 방향 등을 보고함으로써, 이벤트의 움직임을 추적할 수 있게 해 준다. 이를 위해서는, 센서들이 정보를 수집하고 보고하기 이전에 각 센서 노드들이 시간적으로 동기화되어 있어야 함을 요구한다^[1].

* 학생회원, ** 정회원, 충남대학교 정보통신공학과
(Department of Information and Communications
Engineering, Chungnam National University)
접수일자: 2008년7월15일, 수정완료일: 2008년9월17일

Sensor network에서의 망동기화는 센서 노드들을 하나의 시각에 동기화시킴으로써, 센서 노드들이 수집해서 보내는 센서 정보들이 의미 있는 정보들이 되도록 돕는 망의 기본적인 요소이다. 센서 노드들이 망동기화 되어 있지 않으면, 센서 노드들이 보내오는 이벤트 정보들이 잘못된 시각정보와 함께 오게 됨으로써, 이벤트의 방향과 상황을 오판할 수 있고, 이를 통한 대응은 큰 재난으로 나타날 수 있다.

WSN에서의 time synchronization algorithm은 유형에 따라 RBS^[2], TPSN^[3], TSync^[4] 등 몇 가지 대표되는 것들이 있어 왔다. RBS(Reference Broadcast Synchronization)는 임의의 한 노드가 synchronization 메시지를 broadcast하면 그것을 physical-broadcast에 의해 수신한 receiver 노드들이 각자 자기의 local clock에 근거한 time을 기록하고, 그것을 주위의 모든 receiver들과 교환하여 서로의 상대적인 time offset을 계산하고, 그것을 근거로 자신의 local clock을 스스로 조정하는 방법이다. 이 방법은 절대 time값으로 동기화하는 것이 아니라, 각각의 local clock을 하나의 reference node에 상대적으로 맞추는 것이다. 이 알고리즘은 기존의 인터넷망에서 사용되던 NTP 방법을 sensor network에 맞추도록 개선한 비교적 정확성이 높은 알고리즘이었으나 각 receiver들 간에 synchronization message가 모두 교환되어야 한다는 단점을 가진다. 이는 메시지 충돌로 인한 재전송으로 전체 망동기화 시간이 길어지게 하며, 센서 노드들의 전송 및 재전송에 에너지를 많이 낭비하는 요소가 된다. TPSN (Timing-sync Protocol for Sensor Networks)은 센서 노드들을 level별로 hierarchical topology를 구성하고, level i 의 노드가 level $i-1$ 의 노드의 clock에 동기화 해 나가는 방법으로 root node (level 0)까지 동기화 해 나가는 방법이다. RBS와 같은 망동기화 알고리즘을 receiver-receiver 방식으로, TPSN과 같은 알고리즘을 sender-receiver 방식으로 분류하기도 한다^[3]. Sender-receiver 방식은 기존의 유선 인터넷망의 동기화를 위해 오래 전부터 사용되어 온 고전적인 방식이며, receiver-receiver 방식은 wireless 망의 broadcast 특성을 잘 활용한 방식이다. TSync는 이웃 노드의 개수가 많아져도 RBS보다 적은 오버헤드로 망동기화를 할 수 있도록 제안된 wireless network의 overhearing 특성을 활용하는 lightweight한 망동기화 알고리즘이다. 망동기화 알고리즘에서는 reference가 되는 노드와 local clock을 맞추려는 노드와의 hop 수가 커질수록 동

기화 에러가 누적되어 에러가 커진다. 중단간 홉 수를 줄이기 위해 TSync의 변형이 제안되었는데, sensor network node들을 clustering하고, 기본적인 동작은 TSync와 유사하지만, 각 cluster head들의 transmission range를 길게 세팅함으로써, cluster head를 통한 중단간 홉 수를 줄이도록 하는 방법이다^[5]. 그러나 홉 수를 줄이기 위해 transmission range를 길게 하는 것은 전송에 드는 에너지가 전송거리의 3제곱에 비례하므로 cluster head 노드의 수명을 단축시키고, 전체적인 망의 lifetime을 짧게 하는 단점이 된다. Network 내에 여러 개의 reference node를 사용하면 센서노드간의 홉 수를 줄일 수 있지만, reference node들 사이의 동기화를 해결해야 하는 과제가 남는다. RBS에서 multi-hop 구성의 경우에 대한 망동기화 알고리즘을 제시하였으나, 서로 다른 reference node의 range에 속하는 sensor node들이 양 쪽의 reference node로부터 동기화 메시지를 모두 수신할 수 있는 특별한 노드들에게 reference node들의 clock 차이를 질의하여 다른 range에 있는 sensor node와 clock을 맞출 수 있도록 하는 방법이다. 이를 위해 각 센서 노드들은 어느 센서 노드에게 문의해야 하는지 미리 알고 있어야 하며 각 노드마다 동일한 하나의 특정 노드에게 문의를 해야 하므로 메시지 충돌 및 에너지 소비 등의 문제가 다시 생기게 된다. TSync는 각 reference node들의 경계에 있는 노드가 선택적으로 reference 정보를 택하여 자신의 clock을 보정만 하며, multiple reference node 사이의 동기화는 고려하지 않는다.

본 논문에서는 lightweight한 방법으로 망동기를 이루는 TSync에 multiple reference node들의 동기화를 추가함으로써 전체적인 망동기화를 개선할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서 TSync의 망동기화 알고리즘을 설명하고, 제 III장에서 multiple reference node들을 동기화하기 위해 제안하는 알고리즘을 기술하며, 제 IV장에서 시뮬레이션 결과를 보이고 제 V장에서 결론을 맺는다.

II. TSync: Lightweight 망동기화 알고리즘

TSync 망동기화의 기본 개념인 HRTS (Hierarchy Referencing Time Synchronization) 프로토콜은 그림 1과 같으며, 다음과 같은 5 step을 주기적으로 반복하면서 망의 동기화를 지속적으로 유지한다.

Step 1: Reference Node가 t1에 sync_begin 메시지를 broadcast함으로써 망동기화를 시작한다. Broadcast 메시지는 control channel을 통해 보내며, 동기화 메시지 수신은 clock channel을 사용한다. sync_begin 메시지에는 임의의 한 노드가 지정되어 있다(예로 n2라 하자). RN의 수신거리에 있는 neighbor node들(n2, n3, n4, n5)은 sync_begin 메시지를 수신한 시간(t2)을 기록해 놓는다(그림 1(a))

Step 2: 시간 t3에 n2가 RN에게 자신의 수신한 시간 t2와 송신하는 시간 t3를 ACK로 보낸다(그림 1(b)).

Step 3: RN은 t4 시간에 n2로부터의 메시지를 수신 한다(그림 1(c)). RN은 message propagation delay (MPD) d1과 local clock offset (LCO) d2를 수식 (1)~(2)와 같이 계산한 후, t2 값과 d2 값을 control channel을 통해 다시 broadcast한다. 여기서 d2는 RN과 n2 노드와의 clock offset을 의미한다.

$$d1 = \frac{(t2 - t1) + (t4 - t3)}{2} \quad (1)$$

$$d2 = \frac{(t2 - t1) - (t4 - t3)}{2} \quad (2)$$

Step 4: RN 주위의 수신 범위에 있는 노드들은 자신이 수신한 타임스탬프 t2'와 BS가 보내온 t2 값을 갖고 자신의 offset을 수식 (3)과 같이 각각 계산한다.

$$d3 = t2 - t2' \quad (3)$$

그리고 각 노드의 time은 다음과 같이 보정된다.

$$T = t + d2 + d' \quad (4)$$

Step 5: n2, n3, n4와 n5 노드들은 자신의 downstream node들을 동기화하기 위해 sync_begin 메시지를 broadcast한다(그림 1(d)).

TSync 방식의 망동기화 메시지에는 level과 depth라는 두 개의 중요한 parameter가 사용된다. Level은 Reference Node를 zero로 하여 시작되는데, level n의 sync_begin 메시지로 자신을 동기화 한 노드는 자신이 sync_begin 메시지를 보낼 때 level n+1을 parameter로 넣어서 보낸다. 무선 통신의 특성상 여러 노드들로부터 중복되는 sync_begin 메시지를 받게 되는데, level 값을 보고, 자신이 사용했던 level 값보다 크거나 같은 값의 level을 갖는 sync_begin 메시지를 받으면, 단순히 무시해 버리며, 작은 level 값을 갖는 sync_begin 메시지를 받은 경우, 자신을 새로 동기화함으로써, RN에서 가장 가깝게 전달된 sync_begin 정보를 이용할 수 있게 한다. Level 정보는 reference node가 망 내에 여럿 있는 경우에도 동일한 알고리즘으로 적용되는데, 가장 작은 level 값으로 동기화 메시지를 보낸 reference node 쪽의 time 정보에 자신을 동기화하게 된다. Depth 정보는 RN이 synchronization을 시작할 때 양수의 값을 넣어서 보내고, 한 번 synch가 파악되어 나갈 때마다 이 값을 1씩 감소시켜 보내고, 이 값이 zero가 되었을 때 synchronization을 진행시키지 않게 하는 용도로 사용된다. 이것은 RN으로 하여금 자신에게 영향 받을 영역의 크기를 지정할 수 있게 하고, 무한하게 synchronization 과정이 퍼져나가지 않도록 방지하는 역할을 한다.

Step 1부터 5까지의 과정을 되풀이하면서 전체 망을 동기화하는 TSync는 무선 통신의 overhearding 특성을 이용해 RBS와 같은 많은 메시지를 발생시키지 않으면서 가장 좋은 time 정보를 이용해 동기화하는 알고리즘이다.

III. Multiple Reference Node의 동기화 방안

지금까지 제안되어 온 망동기화 프로토콜들은 RBS도 TSync도 모두 multiple reference node들을 사용하는데 있어, 자신을 어떻게, 어디에 동기화할 것인가만을 고민하는 소극적인 성격의 것이었다. 본 논문에서는 가장 좋은 동기화 정보의 reference node를 선택해서

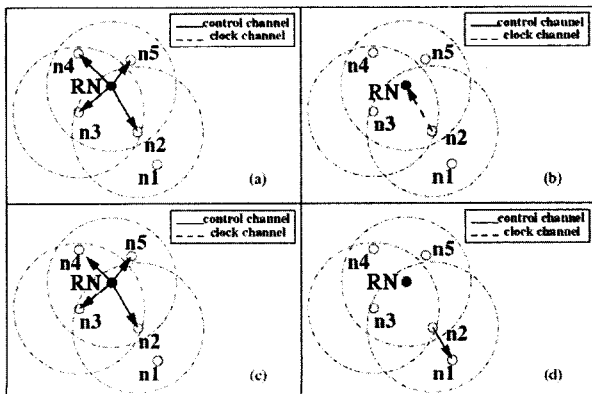


그림 1. HRTS 프로토콜 기본 동작
Fig. 1. Basic Operation of HRTS Protocol.

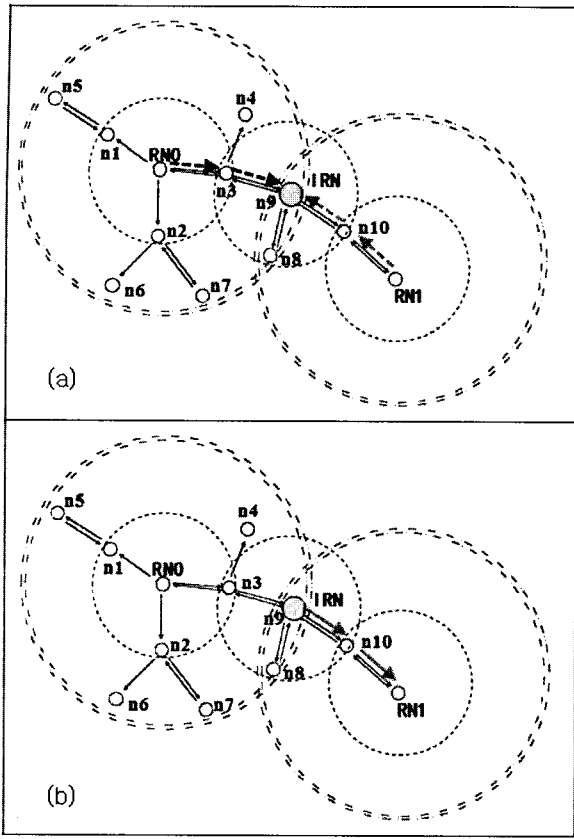


그림 2. 두 개의 Reference Node를 갖는 Sensor Network
Fig. 2. Sensor Network with Two Reference Nodes.

사용할 뿐 아니라, 서로 다른 time 정보를 제공하고 있는 reference node들을 보정하게 하는 적극적인 알고리즘을 제안하고자 한다.

그림 2는 두 개의 reference node RN0와 RN1을 갖는 sensor network의 예이다. RN0와 RN1이 자기 자신의 clock에 맞춰 sync_begin 메시지를 broadcast 하면, 이 메시지들은 수신 영역에 있는 sensor node들을 동기화 시켜가며 확산되어 나가고(그림 2(a)), 두 RN의 메시지를 모두 받게 되는 node 9는 자신이 두 reference node가 영향을 미치는 영역(그림2에서 RN을 중심으로 만들어진 커다란 원)의 교차점에 있음을 알게 되고, 두 reference node 정보 중 어떤 것을 취할 것인지를 결정한 후, 보정이 필요한 reference node에게 clock_adjust 라는 패킷을 이용해 clock 보정 정보를 보내게 된다(그림 2(b)). 이렇게 RN의 영역들 사이에 위치한 sensor node들을 IRN (Intermediate Reference Node)라고 부를 것이다. 그림 2에서는 노드 n9가 IRN이 된다.

IRN은 자기 다른 RN으로부터 온 synch 메시지의 level 정보를 보고, 같은 level 값을 갖는 sync_begin메

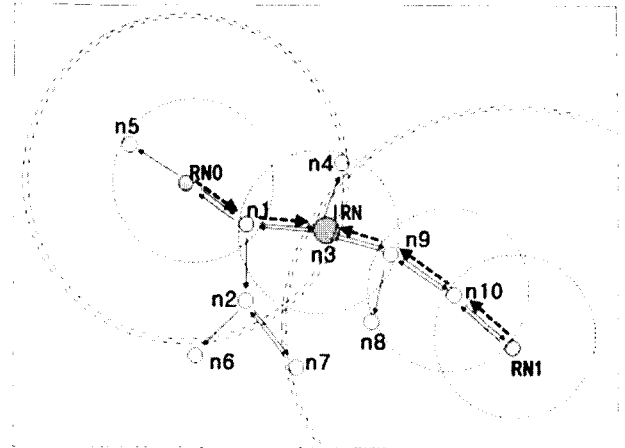


그림 3. 서로 다른 level 값의 메시지 수신 상황
Fig. 3. Message reception of different level values.

시지가 같은 RN로부터 오면, 단순히 무시하고, 다른 RN으로 왔으면, 늦게 자신을 먼저 도착한 sync_begin 메시지 정보로 synchronization하고, 늦게 sync_begin 메시지를 보낸 RN에게는 다른 RN과의 차이 값을 보정하는 clock_adjust 메시지를 능동적으로 보낸다. 그림 2(b)는, RN0로부터의 synch 메시지가 IRN에 먼저 도착하였고, 따라서 IRN은 RN0의 정보에 의해 자신을 동기화 하고, RN1쪽으로 RN0와 synchronization을 할 수 있도록 보정 정보를 보내는 그림이다.

그림 3은 IRN이 서로 다른 level 값을 갖는 다수의 sync_begin 메시지를 받게 되는 경우를 보여준다. 그림 3에서 sensor node n3이 IRN에 해당되며, n3은 RN0로부터 level 2의 sync_begin 메시지를 받고, RN1으로부터는 level 3의 sync_begin 메시지를 받게 된다. 작은 값의 level을 갖는 synch 메시지가 더 적은 누적 error를 갖기 때문에, IRN은 짧은 level 값의 RN을 선호하여, 자신을 RN0의 정보에 동기화하며, RN1에게 adjust_clock 보정 메시지를 능동적으로 보낸다.

이렇게 능동적으로 보내진 보정 메시지로 자신의 clock을 보정한 reference node는 다음 주기의 synchronization을 할 때, sensor network내의 다른 reference node들과 좀 더 잘 동기화된 상태로 주변의 sensor node들을 동기화 시킨다.

IV. 시뮬레이션 및 결과

제안한 개선된 망동기화 알고리즘의 성능을 알아보기 위해 C 언어 기반의 GloMoSim 2.0.3 시뮬레이터를 이용해 시뮬레이션 하였다^{6~7)}. 그림 2와 같이 같은 level로 RN의 중간에 IRN이 위치하는 경우와 그림 3과

같이 다른 level로 RN의 중간에 IRN이 위치하는 multiple reference node 환경에서, 기존의 수동적인 망 동기화 방법과 제안한 적극적인 망 동기화 방법을 sensor node들의 누적된 error 값과 sensor network들을 동기화 하는 데 전체적으로 걸리는 시간(elapsed time)을 구하여 비교하였다. 시뮬레이션에 사용한 parameter들은 표1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation Parameters.

Parameter	Value
Radio Frequency	2.4 GHz
Radio Bandwidth	19.2 kbps
Radio range	20 m
Tx power	6.1 dbm
Rx threshold	-60 dbm
Antenna-gain	0.0 db
Frequency drift due to variations in temperature	0.02ms
1 packet size	192 bits

그림 4에서 1번째 막대와 2번째 막대는 TSync 알고리즘이 기존의 TPSN보다 월등하다는 것을 보여준다. Wireless sensor network에서 TSync의 overhearing 특성을 이용하면, node-to-node로 synchronization하는 TPSN보다 좋은 망 동기화 성능을 보여준다.

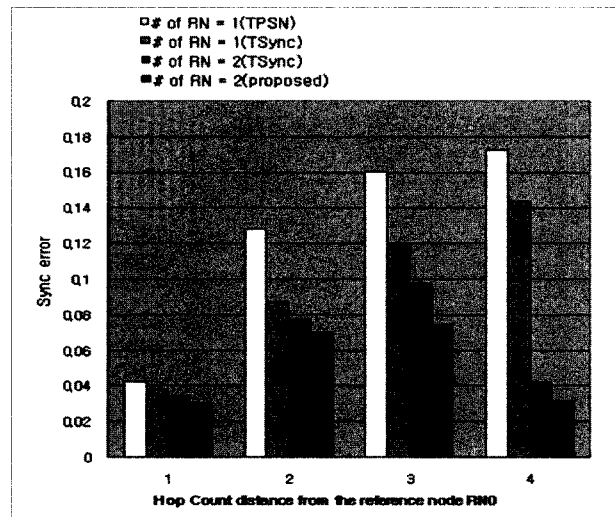


그림 4. Multiple Reference Node환경에서 같은 level로 위치한 Intermediate Reference Node가 먼저 도착한 RN에 맞춰 적극적으로 동기화한 경우
Fig. 4. Active Synchronization with First Come Message in Multiple Reference Node Environment.

그림 4의 2번째 막대와 3번째 막대는 TSync 알고리즘에서 single reference node를 사용한 경우와 multiple reference node를 사용하는 효율성을 비교한 것이다. Single reference node를 갖는 망에서는 synchronization error가 reference node에서 얼마나 큰 hop수로 떨어져 위치해 있는가가 error의 큰 변수로 작용하므로, multiple reference node의 사용은 전체적인 hop 수를 감소시켜, 전반적으로 더욱 좋은 synchronization error 특성을 나타낸다.

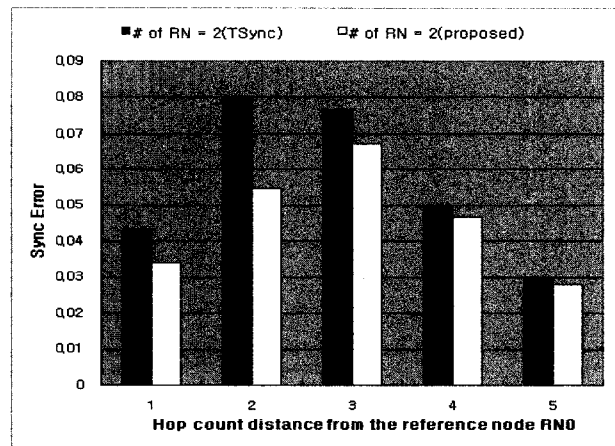


그림 5. Multiple Reference Node환경에서 다른 level로 위치한 Intermediate Reference Node가 짧은 level값의 RN에 맞춰 적극적으로 동기화한 경우
Fig. 5. Active Synchronization with Short Level Value Message in Multiple Reference Node Environment.

그림 4의 3번째 막대와 4번째 막대는 그림 2와 같이 multiple reference node들로부터 같은 level 만큼 떨어진 곳에 Intermediate Reference Node (IRN)가 위치해 있어, 먼저 도착한 RN의 정보에 맞춰 제안한 방법으로 적극적으로 망을 동기화한 경우, RNO를 기준으로 hop 수(=level 값)에 따른 sensor node들의 누적된 synchronization error를 순수 TSync 방법과 비교한 결과 그래프이다. 소극적으로 자신만 동기화하고 끝내는 순수 TSync보다 reference node들을 적극적으로 synchronization 해가면서 망 동기화를 계속하므로, 결과적으로 제안한 방법이 더 좋은 synchronization error 특성을 나타낸다.

그림 5는 그림 3과 같이 multiple reference node들로부터 다른 level만큼 떨어진 곳에 IRN이 위치해 있고, 낮은 level 값 만큼 떨어져 있는 RN을 선호하여 먼 곳에 있는 RN을 제안한 알고리즘으로 적극적으로 동기화한 경우 순수 TSync 방법과 비교한 누적된 synchronization error 결과를 나타낸 것이다. 이 경우에도 전반적으로 sensor network의 reference node들을 적극적으로 synchroni- zation 해가면서 반복적인 망 동기화를 해 나가므로, 결과적으로 제안한 방법이 기존의 방법보다 더 나은 error 특성을 보인다.

표 2. 망동기화에 소요된 시간
Table 2. Elapsed Time for Time Synchronization.

Reference Node 의 개수	Time Synchronization Algorithm	Avg. Elapsed Time
Single	TSync	0.654 sec
Dual	TSync	0.420 sec
Dual	Proposed	0.539 sec

표 2는 소극적 알고리즘인 TSync와 제안한 적극적 방법으로 망을 동기화 하는 경우, 망동기화에 전체적으로 소요되는 시간을 측정 한 것이다. 제안한 적극적인 방법은 adjust_clock 패킷을 다른 reference node들에게 전달해야 하므로, 전체적인 망동기화 시간은 더 길어졌음을 볼 수 있다. 그러나 IRN 자신을 동기화 한 이후 clock_adjust 메시지를 보내는 동작은 다음 주기의 synchronization process를 개선하고자 하는 목적이므로, 이번 주기의 sensor node로서의 동작을 늦추게 하는 것은 아니다. 이렇게 길어진 망동기 소요 시간은 sensor node들의 보다 정확한 synchronization을 위해 trade-off로 치러야 하는 단점이라 하겠다.

V. 결 론

본 논문에서는 time synchronization을 구동하는 reference node로부터 멀리 떨어진 sensor node들의 누적되는 synchronization error를 개선하고자 사용하는 multiple reference node 환경에서 간과하고 있던 RN 간의 synchronization을 개선할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

기존의 소극적 알고리즘들은 multiple reference node들로부터 synch 정보를 받을 때, 가장 좋은 정보를 이용해 자신을 동기화하는 데 머물지만, 제안한 방법은 자신을 동기화 한 후, clock_adjust 메시지를 역으로 reference node들에게 전송함으로써 망 내의 전체적인 reference node들의 synchronization이 이루어질 수 있도록 하는 것이다.

시뮬레이션을 통해 제안한 방법이 기존의 소극적 방법보다 망동기화에 걸리는 시간은 더 필요로 하지만 sensor node들의 synchronization error를 개선함을 알 수 있었다.

제안한 방법은 간단하게 level 값에 기반하여 RN들을 보정하였으나, 홑 수당 error 값을 decision value로 이용하거나 다른 값들을 이용할 수 있는 variation이 가능하리라 생각된다. 다만, sensor node에 들어가는 알고리즘

의 simplicity를 버리는 희생을 상쇄할 충분한 기대효과가 있어야만 실제적으로 적용될 수 있는 variation이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Holger Karl and Andreas Willig, *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, WILEY Press, 2005.
- [2] J. Elson, L. Girod and D. Estrin, "Fine-Grained Network Time Synchronization using Reference Broadcasts," *Proceedings of the Fifth Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 2002)*, Boston, MA. Dec., 2002.
- [3] S. Ganeriwal, R. Kumar and M. B. Srivastava, "Timing-sync Protocol for Sensor Networks," *SenSys 2003*, Los Angeles, USA, Nov. 2003.
- [4] H. Dai and R. Han, "TSync : A Lightweight Bidirectional Time Synchronization Service for Wireless Sensor Networks," *ACM SIGMOBILE mobile Computing and Communications Review, Special Issue on Wireless PAN & Sensor Networks*, vol. 8, no. 1, University of Colorado, Boulder, January 2004, pp. 125-139
- [5] H. Kim, D. Kim and S. Yoo, "Cluster-based Hierarchical Time Synchronization for Multi-hop Wireless Sensor Network," *Proceedings of the 20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, April 2006, pp.318-322
- [6] X. Zeng, R. Bagrodia, and M. Gerla, "GloMoSim: A library for parallel simulation of large-scale wireless networks," *Proceedings of the 12th Workshop on Parallel and Distributed Simulations -PADS '98*, May 26-29, in Banff, Alberta, Canada, 1998.
- [7] <http://pcl.cs.ucla.edu/projects/glomosim/>

저 자 소 개



장 우 혁(학생회원)
 2002년 경북대학교 전자전기
 공학부 학사
 2005년~현재 충남대학교 정보
 통신공학과 석사과정
 <주관심분야 : 센서 네트워크, 컴
 퓨터 프로토콜>



권 영 미(정회원)
 1986년 서울대학교 컴퓨터공학과
 학사
 1988년 서울대학교 컴퓨터공학과
 석사
 1996년 서울대학교 컴퓨터공학과
 박사
 1993년~1995년 한국전자통신연구원 연구원
 1996년~2002년 목원대학교 컴퓨터공학과 조교수
 2002년~현재 충남대학교 정보통신공학과 부교수
 <주관심분야 : Traffic Engineering, QoS
 Rouring, Sensor Networks, Internet Protocols>