USN 을 이용한 스키 슬로프의 무선 구간기록 측정 시스템

이형봉*, 박래정**, 정태윤**
*강릉원주대학교 컴퓨터공학과
**강릉원주대학교 전자공학과
e-mail : hblee@gwnu.ac.kr

A Wireless Lap Time Measurement System of Ski Slopes Using a USN

Hyung-Bong Lee*, Lae-Jeong Park**, Tae-Yoon Chung**
*Dept. of Computer Science & Engineering, Gangneung-Wonju National University
**Dept. of Electronics, Gangneung-Wonju National University

요 약

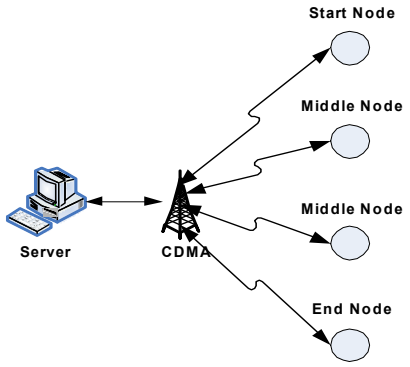
강원도는 2018 년 동계올림픽 유치 및 USN 산업 활성화를 목표로 도내에서 u-스포츠 사업을 활발하게 진행 중에 있다. 이 사업의 일환으로 2008 년 CDMA 망을 기반으로 한 무선 구간기록 측정 시스템이 용평 스키장에 이미 설치된 바 있다. 이 연구에서는 기 설치된 CDMA 망 기반 무선 구간기록 측정 시스템을 USN 기반으로 전환시켜 구현하고 평가한다. 평가 결과 구간 기록의 측정 오차가 2.6ms 에서 700us 로 현저하게 개선되었다.

1. 서론

최근 문화재 보호, 건물 화재 감지. 산불 감지, 기상 정보 수집, 인공 구조물 안전 진단 등 여러 분야에서 USN 의 적용 시도가 활발하게 이루어지고 있다[1]. 이런 추세는 정부의 신성장 동력 정책에서 한 원인을 찾을 수 있으나, 그것 보다는 언제, 어디서나, 무엇이든 얻기를 원하는 인간의 시대적 요구[2]에서 기인된 바가 더 크다. 이런 가운데 스포츠 분야에서의 USN 활용은 아직까지 거의 전무하다. 이 연구에서는 강원도에서 진행중인 USN 의 전략 산업화 및 2018 년 동계 올림픽 유치를 위한 준비 사업으로 선정된 스키 슬로프의 무선 구간기록 측정 시스템을 구현하고 평가한다. 그 1 단계로 CDMA 기반의 무선 구간기록 측정 시스템[3,4]이 강원도 용평 스키장에 설치되었다. 1 단계 시스템의 기록 측정 오차는 최대 8ms, 평균 2.684ms, 표준편차 1.624ms 의 성능을 보이고 있어 공식 기록 측정 정밀도인 10ms 수준을 만족한다. 그러나 이 연구에서는 CDMA 망을 USN 으로 전환시켜 측정 정밀도를 더욱 개선하고자 한다.

2. 관련 연구

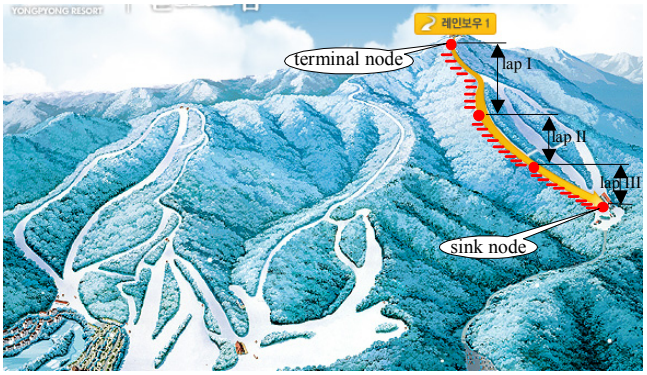
CDMA 망을 이용한 스키 슬로프의 무선 구간기록 측정 시스템[3, 4]은 CDMA 단말기와 선수의 입·출을 감지할 수 있는 레이저 센서가 부착된 센서 노드를 (그림 1)과 같이 스키 슬로프의 주요 지점에 설치하고, 선수가 지나간 시점의 타임스탬프를 CDMA 망(이동통신) 망을 통해 서버에 전송함으로써 각 구간의 기록을 산출하는 방식을 도입하였다. 이 시스템에서 측정 기록의 정밀도는 각 노드 간 타임 동기화가 어느 정도 잘 이루어지는가에 의존하게 되는데, 이들 노드들 사이에는 직접적인 통신 수단이 없기 때문에 서버를 통한 간접적인 동기화 기법이 불가피하다. 따라서 서버를 통한 간접적인 시간 동기화 프로토콜로 NTP(Network Time Protocol)를 적용하였다. 그런데, CDMA 망을 통한 서버와의 통신 속도는 환경에 따라 그 편차가 너무 심해 일반적인 인터넷 환경에서의 NTP 정밀도인 2ms 조차 얻기가 곤란하다. 이를 최대한 보완하기 위해 확장된 NTP 를 고안하여 약 2.684ms 의 정밀도를 얻을 수 있었으나, 실측 결과 최대 8ms 까지의 오차가 발견되어 더 정밀한 측정 방법이 요구되고 있다.



(그림 1) CDMA 기반 무선 구간기록 측정 시스템

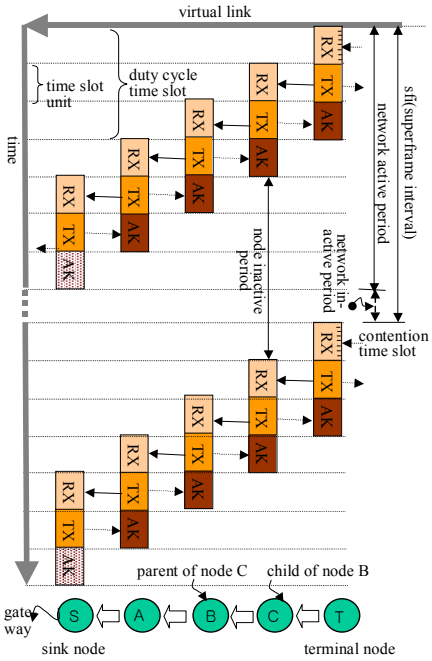
3. USN 을 이용한 스키 슬로프의 무선 구간기록 측정 시스템

USN 을 이용한 스키 슬로프의 무선 구간기록 측정 시스템은 (그림 2)와 같이 스키 슬로프 주변에 MCU 와 RF 모듈이 부착된 센서 노드들을 일렬로 배치하고, 그 중 측정 구간의 경계에 위치하는 노드들에는 선수의 입·출을 감지할 수 있는 레이저 센서를 추가로 부착한다. 이 때, 레이저 센서가 부착된 센서 노드들은 선수의 진입이 감지된 시점의 타임스탬프를 싱크 노드로 전달하고, 싱크 노드는 서버로 전달한다.



(그림 2) USN 을 이용한 스키 슬로프의 무선 구간기록 측정 시스템

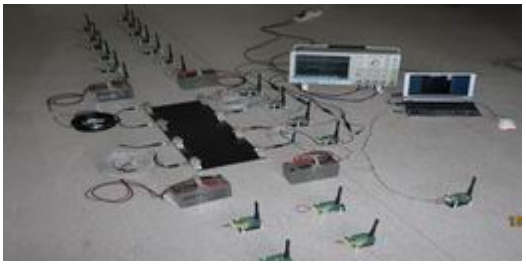
이 시스템에서도 측정 기록의 정밀도는 노드들 사이에 이루어지는 시간 동기화의 정도에 따라 결정됨은 명백하다. 또한 노드들은 야외에서 선형으로 길게 배치되어야 하므로, 이런 환경에서 단말 노드에서부터 싱크 노드까지 데이터를 가장 효율적으로 전달할 수 있는 프로토콜이 요구된다. 이 연구에서는 노드들 간의 시간 동기화와 선형 토폴로지에서의 최적 통신 지원을 목표로 제안된 TSFP(Time-Synchronized Forwarding Protocol)[5]를 구현하여 적용하였다. TSFP



(그림 3) TSFP 의 개념

는 TDMA 를 기반으로 하는 USN 프로토콜로서 (그림 3)과 같이 단말 노드에서 싱크 노드까지 각 노드가 순서대로 듣기(RX), 보내기(TX), 확인(AK) 등 3 개의 타임 슬롯으로 구성된 의무주기 슬롯을 수행함으로써 데이터를 폭포수처럼 싱크 노드 쪽으로 전달한다. 이 과정에서 각 노드는 듣기 슬롯에서 RF 수신이 일어나는 순간 SFD(Start of Frame Delimiter) 인터럽트를 이용하여 자신의 타임을 바로 전 노드와 동기화 시킨다.

제안된 무선 구간기록 측정 시스템은 길이가 약 1.5Km 인 강원도 용평 스키장의 레인보우 II 슬로프에 설치될 예정이다. 노드 간의 거리를, 900MHz RF 통신 반경으로 충분한 50m 로 설정했을 때 총 30 개의 센서노드가 필요하고, 세 개의 구간 기록을 얻고자 할 때 각 구간은 10 개의 노드로 구성된다. 이와 동일한 사양으로 (그림 4)와 같이 실내에 배치하여 오실로스코우프를 이용하여 구간 측정오차를 탐색한 결과, 최대 700us 를 넘는 경우가 관찰되지 않았다.



(그림 4) 무선 구간기록 측정 시스템의 정밀도 측정

4. 결론

최근 활발하게 일고 있는 USN 산업은 그 명성에 걸맞는 수익 창출 성과를 내지 못하고 있는 것이 현실이다. 이런 상황에서 USN 이 실용적으로 적용되는 응용분야를 개척하고 적용함으로써 USN 에 대한 신뢰성 및 가능성을 보였다는 점에서 이 연구의 의의가 있다고 본다.

참고문헌

[1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "*A Survey on Sensor Networks*", IEEE Communications Magazine, Volume 40, Issue 8, pp. 102-104, August 2002

[2] Mark Weiser, " *The Computer for the Twenty-First Century*" , Scientific American, pp. 94-100, September 1991

[3] 정한수 외 4 인, "CDMA 망을 이용한 스키장 슬로프의 무선 구간 기록 측정 시스템", 한국정보처리학회 2008 춘계 학술발표대회, 제 15 권, 제 1 호, pp. 921-922, 2008 년 5 월.

[4] 이형봉 외 3 인, "CDMA 망에 기반한 스키장 슬로프의 무선 구간 기록 측정 시스템", 정보처리학회논문지 D, 제 16-D 권, 제 1 호, pp. 133-138, 2009 년 4 월

[5] D. S. Kim, S. Y. Lee, K. H. Won, D. J. Chung, and J. H. Kim, "*Time-synchronized Forwarding Protocol for Remote Control of Home Appliances Based on Wireless Sensor Network*", IEEE Transactions Consumer Electronics, Volume 53, Number 4, November 2007