

효율적인 토공사 계측관리를 위한 USN기술 선정 의사결정 매트릭스 도출

USN Technologies Decision Making Matrix for the Efficiency Management of Earthwork Selection

정 승 우*
Jung, Seung-Woo

권 순 욱**
Kwon, Soon-wook

요 약

최근 건설 시공 업무가 다양화되고 현장이 대형화됨에 따라 현재 건설현장의 시스템으로는 모든 상황을 실시간으로 관리하고 모니터링 하는데는 한계가 있어 이에 대한 체계적인 계측관리 방안이 요구되어 지고 있다. 이에 본 연구에서는 USN기술 중 건설현장에 적용할 때 가장 중요한 USN기술 중 하나인 네트워크 기술을 선정하였다. 도출한 요소들을 바탕으로 각 요소들의 쌍대비교를 통해 각 기준에 따른 요소들의 중요도를 산정하였다. 산정한 중요도를 종합하여 각 기준 및 상황을 고려하여 의사결정 지원모델 매트릭스를 작성을 통해 건설현장 토공사 계측 시 고려사항에 따른 중요도를 정량적으로 평가하여 의사결정을 지원할 수 있는 모델을 제시하였다. 본 연구의 결과는 건설현장의 토공사 계측관리를 위해 USN기술 적용 시 상황에 맞는 기술을 선택 할 수 있는 판단의 기준 및 척도로 활용이 가능하며, USN기술 도입을 통해 현장의 지능화 및 관리 효율 극대화를 가져올 것으로 기대한다.

키워드 : 토공사, 계측관리, 유비쿼터스 센서 네트워크(USN), 계층분석적방법(AHP), 의사결정 지원모델

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설 시공 업무가 다양화되고 현장이 대형화됨에 따라 현재 건설현장의 시스템으로는 모든 상황을 실시간으로 관리하고 모니터링 하는데는 한계가 있다(정승우 외, 2010).

최근 건설현장에서의 안전사고가 다시 증가하는 추세로 크고 작은 사고가 발생하면서, 이로 인한 경제적 손실이 계속적으로 발생하고 있는 실정이다. 이에 대한 피해를 최소화하기 위해 토공사 계측을 대상으로 체계적인 연구가 진행되고 있으나 실시간 계측의 어려움이 있어 피해가 계속되고 있는 실정이다(김범기, 2005).

이에 최근 건설현장에 USN기술 적용을 통해 건설현장의 효율성을 높이려는 연구가 진행되고 있다. 기존의 건설 산업에서

의 센서 및 무선 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Networks 이하 USN)기술의 적용분야는 아직까지 센서의 일반적인 하드웨어적 특성을 중심으로 접근되는 경향이 있어 현재까지는 응용 분야 및 범위가 매우 제한적이다.

이러한 상황 속에서 USN기술의 적용은 필연적이며, 건설현장에서의 안전사고를 방지하고 효율적이고 정확한 계측관리를 위해 전략적인 USN기술 적용 방안에 대한 연구가 필요하다.

이에 본 연구는 건설현장에서 토공사를 대상으로 보다 효율적인 계측관리를 위해 최근 활발히 연구가 진행되고 있는 건설현장의 계측관리에 USN기술을 적용하는 연구에 보다 전략적이고 체계적으로 USN기술을 선정할 수 있도록 의사결정을 지원하는 모델을 작성하는 것을 목적으로 한다.

이를 위해 본 연구에서는 건설현장에서 토공사 계측을 대상으

* 일반회원, (주)itmcooperation, 사원 designsw@hanmail.net

** 종신회원, 성균관대학교 건축공학과/u-City공학과 교수, 공학박사(교신저자), swkwon@skku.edu

로 각 고려대상에 따라 어떠한 USN기술을 적용하는 것이 합리적인지에 대해 정량적으로 평가하는 의사결정 지원모델을 제시하여 추후 USN기술을 도입하는데 활용하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설현장의 시공 중 현장의 계측관리를 연구 대상으로 하며, 시공 중 구조물의 시공 상태와 안전성을 파악하기 위한 계측관련 계측을 통한 건설현장의 계측관리를 중점적으로 다룬다. 본 연구를 진행하기 위한 방법 및 수행절차는 다음 그림 1과 같다.

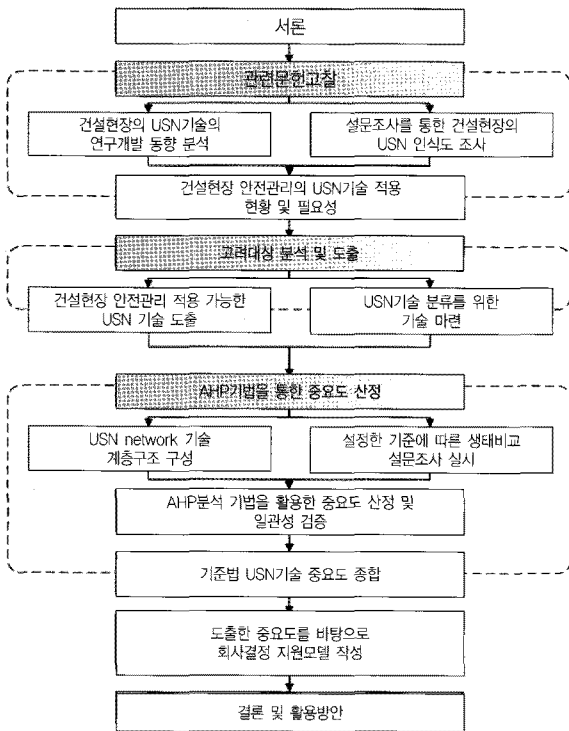


그림 1. 연구의 방법 및 수행절차

첫 번째로, 관련문헌 고찰을 통해 건설현장의 토공사를 대상으로 계측관리의 현황 및 USN기술을 적용한 계측의 연구 동향에 대하여 분석하였다.

두 번째로, 본 연구에서 의사결정 모델의 요소로 활용될 USN 기술에 대하여 USN기술 중 네트워크 기술을 선정하여 건설현장에 적용 가능한 USN기술을 선정하였고, 선정한 기술을 대상으로 경제성, 시공성, 안정성을 기준으로 설정하여 기준에 맞게 재분류 하였다.

세 번째로, 앞서 도출한 요소들을 바탕으로 경제성, 시공성, 안정성을 기준으로 쌍대비교를 통한 설문조사를 통해 각 요소의 기준별 중요도를 산정하였다.

네 번째로, 산정한 중요도를 종합하여 각 기준 및 상황을 고려한 매트릭스를 제시하여 USN기술을 적용하기 위한 의사결정 지원모델을 작성하였다.

2. 선행연구 및 USN기술 활용도 분석

2.1 건설 계측관련 USN기술 연구개발 동향

최근의 USN기술을 활용한 건설현장의 계측관련 연구는 주로 구조물의 실시간 모니터링 및 사면안정성 파악을 통한 건설현장의 안전성을 높여려는 연구가 진행되고 있다.

건설현장의 안전관리에 USN기술이 적용 가능한지에 대해 검토하고, 안전관리 모니터링을 위한 USN기술 적용 방안에 대하여 연구(김군태, 2009)하였고, 건설현장의 실시간 모니터링의 필요성을 설명하고 시스템 구축 실험을 통해 기술을 개발하는 연구(Venkata A. Kottapalli 외, 2003)가 진행되었다.

연구가 진행되고있는 USN기술을 활용한 계측 시스템 개발 및 구축에 대하여 살펴보면, 원격으로 흠막이의 안정상태를 지속적으로 관찰하고, 효과적으로 수행할 수 있는 시스템 개발(문성우 외, 2009), 사면붕괴의 실시간 모니터링 시스템 설계 및 장치 개발(Kyoon-Tai Kim 외, 2008), 구조물의 안전관리를 위해 자동으로 정보를 수집하는 통합시스템 개발(Jung-Ryul Kim 외, 2008)등의 연구가 이루어졌다.

2.2 건설현장의 USN기술 활용 및 인식도 조사

최근 건설현장의 계측관리를 중심으로 USN기술 적용에 대한 연구는 활발히 진행이 되고 있으며, 현재는 실제 현장에 적용하는 시스템 구축에 대한 연구 및 적용 단계에 있다. 이러한 단계에서 과연 USN기술이 실제 현장에서 계측을 수행하는 전문가들이 인식하기에 필요하고, USN기술 적용 시 효율적이라고 생각하는지에 대한 조사를 할 필요가 있었다.

이에 따라 건설현장의 계측을 담당하는 계측업체의 계측 전문가와 건설현장의 안전관리 담당자 및 건설현장의 안전관리에 대해 연구하는 기관을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

설문 응답자를 기관별로 분석해보면 계측을 수행하는 업체가 50%, 계측에 대한 연구를 하는 연구소가 50%로 조사되었다. 직급별로 분석해보면 소장급 7%, 부장급 7%, 과장급 50%, 대리급 10.7%, 기사급 14.3%으로 조사되었으며, 분야별로는 건축 35.7%, 토목 10.7%, 기계 7.1%, 전기·전자 39.3%, 기타 7.1%로 조사되었다. 이는 실무의 경험이 10년 이상인 과장급 이상이 64%이며, 건설현장의 계측 성격상 건축과 전기·전자의 전문가

가 전체 응답자의 75%를 차지한다는 등 경력이 풍부한 참여자가 많아 본 설문조사의 신뢰도가 높을 것으로 판단된다.

설문조사 항목은 크게 5가지 문항으로 구성하였으며, 각 문항에 대한 보기는 5가지의 항목을 제시하고 선택할 수 있는 방식으로 구성하였다.

건설현장에서 계측 업무를 수행하는 전문가들을 대상으로 USN기술의 지식 습득 방법에 대하여 조사를 하였다. 그 결과 현재 현장에서 사용 23.1%, 관련분야 전문가 50.0%, 건설 IT분야에 관심 19.2%, 기타 7.7%로 조사되었다. 이에 따라 현재 건설현장에서 USN기술을 실제로 활용하고 있으며, USN기술 뿐 아니라 건설현장의 전문가들도 IT기술에 관심을 가지면서 USN기술에 대한 전문가가 늘어나는 것으로 분석되었다.

USN기술 지식 습득 방법에 대한 설문조사결과를 정리하면 다음 그림 2와 같다.

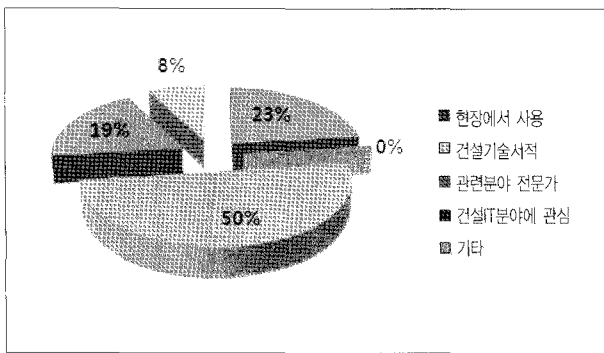


그림 2. USN기술 지식 습득 방법

건설현장에서 USN기술 적용 시 가장 고려해야 하는 기술은 무엇인지에 대하여 조사하였다. 그 결과 센서네트워크 50.0%, 센서노드 32.1%, 미들웨어 10.7%, 기타 7.1%로 조사되었다.

이에 따라 건설현장에서 USN기술을 적용하는데는 센서 네트워크의 기술 선정이 가장 중요하며, 다음으로 센서노드, 미들웨어 순으로 나타났다.

USN기술 적용 시 고려해야 하는 기술에 대한 설문조사 결과를 정리하면 다음 그림 3과 같다.

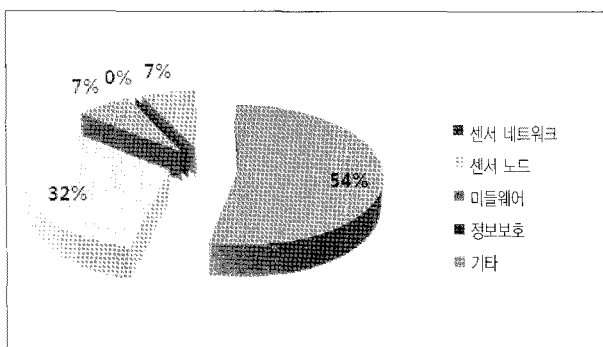


그림 3. USN기술 적용 시 고려기술

건설현장 계측업무에서 IT기술이 활용되고 있는 작업에 대하여 설문조사를 실시하였다. 그 결과 계측정보 수집 82.1%, 정보 해석 5%로 나타났으며, 계측계획, 계측기 설치, 계측기 검수 등의 다른 업무에는 활용도가 낮은 것으로 조사되었다.

계측업무에서 IT기술의 적용 현황에 대한 설문조사 결과를 정리하면 다음 그림 4와 같다.

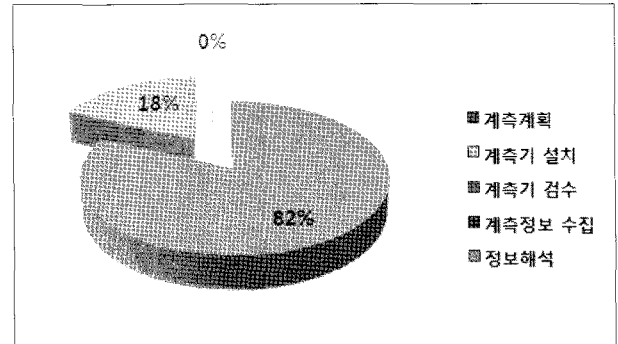


그림 4. 계측업무의 IT기술 적용 현황

USN기술을 건설현장 계측에 적용 시 어떠한 이점이 있을지에 대하여 조사하였다. 응답자의 36%가 정보의 정확도가 개선되고, 안전사고 예방 30.0%, 공사품질향상 28.0%, 작업속도 개선 6.0%의 효과가 있을 것으로 기대하였다.

이는 건설현장의 계측관리에 있어서 가장 중요한 계측 정보의 정확도를 높이는데 큰 기여를 할 것으로 분석되어, 향후 USN기술이 건설현장 계측에 도입되면 현재 발생하는 유선계측에서 오는 노이즈에 대한 문제점을 해결하는데 크게 도움이 될 것으로 생각된다.

USN기술 적용 시 계측관리의 이점에 대한 설문조사 결과를 정리하면 다음 그림 5와 같다.

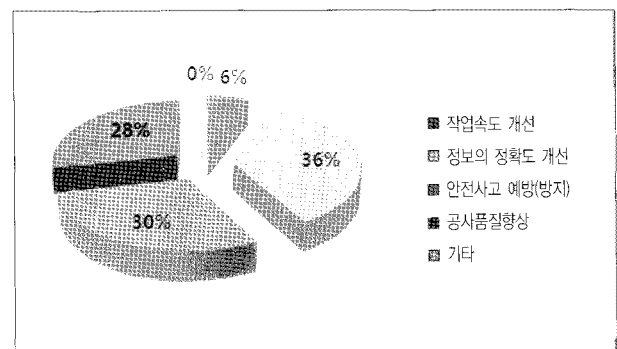


그림 5. USN기술 적용 시 계측관리의 이점

USN기술이 건설현장에 적용될 수 있는 분야는 어느 공종인지에 대하여 조사하였다. 그 결과 가설공사 15.5%, 토공 및 흙막이 공사 27.6%, 지정 및 기초공사 19.0%, 콘크리트 공사 29.3%, 철골공사 29.3%, 철골공사 8.6%로 조사되었다.

USN기술이 적용될 수 있는 공종에 대한 설문조사를 정리하면 다음 그림 6과 같다.

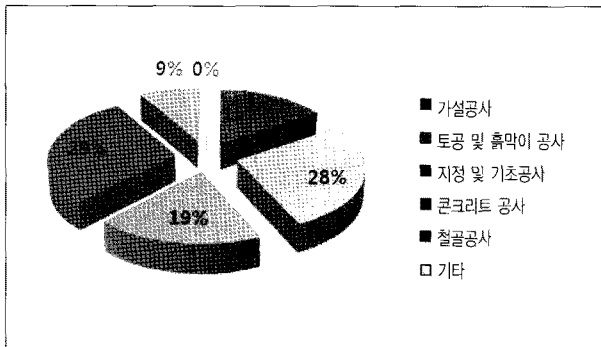


그림 6. USN기술 적용될 수 있는 공종

3. AHP기법 활용 USN기술 중요도 산출

3.1 건설현장 적용 가능한 USN기술 도출

연구를 수행하는 과정에서 USN기술 중에서 어떠한 기술이 중요할지에 대하여 관련 문헌을 분석하여 계측 시스템을 구축하면서 어떤 기술요소를 가장 고려하는지를 분석하였고, 그 결과 네트워크 기술을 결정하는 것이 가장 중요하다는 결론을 도출하였다. 또한 연구를 진행하면서 건설IT전문가를 대상으로 실시한 설문조사에서도 과반수이상의 응답자가 USN기술 중 네트워크의 선정이 가장 중요하다는 응답이 과반수이상을 차지하였다.

이에 따라 네트워크 기술의 종류를 조사하여 정리하였고, 이 중 기술의 성격에 따라 건설현장에 적용 가능한 USN 네트워크 기술 5가지를 선정하였다.

선정한 USN 네트워크 기술을 정리하면 다음 표 1과 같다.

표 1. 건설현장 적용 가능한 USN기술 선정

USN기술	내용
IEEE 802.15 / Zigbee	Bluetooth 기반 Non-IP방식의 센서 네트워크를 구성하게 하는 네트워크 계층 미 응용 계층 기술
Wireless LAN (IEEE 802.11)	현재 상용화 되고 있는 무선 인터넷 기술로서 AP에 무선으로 접속하여 인터넷을 사용할 수 있게 하는 기술
Wibro/HSDPA/HSUPA	무선 인터넷 서비스로 사용자가 어느 곳에서나 인터넷에 접속하여 사용할 수 있게 하는 기술
Mobile IP	패킷통신망이나 인터넷망 상에서 IP패킷 형식으로 음성, 비디오 등 다양한 형태의 멀티미디어 정보를 통합 전송할 수 있는 기술
BcN	음성, 데이터, 유무선 등 품질 보장형 광대역 멀티 미디어를 언제나 이용 가능한 차세대 통합 네트워크

3.2 USN기술 중요도 산출을 위한 설문조사 실시

건설현장의 계측관리 수행에 적용 가능한 USN기술을 대상으

로 AHP기법을 활용하여 기중치를 산출하고 그 우선순위를 도출하기 위해 쌍대비교 형식의 설문지를 작성하여 건설현장의 계측관리 업무를 담당하는 전문가를 대상으로 설문을 실시하였다.

설문을 위해 도출한 USN기술은 현재 상용되고 있거나, 또는 상용화 단계에 있는 기술을 선정하여 피설문자의 이해를 돕고자 각 기술에 대한 정의를 설명하였다.

설정된 기준별 그룹에 따라 각 USN기술의 중요도를 산정하기 위하여 경제성, 시공성, 안정성을 기준으로 각 항목을 쌍대비교 설문 형식에 맞도록 구성하였으며, 설문지의 형식을 정리하면 다음 그림 7과 같다.

■ '경제성을 고려한 각 요소의 세부 중요도 평가
 *본 설문은 USN기술을 건설현장에 적용 시 고려하는 요소 중 하나인 경제성에 대한 세부 분류의 각 요소별 중요도를 산정하기 위한 설문조사입니다. 두 항목의 경제성 정도를 비교하시고, 아래 문항 중 해당하는 보기를 골라 체크(V)해 주시기 바랍니다. 항목의 수치가 클수록 경제성이 높음을 의미합니다.

항목	중요	중요	중요	중요	중요	중요	중요	중요	중요	항목
IEEE 802.15/Zigbee	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Wireless LAN(IEEE 802.11)
IEEE 802.15/Zigbee	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Wibro/HSDPA/HSUPA
IEEE 802.15/Zigbee	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mobile IP
IEEE 802.15/Zigbee	9	7	5	3	1	3	5	7	9	BcN
Wireless LAN (IEEE 802.11)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Wibro/HSDPA/HSUPA
Wireless LAN (IEEE 802.11)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mobile IP
Wireless LAN (IEEE 802.11)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	BcN
Wibro/HSDPA/HSUPA	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Mobile IP
Wibro/HSDPA/HSUPA	9	7	5	3	1	3	5	7	9	BcN

그림 7. 기준별 USN기술 쌍대비교 위한 설문조사 형식

위의 설문항목을 통해 기준별 그룹에 해당되어 있는 각 항목의 세부항목의 중요도를 정량적으로 분석할 수 있도록 구성하였다.

설문조사는 건설현장의 계측을 담당하는 계측업체의 계측 전문가와 건설현장의 안전관리 담당자 및 건설현장의 안전관리와 관련된 관계기관을 대상으로 실시하였다. 설문지는 50부를 배부하여 28부를 회수하였으며, 설문 응답자를 기관별로 분석해보면 계측을 수행하는 업체가 50%, 계측에 대한 연구를 하는 연구소가 50%로 조사되었다. 직급별로 분석해보면 소장급 7%, 부장급 7%, 과장급 50%, 대리급 10.7%, 기사급 14.3% 으로 조사되었으며, 분야별로는 건축 35.7%, 토목 10.7%, 기계 7.1%, 전기·전자 39.3%, 기타 7.1%로 조사되었다.

이는 실무의 경험이 10년 이상인 과장급 이상이 64%이며, 건설현장의 계측 성격상 건축과 전기·전자의 전문가가 전체 응답자의 75%를 차지한다는 등 경력이 풍부한 참여자가 많아 본 설문조사의 신뢰도가 높을 것으로 판단된다.

3.3 AHP기법을 활용한 USN기술의 중요도 산출

설문조사의 결과를 바탕으로 건설현장에 토공사 계측관리에 적용 가능한 USN기술의 각 기준별 중요도를 평가하기 위해

AHP분석 방법을 활용하였다.

경제성을 기준으로 한 각 USN기술별 가중치를 살펴보면 BcN 0.301, Mobile IP 0.235, Wibro / HSDPA / HSUPA 0.211, IEEE 802.15 / Zigbee 0.129, Wireless LAN (IEEE 802.11) 0.124 순으로 산정되었으며, 피 설문자의 논리적 일관성을 검증하기 위해 쌍대비교의 신뢰도를 평가한 결과 일관성 비율(CR)이 0.04로 분석되었다.

경제성 기준 USN기술의 각 요소별 중요도 평가 결과를 정리하면 다음 그림 8과 같다.

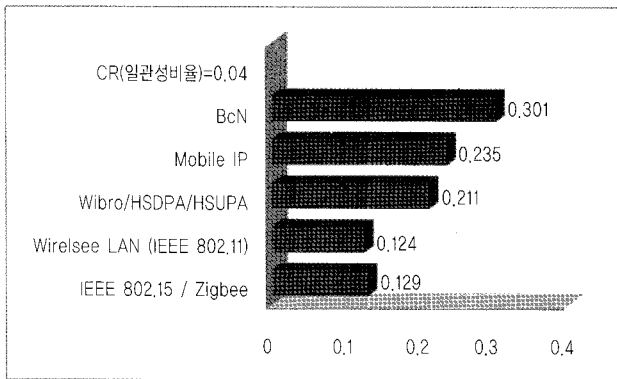


그림 8. 경제성 기준 USN기술의 중요도 평가

시공성을 기준으로 한 각 USN기술별 가중치를 살펴보면 IEEE 802.15 / Zigbee 0.259, BcN 0.242, Wireless LAN (IEEE 802.11) 0.188, Mobile IP 0.168, Wibro / HSDPA / HSUPA 0.142 순으로 산정되었으며, 피 설문자의 논리적 일관성을 검증하기 위해 쌍대비교의 신뢰도를 평가한 결과 일관성 비율(CR)이 0.08로 분석되었다.

시공성 기준 USN기술의 각 요소별 중요도 평가 결과를 정리하면 다음 그림 9와 같다.

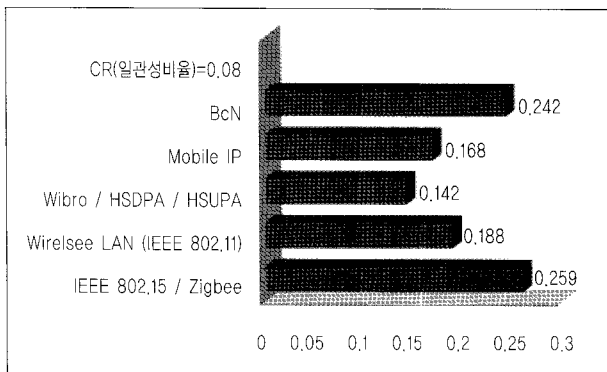


그림 9. 시공성 기준 USN기술의 중요도 평가

안정성을 기준으로 한 각 USN기술별 가중치를 살펴보면 IEEE 802.15 / Zigbee 0.273, Mobile IP 0.214, BcN 0.202,

Wibro / HSDPA / HSUPA 0.165, Wireless LAN (IEEE 802.11) 0.146 순으로 산정되었으며, 피 설문자의 논리적 일관성을 검증하기 위해 쌍대비교의 신뢰도를 평가한 결과 일관성 비율(CR)이 0.02로 분석되었다.

안정성 기준 USN기술의 각 요소별 중요도 평가 결과를 정리하면 다음 그림 10과 같다.

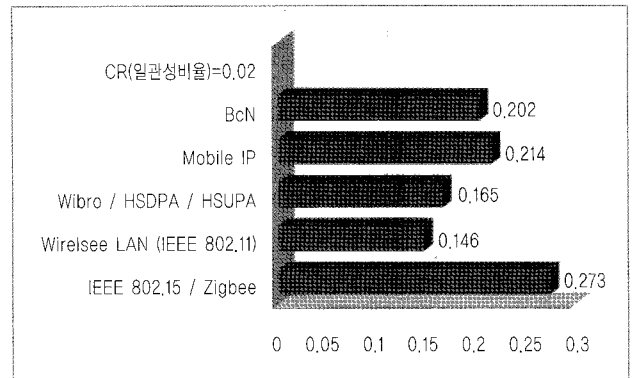


그림 10. 안정성 기준 USN기술의 중요도 평가

위의 건설현장 토공사 계측관리에 적용 가능한 USN기술의 각 요소별 중요도 평가 결과를 분석한 결과 경제성, 시공성, 안정성을 기준으로 5개의 USN기술의 가중치가 각각 다르게 산정되었다. 이는 현장에 적용하는 부위가 고려사항에 따라서 얼마든지 USN기술의 중요도가 다르게 판단되므로 상황에 맞는 최적의 USN기술은 달라질 수 있다고 판단한다.

4. USN기술 적용 의사결정 지원모델

4.1 한 가지 고려사항 고려한 경우의 의사결정 지원모델

4.1.1 의사결정 지원모델의 구성

전체적인 구성은 가로축과 세로축으로 구성된 매트릭스 형식으로 구성하였다. 가로축에는 경제성, 시공성, 안정성 등의 각 기준과 이에 해당하는 세부 고려요소와 각각의 중요도를 명시하였다. 세로축에는 경제성, 시공성, 안정성으로 구분하여 USN기술 5가지를 기준별로 나열하고 각각의 중요도를 명시하였다.

가로축의 기준별 고려요소의 중요도 수치와 세로축의 기준별 USN기술의 중요도 수치의 곱으로 각 기준별 고려요소에 해당하는 기준별 USN기술의 중요도를 명시하여 요소별 USN기술의 중요도 수치를 통해 USN기술을 결정하는데 지표로 활용하도록 구성하였다. 건설현장에서 토공사 계측을 수행 시 기준별 고려요소에 따른 USN기술 선택을 위한 의사결정 모델의 형식은 다음 그림 11과 같다.

기준에 따른 계측 고려요소 USN기술의 중요도 평가 지원 모델

표: 고려요소(기준) × USN기술(기준) × 고려요소별 계측 USN기술의 중요도

기준	USN기술	중요도																																																		
		경제성	시공성	안정성	신뢰성	유지보수성	확장성	호환성	가용성	유연성	적응성																																									
경제성	IEEE 802.16	0.841	0.209	0.166	0.113	0.177	1.000	0.312	0.264	0.222	0.281	0.191	0.174	0.119	0.200	0.098	0.112	0.129	0.149	0.152	0.157	0.162	0.167	0.172	0.177	0.182	0.187	0.192	0.197	0.202	0.207	0.212	0.217	0.222	0.227	0.232	0.237	0.242	0.247	0.252	0.257	0.262	0.267	0.272	0.277	0.282	0.287	0.292	0.297	0.302	0.307	0.312

그림 11. 한 가지 고려사항 고려 시 USN기술 의사결정 지원모델 형식

4.1.2 의사결정 지원모델의 활용

건설현장에서 효율적인 계측관리를 위해 USN기술을 적용하는데 있어 어떤 USN기술을 적용하는 것이 가장 효율적인지에 대한 의사결정을 하기위해 의사결정을 지원하는 모델을 활용하는 방법은 다음과 같다.

1) 기준 선택 단계 : 매트릭스의 상단에 가로축으로 구성되어 있는 기준을 선택하는 단계이다. 이때 현장의 여건에 따라 그 기준을 설정하고 설정한 기준의 중요도를 확인할 수 있으며, 또는 중요도에 의해서 기준을 선택하는 방법이 있다. 기준 선택 단계에 대하여 정리하면 다음 그림 12와 같다.

기준	경제성	시공성	안정성	신뢰성	유지보수성	확장성	호환성	가용성	유연성	적응성
IEEE 802.16	0.841	0.209	0.166	0.113	0.177	1.000	0.312	0.264	0.222	0.281

현장에서 중요시 할 기준 선택

그림 12. 기준 선택 단계

2) 각 기준별 해당 고려요소 선택 단계 : 앞에서 선택한 기준에 해당하는 요소들의 중요도에 따라 현장에서 고려할 요소를 선택한다. 그리고 그 요소가 해당하는 기준과 같은 기준에 속해 있는 USN기술에 따른 중요도 크기에 따라 현장에서 그 요소를 고려할 때 어떠한 USN기술을 사용할지 결정한다. 각 기준별 해당 고려요소 및 USN기술 선택 단계에 대하여 정리하면 다음 그림 13과 같다.

기준	USN기술	중요도						
		경제성	시공성	안정성	신뢰성	유지보수성	확장성	호환성
IEEE 802.16 / Zigbee	IEEE 802.16	0.842	0.209	0.166	0.113	0.177	1.000	0.312
	Zigbee	0.129	0.044	0.026	0.211	0.174	0.098	0.112
IEEE 802.11 / Zigbee	IEEE 802.11	0.124	0.041	0.025	0.211	0.174	0.097	0.111
	Zigbee	0.223	0.072	0.041	0.319	0.224	0.097	0.211
IEEE 802.15.4 / Zigbee	IEEE 802.15.4	0.211	0.072	0.041	0.319	0.224	0.097	0.211
	Zigbee	0.124	0.041	0.025	0.211	0.174	0.097	0.111

경제성(현장면적)과 USN기술 중 경제성을 기준으로 산출한 중요도에서 높은 항목 or 차선택을 서정

그림 13. 각 기준별 고려요소 및 USN기술 선택 단계

예를 들어, 현장에서 안정성을 가장 우선적으로 고려한다고 가정을 하자. 그 안정성을 가장 우선으로 한 것은 중요도의 크기에 따라서 안정성의 중요도가 0.422로 다른 두 개의 기준에 비해 가장 크므로 선택을 하게 된다.

그 후 안정성에 속해 있는 계측 시 고려요소들을 살펴보고 중요도가 가장 높은 요소인 인근하천위치(중요도 : 0.312)를 선택하면 된다. 이때 현장의 상황 및 여건에 따라 다른 고려요소를 선택하여도 상관없으며 이때 매트릭스는 선택한 요소가 다른 고려요소와 중요도가 얼마나 차이가 있는지, 그 판단의 척도로 활용된다.

인근하천위치(중요도 : 0.312)를 선택하였으면, 매트릭스에서 좌측에 세로로 나열되어있는 기준별 USN기술의 중요도를 살펴본다. 인근하천위치는 안전성 기준에 속해 있는 요소이므로 안정성을 기준으로 산정한 USN기술의 중요도는 IEEE 802.16/Zigbee가 중요도 0.273으로 가장 높다. 이때 가중치가 가장 높은 IEEE 802.16/Zigbee를 선택하면 되며, 다른 기술을 선택하고 싶다면 이 역시 각각의 USN기술의 중요도를 활용하여 판단의 기준이 될 것이다.

결과적으로 중요도가 가장 큰 기준 및 요소를 선택한다면, 안정성을 기준으로 USN기술을 적용하는데 인근하천의 위치를 가장 중점적으로 관리해야 하는 요소이며, 이러한 경우에는 IEEE 802.16/Zigbee를 적용하는 것이 가장 합리적이라는 결론이 도출된다.

4.2 두 가지 고려사항 중복 고려한 경우의 의사결정 지원모델

4.2.1 의사결정 지원모델의 구성

2가지의 계측 고려사항을 중복 고려 시 USN기술 의사결정 지원모델의 전체적인 구성은 가로축과 세로축으로 구성된 매트릭스 형식으로 구성하였다. 가로축에는 경제성, 시공성, 안정성 등의 각 기준과 기준별 중요도를 명시하고, 각 기준에 해당하는 세부 고려요소와 고려요소 각각의 기준별 중요도를 명시하였다. 세로축도 동일하게 구성하였다.

가로축의 기준별 고려요소의 중요도 수치와 세로축의 기준별 고려요소의 중요도 수치의 곱으로 각각의 서로 다른 고려요소를 고려했을 때 중복되는 중요도의 수치를 통해 USN기술을 결정하는데 지표로 활용하도록 구성하였다.

두 가지 고려요소를 고려하는 상황에서 기준별 고려요소에 따른 USN기술 선택을 위한 의사결정 모델의 형식은 다음 그림 14와 같다.

4.2.2 의사결정 지원모델의 활용

현장에서 두 가지 요소를 중복으로 고려하였을 때 어떠한 USN기술을 적용하는 것이 가장 효율적인지에 대한 의사결정을 하기위해 의사결정을 지원하는 모델을 활용하는 방법은 다음과 같다.

1) 기준 선택 단계 : 현장의 여건에 따라 그 기준을 설정하고 설정한 기준의 중요도를 확인하며, 또는 중요도에 의해서 기준을 선택하는 방법이 있다.

그림 14. 두 가지 고려사항 중복 고려 시 USN기술 의사결정 지원모델 형식

2) 2가지의 계획 고려요소 선택 단계 : 앞에서 선택한 기준의 범위 안에서 중요도의 수치가 가장 높은 고려요소를 선택한다. 선택한 고려요소와 세로축에 나열된 세 가지 기준(경제성, 시공성, 안정성)에 해당하는 각 요소들의 중요도를 살펴보고 가장 높은 항목을 중복으로 선택하여 고려하면 선택한 두 개의 요소가 가장 중요하게 고려해야 하는 요소이다. 두 가지 계획 고려요소 선택 단계에 대하여 정리하면 다음 그림 15와 같다.

그림 15. 두 가지의 계획 고려요소 선택 단계

또는, 상대적으로 다른 요소들을 고려하는 경우보다 얼마나 중요도의 차이가 있는지를 통해 판단의 기준으로 활용할 수 있다.

3) 앞 단계에서 선택한 두 가지 고려요소의 기준 별 USN기술 비교/선택 단계 : 동일한 기준에 속해있는 USN기술의 중요도 비교를 통해 중요도가 상대적으로 높은 USN기술을 선택한다. 두 가지 고려요소 중복 고려 시 USN기술 선택 단계에 대하여

정리하면 다음 그림 16과 같다.

그림 16. 고려요소 중복 고려 시 USN기술 선택 단계

예를 들어, 현장에서 특별히 고려하는 사항이 없이 이 매트릭스를 활용하여 토공사 계획을 하는데 어떠한 요소를 고려해야 하는지를 선택하고 싶은 경우, 기준에 상관없이 두 개의 요소가 만나는 점의 가중치를 비교하여 그에 해당하는 고려요소 두 가지를 고려하는 요소로 선택하면 된다. 위의 그림에서는 선택된 기준이 안정성 기준의 인근하천위치와 경제성 기준의 현장면적이 중요도가 최고이므로 선택하였고, 각 고려요소에 해당하는 USN기술을 살펴보니, 인근하천위치에서는 IEEE 802.16 / Zigbee가 중요도가 가장 높고, 현장면적에서는 Mobile-IP의 중요도가 가장 높게 나왔다. 이 후 두 가지 USN기술의 중요도를 비교한 결과 IEEE 802.16 / Zigbee의 중요도는 0.085, Mobile-IP의 중요도는 0.080으로 IEEE 802.16 / Zigbee의 중요도가 더 높으므로 최종적으로 IEEE 802.16 / Zigbee기술을 현장에 적용하는 것이 가장 합리적이라는 결론이 도출된다.

5. 결론

본 연구는 관련문헌 고찰을 통해 건설현장의 계획관리 수행절차 및 관련 연구개발 동향을 분석하여 계획관리의 문제점 및 USN기술 적용의 필요성을 분석 하였다. 또한 현장이 대형화, 복잡화 되어짐에 따라 유선으로 현장을 계획하고 정확한 정보를 획득하는 데는 한계가 있다. 이를 통해 USN기술의 적용 필요성을 제시하였다.

USN기술 중 건설현장에 적용할 때 가장 중요한 USN기술 중 하나인 네트워크 기술을 선정하여 건설현장에 적용 가능한 USN기술을 선정하였다.

도출한 요소들을 바탕으로 각 요소들의 쌍대비교를 통해 각 기준에 따른 요소들의 중요도를 산정하였다. 산정한 중요도를 종합하여 각 기준 및 상황을 고려하여 의사결정 지원모델 매트릭스를 작성을 통해 건설현장 토공사 계획 시 고려사항에 따른 중요도를 정량적으로 평가하여 의사결정을 지원할 수 있는 모델을 작성하여 건설현장에 효율적인 토공사 계획관리를 위한 의사결정 지원모델을 제시하였다.

작성한 매트릭스를 통해 건설현장의 계측 업무에 USN기술을 적용하는데 있어서 상황에 맞는 기술을 선택 할 수 있는 판단의 기준 및 척도를 제시하였으며, 적용에 유용하도록 활용방법에 대하여 제시하여 현장의 적용을 보다 원활하게 진행 될 수 있도록 하였다.

본 연구는 건설현장의 계측 중에서도 중요도가 높은 토공사 계측에 초점을 맞추어 진행하였으나, 향후 연구의 결과를 확장하여 건설현장의 모든 계측 전반에 걸쳐 USN기술을 적용하는데 의사결정 지원모델을 제시할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-331-D00667)

참고문헌

정승우, 권순욱, 조창연, 초고층 건설현장의 USN기술 적용대상 분석 및 우선순위 도출, 대한건축학회 논문집 구조계, 제26권, 제5호(통권259호), p.p117-124, 2010.

한재구, 김균태, USN 기술을 이용한 사면붕괴모니터링 시범 시

스택 개발, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, Track 3, p.p.316-321, 2007.

한국산업안전 보건공단, “2009년 3월 산업재해발생현황”, 2009.

AHP Manual, <http://yjhyjh.egloos.com/366791>

Giretti A., Cabonari A., Naticchia B., De Grassi M., Advanced Real-Time Safety Management System for Construction Site, The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC-2008, p.p.300-305, 2008.

Kim K.T., Han J.G., Design and Implementation of a Real-Time Slope Monitoring System Based on Ubiquitous Sensor Network, The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC-2008, p.p.330-336, 2008.

Thomas L. Saaty, Decision making with the analytic hierarchy process, Int. J. Services, Vol. 1, No.1, p.p83-98, 2008.

논문제출일: 2011.04.13
 논문심사일: 2011.04.15
 심사완료일: 2011.07.06

Abstract

Recently, construction work has diversified and become larger. So, a systematic measurement and management measures are required. In this study, USN technology which is one of the most important network technologies was selected. Based on elements derived from comparison of each element of standard was calculated according to the importance of the elements. The importance of the decision to support the proposed model is explained by integrating the importance of each criteria and decision-support model by considering the situation and creating a matrix of considerations for the construction of earthwork. The results of this study show that USN technology in the context of judging criteria can be selected for the earthwork.

Keywords : *Earthwork, Ubiquitous Sensor Networks(USN), Analytic Hierarchy Process(AHP), Decision Support Model*