

2016 한국차세대컴퓨팅학회 추계학술대회



장 소 : 고려대학교 하스퀘어 멀티미디어룸
일 자 : 2016. 10. 28(금) ~ 29(토)

주최·주관

 설립 한국차세대컴퓨팅학회
Korean Institute of Next Generation Computing

 **RICT**
정보문화기술연구원

2016년 한국차세대컴퓨팅학회 추계학술대회

장 소 : 고려대학교 하나스퀘어 멀티미디어룸

일 시 : 2016. 10. 28(금) ~ 29(토)

주최 · 주관

한국차세대컴퓨팅학회, 단국대학교 정보문화기술연구원

2016년도 한국차세대컴퓨팅학회 추계학술대회 일정표

** 대 회 장 : 나연목 교수(단국대학교)

** 조직위원장 : 최 린 교수(고려대학교)

** 학술위원장 : 노병희 교수(아주대학교)

프로그램

날짜 및 시간	일 정	비고	
10. 28 (금)	13:30 ~ 14:00	등록	
	14:00 ~ 14:10	개회식	
	• Session 1 (Oral Session)		
	14:10 ~ 14:30	메모리 사이즈가 하둡과 스파크의 처리 성능에 미치는 영향 분석	단국대학교
	14:30 ~ 14:50	BLE 실내 측위 시스템에 대한 최적의 Advertisement 채널 상태 분석	아주대학교
	14:50 ~ 15:10	알츠하이머병 분류를 위한 임포트 벡터 머신 기반의 희소 특징 선택 방법	조선대학교
	15:10 ~ 15:20	Coffee break	
	• Session 2 (Oral Session)		
	15:20 ~ 15:40	Secret Splitting 기반 기밀정보 분할 저장 시스템의 디자인 및 구현	세종대학교
	15:40 ~ 16:00	MPEC-V 표준 규격 기반 가상 현실 실감 미디어와 현장의 환경 센서 정보를 교환하는 실감형 원격 존재 플랫폼의 구현	연세대학교
16:00 ~ 16:20	WSN을 위한 집단생태기반 DESYNC-TDMA의 슬롯 효율 분석	아주대학교	
16:20 ~ 17:00	Keynote Speech - 인하대학교 신병석 교수		
10. 29 (토)	• Session 3 (Oral Session)		
	10:00 ~ 10:20	머신러닝을 이용한 장애물의 특성 추정과 거리보상을 통한 벽 투과 탐지	한양대학교
	10:20 ~ 10:40	일상생활 행동패턴과 스마트폰 사용패턴에 기반을 둔 스트레스 분석 시스템 설계 및 구현	아주대학교
	10:40 ~ 11:00	BLE Scanning 성능분석을 위한 시뮬레이터 구현	아주대학교
	11:00 ~ 12:00	• Session 4 (Poster Session)	

세션별 세부 프로그램

2016. 10. 28(금)		
Oral Session 1	논문 발표	
14:10~14:30	딥메모리 사이즈가 하둡과 스파크의 처리 성능에 미치는 영향 분석	단국대학교 / 한승혜, 나연목
14:30~14:50	BLE 실내 측위 시스템에 대한 최적의 Advertisement 채널 상태 분석	아주대학교 / 이병욱, Gaoyang Shan, 신승훈, 노병희
14:50~15:10	알츠하이머병 분류를 위한 임포트 벡터 머신 기반의 희소 특징 선택 방법	조선대학교 / 라마 라메쉬 쿠마, 박현철, 이상웅
15:10~15:20	Coffee break	
Oral Session 2	논문 발표	
15:20~15:40	Secret Splitting 기반 기밀정보 분할 저장 시스템의 디자인 및 구현	대전대학교, 세종대학교 / 정혜림, 안성규, 박기웅
15:40~16:00	MPEC-V 표준 규격 기반 가상 현실 실감 미디어와 현장의 환경 센서 정보를 교환하는 실감형 원격 존재 플랫폼의 구현	연세대학교 / 이호준, 김영교, 하규태, 김시호
16:00~16:20	WSN을 위한 집단상태기반 DESYNC-TDMA의 슬롯 효율 분석	아주대학교 / 김광수, 신승훈, 노병희
16:20~17:00	Keynote Speech 인하대학교 신병석 교수	
2016. 10. 29(토)		
Oral Session 3	논문 발표	
10:00~10:20	머신러닝을 이용한 장애물의 특성 추정과 거리 보상을 통한 벽 투과 탐지	한양대학교 / 류한나, 유성원, 조성호
10:20~10:40	일상생활 행동패턴과 스마트폰 사용패턴에 기반을 둔 스트레스 분석 시스템 설계 및 구현	아주대학교 / 이종익, 최선태, 조위덕
10:40~11:00	BLE Scanning 성능분석을 위한 시뮬레이터 구현	아주대학교 / Gaoyang Shan, 이병욱, 신승훈, 노병희

세션별 세부 프로그램

Poster Session	논 문	발 표 자
10. 29(토) 11:00~12:00	<ul style="list-style-type: none"> 고령자를 위한 스마트 의류 제품 개발 동향에 관한 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 세종대학교 / 권유미, 김숙진
	<ul style="list-style-type: none"> 병원 내 접촉정보기반 전염병 추적 시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 고려대학교 / 김유중, 태동현, 석준희
	<ul style="list-style-type: none"> 오픈데이터 기반 주택시장 분석 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 한국과학기술연구원, 포항공과대학교 / 송규원, 김수현, 서대일, 이용우
	<ul style="list-style-type: none"> 실내 위치인식 신뢰성 개선을 위한 공간별 전파 특성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 고려대학교 / 김정원, 최린
	<ul style="list-style-type: none"> GPS와 활동량계를 이용한 실내/실외 분류 기법 	<ul style="list-style-type: none"> 아주대학교 / 이규필, 최선태, 조위덕
	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 전력 사용량 확인 및 제어 가능한 스마트 콘센트 	<ul style="list-style-type: none"> 조선대학교 / 박재현, 이경오, 권구락
	<ul style="list-style-type: none"> 운용 비용 절감을 위한 효율적인 카페 주문 시스템 구현 	<ul style="list-style-type: none"> 조선대학교 / 김세진, 모한솔, 박신영, 범지인, 권구락
	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 발전기의 고장 진단을 위한 통합 모니터링 시스템 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 조선대학교 / 김지인, 권구락
	<ul style="list-style-type: none"> 아두이노센서 기반 스마트 피트니스 시스템 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 세종대학교 / 정재형, 이미영, 박성호, 박준렬, 최진우, 백성욱
	<ul style="list-style-type: none"> 베어링 진단을 위한 최적 신호 길이 선택 	<ul style="list-style-type: none"> 울산대학교 / 이상민, 김재영, 김종면
	<ul style="list-style-type: none"> Sqoop과 Spark SQL 기반 정형 데이터 전송 성능 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 단국대학교 / 김도경, 나연묵
	<ul style="list-style-type: none"> 아두이노를 활용한 방향지시 기능의 자전거 헬멧 커버 디자인 개발 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 세종대학교 / 김주은, 김숙진
	<ul style="list-style-type: none"> HBase에서 대규모 이미지 처리를 위한 데이터베이스 성능 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 단국대학교 / 옥돌샘, 나연묵
	<ul style="list-style-type: none"> BLE RSSI 특성을 이용한 실내 접촉 탐지 알고리즘 	<ul style="list-style-type: none"> 고려대학교 / 구경현, 최린
	<ul style="list-style-type: none"> 모비우스 IoT 플랫폼을 활용한 장소기반 채팅 서비스 구현 	<ul style="list-style-type: none"> 아주대학교 / 김영민, 양한나, 박종현, 노병희
	<ul style="list-style-type: none"> 프레젠테이션을 위한 NUI(Natural User Interface)기반 웨어러블 컴퓨터 디자인 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 세종대학교 / 김은아, 안인희, 김숙진

목 차

딥메모리 사이즈가 하둡과 스파크의 처리 성능에 미치는 영향 분석	3
BLE 실내 측위 시스템에 대한 최적의 Advertisement 채널 상태 분석	7
알츠하이머병 분류를 위한 임포트 벡터 머신 기반의 최소 특징 선택 방법 ...	11
Secret Splitting 기반 기밀정보 분할 저장 시스템의 디자인 및 구현	17
MPEC-V 표준 규격 기반 가상 현실 실감 미디어와 현장의 환경 센서 정보를 교환하는 실감형 원격 존재 플랫폼의 구현	21
WSN을 위한 집단생태기반 DESYNC-TDMA의 슬롯 효율 분석	25
머신러닝을 이용한 장애물의 특성 추정과 거리 보상을 통한 벽 투과 탐지 ..	31
일상생활 행동패턴과 스마트폰 사용패턴에 기반을 둔 스트레스 분석 시스템 설계 및 구현	37
BLE Scanning 성능분석을 위한 시뮬레이터 구현	42
고령자를 위한 스마트 의류 제품 개발 동향에 관한 연구	47
병원 내 접촉정보기반 전염병 추적 시스템 설계	52
오픈데이터 기반 주택시장 분석 시스템	56
실내 위치인식 신뢰성 개선을 위한 공간별 전파 특성 분석	59
GPS와 활동량계를 이용한 실내/실외 분류 기법	64
실시간 전력 사용량 확인 및 제어 가능한 스마트 콘센트	68
운용 비용 절감을 위한 효율적인 카페 주문 시스템 구현	72
태양광 발전기의 고장 진단을 위한 통합 모니터링 시스템 연구	76
아두이노센서 기반 스마트 피트니스 시스템 연구	78
베어링 진단을 위한 최적 신호 길이 선택	82
Sqoop과 Spark SQL 기반 정형 데이터 전송 성능 분석	86
아두이노를 활용한 방향지시 기능의 자전거 헬멧 커버 디자인 개발 연구 ...	90
HBase에서 대규모 이미지 처리를 위한 데이터베이스 성능 분석	92
BLE RSSI 특성을 이용한 실내 접촉 탐지 알고리즘	95
모비우스 IoT 플랫폼을 활용한 장소기반 채팅 서비스 구현	98
프레젠테이션을 위한 NUI(Natural User Interface)기반 웨어러블 컴퓨터 디자인 연구	100

Oral Session 1 - (28일/금 14:10 ~ 15:10)

- 메모리 사이즈가 하둡과 스파크의 처리 성능에 미치는 영향 분석
/ 한승혜, 나연목 / 단국대학교
- BLE 실내 측위 시스템에 대한 최적의 Advertisement 채널 상태 분석
/ 이병욱, Gaoyang Shan, 신승훈, 노병희 / 아주대학교
- 알츠하이머병 분류를 위한 임포트 벡터 머신 기반의 희소 특징 선택 방법
/ 라마 라메쉬 쿠마, 박현철, 이상웅 / 조선대학교

메모리 사이즈가 하둡과 스파크의 처리 성능에 미치는 영향 분석

한승혜, 나연묵
단국대학교 데이터사이언스학과

tmdgp3807@naver.com, ymnah@dankook.ac.kr

Impact Analysis of Data Size on Hadoop and Spark Processing Performance

Seung-Hye Han, Yun-Mook Nah
Department of Data Science, Dankook University

요 약

Apache Spark는 인 메모리 기반의 빅데이터 오픈 소스 플랫폼이다. Spark 는 RDD의 개념을 도입하여 메모리에 입력 데이터 세트를 상주시키는 방식으로 고속의 데이터 처리를 가능하게 한다. 하지만 Spark는 제한된 메모리 환경에서 작동하기 때문에 처리 성능이 메모리 사이즈에 의존적이라는 한계점이 있다. 이러한 특성 때문에 스파크와 디스크 기반의 빅데이터 오픈 소스 플랫폼인 Hadoop과의 성능 비교 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 HiBench 벤치마크가 제공하는 Machine Learning 알고리즘인 K-means를 활용하여 메모리 사이즈가 하둡과 스파크의 성능에 미치는 영향을 분석한다.

1. 서론

스마트폰과 PC, IoT 기술의 발달로 빅데이터라 불리는 거대한 양의 데이터가 빠른 속도로 생산되고 있다. 빅데이터의 특징은 일반적으로 데이터의 크기(volume), 데이터의 생성 속도(velocity), 데이터 종류의 다양성(variety)을 나타내는 3V로 정의된다. 이러한 빅데이터를 수집, 정제, 처리, 분석하기 위해서는 효율적인 IT 플랫폼을 구축하는 것이 중요하다.

아파치 하둡(Apache Hadoop)은 분산 노드들을 하나의 큰 클러스터로 구축하여 분산 처리를 통한 대용량의 데이터 처리를 위하여 설계된 오픈 소스 빅데이터 플랫폼이다. 하둡은 저장소인 HDFS(Hadoop Distributed File System)과 처리 프레임워크인 맵리듀스(MapReduce)를 이용하여 데이터를 저장하고 처리한다. 하둡은 디스크 기반 기술이기 때문에 물리적인 처리 속도의 한계를 가지고 있다. 이후 등장한 아파치 스파크(Apache Spark)는 메모리 기반 오픈 소스 빅데이터 플랫폼이다[1]. 스파크는 RDD(Resilient Distributed Dataset)의 개념을 도입하여 메모리에 입력 데이터 세트를 생성하는 방식으로 메모리 속도의 빠른 연산을 가능하게 한다[2]. 하지만 스파크는 데이터 세트를 메모리에 저장하는 특수성 때문에 스파크의 처리 성능이 메모리 크기와 같은 하드웨어 자원에 의존적이라는 한계가 있다.

본 논문에서는 제한된 메모리 사이즈에서 하둡과 스파크의 처리 성능을 비교하여 제한된 물리적인 환경에서 두 플랫폼의 처리 성능 차이를 확인한다. HiBench 벤치마크

의 기계 학습 분류 알고리즘인 K-means를 이용하여 실험을 진행한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재까지 연구된 하둡과 스파크 처리 성능을 기술하며 3장에서는 실험 환경, 내용과 결과를 확인한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

2. 하둡과 스파크의 기능

최근 국내외 하둡과 스파크의 처리 성능을 검증하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 하둡과 스파크의 기능과 성능은 표1과 같다.

<표 1> 하둡, 스파크의 기능 비교

기능	하둡	스파크
데이터 처리 방법	배치	배치, 인터랙티브, 스트리밍
업데이트 단위	레코드	파일 또는 테이블
저장소	디스크	메모리/디스크

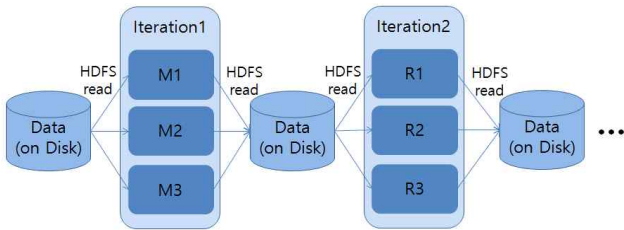
하둡과 스파크는 모두 일괄 처리 방식으로 데이터를 처리할 수 있다. 하지만 데이터를 업데이트 하는 경우 하둡은 레코드 단위로, 스파크는 데이터를 RDD로 생성하여 작업을 진행한다. 하둡은 맵리듀스(MapReduce)의 중간 단계에 생성되는 데이터를 디스크에 저장하지만 스파크는 메모리를 주로 이용한다. 이렇게 스파크는 인메모리 처리를 기반으로 하기 때문에 디스크 연산을 기반으로 하는 하둡에 비해 처리 성능이 메모리에 의존적이다. 메모리가 충분할 경우 스파크는 하둡보다 높은 처리 성능을 보인다. 하지만 스파크 작업에 필요한 메모리가 충분하게 확보되지 않은 경우에는 하둡의 성능이 스파크보다 높을 수 있

다[3].

스파크 클러스터에 하드웨어 자원이 고정적으로 할당된 경우 입력 데이터 크기를 변경하여 한정된 컴퓨팅 자원이 스파크 처리 성능에 미치는 영향을 확인할 수 있다. 데이터 크기가 증가함에 따라 스파크의 처리 성능이 증가한다. 하지만 제한된 메모리의 영향으로 처리 시간이 가파르게 증가하는 구간이 존재한다.

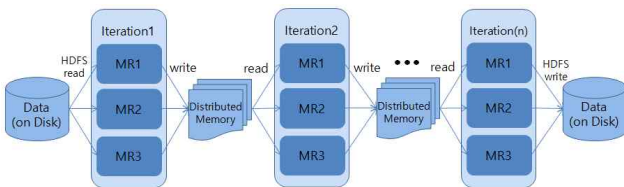
3. 하둡과 스파크의 처리 방법

하둡과 스파크는 범용 장비를 갖춘 컴퓨터를 네트워크로 클러스터 형태로 연결하여 데이터를 분산 처리한다는 점에서 공통점을 가진다. 하지만 그 처리 방법에는 차이가 있다. 그림 1은 하둡의 맵리듀스 반복 작업을 설명한다.



(그림 1) 하둡의 맵리듀스

하둡의 맵리듀스 방식으로 데이터를 처리하는 경우 작업의 여러 단계에 걸쳐 중간 결과를 HDFS에 저장한다. 이러한 디스크 기반의 작업은 디스크 입출력(I/O)이 빈번하게 발생시켜 성능에 저하를 발생시킨다. 그림 2는 스파크의 RDD 반복 작업을 설명한다.



(그림 2) 스파크의 RDD

스파크는 작업 중간 단계의 데이터를 여러 분산 노드의 메모리에 RDD(Resilient Distributed Dataset)의 형태로 저장한다. 이러한 메모리 기반의 작업은 입출력 시간을 단축시킨다.

4. 실험 내용

4.1 실험 환경

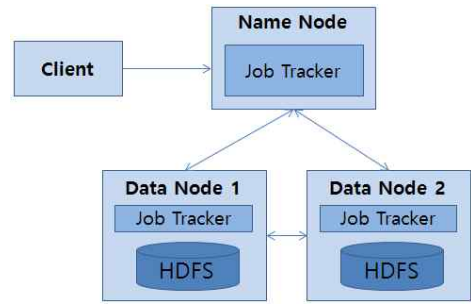
본 논문에서는 제한된 메모리 사이즈에서 하둡과 스파크의 처리 성능을 비교하여 메모리 사이즈가 하둡과 스파크의 성능에 미치는 영향을 확인한다. HiBench 벤치마크의 기계 학습 분류 알고리즘인 K-means를 이용하여 실험을 진행하였다. K-means 알고리즘은 데이터를 k개의 클러스터로 군집하는 알고리즘이다. HiBench[4]에 포함된 Generator로 1-10G까지 데이터 크기를 증가시켜 하둡과 스파크의 처리 시간을 측정, 비교한다. 연구를 위한 실험

환경은 표 2와 같다.

<표 2> 실험 환경

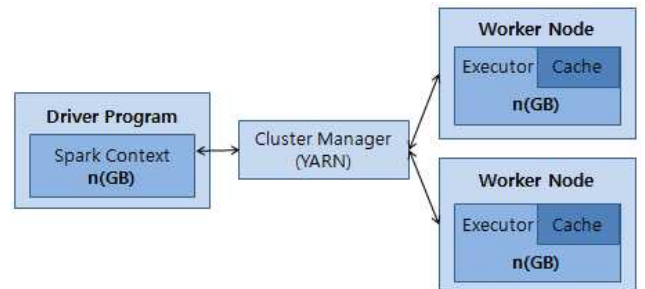
물리 노드 환경	CPU	i5
	Memory	16GB
	HDD	500GB
	Network	1Gbit Ethernet
OS	Ubuntu 15.04	
Apache Spark	1.6.1	
hadoop	2.7.0	
JDK	1.7.0_79	
Benchmark	HiBench v4.0	

표 2의 환경에서 한 대의 Master 노드와 두 대의 Slave 노드를 그림 3, 4과 같이 하둡과 스파크 클러스터 형태로 구축하였다.



(그림 3) 하둡 클러스터

replica는 1, block size는 64로 설정했다. yarn-site.xml의 yarn.nodemanager.resource.memory-mb property를 이용하여 하둡 작업 수행에 필요한 메모리를 할당하였다.



(그림 4) 스파크 클러스터

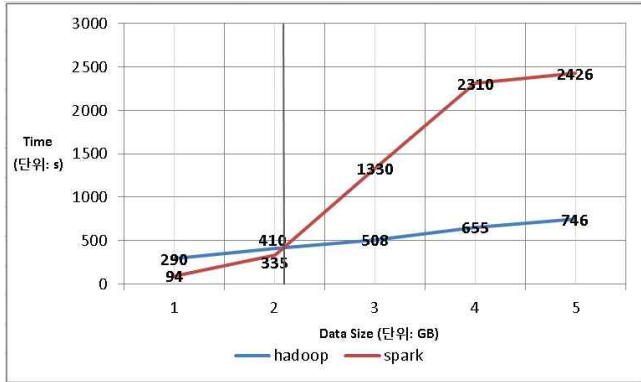
스파크의 클러스터 매니저로는 하둡의 YARN을 이용하였다. 실험을 위하여 Spark Context와 Executor에 각각 12GB의 메모리를 할당하였다. 스파크의 Cache(Memory Cache) 영역은 할당된 메모리의 약 60%를 사용하여 RDD를 생성, 저장한다[5]. 또한 Worker당 core과 executor를 각각 한 개로 설정하였다.

4.2 실험 내용

메모리 사이즈가 하둡과 스파크에 미치는 영향을 분석

하기 위하여 하둡과 스파크가 HiBench의 머신러닝 군집 알고리즘인 K-Means을 처리하는데 소요되는 시간을 확인하였다. 메모리 사이즈(그림 4의 n)를 4, 8, 12로 변경하여 각각 1-5GB까지의 데이터를 군집하는 실험을 진행하였다.

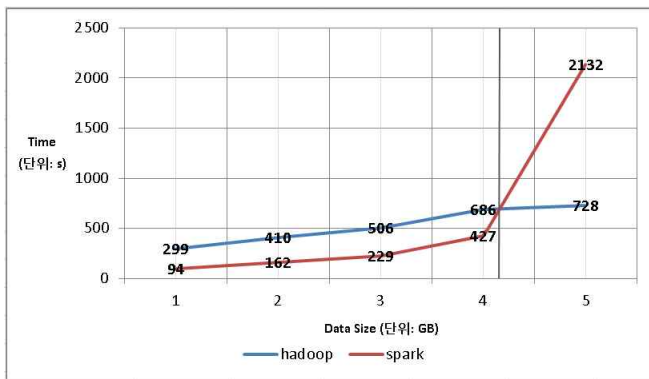
Executor에 8GB가 할당된 경우 1-5GB 크기의 데이터 처리 시간을 그림 2와 같이 꺾은선 그래프로 표현하였다.



(그림 5) 데이터 처리 시간 (Executor:8GB)

데이터 사이즈가 증가함에 따라 처리 시간이 증가하였지만 하둡에 비하여 스파크의 처리 성능이 급격히 하락하는 구간이 발생한다. 이렇게 executor에 8GB가 할당되었을 때 약 2.1GB 이상의 데이터를 k-means로 처리할 경우 하둡이 스파크의 처리 성능보다 우수한 것을 확인하였다.

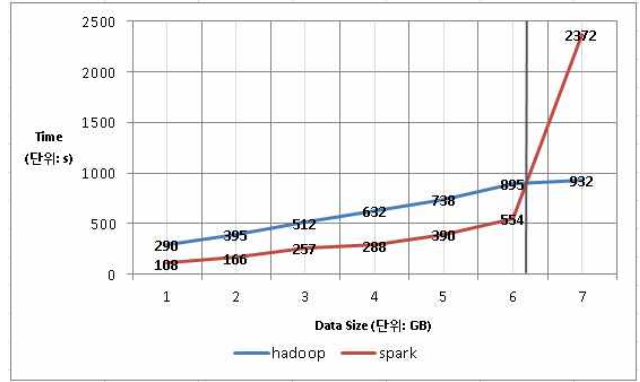
Executor에 16GB가 할당된 경우 1-5GB 크기의 데이터 처리 시간을 그림 3와 같이 꺾은선 그래프로 표현하였다.



(그림 6) 데이터 처리 시간 (Executor:16GB)

데이터 사이즈가 증가함에 따라 처리 시간이 증가하였지만 하둡에 비하여 스파크의 처리 성능이 급격히 하락하는 구간이 발생한다. 이렇게 executor에 16GB가 할당되었을 때 약 4.2GB 이상의 데이터를 k-means로 처리할 경우 하둡이 스파크의 처리 성능보다 우수한 것을 확인하였다.

Executor에 24GB가 할당된 경우 1-5GB 크기의 데이터 처리 시간을 그림 4와 같이 꺾은선 그래프로 표현하였다.



(그림 7) 데이터 처리 시간 (Executor:24GB)

데이터 사이즈가 증가함에 따라 처리 시간이 증가하였지만 하둡에 비하여 스파크의 처리 성능이 급격히 하락하는 구간이 발생한다. 이렇게 executor에 16GB가 할당되었을 때 약 4.2GB 이상의 데이터를 k-means로 처리할 경우 하둡이 스파크의 처리 성능보다 우수한 것을 확인하였다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 하둡과 스파크 플랫폼에서 메모리 크기의 변화에 따라 데이터 처리에 소요되는 시간을 측정하여 시스템 메모리 용량과 처리 대상인 데이터 크기의 관계를 분석하였다. 본 연구 자료는 하둡과 스파크를 기반으로 시스템을 구축하고자 할 때, 데이터 크기/메모리 용량/처리 성능의 효율을 최적화하는 지표로 사용할 수 있다.

하둡은 메모리 사이즈에 관계없이 일정하게 처리 시간이 증가한다. 하지만 스파크의 경우 처리 성능이 급격히 저하되는 구간이 발생한다. K-means 알고리즘을 구현하기 위하여 하둡과 스파크의 도입을 고려하는 경우 구비된 메모리 용량의 23%이하의 데이터를 처리하는 경우에는 스파크 플랫폼을 이용하는 것이 유리하지만 23%를 초과하는 경우는 하둡이 스파크보다 좋은 성능을 보일 수 있음을 유의해야 한다.

향후 연구로는 세부적인 실험을 다시 진행하여 스파크의 한계점을 정확히 파악하고, WordCount 알고리즘을 사용하여 데이터 처리 성능을 확인할 예정이다.

참고문헌

- [1] Zaharia, Mosharaf Chowdhury, Michael J. Franklin, Scott Shenker, Ion Stoica, "Spark: cluster Computing with Working Sets", Proceedings of the 2nd USENIX conference on Hot topics in cloud computing, Vol. 10, 2010.
- [2] Matei Zaharia, Mosharaf Chowdhury, Tathagata Das, Ankur Dave, Justin Ma, Murphy McCauley, Michael J. Franklin, Scott Shenker, Ion Stoica et al., "Resilient distributed datasets: A fault-tolerant

- abstraction for in-memory cluster computing", Proceedings of the 9th USENIX conference on Networked Systems Design and Implementation, USENIX Association, 2012.
- [3] Lei Gu, Huan Lim, "Memory or Time: Performance Evaluation for Iterative Operation on Hadoop and Spark", 2013, 2013 IEEE International Conference on High Performance Computing and Communication & 2013 IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, pp. 721-727.
- [4] <https://github.com/intel-hadoop/HiBench>
- [5] <http://spark.apache.org/docs/latest/configuration.html>

BLE 실내 측위 시스템에 대한 최적의 Advertisement 채널 상태 분석

이병욱¹, Gaoyang Shan¹, 신승훈², 노병희¹
아주대학교 컴퓨터공학과¹, 다산학부대학²
{lbufeel¹, shanyang166¹, sihnsh², bhroh¹}@ajou.ac.kr

Analysis of Optimal Advertisement Channel Status for BLE Indoor Localization System

Byeong-uk Lee¹, Gaoyang Shan¹, Seung-hun Shin², Byeong-hee Roh¹
Dept. of Computer Engineering¹, Dasan University College² at Ajou University

요 약

최근 위치 기반 서비스의 필요성이 대두되면서 실내 측위 기술의 중요도가 높아지고 있다. 저전력, 저비용의 BLE 기술을 기반으로 한 실내 측위 시스템이 각광받고 있다. BLE 기술을 이용한 실내 측위 시스템은 BLE beacon의 브로드캐스팅을 이용하여 3개의 Advertisement 채널로부터 전송되는 신호 세기를 측정하는 방식을 이용하지만 오차가 크다는 문제가 존재한다. 특히 BLE Advertisement 채널의 상태가 오차 발생의 가장 큰 원인 중 하나로 꼽힌다. 기존 연구들은 이러한 문제를 해결하기 위해 채널의 상태를 고려하기보다 실내 측위 방법 자체를 정밀화하거나 모든 Advertisement 채널로부터 받은 신호 세기를 측정하여 범위를 벗어나는 값을 제거하는 방법을 통해 오차를 줄인다. 하지만 이러한 방법은 근본적인 문제인 Advertisement 채널의 상태를 고려하지 않기 때문에 여전히 오차가 크다는 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 정확한 실내 측위를 위해 위치별로 Path loss model에 적합한 신호의 세기를 선택하여 최적의 채널을 선택하는 방법을 제안한다. 이 방법은 향후 실내 측위 시스템의 보편화 시 정확한 위치 기반 서비스를 제공하기 위한 핵심 기술이 될 것이다.

1. 서론

위치 정보는 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 내비게이션, 재난상황, 위치기반 서비스 등 다양한 분야에서 응용되고 있다[1]. 하지만 실외 환경과 다른 실내 환경에서는 LoS(Line of Sight) 환경을 제공하지 못하기 때문에 비교적 신호가 약한 편인 GPS 기술을 사용할 수 없다[2]. 이러한 이유로 인하여 실내 측위 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 최근에는 사물인터넷 기술이 발달하며 사물인터넷을 이용한 실내 측위 시스템 개발이 이루어지고 있다. 여기에는 Zigbee, Bluetooth, WiFi 등 다양한 기술이 적용 될 수 있다[3]. 특히 BLE(Bluetooth Low Energy) 기술은 적은 비용과 저전력을 특징으로 하기 때문에 실내 측위 시스템에 적합한 기술로 각광받고 있다.

BLE를 이용한 실내 측위 시스템은 3개의 Advertisement 채널로부터 전송되는 신호를 받아 세기(Received Signal Strength Indicator, RSSI)를 측정하는 방식을 이용한다[4]. 이 방법은 간편한 측정이 가능하여 비용이 적게 든다는 장점이 있으나 오차가 크다는 단점이 존재한다. 이러한 오차의 가장 큰 원인은 사용하는 BLE Advertisement 채널 상태 때문이다. 하지만 기존의 연구들은 대부분 채널 상태를 고려하지 않고 측위 방법만을 정밀화하거나 모든 BLE Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값을 사용하는 등 오차 발생의 원인을 여전히 가지고 있는 상태이다. 또한 기존 연구들은 오차가 존재하는 RSSI 값을 이용하여 실내 측위 계산을 하기 때문에 더 심한 오차를 나타내고 있다.

따라서 본 논문에서는 모든 BLE Advertisement 채널의 상태를 고려하여 오차가 작은 Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값을 적용하는 방법을 제안한다. 이 방법을 통한 실내 측위는 기존의 연구보다 훨씬 작은 오차를 나타내며 정밀한 측위를 가능케 한다.

2. 관련 연구

2.1 BLE Advertisement 채널의 RSSI값을 이용한 실내 측위 방법

BLE 실내 측위 시스템은 Advertisement 채널의 RSSI 값을 이용한다. 이때 BLE Advertisement 채널은 모두 3개가 존재한다. Sender는 Broadcasting interval에 따라 모든 채널에 순차적으로 Advertisement 신호를 발생시키고 Receiver는 Scan interval에 따라 순차적으로 세 채널을 스캔하여 받은 신호의 세기를 측정한다. 이때 받은 신호의 세기가 크면 가까운 거리를 나타내고 반대로 신호의 세기가 작으면 먼 거리를 나타낸다. 또한 같은 방식으로 세 개 이상의 Receiver를 사용하면 삼각 측량 방식을 통해 실내 위치를 측정할 수 있다. 하지만 Scan하는 채널과 Broadcasting 하는 채널이 다른 경우 모든 채널의 정보를 받을 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존연구에서는 Scan interval, Broadcasting interval을 조절하여 모든 채널 정보를 받도록 한다[5]. 그러나 이것은 채널 상태를 고려하지 않고 모든 채널의 정보를 받기 때문에 실내 측위 시 큰 오차가 발생할 수 있다는 문제가 있다.

또 다른 연구에서는 Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값을 거리로 변환하고 이중 분산 범위를 벗어나는

값을 오차로 판단하여 제거한다. 제거된 값들을 제외한 거리 값들은 실내 측위에 사용된다[6]. 하지만 이 방법은 오차가 존재하는 채널의 RSSI 값을 거리 값으로 변환하여 사용하기 때문에 여전히 실내 측위 오차의 원인이 존재한다.

2.2 Path Loss Model

RSSI 값은 받은 Radio Frequency 신호의 세기가 거리에 따라 감쇄된다는 것을 이용하여 두 노드 사이의 거리를 측정하기 위해 사용된다. 이때 일반적으로 Log distance path loss 전파 모델을 활용한다[7]. 이것은 Sender와 Receiver 사이의 거리에서 Receiver가 받은 신호의 세기를 고려한다. 이를 통해 감쇄되는 신호의 세기를 계산하여 해당 위치에서 신호의 세기를 계산할 수 있다. 수식 (1)은 Path loss model을 나타낸다.

$$P_r(d) = P_0 - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_\sigma \quad (1)$$

여기에서 X_σ 는 가우시안 랜덤 값을 의미하며 측정 상황에서 평균값 0을 나타내기 때문에 무시할 수 있다. 그리고 수식 (1)에서 d_0 는 기준 거리를 의미하며 n 은 환경에 따른 변수를 의미한다. 또한 P_0 는 기준 거리에서 측정된 신호의 세기 값을 뜻하고 P_r 은 특정위치에서 측정된 신호의 세기 값을 의미한다. 이를 통해 받은 RSSI 세기에 따른 거리를 수식 (2)와 같이 계산 할 수 있다.

$$d = 10^{-\left(\frac{P_r - P_0}{10n}\right)} \quad (2)$$

3. BLE 실내 측위 시스템의 최적 채널 상태 반영 방법

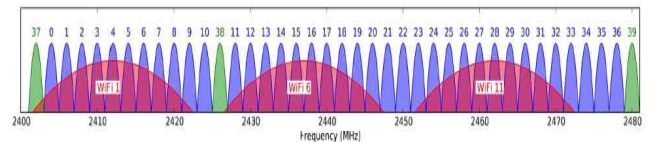
3.1 BLE 실내 측위 시스템의 Advertisement 채널 특성

BLE 프로토콜은 그림 1[5]에 나타난 바와 같이 40개의 채널을 사용하며 2.4GHz 대역의 radio band를 사용한다. 이때 40개의 채널 중 3개의 채널(37, 38, 39)은 Broadcasting을 위해 사용되며 나머지 채널은 데이터 전송을 위해 사용된다. BLE 실내 측위 시스템은 BLE beacon을 사용하기 때문에 데이터 전송 채널 대신 오직 BLE Advertisement 채널만을 사용하게 된다. 그리고 모든 Advertisement 채널은 채널마다 채널 gain이 다르고 멀티 패스가 존재하기 때문에 각 채널로부터 받은 RSSI 값의 차이가 발생한다. 따라서 이로부터 계산되는 거리 또한 오차가 발생할 수 있다. 또한 모든 Advertisement 채널에서 측정되는 RSSI 값은 측정하는 실내 환경의 특성으로 인하여 일정한 값을 나타내지 않는다. 즉, RSSI 값을 측정하는 위치가 다르면 BLE Advertisement 채널에서 측정되는 RSSI의 패턴이 달라질 수 있다. 이것은 항상 특정 채널이 정확한 RSSI 값을 나타내지 않으며 세기 또한 위치별로 달라진다는 것을 뜻한다. 그리고 BLE의 대역은 WiFi 대역과 일치하기 때문에 측정 위치의 WiFi 사용유무가 RSSI 값의 변동을 유발하여 실내 측위 결과에 영향을 끼칠 수 있다.

3.2 BLE RSSI를 통한 Advertisement 채널 상태 반영 방법

앞서 언급한 바와 같이 모든 위치에서 RSSI 값이 채널에 따라 다르게 나타나기 때문에 실내 측위의 오차를 줄이기 위해서는 채널의 상태를 반영하는 최적의 RSSI 값을 선택해야만 한다.

제안하는 방법에서는 먼저 측정하는 위치별로 3개 BLE Advertisement 채널에서 측정되는 RSSI 값을 기록한다. 이것은 채널 상태에 따라 크게 3개의 RSSI 값의 분포를 나타내게 된다. 이후 Path loss model이 거리에 따라 이상적으로 가질 수 있는 RSSI 값을 나타낼 수 있기 때문에 측정 위치에서 Sender와 Receiver 간의 거리에 해당하는 값을 수식 (1)에 대입하여 적절한 RSSI 값을 계산한다. 그리고 3개의 Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값들 중 Path loss model로부터 계산된 RSSI 값에 가장 근접한 값을 나타내는 BLE Advertisement 채널을 선택한다. 이렇게 선택된 채널에서 측정된 RSSI 값은 Path loss model과 가장 유사한 값이 되며 이를 통해 식 (2)와 같이 실내 위치 측위에 사용될 거리를 계산 할 수 있다. 이러한 방법은 기존 연구들의 방법과는 달리 모든 채널의 정보를 이용하지 않고 3개의 Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값 중 Path loss model에 유사한 값을 나타내는 채널만을 선택하기 때문에 최소한의 오차로 실내 측위가 가능하다.



(그림 1) BLE 프로토콜 사용 대역

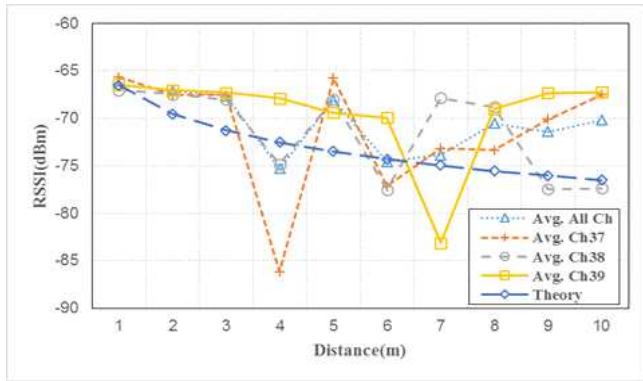
4. 실험 결과

BLE 실내 측위 시스템에 대한 최적의 BLE Advertisement 채널 상태를 분석하기 위해 두 가지 실험을 하였다. 첫 번째 실험은 측정하는 위치에 따른 BLE Advertisement 채널의 상태 변화를 측정한다. 두 번째 실험은 Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값 중 Path loss model에 근접한 값을 선택하여 모든 채널로부터 받은 RSSI 값을 사용하는 기존 방법과 비교한다. 이 실험에서 일반적인 BLE beacon으로는 수신 채널의 정보를 확인 할 수 없기 때문에 보다 정확한 실험을 위해 본 연구에서는 송신 채널 정보를 설정 할 수 있는 Raspberry Pi2와 BLE Dongle을 이용하여 Receiver와 Sender를 구현하였다.

4.1 위치에 따른 BLE Advertisement 채널 상태 변화 측정

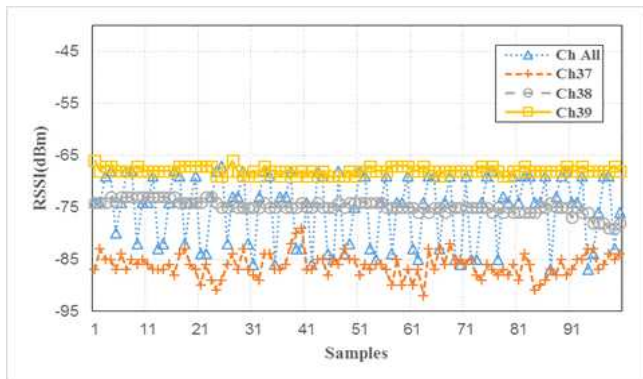
위치에 따른 BLE Advertisement 채널 상태를 측정하는 실험에서는 측정하는 위치에 따라 3개의 BLE Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값이 다른 것을 확인한다. 그림 2는 거리에 따라 측정된 BLE Advertisement 채널별 RSSI 값을 나타내며 이론값은 수식(2)를 이용하여 계산하였다. BLE는 무선 통신 기술이므로 Path loss model에 따라 수식 (1)과 같이 거리가 멀어질수록 RSSI 값이 감소

하는 양상을 나타내야 하지만 모든 채널의 평균 RSSI 값을 사용하는 경우 먼 거리에서 오히려 값이 증가하는 등 큰 오차를 나타냄을 확인할 수 있다. 특히 4m, 7m의 위치에서 3개의 Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값의 차이가 두드러지게 나타남을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 측정하는 위치의 환경에서 멀티 패스를 일으키는 요인이 있거나 채널 gain이 다르기 때문이다.

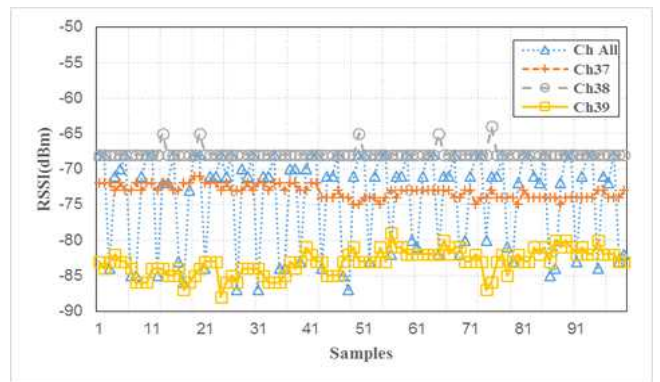


(그림 2) 거리에 따른 BLE Adv. 채널별 RSSI 값

그림 3과 4는 각각 4m, 7m 위치에서 측정된 100개의 채널별 RSSI 값 샘플을 나타낸다. 4m 위치에서는 Advertisement 채널 39번이 가장 강한 RSSI 값을 나타내지만 7m 위치에서는 Advertisement 채널 38번이 가장 강한 값을 나타낸다. 이를 통해 앞서 언급한 바와 같이 측정 위치에 따라 일정한 RSSI 값 양상이 나타나지 않음을 확인할 수 있다. 또한 4m 위치에서는 38번 채널이 Path loss model을 통해 계산된 이론값에 가장 유사한 값을 나타내는 것을 알 수 있고 7m 위치에서는 37번 채널이 이론값에 가장 유사한 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 특정 채널이 항상 정확한 값을 나타내지 않는다는 것을 알 수 있다. 그리고 모든 채널의 평균 RSSI 값을 사용하는 경우 모든 채널의 RSSI 값을 반영하지만 채널의 상태를 고려하지 못하여 Path loss model로부터 계산된 값과 비교했을 때 오차가 심하게 나타내는 것을 확인했다. 그리고 이 오차는 고르지 못한 RSSI 값의 분포를 나타내는 원인이 되며 실제 실내측위 계산 시에도 부정확한 값을 나타낼 수 있다.



(그림 3) 4m 위치에서의 BLE Adv. 채널별 RSSI 값

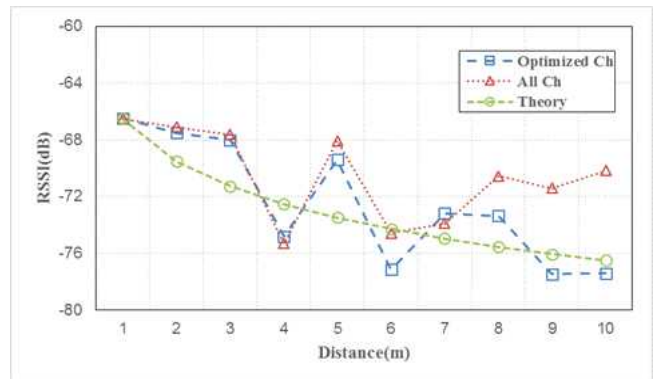


(그림 4) 7m 위치에서의 BLE Adv. 채널별 RSSI 값

4.2 최적의 채널 상태를 반영한 실내 측위 오차 분석

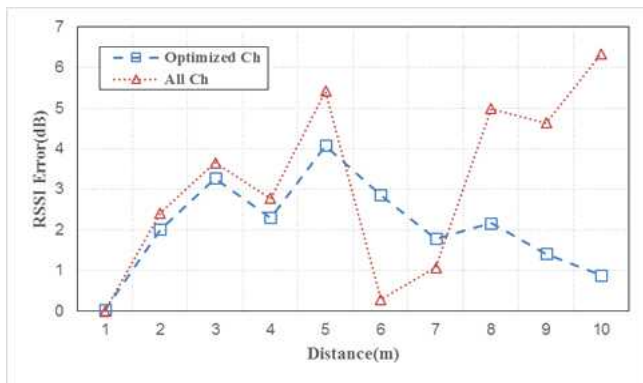
최적의 채널 상태를 반영한 실내 측위 시스템의 오차 분석을 위해서 거리별 모든 채널을 사용한 RSSI 값의 분포와 특정 채널의 RSSI 값을 선택한 RSSI 값의 분포, Path loss model로부터 계산된 거리별 RSSI 값의 분포를 비교하였다. 그림 5에 나타낸 바와 같이 Path loss model로부터 수식 (2)를 이용해 계산한다. 이때 환경변수 n 값은 1로 정하였다. 이와 같이 이론적으로 계산된 RSSI 값은 Receiver와 Sender 사이의 거리가 멀어질수록 매끄러운 양상으로 감소하는 것을 확인하였다. 반면 모든 BLE Advertisement 채널의 평균값으로 계산된 RSSI 분포는 불규칙한 감소 양상을 보였다. 특히 거리가 멀어질수록 더욱 불안정한 RSSI 값을 나타냄을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 최적 채널의 RSSI 값을 적용한 방법을 나타내는 그래프는 Path loss model을 기반으로 하였기 때문에 모든 채널의 RSSI 값을 사용한 것보다 훨씬 안정적인 값을 나타냄을 확인했다.

최적의 BLE Advertisement 채널은 단순히 Receiver가 받은 파워가 센 것이 아닌 Path loss model에 적합한 채널을 의미한다. 그림 2에서도 알 수 있듯이 RSSI 값이 높게 측정되는 Advertisement 채널의 RSSI 값을 선택할 경우 Path loss model로부터 계산된 RSSI 값과 차이가 더 큰 것을 확인할 수 있다. 따라서 그림 5는 제안하는 방법이 적합한 Advertisement 채널을 선택하였기 때문에 훨씬 안정된 값을 나타낸다. 여기에서 기준 RSSI 값은 Path loss model이 되며 각 오차는 절대 값으로 표현한다.

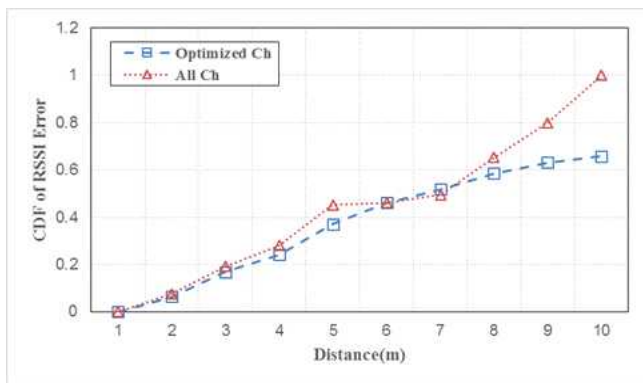


(그림 5) 이론값, 기존방법, 제안 방법의 RSSI 값

그림 6은 거리별로 Path loss model과의 RSSI 오차를 나타낸다. 비교적 Receiver, Sender 사이의 거리가 가까운 경우 오차가 적게 나타나며 거리가 멀어질수록 오차가 크게 나타난다. 이 실험에서는 1m에서 10m까지 구간을 1m 단위로 측정하였다. 이때 각 구간별로 100개의 샘플을 측정하여 평균값을 계산한다. 1m 구간부터 4m 구간까지는 최적의 Advertisement 채널로부터 받은 값과 모든 채널로부터 받은 값의 오차의 차이가 크지 않지만 Receiver와 Sender의 사이가 멀어질수록 오차가 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 6m, 7m 구간을 제외하고는 최적의 채널을 선택한 방법이 오차가 적음을 나타냈다. 평균적인 오차 값은 제안하는 방법, 모든 Advertisement 채널이 각각 2.08dB, 3.15dB를 나타내며 이를 거리 값으로 환산 할 경우 약 1.6m, 2m의 오차를 유발한다.



(그림 6) 기존 방법과 제안 방법의 거리별 RSSI 오차 측정



(그림 7) 최적 채널상태를 반영한 RSSI 오차 누적 그래프

그림 7은 최적의 채널 상태를 반영한 RSSI 값의 오차 누적 그래프이다. 이때 기준 값은 모든 Advertisement 채널을 사용하였을 때 오차의 합을 기준으로 하였다. 그래프에 나타난 바와 같이 RSSI 오차 값은 대부분의 구간에서 최적의 Advertisement 채널을 선택한 경우가 더 낮으며 모든 채널을 사용한 경우보다 오차가 65% 정도 낮게 측정되었다. 또한 모든 Advertisement 채널로부터 받은 RSSI의 평균값을 사용한 경우 거리가 멀수록 Path loss model로 계산된 RSSI 값과의 오차가 급격히 증가하는 것을 나타냈다. 이를 통해 제안하는 방법이 평균 약 1.51배 더 적은 오차를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론

BLE를 이용한 실내 측위 시스템은 BLE Advertisement 채널로부터 받은 RSSI 값을 통해 거리를 측정한다. 하지만 실내 환경이 다르기 때문에 BLE Advertisement 채널의 상태 또한 측정하는 위치마다 다르다. 이것은 실내 측위 시스템에 핵심적으로 사용되는 RSSI 값의 오차를 유발하는 주요 원인이 된다. 따라서 본 논문에서는 최적의 RSSI 값을 나타내는 채널만을 선정하여 RSSI 값의 오차를 줄이는 방법을 제안하고 실험을 통해 제안 방법의 효율성을 증명하였다. 실험에서는 Path loss model로부터 계산된 RSSI 값과 최적의 채널을 선택하여 계산한 RSSI 값, 모든 채널을 선택하여 계산한 RSSI 값을 비교하였다. 그 결과 제안하는 방법이 모든 Advertisement 채널을 선택하여 계산한 RSSI 값보다 오차가 1.5 배 이상 감소함을 확인하였다. 따라서 제안하는 방법이 향후 정확한 실내 위치 기반 서비스 제공을 위한 기반이 될 것이라 예상된다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 결과물은 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] S. Kajioka, T. Mori, T. Uchiya, I. Takumi, H. Matsuo, "Experiment of indoor position presumption based on RSSI of Bluetooth LE beacon" GCCE2014, IEEE, pp. 337-339, Oct. 2014.
- [2] Y. Wang, Q. Ye, J. Cheng, L. Wang, "RSSI-Based Bluetooth Indoor Localization," MSN2015 IEEE, pp. 165-171, Dec. 2015.
- [3] Z. Deng, Y. Yu, X. Yuan, N. Wan, L. Yang, "Situation and development tendency of indoor positioning," China Communications, Vol. 10 No. 3, pp. 42-55, Mar. 2013.
- [4] S. Kajioka, T. Mori, T. Uchiya, I. Takumi, H. Matsuo, "Experiment of indoor position presumption based on RSSI of Bluetooth LE beacon" GCCE2014, IEEE pp. 337-339, Oct. 2014.
- [5] R. Faragher, R. Harle, "Location fingerprinting with bluetooth low energy beacons," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 33, No. 11, pp. 2418-2428, May, 2015.
- [6] Y. Zhuang, J. Yang, Y. Li, L. Qi, N. El-Sheimy, "Smartphone-Based Indoor Localization with Bluetooth Low Energy Beacons," Sensors, Vol. 16 No. 5, 596, Apr. 2016.
- [7] T. Stoyanova, F. Kerastiotis, A. Prayati, G. Papadopoulos, "Evaluation of impact factors on RSS accuracy for localization and tracking applications," ACM international workshop on Mobility management and wireless access, pp. 9-16, Oct. 2007.

알츠하이머병 분류를 위한 임포트 벡터 머신 기반의 희소 특징 선택 방법

라마 라메쉬 쿠마, 박현철, 이상웅
조선대학교 컴퓨터공학과

rklama@chosun.kr, hcpark@chosun.kr, swlee@chosun.ac.kr

Sparse Feature Selection using Import Vector Machines for Classification of Alzheimer's Disease

Ramesh Kumar Lama, Hyunchul Park, and Sang Woong Lee
Department of Computer Engineering, Chosun University

요약

The early diagnosis of Alzheimer's disease (AD) and mild cognitive impairment (MCI) is essential for patient care and research. The preventive measure plays critical role to get rid of progression of AD. However, the smaller number of training samples and the larger number of feature representations are the major challenges in proper diagnosis of AD. In this paper, we applied a new approach on structural Magnetic Resonance (MR) image to discriminate between AD (or MCI) and healthy controls (HC) using import vector machine (IVM). In this method only the subset of the input vectors of Kernel Logistic Regression (KLR) are selected by minimizing the regularized negative log likelihood to reduce computation cost, thus improving the performance of classifier. The kernel based discriminative approach is adopted to deal with complex data distributions. Experiments on the ADNI data set show that our proposed method can significantly improve classification accuracy of AD, with support from MCI and normal controlled subjects.

1. Introduction

Alzheimer's disease (AD) is a slow fatal neuro-degenerative disease affecting the people over the age of 65 years[1]. The deposition of two abnormal protein fragments known as Plaques and Tangles in the brain destroy the neuron cells. Hippocampus, where the memories are first formed is initial affected region by this disease, thus the early symptoms of AD include memory problems resulting difficulties in word finding and thinking processes [2]. Eventually the patient suffers from a lack of initiative, changes in personality or behavior, in day to day function at home, or at work, and in taking care of oneself. With the increase in population of elder people in developed countries, this disease become a major problem in socio-economic implications. According to reports the number of affected people will be doubled in the next 20 years, and 1 in 2 above 85 people will be suffered from this disease by 2050. Thus, accurate diagnosis of AD is very important especially, for its early stage.

Conventionally, the diagnosis of AD is performed by neuropsychological examination, in support of structural imaging. It is reported that in the early stage of AD, degeneration of neurons takes place in the

medial temporal lobe, gradually affecting the entorhinal cortex, the hippocampus, the limbic system. The neocortical areas are affected at the final stage[3]. Therefore, the study of medial temporal lobe atrophy (MTA), and particularly in the hippocampus, the entorhinal cortex, and the amygdala provides the evidence of progression of AD. Generally, MTA is measured in terms of voxel-based, vertex-based, and ROI-based approaches[4]. However as the disease progresses, other regions in the brain are also affected. In such cases, whole-brain methods is preferred rather than a specific region based. The characterization of brain atrophy for differentiating AD and MCI patients can be performed more efficiently.

Numerous methods have been developed to classify an individual class from two groups of subjects (e.g., patients vs. healthy subjects). The commonly used classifiers in AD classification include the support vector machine (SVM), artificial neural network (ANN), and other ensemble classifiers. Among them, SVM has been used widely to distinguish AD subjects from elderly control subjects using different biomarkers. The classification begins with learning stage from training population. These are well characterized subjects with known diagnosis of healthy and patients. In order to

categorize new subjects from the test population into one of the classes the subjects of the training population SVM is utilized.

The goal of a SVM is to maximize the margin of training data by constructing the optimal separating hyperplane or a set of hyperplanes in a high- or infinite-dimensional space. Based on this newly constructed hyperplane classification, classification tasks can be performed. SVM classification technique has been implemented by B. Magnin et al [5]. Three dimensional T_1 weighted MR images of each subjects were automatically parcelated into region of interest (ROIs). Grey matter from each region of interest is extracted as feature for classification.

Zhang et al [7] proposed multimodal classification approach based on the biomarkers such as structural MRI, Position Emission Tomography(PET) Cerebro Spinal Fluid (CSF) in combination with multiple kernel SVM. 93.2% accuracy of stratification for AD from Healthy Controls (HC) has been achieved by the multimodal approach. Siqi Liu et al [6] proposed deep learning based classification among AD, cMCI, and NC based on 83 Region Of Interest (ROI) of s-MRI. The accuracy was obtained upto 87.76 while segregating AD from NC. Similarly, F. Li [9] proposed PCA based multimodal using the s-MRI, PET, CSF) and Label, MMSE score as the biomarker. ADAS-Cog is used as features, training and testing the multi-tasking deep neural network. Around 91.4% of accuracy was obtained by the method when analyzing AD from NC and 77.4% in MCI from NC. Multiclass multimodal approach was proposed by Siqi Liu et al [10]. Total 83 ROIs of functional MRI and PET were used as features and training and testing was performed with deep learning embedding network which achieved the accuracy of up to 53.79±4.76% while classifying AD, ncMCI, cMCI, and HC.

Finally, we present a new classification approach which uses a small fraction of features to train the classifier. With the use of spars feature for learning and classification, computational cost and excessive use of memory is minimized. We apply the Import vector machine (IVM) to select only the important features for training of machine and classification of subjects.

2. Methods

2.1 Kernel Logistic Regression and Import Vector Machine (IVM)

In this section, we describe the theoretical basis of IVM. The foundation of IVM is based on statistical learning theory derived for logistic regression with kernel features. Thus, we begin with the explanation of logistic regression. Let $x_i = (x_1, \dots, x_n)^T$ represent observed samples with class labels $y_i \in C = \{1, \dots, K\}$ pattern classes. The training set is represented (x_i, y_i) , $i = 1, \dots, n$. For the binary class problem, where input samples x_i are i.i.d., the conditional class posterior probability $P_i(y_i/x_i; w)$ is estimated using logistic regression model.

$$P_i(y_i/x_i; w) = \frac{1}{1 + \exp(-w^T x_i)} \quad (1)$$

The logistic regression predicts the class based on probabilities which is either p , for $y_i = 1$ or $1 - p$ for $y_i = 0$. Thus we can write cost function of logistic regression as

$$Q_0(w) = \prod_{i=1}^n p(x_i)^{y_i} (1 - p(x_i))^{1 - y_i} \quad (2)$$

In order to fit the parameters for given model with training the given data-points, we try to find parameter w that minimizes Q_0 . This results to selection of w which is most likely to generate the labels in same as in the training set. The minimization can be obtained by using the gradient and the Hessian. In order to prevent overfitting one may introduce a prior over the parameters and optimize

$$Q(w) = Q_0(w) + \frac{\lambda}{2} w^T L w \quad (3)$$

Therefore the iteration scheme could simply be formulated with the Newton-Raphson iteration method. To extend the linear model to a non-linear one, the original features x_n are transformed into higher dimensional space k_n using a kernel function

$$k_{nn'} = k(x_n, x_{n'}) \quad (4)$$

The model of kernel logistic regression now presumes the a posteriori probabilities are given by

$$p_{nc}(w) = \frac{\exp(w_c^T k_n)}{\sum_c \exp(w_c^T k_n)} \quad (5)$$

with k_n as the n^{th} column of kernel matrix K , the unknown parameter $w = [\dots w_c \dots]$ referring to c classes. The parameters are determined in a iterative way by optimizing the regularized objective function.

One of the limitation of standard kernel logistic regression is that all possible training samples are used to evaluate the kernel function, thus increasing the computational complexity and memory requirement for large datasets. Meanwhile, the complexity of the classifier can be controlled by enforcing the sparseness in learning model. The sparse kernel machine's uses only the kernel function evaluated at subset of the training data points for prediction of new inputs. The most common methods to implement sparseness is by introducing a suitable prior or by subset selection. One of the popular example for sparse kernel machine is SVM, which only support vectors are used to prediction for new inputs. The main idea of incorporating sparseness into kernel logistic regression is to select a subset v of V feature vectors out of the training set T . Thus the kernel matrix consists of only the selected subset v of important kernels k_v from all samples T . Zhu et al[6] proposed import vector machines (IVM), which uses a smaller fraction of training data to realize the sparse kernel logistic regression. The subset is determined by Greedy manner. This method begins with empty set v then constructs the set of import vectors by successively adding data samples. The construction process of sets stops once the convergence criterion is reached. The convergence criterion is used by the ratio $\epsilon = |Q_t - Q_{t-\Delta t}| / |Q_t|$ with a small integer Δt Such as the regularization and kernel ϵ parameter, the threshold for excluding import vectors this criterion influences the sparseness of the model.

3. Results

3.1 Experiment setup

Data used in preparation of this paper were obtained from Alzheimer's disease Neuroimaging Initiative database (ADNI) www.loni.ucla.edu. The ADNI was lunched in 2003 as a public-private partnership. The primary goal of ADNI has been to test whether serial magnetic resonance imaging (MRI), positron emission tomography (PET), other biological markers, and clinical and neurophysical assesment can be combined to measure the prgression of mid cognitive impairment and early Al,zheimers disease (AD)

3.2 Experimental Results

Total 80 baseline subjects were selected for the experiment with 33 HC, 32 MCI, and 15 AD. All structural MR scans used in this paper were acquired from 3T scanners. The demographic status is shown in Table. 1. We partitioned each subject image

<Table. 1> Demographic status

	Normal	MCI	AD
No. of Subjects	33	32	15
Average Age	74.25	74.63	75.27
Average Education Points	16.19	15.96	15.553
MMSE	29.38	27	23.8667

into 65 region of interest(ROIs). For each of the 65 ROIs, we compute the grey matter (GM) tissue volume from the individual subject's MR image. We used the Freesufer to exttract the volumetric information of MR We performed the multiclass classification for three classes, namely AD, MCI and NC. We obtained the training accuracy of 98% (49/50). While the test accuracy was obtained as 70% (21/30). Time required to complete the execution by logistic regression was 4.1 seconds, while the IVM completed the execution in 1.6 seconds. Similarly, training accuracy of 100% (26/26) and 76.2% (16/21) were obtained in binary classification of AD vs NC. Finally, training accuracy of 98% (49/50) and 76.9% (10/13) were obtained in binary classification of NC vs MCI.

4. Conclusion

The early diagnosis of Alzheimer's disease (AD) and mild cognitive impairment (MCI) is essential for patient care and research.The preventive measure plays critical role to get rid of progression of AD. However, the smaller number of training samples and, the larger

number of feature representations are the major challenges in proper diagnosis of AD. In this method only the subset of the input vectors of Kernel Logistic Regression (KLR) are selected by minimizing the regularized cost function to reduce computation time. Experiments on the ADNI data set show that our proposed method can significantly improve classification accuracy of AD, with support from MCI and normal controlled subjects.

Acknowledgement : This work was supported by the National Research Foundation(NRF) grant funded by the korean government(NRF-2014M3C7A1046050), and the Human Resource Training Program for Regional Innovation and Creativity through the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea (2015H1C1A1035855).

References

- [1] American Psychiatric Association and American Psychiatric Association (1994) Task Force on DSM-IV., Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV, vol xxv, 4th edn. American Psychiatric Association, Washington, DC.
- [2] D. Schmitter, A. Roche, B. Maréchal, D. Ribes, A. Abdulkadir, M. Bach-Cuadra, A. Daducci, C. Granziera, S. Klöppel, P. Maeder, R. Meuli, G. Krueger, "An evaluation of volume-based morphometry for prediction of mild cognitive impairment and Alzheimer's disease," *NeuroImage: Clinical* 7 (2015) 7-17.
- [3] Barnes, J. W. Bartlett, L. A. van de Pol, C. T. Loyd, R. I. Scahill, C. Frost, P. Thompson, N. C. Fox "A meta-analysis of hippocampal atrophy rates in Alzheimer's disease," *Neurobiology of Aging* 30 (2009) 1711-1723.
- [4] F. Liu, L. Zhou, C. Shen, and J. Yin "Multiple Kernel Learning in the Primal for Multi-modal Alzheimer's Disease Classification," *IEEE J. Biomed Health Inform*, 18(3), 984-90, May 2014
- [5] B. Magnin, L. Mesrob, S. Kinkingnéhun, M. Péligrini-Issac, O. Colliot, M. Sarazin, B. Dubois, S. Lehéricy, and H. Benali, "Support vector machine-based classification of Alzheimer's disease from whole-brain anatomical MRI," *diagnostic neuroradiology*, (2009) 51: 73-83.
- [6] J. Zhu, T. Hastie, Kernel logistic regression and the import vector machine, *Comput. Graph. Stat.* 14 (2005) 185-205.
- [7] D. Zhang, Y. Wang,, L. Zhou, H. Yuan, D. Shen, and the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative, Multimodal classification of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment "Neuroimage. 2011 April 1; 55(3): 856 - 867.
- [8] Siqi Liu, Sidong Liu, Weidong Cai, Hangyu Che, Sonia Pujol, Ron Kikinis, Dagan Feng, Michael J. Fulham, and ADNI" Multimodal Neuroimaging Feature Learning for Multiclass Diagnosis of Alzheimer's Disease", *Biomedical Engineering, IEEE Transactions*, 2015, pp. 1132 - 1140.
- [9] F. Li, L. Tran, K.H. Thung, S. Ji, D. Shen, and J. Li, "A robust deep model for improved classification of AD/MCI patients," *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, 2015.
- [10] Siqi Liu, Sidong Liu, Weidong Cai, Sonia Pujol, Ron Kikinis, Dagan Feng, "Early diagnosis of Alzheimer's disease with deep learning," in *Proc. IEEE Int. Symp. Biomed. Imaging: From Nano to Macro*, 2014, pp. 1015 - 1018

Oral Session 2 - (28일/금 16:00 ~ 17:00)

- Secret Splitting 기반 기밀정보 분할 저장 시스템의 디자인 및 구현
/ 정혜림, 안성규, 박기웅 / 세종대학교
- MPEC-V 표준 규격 기반 가상 현실 실감 미디어와 현장의 환경 센서 정보를 교환하는 실감형 원격 존재 플랫폼의 구현
/ 이호준, 김영교, 하규태, 김시호 / 연세대학교
- WSN을 위한 집단생태기반 DESYNC-TDMA의 슬롯 효율 분석
/ 김광수, 신승훈, 노병희 / 아주대학교

Secret Splitting 기반 기밀정보 분할 저장 시스템의 디자인 및 구현

정혜림*, 안성규*, 박기웅†
대전대학교 정보보안학과 시스템보안연구실*
세종대학교 정보보호학과†

hyello13@gmail.com*, woongbak@sejong.ac.kr†

Design and Implementation of Secret Splitting Scheme-based Secure Storage System

Hye-Lim Jeong, Sung-Kyu Ahn, Ki-woong Park†
Dept. of Information Security, Daejeon University,
Dept. of Computer and Information Security, Sejong University

요 약

기밀문서 유출이나 중요 결정 사항에 대한 보안성 및 인증은 단독 행동이 아닌 다수의 행동이 요구되는 특수 상황에서 고도의 보안성이 요구된다. 본 논문에서는 이러한 특수 상황에 따른 보안성을 위해 하나의 기밀문서를 암호화하고 복수개의 정보단위로 분할하여 이동식저장장치에 분산 저장하도록 한다. 해당 과정을 통해 분할 저장된 복수의 이동식저장장치 중 일부가 분실되거나 유출되더라도, 분실된 이동식 저장장치를 이용해 기밀문서의 원본 복구는 불가능하게 된다. 반면 분할 저장된 복수의 이동식저장장치 중 일부의 이동식저장장치가 분실되거나 유출되더라도, 특정 개수의 이동식저장장치는 병합 및 복호화 과정을 통해 원본의 기밀문서를 복구할 수 있게 하여 보안성과 신뢰성이 높다. 본 논문에서 제안하는 기밀정보 분할 저장 시스템은 복수개의 이동식저장매체를 삽입할 수 있는 USB 허브 형태로 구현이 되었으며, USB 허브형 분할 저장시스템 내부에서는 원본 기밀문서의 암호화/분할/병합/복호화 기능을 자동으로 수행하고 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 분할 및 병합될 문서를 선택할 수 있도록 한다.

1. 서론

컴퓨팅 시스템이 다양한 분야에 적용됨에 따라 각 분야에서 발생하는 기밀문서에 대한 특수 보안성이 필요하다. 군이나 기업에서 기밀문서 유출이나 중요 결정 사항에 대한 보안성 및 인증은 단독 행동이 아닌 다수의 행동이 요구되는 특수 상황에서 고도의 보안성이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 특수 상황에 따른 보안성을 위해 'Secret Splitting 기반 기밀정보 분할 저장 시스템'을 제안한다. 기밀정보 분할 저장 시스템은 복수개의 이동식저장매체를 삽입할 수 있는 USB 허브형태로 구현이 되었으며, USB 허브형 분할 저장시스템 내부에서는 원본 기밀문서의 암호화/분할/병합/복호화 기능을 자동으로 수행하고 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 분할 및 병합될 문서를 선택할 수 있도록 한다. 이를 통해 기밀문서를 이동저장장치에 분산 저장 할 경우 특정 개수 이상의 이동저장장치를 USB 허브형 분할 저장시스템에 삽입하면, 분할 저장 시스템은 각 이동식저장장치에 저장된 기밀문서

를 병합하고 복호화를 수행하여 원본 문서를 복구한다. 해당 시스템은 기밀문서의 분할 개수를 지정할 수 있으며 분할된 파일의 병합을 위한 특정 필요 병합 개수를 지정할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 기밀문서의 공유와 같은 특수한 상황에서 보안성 향상을 위한 시스템으로써 Secret Splitting Scheme[3]을 이용하여 기밀문서를 복수개의 이동식 저장매체에 정보단위로 분할하여 저장한다. 원본 기밀문서를 복구하기 위해서 특정 개수 이상의 분할된 데이터가 필요하며, 특정 개수 미만의 분할된 데이터에서는 원본 데이터를 유추하거나 복구 할 수 없는 고도의 보안성을 제공한다.

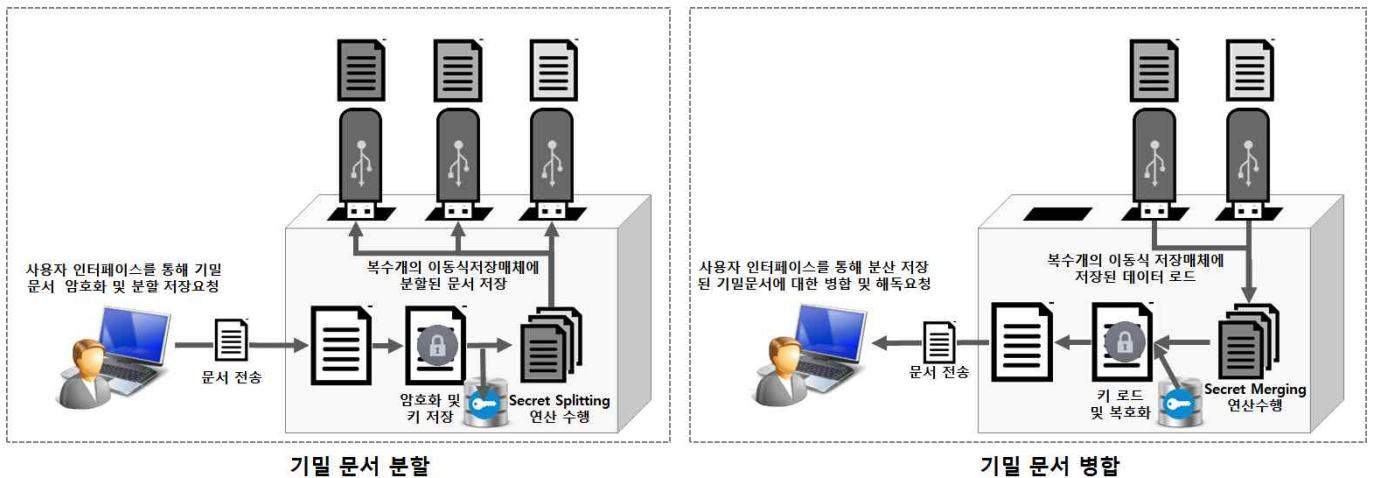
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구 및 적용 기술에 대해 살펴본다. 3장에서는 Secret Splitting 기반 기밀정보 분할 저장 시스템의 구조와 구현에 대해 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 성능 실험을 보여준다. 5장에서는 본 논문의 결론을 나타낸다.

2. 관련연구

본 논문에서 제안하는 시스템은 특수 상황에 따른 보안성을 위한 시스템으로 이동식저장매체를 통한 기밀정보

†교신저자: 박기웅 (세종대학교 정보보호학과 교수)

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2016R1A4A1011761)



(그림 1) 기밀정보 분할 저장 시스템 데이터 분할 및 병합 과정

유출 및 다수의 행동이 요구되는 특수 상황에 대해 고도의 보안성을 제공한다. 본 장에서는 이동식저장매체에서 보안성을 위한 다양한 연구들에 대해 설명하고 본 논문에서 제안하는 시스템의 차이점에 대해 설명한다.

‘개인정보보호를 위한 USB기반 분할관리시스템 설계 및 구현’에서는 내부 관련자에 의한 개인정보 유출 방지를 위해 Secret Splitting기술과 AES 암호화를 사용하는 개인정보 분할관리 시스템을 설계 및 구현하였다[1]. 본 논문에서 제시하는 개인정보 분할관리 시스템은 사용자가 프라이버시 매니저를 사용하여 개인정보의 등급을 구분하고 배타적 논리합 연산을 통해 2개의 데이터베이스와 1개의 이동식 저장매체에 배타적 분할 저장한다. 이러한 방식은 한 개의 데이터베이스가 손상되더라도 나머지 데이터를 활용하여 데이터를 원상복구 할 수 있으며, 사용자는 휴대성이 높은 이동식 저장매체와 네트워크를 통해 데이터에 쉽게 접근할 수 있다. 그러나 위의 연구에서 제시하는 시스템은 사용자가 프라이버시 매니저를 통해 개인정보의 등급을 지정해야 하는 조건이 필요하며, 데이터베이스와 이동식 저장매체를 활용하여 원본 데이터를 복구하기 위해서는 네트워크가 필수적으로 필요하다. 또한 데이터의 분산 개수가 데이터베이스 2개 이동식 저장매체 1개로 국한되어 있어 사용자가 이동식 저장매체를 휴대하는 도중 분실 가능성이 높아지게 된다.

본 논문에서 제시하는 기밀정보 분할 저장 시스템의 경우, 데이터의 분할 및 병합의 개수를 사용자의 필요에 따라 유동적으로 조절 할 수 있으며, 하드웨어 방식으로 구동함에 따라 네트워크가 차단된 상태에서도 효율적으로 활용이 가능하다.

‘USB메모리의 RAW영역을 이용한 보안USB메모리의 설계에 관한 연구’ 논문에서는 USB형 이동식 저장매체에 대하여 기존에 사용되고 있는 보안USB 메모리의 문제점을 분석하고 RAW영역을 이용한 보안 USB메모리의 설계 방식에 대해 제시한다[2]. 연구결과에 따른 설계 방식은 USB메모리의 파티셔닝 및 포맷 과정을 통해 내부 저장영

역에서 일반영역과 분리된 RAW영역을 생성하여 기존 컴퓨팅 환경에 설치된 에이전트를 통해서만 접근 할 수 있도록 하는 기능을 제시하였다. RAW영역은 사용자의 인증 정보, 데이터 암호화키, 암호화된 데이터 와 사용된 컴퓨팅 환경의 정보 등이 저장된다. 이러한 방식의 설계의 경우 사용자 식별 및 인증, 암호·복호화, 복제 방지 기능, 분실 삭제 기능을 제공하여 보안성을 향상 시킬 수 있다.

하지만 본 설계방식의 경우 단일 이동식 저장매체를 사용함으로써, 사용자의 ID와 패스워드가 노출될 경우, 암호·복호화에 필요한 키가 노출된다는 점과, 분실했을 경우 원본 파일의 복구가 불가능하다는 단점이 있다.

본 논문에서 제시하는 시스템의 경우, Secret Splitting 알고리즘에 기반한 하드웨어 장치를 사용함으로써 사용자는 ID나 패스워드를 사용하지 않고 보안성을 유지할 수 있으며, 분산된 기밀 데이터 중 일부의 데이터를 활용하여 원본 데이터를 복구 할 수 있으므로 분실로 인한 데이터 유실의 위험성을 극복할 수 있다.

3 기밀정보 분할 저장 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템은 USB 허브형 분할 저장 시스템의 내부 알고리즘을 통해 기밀문서를 복수 개의 정보단위로 분할하여 각각의 이동식저장장치에 분산 저장하며 기존의 문서의 복구를 원할 경우, 분할된 기밀문서의 특정개수의 병합을 통해 사용자에게 원본문서를 제공하는 시스템이다. 본 장에서는 해당 시스템의 구현 환경과 구조, 구현에 대해 설명한다.

3.1 기밀정보 분할 저장 시스템 구조

그림1에서와 같이 기밀정보 분할 저장 시스템은 사용자가 문서의 분할 및 병합에 사용되는 필요 분할/병합 개수를 선택할 수 있는 클라이언트 인터페이스와 Secret Splitting^[3] 기술이 내장된 USB 허브형 분할 저장 시스템으로 구성된다.

사용자는 클라이언트 인터페이스를 통해 USB 허브형 분할 저장 시스템에게 기밀문서의 분할 및 병합을 요청할 수 있다. 이때, 클라이언트 인터페이스에서 문서의 분할 개수와 분할된 파일의 병합을 위한 최소 개수를 지정할 수 있다.

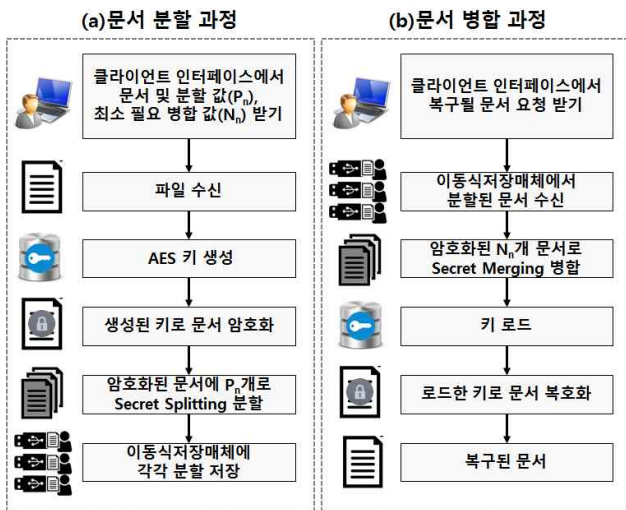
USB 허브형 분할 저장 시스템은 장치에 분할이 필요한 문서의 암호화키를 생성 및 저장하여 해당 문서에 암호화를 수행한다. 암호화된 문서는 Secret Splitting 기술의 분할을 수행하여 분할된 문서를 복수개의 이동식저장매체에 분산 저장한다. 문서의 병합과정에서는 클라이언트 인터페이스에서 선택된 문서의 정보를 수신하여 병합을 수행하고 USB 허브형 분할 저장 시스템 내부에 저장된 키를 사용하여 복호화 하여 클라이언트 PC로 전송한다.

3.2 기밀정보 분할 저장 시스템 구현

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 구성인 클라이언트 인터페이스와 USB 허브형 분할 저장 시스템의 구현을 설명한다.

클라이언트 인터페이스는 USB 허브형 분할 저장 시스템과 Serial 연결을 통해 사용자가 문서의 분할/병합을 수행할 수 있도록 한다.

USB 허브형 분할 저장 시스템은 Serial 통신을 통해 기밀문서의 전송이 이루어진다. USB 허브형 분할 저장 시스템 내부에서 암호화 알고리즘과 분할/병합 알고리즘이 수행된다. 암호화 알고리즘은 AES 알고리즘^[4]을 사용하여 분할 이전에 AES 대칭키를 사용하여 암호화를 수행한다.



(그림 2) 기밀정보 분할 저장 시스템 분할/병합 순서도

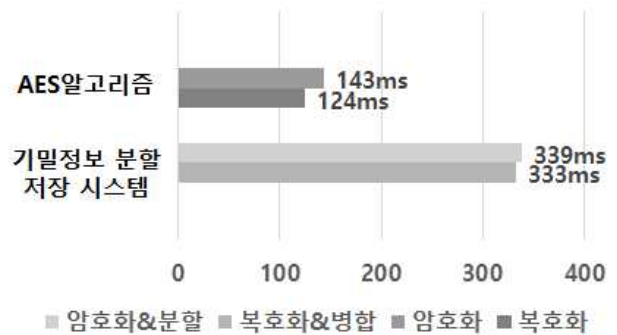
그림2의 (a)과정은 USB 허브형 분할 저장 시스템 내부에서 동작하는 문서 분할 과정의 알고리즘을 간략화한 것이다. 클라이언트 인터페이스로부터 사용자가 분할 요청한 문서를 받아 f에 저장하며 문서에 AES 암호화를 수행하기 위해 대칭키를 생성하여 aes_key에 저장한다. 생성된 키를 통해 문서 f에 AES 암호화를 수행한다. Secret Splitting

기술을 적용하여 문서를 분할하는 과정에서 사용자가 입력한 분할 개수(P_n)와 최소 병합 필요 문서 개수(N_n)의 예기반하여 분할을 수행한다. 필요 이동식저장장치의 개수, 문서의 분할 개수, 문서의 병합을 위한 최소 분할파일의 개수는 2개 이상이며 분할 개수(P_n)과 연결된 이동저장장치의 개수는 동일해야 한다. 분할된 파일은 각각의 이동식저장장치에 분산 저장된다.

(b)과정은 USB 허브형 분할 저장 시스템 내부에서 동작하는 문서 병합 과정의 알고리즘을 간략화한 것이다. 사용자가 클라이언트 인터페이스에서 병합할 문서를 요청하면 장치에 연결된 이동저장장치 내부의 분할 데이터 중 선택된 문서에 대해 Secret Merging 기술로 문서 병합을 수행한다. 병합된 문서는 USB 허브형 분할 저장 시스템 내부에 저장된 AES 대칭키를 통해 복호화 되어 클라이언트로 Serial 통신으로 전송된다.

4 성능 평가

본 장에서는 AES 알고리즘의 암/복호화 지연시간과 기밀정보 분할 저장 시스템의 지연 시간을 측정하여 해당 시스템의 성능을 검증한다. 지연시간은 클라이언트 인터페이스에서 수신된 문서를 대상으로 암호화 및 분할 수행과정과 분할된 문서를 대상으로 병합 및 복호화 과정에서 소요되는 시간을 측정하였다. 측정 결과는 10번의 측정 결과의 평균값이다. 기밀정보 분할 저장 시스템은 USB 허브형 분할 저장 시스템으로써 하드웨어는 AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8, 512MB RAM, 4GB 8-bit eMMC on-board flash storage의 임베디드 보드이다. 운영체제는 bbb-flasher ubuntu 14.04를 사용하고 있다.



(그림 3) 기밀정보 분할 저장 시스템 지연시간 측정 및 AES 알고리즘 지연시간 비교

그림3에서 보는 것과 같이 AES 알고리즘의 암호화는 143ms의 지연시간이 측정되었으며, 복호화는 124ms의 지연시간이 측정되었다. 기밀정보 분할 저장 시스템의 암호화 및 분할과정은 339ms의 지연시간이 측정되었으며, 복호화 및 병합과정은 333ms의 지연시간이 측정되었다. 이러한 실험을 통하여 해당 시스템의 지연시간이 AES 암호화 알고리즘 지연시간에 비해 2배가량의 지연시간을 갖는

것을 확인하였다. 그러나 해당 시스템은 암호화 알고리즘의 보안성 외에도 물리적으로 문서를 분할하며 특수 조건 달성 시에만 문서가 복구되기 때문에 고도의 보안 기능을 수행할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 특수 상황에 따른 보안성을 위해 제안한 시스템으로 Secret Splitting 기술 기반의 기밀정보 분할 저장 시스템이다. 본 시스템은 Secret Splitting 기술과 AES 암호화 알고리즘을 통해 기밀문서를 복수개의 이동식저장매체에 분할된 문서를 분산 저장하며, 기존의 문서로 복구하고자 할 때 분산 저장된 문서들을 통해 병합하여 사용자에게 제공한다. 이러한 기능은 USB 허브형 분할 저장 시스템에서 자동으로 동작되며, 사용자는 인터페이스를 통해 문서의 분할 및 병합을 수행할 수 있다. 또한, 분할된 기밀문서의 일부를 분실하더라도 분할 시에 설정한 최소 병합 필요 개수의 조건만 충족되면 복구가 가능하며, 분실된 문서는 최소 병합 필요 개수와 USB 허브형 분할 저장 시스템에 저장된 복호화 키 없이는 복구가 불가능하다. 문서 파일 외에도 확장자와 무관하게 정상 수행하였다.

참고문헌

- [1] 송유진, “개인정보보호를 위한 USB기반 분할관리시스템 설계 및 구현” 국제e-비즈니스학회, pp.203~221, 2008.2.
- [2] 이태영, 조성래 “USB 메모리의 RAW 영역을 이용한 보안 USB 메모리의 설계에 관한 연구.”, 한국통신학회 종합 학술 발표회 논문집(추계), pp.416-417, 2010.
- [3] Adi Shamir, “How to share a secret” Communications of the ACM, Volume 22 Issue 11, Nov. 1979
- [4] 원동호, “현대 암호학”, 2004.02.25

MPEG-V 표준 규격 기반 가상현실 실감 미디어와 현장의 환경 센서 정보를 교환하는 실감형 원격 존재 플랫폼의 구현

이호준, 김영교, 하규태, 김시호
VR Lab, 연세대학교 글로벌융합공학부 & 글로벌융합기술원,
(21983) 인천광역시 연수구 송도과학로 85 연세대학교 국제캠퍼스
shiho@yonsei.ac.kr

An implementation of immersive tele-presence platform to exchange sensory information based on MPEG-V standard with VR immersive media

Hojun Lee, Youngkyo Kim, Gyutae Ha, and Shiho Kim
VR Lab, School of Integrated Technology & Yonsei Institute of Convergence
Technology, Yonsei University, (21983) Korea

요 약

본 논문에서는 원격지 사용자간 감성 표현을 전달하고 실감형 센서 정보를 공유하는 사용자 경험을 제공하기 위한 원격 현실 및 원격 현실 플랫폼을 구현하고 시연하였다. 제안하는 시스템은 VR HMD(Head Mounted Display)를 사용하는 체험자에게 원격지 현장의 3차원 360도 실감형 가상현실 영상을 VR HMD를 통하여 제공하며 원격 현장에서 취득한 환경 센서 정보를 MPEG-V 표준에 기반을 둔 센서 규격에 맞추어서 주사용자에게 전달한다. 우리 플랫폼은 사용자들이 원격 존재와 원격 현실을 체험하도록 기능을 제공하며, 이로 인하여 현실 세계에서 서로 멀리 떨어진 원격지의 참여자와 주사용자는 감성 표현을 서로 느끼고 볼 수 있다. 구현된 원격 현실 플랫폼을 시연하기 위하여 우리는 이 플랫폼을 단체 TV 스포츠 관람에 적용하였으며, 시연에서는 VR HMD 주사용자가 공간적으로 멀리 떨어진 원격지에서 TV 화면으로 스포츠 경기를 시청중인 다른 참여자들에게 감성 표현을 전달하는 것을 시연하였다.

1. 서론

원격 현실(tele-presence)은 통신 기술을 활용하여 사용자의 동작과 주변 환경을 센싱하고 현실에서는 물리적으로는 떨어져 있는 원격지에 자신의 존재를 나타내거나 원격 작업을 수행하거나 원격지의 다른 사용자들과 실시간으로 정보를 교류하는 기술을 의미하여, 1960년대 이후로 연구되어 오다가 최근 디바이스 기술과 가상현실 기술이 발전하면서 매우 중요한 요소 기술로 부상하고 있다[1, 2]. 일본을 중심으로 원격 현실 또는 원격 존재 기술에는 사용자의 아바타 로봇을 원격 제어를 사용하여 원격지에서 사용자의 동작을 재연하는 방식의 원격 조정방법으로 임무를 원격 수행하는 방식이 많이 연구되어 왔고, 최근 들어서는 로봇을 사용하지 않고 사용자 아바타를 이용하는 기술이 가상현실과 증강현실 기술의 발달로 인하여 중요한 분야로 연구되고 있다[2,3].

이러한 플랫폼들은 원격지 현장의 환경 정보를 센싱 디바이스로 감지하고 원격 로봇 또는 정보 입력 카메라의 미디어 정보와 함께 물리적으로 떨어져 있는 원격지의 사용자에게 전달하는 형태로 구성되는데, 현재까지 구현된 원격 현실 시스템에서는 MPEG-V 국제표준 센서 정보를 영상 정보와 함께 전송하는 방식은 많이 개발되어 있지는

않다. 최근 들어 가상현실과 현실 세계의 미디어 데이터와 센서 정보의 구동장치의 규격을 표준화한 MPEG-V 표준이 국제 표준인 ISO/IEC 23005로 발표되었다[4,5]. MPEG-V는 미디어의 실제 물리 세계와 가상 세계 사이의 정보 교환과 4D 효과 표현을 위한 정보의 메타 데이터 포맷 및 4D 효과 구현 기기의 명령어 규격을 표준으로 제공하고 있다. HTTP 웹 표준을 제정하는 W3C의 XML 형식에 준용하여 MPEG-V에는 가상 객체의 표현 및 움직임 표현, 가상세계와 현실세계 간의 기기 연동과 인터페이스를 위한 데이터 포맷 및 4D 실감 효과들의 재현을 목적으로 하는 4D 효과 장치 구동 및 제어 방법 등이 규정되어 있다[6].

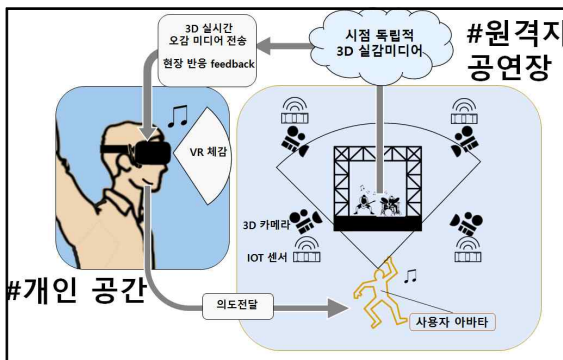
본 연구에서는 MPEG-V를 기반으로 하여 원격지의 사용자간 센서 정보와 감성 정보 교환을 위한 원격 현실 및 원격 존재 플랫폼[7-9]의 구현을 소개하고자 한다. 이러한 원격 현실 플랫폼은 홀로그램 효과와 연결하여 활발하게 연구되고 있다[7]. 원격지에서 취득한 센서 정보를 MPEG-V 표준 규격에 맞추어서 가상현실 미디어 데이터와 함께 원격지 사용자에게 전송되게 함으로써 국제 표준 기술을 활용하여 원격 현실 시스템을 구성하고자 한다.

본 논문의 구성은 아래와 같다. 2장에서는 구현하고자 하는 원격 현실 플랫폼의 구성과 시스템 구현 과정을 설

명하였다. 3장에서는 피실험자로 부터 취득한 개발된 플랫폼의 체험 결과에 대해 분석하였다. 본 논문의 결론은 제4장에서 향후 연구 방향에 대한 소개에 대한 설명으로 마무리하였다.

2. 플랫폼의 구성과 구현

구현하고자 하는 플랫폼은 원격 강연, 원격 작업 또는 원격 공연에도 적용할 수 있는데 본 발표에서는 원격 공연 시스템 중심으로 설명하고 구현 내용을 전개하고자 한다. 제안하는 플랫폼을 원격 공연에 적용하기 위해서는 그림1의 시스템 구성이 필요하다.



(그림 1) 제안하는 시스템의 구성도

자신의 개인 공간(원격지)에서 VR HMD(Head Mounted Display)를 착용한 주사용자는 물리적으로 떨어진 원격지의 공연을 3차원 360도 영상을 실시간 스트리밍(live streaming) 방식으로 현장에서 있는 것과 같이 체감하면서 공연 현장의 분위기를 체험할 수 있다. 우리가 접근한 방식은 현장의 주사용자 아바타를 사용하여 제안하는 플랫폼의 원격 현실을 구현하는 방식이며, 주사용자는 현장의 분위기에 맞추어서 본인이 자신의 개인 공간에서 느끼는 감정을 공연 현장의 아바타에게 전송하며 원격지의 현장의 아바타는 사용자의 감정을 현장에서 미리 정해진 애니메이션을 실행하는 방식으로 재연하게 된다. 원격지의 현장에는 환경 센서를 통하여 MPEG-V 표준 규격을 만족하는 센서 데이터 형식으로 360도 미디어 데이터에 포함되어 주사용자에게 전송되며 주사용자는 본인이 원하는 경우에 별도의 4D 효과 장치를 통하여 현장에서 전송되어 오는 센서 정보의 효과를 실제로 개인 공간에서 구현할 수도 있다. 사용자의 아바타가 현장에서 다른 사용자들과 현장 reaction을 360도 카메라의 현장 feedback 영상을 통하여 실시간으로 보고 체험할 수 있으며 원격 존재감(tele-existence)를 체험할 수 있게 된다.

그림2는 구현하고자 하는 원격현실 플랫폼의 기술 구성도를 제시하고 있다. 주사용자의 개인 공간에는 3D 가상현실용 HMD와 착용자의 감성 표현을 위한 웨어러블 디바이스가 필요하며, 사용자에게 4D 체험 효과를 제공하

기 위해서는 필요시 4D 효과 장치를 선택할 수 있다. 원격지 현장에는 복수개의 360도 입체 카메라를 사용하여 현장의 입체 영상을 입력하며, 환경 센서가 감지하는 정보는 MPEG-V 규격으로 영상 정보와 함께 게임 서버를 통하여 전송된다. 서버는 온라인 게임에서 사용되는 게임 서버를 사용하면 별도의 하드웨어를 구비하지 않고도 일반 PC를 사용하여 원격지 현장과 개인 공간 사용자 간에 실시간 연결성을 용이하게 제공할 수 있다[8]. Exit Games의 Photon Unity Network(PUN)[10]를 이용하면 필자들이 가상현실 기능성 게임개발의 선행 연구에서에서 적용한 것처럼 다수의 사용자로 서버로 범위를 확장하는 것이 가능하다[9]. 360도 3D 영상이 끊이지 않고 처리되기 위해서는 그래픽의 기능이 매우 중요하나 현재의 3D VR HMD와 고사양의 서버 PC를 활용하면 실시간 연결성이 확보되어 일반적인 인터넷의 유무선 환경에서도 전송이 가능한 것을 실험을 통하여 확인하였다. 다수 사용자로의 기능 확대는 본 논문에서는 범위에 포함시키지 않았으나 다른 기회를 통하여 연구 결과를 발표할 예정이다.

실감형 원격 존재 플랫폼					
시점 독립적인 미디어 제작 플랫폼		미디어 전달 기술		사용자 VR 재생 기술	
시점 독립적인 3D 콘텐츠	오감 데이터	미디어 실시간 송수신용 프로토콜	미디어 콘텐츠 데이터 포맷	실시간 VR 렌더링 기술	사용자 현장 실감 통신
- 3D 카메라 입력 처리 기술 - 영상 정렬 3D 콘텐츠 제작 기술	- 입체 음향 기술 : 지형, 음원 및 반사량을 고려한 모델 - 온도/사물의 후각/촉각 정보 데이터화 기술	- 실시간 오감 미디어 전송 기술 - 사용자와 현장간의 연결 프로토콜	- 오감 정보, 및 시점 독립적인 미디어 데이터 전송/저장 포맷	- 실감 3D VR 콘텐츠 렌더링 기술 - 3D 스테레오 입체 음향 재생 기술	- 사용자 현장 Interactive 통신 기술 - 사용자 정보 양방향 전달 기술 - 온도, 냄새, (촉각) 등 정보 전달

(그림 2) 개발하고자하는 플랫폼의 기술적인 구성도

<표 1> 플랫폼의 개발환경

Server/OS	MS Windows 8.1
Programming 언어	C#, C++
게임 엔진	Unity Game Engine
Design Tool	3D Max, Maya
주사용자 웨어러블 센서/HMD	Myo Armband (Thalnic) / Oculus Rift CV1
360도 카메라	Ricoh Theta S
환경 센서 (온도)	열화상 카메라 FLIR T460

본 플랫폼의 개발환경은 표1에서 제시한 바와 같다. 언어는 C#과 C++을 사용하였고, 서버는 MS Window 8.1 OS환경의 PC를 사용하였고, 3D 360도 VR 영상 제공과 클라우드 게임 서버 기능을 제공하는 Unity 게임 엔진을 이용하여 개발하였다. 3D Max와 3D Maya를 이용하여

아바타의 감성 표현을 위한 3D 이미지를 제작하였다. 사용자의 인터페이스를 위하여 사용하는 웨어러블 장치는 근전도 센서가 내장되어 있는 Myo arm band[11]를 이용하였다.

개인 공간의 주사용자는 감정 표현을 저장한 감성 DB에서 원하는 감성 표현을 선택하여 원격지 현장의 홀로그램 아바타에게 전달한다. 현장의 아바타는 반투명 하프 미러 필름으로 제작된 홀로그램 디스플레이로 구성되며 상향으로 프로젝터가 해당 DB의 아바타 영상을 조사하여 홀로그램 필름에 전송된 이미지가 맺히도록 동작한다.

주사용자의 명령은 감정 표현 데이터베이스에서 해당되는 표현을 몸에 장착된 웨어러블 디바이스를 이용하여 선택하여 손동작으로 전송을 선택하면 원격지의 아바타에게 전송된다. 주사용자가 선택과 전송하는 과정은 몸에 부착된 근전도 센서와 자이로를 이용하여 제스처 방식으로 명령을 선택하여 전달하는 것이 구현이 가능하다.

	즐거움	슬픔	분노	역겨움	흥겨움	놀람
공연						
강의						
스포츠						

(그림 3) 주사용자의 감성 표현 데이터베이스 예시[9]

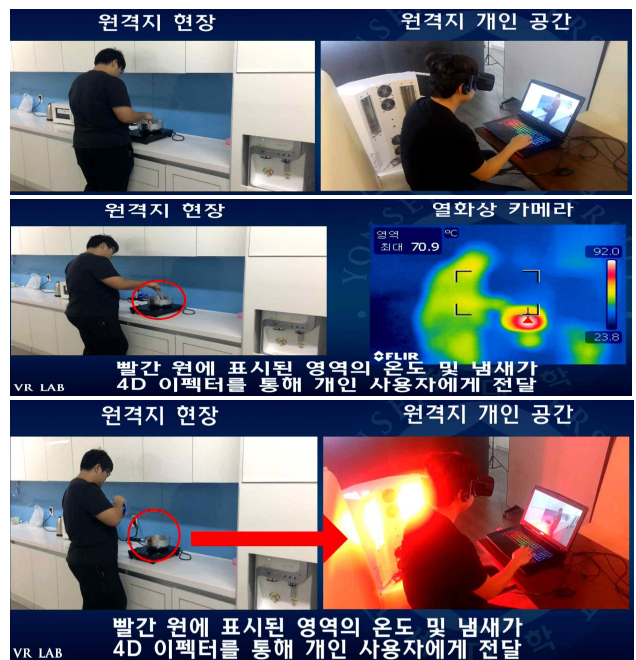
3. 원격 현실 플랫폼의 적용 및 실장 실험

그림4와 그림5는 구현된 플랫폼을 데모하기 위하여 실시된 동작 시연 장면이다. 그림4에서는 원격지 현장에서는 다수의 참여자가 대형 TV를 통하여 스포츠 중계를 시청하고 있으며 주사용자는 TV 시청 현장과는 멀리 떨어진 원격지의 개인 공간에서 가상현실 HMD를 사용하여 현장의 사용자들과 원격 존재를 체험하고 있다. 원격지 현장의 복수개의 360도 카메라를 통하여 주체험자에게 원격지 현장의 실감 3D 영상이 실시간으로 전달되며 사용자의 감정 표현은 현장의 홀로그램 디스플레이에서 아바타를 통하여 현장의 다른 체험자들과 공유되고 있다. 원격지의 온도 등 센서 정보는 미디어 데이터에 첨부되어 사용자에게 전달되어 사용자가 메시지 형태로 확인할 수도 있고, 필요시에 4D 효과 장치를 사용하여 개인 공간에서 재연하는 기능이 지원된다. 그림5는 원격지의 사용자가 요리 기구를 통하여 요리를 하고 있으며 주사용자는 원격 현실 플랫폼으로 현

장을 살펴보고 있다. 원격지의 센서정보는 열화상 카메라를 통하여 취득되고 영상 미디어 데이터와 함께 주사용자에게 전달된다. 주사용자가 현장의 온도를 느끼고 싶으면 해당 영상에서 해당 영역 또는 부위를 선택하면 되고, 이 경우 4D 효과 장치가 현장의 온도를 주사용자의 개인공간에서 재연할 수 있다.



(그림 4) 사용자의 아바타를 홀로그램 디스플레이에 재연하는 원격 스포츠 관람의 시연 장면



(그림 5) 센서 데이터와 영상 데이터 실시간 전송 및 4D 장치를 이용한 사용자 체감 시연

본 현장 데모에서 원격지 현장에 참여한 참여자와 개인 체험자의 사용자 경험을 조사해보면, 개발된 플랫폼이 제공하는 사용자 경험이 어느 정도는 효과적임을 보여주고 있다. 현재 아바타의 표현을 다양화하기 위하여 추가적인 개발이 진행되고 있다. 아직 실험 진행 중에 주사용자 일부는 HMD 착용으로 인한 눈의 피로와 멀미 증상이 보이는 경우도 있었으며 이러한 VR HMD의 사용자 적응

정도가 사용자 체험 만족도에 영향을 주고 있다고 판단된다. 장비 환경의 제약으로 인하여 아직 실제 스포츠 현장에서 데모를 실시하지는 못하였지만, 인터넷 무선 기능을 보완하여 현장에서 실제 적용되도록 시스템을 보완하는 것이 필요하다. 또한, 향후 구현에서는 체험자의 만족도 향상을 위한 감성 표현 DB를 다양화하고, HMD의 사용자 불편함을 감소시키기 위한 방안에 대하여 추가적인 노력을 진행할 계획이다.

4. 결론

본 논문에서는 원격지 사용자간에 감성 표현을 전달하고 정보를 공유하는 사용자 경험을 제공하기 위한 원격 현실 및 원격 존재 플랫폼의 구현을 소개하였다. 구현된 시스템은 HMD(Head Mounted Display)를 착용한 주사용자에게 현실 공간에서는 멀리 떨어진 원격지 현장의 실감형 3D 360도 영상을 VR HMD를 통하여 제공하며 원격 현장에서 취득한 환경 센서 정보를 MPEG-V 규격에 맞추어서 주사용자에게 전달한다. 원격지의 다른 참여자들은 주사용자의 감성 표현을 사용자 아바타의 현장에 있는 홀로그램 디스플레이를 통하여 볼 수 있는 원격 현실 기능을 제공한다. 지금 구현한 현재의 시스템은 고속 무선 인터넷 지원의 연결성 환경 문제가 있어서 실제 야외의 실외 현장에서는 현장 데모를 실시하지 못하였으나 추가적인 개발을 통하여 향후에는 보완이 가능하다. 본 연구에서 실내 환경에서의 현장 데모를 통하여 VR HMD 주사용자와 대형 TV 스크린으로 스포츠 경기를 시청중인 원격지에 있는 다른 참여자들 간에 감성 표현을 전달하는 것을 시연하였다. 또한 피실험자로부터 개발된 시스템을 체험하면서 느낀 체험효과에 대한 조사를 실시하였으며 원격 현실과 원격존재를 체험하는데 효과적이라는 결과를 얻었다.

감사의 글 : “이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2015R1A2A1A1607493)”

참고문헌

[1] A. Nagendran, G. Welch, C. Hughes, and R. Pillat, Technical Report: Exploring Human Surrogate Characteristics. Springer, Lecture Notes in Computer Science (8844), 216-228, (2013).

[2] Susumu Tachi, Telexistence Past, Present, and Future. Springer, Lecture Notes in Computer Science (8844), 229-258, (2013).

[3] Susumu Tachi, “Telexistence: Enabling Humans to Be Virtually Ubiquitous,” IEEE Computer Graphics and Applications vol 36(1) pp. 8-14,(2016).

[4] K.Yoon, S. Kim, J. Han, S. Han, M. Preda. MPEG-V: Bridging the Virtual and Real World, Elsevier (2015).

[5] C. Timmerer, J. Gelissen, M. Walt, and H. Hellwagner, Interfacing with Virtual Worlds, Network and Electronic Media Summit (2009).

[6] 배효철, 윤경로, MPEG-V를 중심으로 본 실감 미디어 표준화 동향, 한국통신학회지 (정보와통신) 제32권(3), pp. 11-17, 2015.

[7] Hojun Lee, Gyutae Ha, Sangho Lee, Jaewkang Cha and Shiho Kim, “A Hologram based Tele-existence Platform for Emotional Exchange Among a Group of Users in both Real and Virtual Environments”, accepted will be presented at ACM VRST(VR Software Technology) Nov. 2017.

[8] 이호준, 하규태, 이상호, 차재광, 김시호, VREscapeSim : 사용자 스스로 체득하는 가상현실 지하철재난 탈출 기능성 게임, 한국차세대컴퓨팅학회지 Vol. 12(4) pp. 125-132, 2016.

[9] 이호준, 김영교, 하규태, 이상호, 김시호, “원격지 다중 사용자간 감성 교환을 위한 MPEG-V 기반의 원격 존재 플랫폼”, 차세대컴퓨팅학회논문지, 2016.10월호 게재 예정

[10] Photon Unity Network (PUN), <https://www.photonengine.com/ko-KR/PUN>, last accessed [2016.10.15.]

[11] <https://www.myo.com/techspecs>, last accessed [2016.10.15.]

WSN을 위한 집단생태기반 DESYNC-TDMA의 슬롯 효율 분석

김광수¹, 신승훈², 노병희¹
¹아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과
²아주대학교 다산학부대학

{zubilan, sihsh, bhroh}@ajou.ac.kr

An Analysis of Slot Utilization in Bio-Inspired DESYNC-TDMA for Wireless Sensor Networks

Kwangsoo Kim¹, Seung-hun Shin², and Byeong-hee Roh¹

¹Department of Computer Engineering, Ajou University

²Dasan University College, Ajou University

요약

Wireless Sensor Network (WSN)는 최근 IoT 패러다임의 핵심기반 프로토콜로서, 수많은 노드가 제한된 무선 자원을 효율적으로 활용하여 확장성을 확보하는 것이 매우 중요하다. DESYNC-TDMA는 집단생태기반으로부터 영감을 받은 무선센서환경을 위한 분산, 동적할당 방식을 갖는 TDMA 프로토콜로서 노드의 진입/진출이 자유롭고 매우 적은 오버헤드로 슬롯을 할당할 수 있다. 본 논문에서는 DESYNC-TDMA의 슬롯사용 방법을 분석하여 노드수가 증가함에 따라 노드의 슬롯 할당 및 그 효율이 변하는 양상을 분석하였다. 본 논문의 분석결과로부터 슬롯 분할로 인한 성능 저하를 확인하였다.

1. 서론

Wireless Sensor Network (WSN)는 최근 IoT 패러다임의 핵심기반 프로토콜로서, 수많은 노드가 제한된 무선 자원을 효율적으로 활용하여 확장성을 확보하는 것이 매우 중요하다[1]. WSN을 위한 MAC 프로토콜은 주로 경쟁 (Contention) 기반 방식과 일정 (Schedule) 기반 방식으로 나눌 수 있는데, CSMA/CA 기법을 활용하는 경쟁기반 방식은 패킷을 충돌 없이 전송하기 위한 오버헤드가 과중하여 효율적이지 못하다. 이를 극복하기 위하여, 집단생태기반의 알고리즘으로서 분산 및 동적슬롯할당의 특성을 갖는 TDMA 방식인 DESYNC-TDMA [2]가 제안되었다. DESYNC-TDMA는 중앙 통제 없이도 네트워크를 유지할 수 있으며, 노드의 진입/진출이 자유롭다. 본 논문에서는 DESYNC-TDMA의 슬롯사용 방법을 분석하여 노드수가 증가함에 따라 슬롯 할당 및 그 효율이 변하는 양상을 분석한다.

2. 배경: DESYNC-TDMA

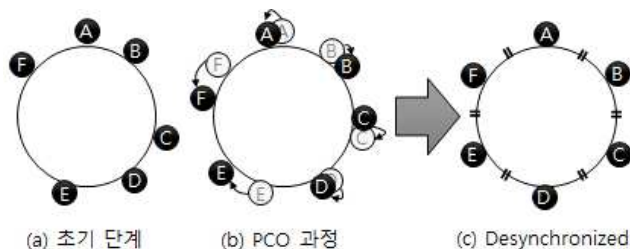
TDMA방식은 기본적으로 각 노드가 데이터를 겹치는 시간에 전송하지 않도록 하기 위하여, 주기 T 를 임의의 슬롯으로 분할하고 각 노드에 슬롯을 할당하여 데이터를 전송할 수 있도록 한다. 이러한 방법에서 각 주기 T 의 시작점을 동기화하는 것이 매우 중요하고, 최근 집단생태기반한 Firefly Synchronization (F-SYNC)[3] 방법이 제

안되었다. F-SYNC 방법은 중앙 통제노드의 Beacon 없이도 동기화를 이룰 수 있는 장점이 있으나, 슬롯 할당을 위하여 별도의 과정이 필요하다는 단점이 있고 이는 프로토콜에 오버헤드로 부담된다.

DESYNC-TDMA[2]는 F-SYNC에 기반한 집단생태기반의 알고리즘으로서 F-SYNC과 반대의 특성을 갖는다. DESYNC-TDMA는 각 노드가 기준으로 삼는 시간을 각 주기 내에 균등 분산하여 동기화 문제를 해결하고, 이를 이용하여 각 노드가 스스로 슬롯을 할당할 수 있도록 구성되어 있다. 따라서, DESYNC-TDMA는 분산 및 동적슬롯할당의 특성을 갖는 TDMA 방식이다.

2.1 Desynchronization 과정

각 노드는 주기 T 에서 한번 Firing 메시지를 전송한다. Firing 메시지는 반딧불이의 발광현상을 모델링한 것으로, 주변의 이웃노드는 Firing 메시지를 수신하여 그 시간을 기록한다. Desynchronization 과정은 구성요소가 서로 영향을 미쳐 균형상태에 이르게 된다는 이론인 PCO [4]에 근거한다.



(그림 1) Desynchronization 과정

1) 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2015R1A2A2A01005577).

(그림 1)은 Desynchronization 과정을 보여준다. (a) 초 단계는 각 노드가 주기 내에서 임의의 시간에 자신의 TDMA 기준점인 Firing 메시지를 전송하는 것을 보여준다. 각 노드는 (b) PCO 과정 동안 자신의 Firing을 전송하는 시간을 조정하게 된다. (b)에서 속이 빈 원은 이전 주기의 Firing시간을 의미하며, 검은 원은 각 노드의 다음 Firing가 전송될 시간이다. Firing 전송 시간을 조정하는 기준은 현재 주기 동안 수신한 자신의 Firing의 앞, 뒤 Firing 시간이다. (예를 들어, 노드가 A,B,C,...,F 순으로 Firing 메시지를 전송하는 경우, 노드 A의 앞 노드는 F, 뒤 노드는 B이다.) 각 노드는 자신의 앞과 뒤 Firing의 중간으로 다음 주기에 자신이 Firing을 전송할 시간을 이동시킨다. 이러한 Desynchronization 과정은 간단히 식 (1) 과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi_i(t+1) = T + \frac{(\phi_{i,-}(t) + \phi_{i,+}(t))}{2}. \quad (1)$$

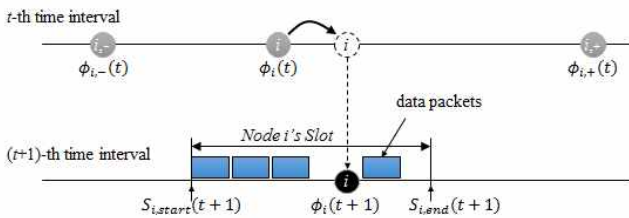
식(1)에서 $\phi_{i,-}(t)$ 및 $\phi_{i,+}(t)$ 은 각각 노드 i 의 앞, 뒤의 Firing 메시지의 시간을 의미하며, t 번째 주기의 정보를 이용하여 $t+1$ 번째 주기의 Firing 시간을 얻어냄을 알 수 있다. 최종적으로, (c) PCO 과정에 의하여, 각 노드의 Firing 시간은 주기 T 내에서 균등하게 분포하게 되며, 이를 Desynchronized 상태라 한다.

2.2 TDMA 슬롯 할당 과정

DESYNC-TDMA의 슬롯할당은 Desynchronization 과정 중에 자신의 앞, 뒤 Firing 의 정보를 이용하여 노드 스스로 할당한다. 수식 (2) 는 노드 i 의 슬롯의 시간 범위를 나타내며, 각 노드 i -(앞)와 i 의 중간, 노드 i 와 i -(뒤)의 중간을 의미한다.

$$S_i(t+1) = \left[T + \frac{\phi_{i,-}(t) + \phi_i(t)}{2}, T + \frac{\phi_i(t) + \phi_{i,+}(t)}{2} \right]. \quad (2)$$

각 노드는 이러한 방법으로 스스로 자신의 슬롯을 할당하며, (그림 2)와 같이 각 노드의 Firing 메시지가 자신의 슬롯 중간에 위치하게 되어, 결과적으로 각 노드에 할당된 슬롯은 Firing 메시지에 의하여 양분된다.



(그림 2) DESYNC-TDMA 슬롯할당 및 Firing의 위치

(그림 2)에서 각 data packet과 Firing 메시지의 가로 길이를 전송에 사용한 시간이라 하고, 각 데이터 패킷의 크기가 일정하다고 가정한다. 이 경우, (그림 2)의 Firing

메시지에 의하여 분할된 슬롯 (앞 슬롯 및 뒤 슬롯)은 각각 패킷 하나를 온전히 보내지 못하는 자투리 시간이 생기게 되고, 이러한 시간적 낭비로 인하여 슬롯활용의 비효율성을 갖는다.

3. DESYNC-TDMA의 슬롯 효율 분석

본 논문은 이렇게 분할된 TDMA 슬롯에 대하여, 할당된 슬롯 공간 대비 공간의 분할에 의한 슬롯 낭비의 양상을 분석한다.

Desynchronization 상태인 경우, 슬롯은 네트워크에 존재하는 노드 수에 반비례하여 각 노드에 균등하게 할당된다. 따라서 각 노드에 할당되는 슬롯의 길이는 주기 T 에 대하여 다음과 같다.

$$T = n \times L_s \quad (3)$$

여기에서 n 은 노드의 수, L_s 는 노드에 할당되는 슬롯의 길이를 의미한다.

전송되는 패킷의 길이가 L_P 로 일정하다고 가정하면, L_s 는 Firing 메시지에 의하여 슬롯 S_1 과 S_2 으로 분할되고, $(m_1 + m_2)$ 개의 패킷과 자투리 공간 $(R_1 + R_2)$, Firing 메시지 (L_f)로 구성되며 그 식은 각각 다음과 같다.

$$L_s = S_1 + S_2 \quad (4)$$

$$S_1 = m_1 \times L_P + R_1 \quad (5)$$

$$S_2 = L_f + m_2 \times L_P + R_2 \quad (6)$$

식 (5) 및 (6)에서 $m_1 \geq m_2$ 의 관계가 성립하며, 실제 전송된 패킷의 수는 각각 다음과 같이 구할 수 있다.

$$m_1 = \left\lfloor \frac{L_s/2}{L_P} \right\rfloor, m_2 = \left\lfloor \frac{L_s/2 - L_f}{L_P} \right\rfloor \quad (7)$$

따라서, 할당 슬롯에서 데이터 패킷을 내보낼 수 있는 슬롯 시간 (DESYNC-TDMA의 오버헤드인 Firing 메시지를 전송하는 시간인 L_f 를 제외한 시간, S_{data})과 S_{data} 내에서 실제 데이터가 전송된 시간(T_{data})은 다음과 같이 계산된다.

$$S_{data} = L_s - L_f \quad (8)$$

$$T_{data} = (m_1 + m_2) \times L_P \quad (9)$$

T_{data} 는 할당된 슬롯이 분할됨에 따라, 패킷 하나를 온전히 보낼 수 없는 자투리 공간을 제외한 시간이다. 따라서 본 논문에서 분석하고자 하는 노드 수 n 에 대한 할당된 슬롯 공간 대비 공간의 분할에 의한 슬롯 낭비의 양상 (Slot to Transmitted data Ratio, STR)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$STR(n) = \frac{T_{data}}{S_{data}} = \frac{(m_1 + m_2) \times L_P}{T/n - L_f} \quad (10)$$

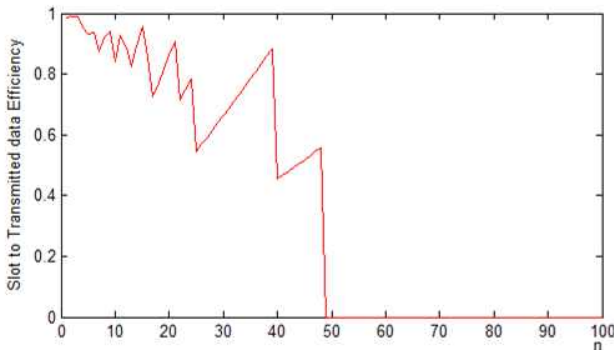
4. 분석 결과

본 절에서는 앞서 분석한 DESYNC-TDMA의 슬롯 활용을 무선환경의 파라미터 (<표 1> 참고)를 이용하여 결과를 도출하였다.

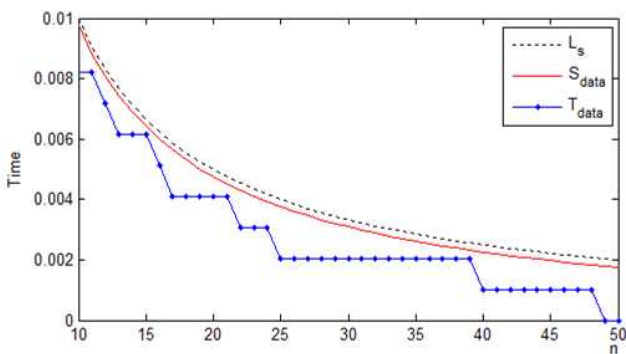
<표 1> Parameters

Parameter	Value
T	0.1 sec
n	1-100 nodes
data rate	1,000,000 bps
L_p	1,024 us
L_f	244 us

파라미터 중, L_p 와 L_f 는 널리 접할 수 있는 WLAN (IEEE 802.11b) [5]의 PHY/MAC 파라미터를 참고하여, packet preamble 192us와 header의 노드 ID 48 bits, data rate 을 반영하여 패킷이 최종적으로 패킷이 Medium을 점유하는 시간으로 지정하였다.



(그림 3) 노드의 수에 따른 STR



(그림 4) 슬롯에 대한 패킷 전송 시간

(그림 3)은 노드의 수 ($n=1-100$)에 따른 슬롯 대비 패킷 전송시간의 효율을 보여준다. 슬롯의 할당 시간은 노드 수에 따라 각 노드에 균등하게 할당이 되므로, 노드 수가 50개를 넘어가는 네트워크에서는 1024us의 패킷을 전송할 수 없다. 슬롯의 효율은 감소하는 부분과 증가하는 부분이 번갈아 나타나게 되는데, 이는 (그림 4)에서와 같이 패킷 전송시간은 일정하지만 노드에 할당된 슬롯의 시간이 점차 줄어들게 되기 때문에 슬롯의 효율이 증가하는 것이며, 반대로 자투리 공간이 부족하여 패킷 전송 시간이 줄어들 때 슬롯 효율이 급격히 감소하게 된다.

(그림 4)의 결과 중, 노드 수 24-25개의 구간을 살펴보면, 노드 25개일 때 하나의 패킷을 더 전송할 수 있는 시간이 있음에도 전송하지 못하고 슬롯 효율이 감소되는 현상을 확인할 수 있다. 이는 슬롯이 두 개로 분할되면서 두 슬롯의 자투리 시간 합이 패킷 하나를 전송하는 시간보다 크지만, 그 구간이 나누어져 있기 때문에 전송하지 못하게 되는 것으로, 성능 향상의 가능성을 확인할 수 있다.

5. 결론

DESYNC-TDMA는 WSN을 위한 분산, 동적 할당방식의 TDMA 프로토콜로, 중앙의 통제 없이도 효과적으로 시스템을 유지할 수 있는 집단생태계의 동작방식으로부터 영감을 받아 개발되었다. 본 논문에서는 이러한 DESYNC-TDMA 프로토콜의 Desynchronization 유지 방법과 슬롯 할당 방식에 대해 알아보았다. DESYNC-TDMA는 할당된 슬롯의 중간에서 시스템을 유지하기 위한 Firing 메시지를 반드시 전송하여야 하므로, 슬롯이 두 개로 분할되게 된다. 본 논문에서는 이러한 상황에서 노드가 할당된 슬롯을 사용할 때 발생하는 현상 및 그 효율을 분석하였다. 차후 이렇게 발생 가능한 자투리 시간에 대하여, 보다 효율적으로 사용할 수 있는 방법 등이 제안되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] P. Rawat, K. D. Singh, H. Chaouchi, J. M. Bonnin, "Wireless sensor networks: A survey on recent developments and potential synergies," *The Journal of Supercomputing*, Vol.68, No.1, pp 1-48, Apr. 2014.
- [2] J. Degeysys, I. Rose, A. Patel, and R. Nagpal, "DESYNC: self-organizing desynchronization and TDMA on wireless sensor networks," in *Proc. IEEE IPSN '07*, Apr. 2007.
- [3] G. Werner-Allen, G. Tewari, A. Patel, R. Nagpal, and M. Welsh, "Firefly-Inspired Sensor Network Synchronicity with Realistic Radio Effects," in *Proc. ACM SenSys '05*, Nov. 2005.
- [4] R. Mirollo and S. Strogatz, "Synchronization of pulse-coupled biological oscillators," *SIAM Journal of Applied Math*, Vol. 50, No. 6, pp. 1645-1662, Dec. 1990.
- [5] IEEE 802.11 Working Group. "IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," in *IEEE Std 802.11-2012* (Revision of IEEE Std 802.11-2007), pp.1-2793, Mar. 2012.

Oral Session 3 - (29일/토 10:00 ~ 11:00)

- 머신러닝을 이용한 장애물의 특성 추정과 거리보상을 통한 벽 투과 탐지
/ 류한나, 유성원, 조성호 / 한양대학교
- 일상생활 행동패턴과 스마트폰 사용패턴에 기반을 둔 스트레스 분석 시스템 설계 및 구현
/ 이종익, 최선태, 조위덕 / 아주대학교
- BLE Scanning 성능분석을 위한 시뮬레이터 구현
/ Gaoyang Shan, 이병욱, 신승훈, 노병희 / 아주대학교

머신러닝을 이용한 장애물의 특성 추정과 거리보상을 통한 벽 투과 탐지

류한나, 유성원, 조성호
한양대학교 전자컴퓨터통신공학부

hnryu@casp.hanyang.ac.kr, swyoo@casp.hanyang.ac.kr, dragon@hanyang.ac.kr

Through-wall Detection with Machine Learning and Compensation under Unknown Wall Characteristics

Han Na Ryu, Sung Won Yoo, Sung Ho Cho

Department of Electronic and Computer Engineering, Hanyang University

요 약

최근 IR-UWB(Impulse Response - Ultra Wide Band) 레이더는 초 광대역을 이용한 우수한 신호 분해능 능력과 저전력 사용이 가능하다는 이점으로 재실 탐지, 혼잡도 측정, 생체 신호 등 여러 분야에서 주목을 받고 있다.

더욱이 도심에서의 테러나 자연재해로 인한 사고 현장과 같은 긴급한 상황에서 장애물 뒤의 표적을 탐지하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해서는 실시간으로 장애물의 특성을 추정하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 본 논문은 IR-UWB 레이더를 이용하여 기존과는 차별화된 벽의 특성 모델링 방식을 제안한다. 기존의 RF 신호를 이용한 매질 투과에 따른 수신 신호의 감쇠량을 비교하는 방식과 신호의 속도 차와 유전 상수를 이용하여 벽의 특성을 구분하는 방식과 달리 SVM(Support Vector Machine)과 DNN(Deep Neural Network)를 이용하여 벽의 재질과 두께를 추정하는 방법을 제시하였다. 또한, 제안된 방법의 타당성을 입증하기 위하여 기계 학습으로 추정된 장애물의 특성을 통해 표적의 실제 거리를 보상하였다.

수신 신호의 세기와 주파수 특성 값을 이용하여 SVM을 이용한 장애물의 종류 분류와 DNN을 이용한 장애물의 두께 추정방식을 제안한다. 실제 실험환경에서 재질은 95%의 두께추정 $\pm 2\text{cm}$ 오차 범위의 성능 확보를 통해 제안한 방법의 타당성을 입증하였다.

1. 서론

레이더를 이용한 벽 투과 기술은 실제 재난 현장에서 구조물 속에 갇힌 인명을 신속히 구조하고 테러 상황에서 건물 내부의 적의 상황을 파악하는데 활용된다.[1]

이로 인해 장애물의 특성을 추정하여 그 너머에 있는 표적의 추적을 통한 인명구조의 중요성이 대두되었다. 기존의 인명 탐지장비인 GPR 탐지기는 물, 돌, 철 구조물 등의 영향으로 표적의 탐지에 어려움이 있다.[2] 이와 같이 가변적 환경에서는 측정대상에서 발생하는 물리적 또는 에너지 신호를 검출하는 수동형센서 사용보다는 레이더와 같이 방출하는 에너지를 측정대상에게 주어 검출된 신호를 사용하는 능동형센서가 더 적합하다.

현재까지 RF 신호를 이용하여 매질의 종류를 추정하는 방식에는 RF 신호의 감쇠비와 투과 손실을 이용한 방법과 안테나 H/W구조적 설계 등을 통해 연구가 진행 중이다.[3] 하지만 현재 전파법규정에 따라 국방용도를 제외하고는 일반적인 인명구조나 산업현장 등의 적용에 많은 어려움이 있다.

이에 본 연구에서는 기존의 연구 방향과 달리 IR-UWB 레이더를 사용한 비가시 목표물 탐지 시 발생하는 처리 속도의 지연을 개선하고 수신 신호의 특성 값을 이용하는 신호 처리 과정을 통하여 장애물의 특성을 판단하는 연구를 진행하였다.

UWB는 FCC(Federal Communications Commission)의 규정에 따르면 중심 주파수의 20% 이상의 점유 대역폭을 가지거나 500MHz 이상의 점유 대역폭을 가지는 대역을 의미한다. 또한 IR-UWB 레이더는 저전력 통신이지만 광대역 사용으로 ISI(Inter Symbol Interface)에 강하고 분해능과 투과성이 우수하다는 이점이 있다. 이에 RF신호를 방사시켜 벽 뒤 비가시적인 표적의 위치를 탐지하는데 적합하다. [4][5]

이에 IR-UWB 레이더를 이용하여 실증 실험을 통해 획득한 데이터로부터 장애물의 특성 추정 방법에 대한 연구를 소개한다.

또한, 제안된 방법을 실제 환경에 적용하여 얻은 추정된 장애물의 특성을 바탕으로 장애물 너머의 표적의 추정 위치를 보상하고자 한다. 이를 위해 실제 건축물에 사용되는 매질 중 4가지를 선정하였고, IR-UWB 레이더로부터의 수신 신호 세기와 주파수 특성을 이용해 장애물의 종류 및 두께를 추정하였다. 마지막으로, 제안된 방법의 타당성 입증에 대해 장애물 너머 표적의 위치를 보상하는 방법을 제안한다.

본 논문의 제2장에서는 건축구조물에 이용되는 매질의 종류 및 유전 상수와 기존 선행연구 방법을 분석하고, 제3장에서 제안한 알고리즘에 대한 도식화와 각각의 알고리즘에 대한 기본개념과 장애물의 재질과 두께를 추정하는 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 실증 데이터로부터의 추

정 값과 실제거리를 비교 분석하였다. 끝으로 제5장에서 결론을 맺는다.

2. 기존연구 방법

실제 건축 구조물은 공정에 따라 구조 형식 및 사용되는 자재의 종류가 다양하다. 다음은 미국의 MasterFormat 2016을 이용하여 건축 자재를 선정하여 아래와 같은 표1을 작성하였다.[6]

<표 1> 건설현장의 자재 종류

종 류	매 질	유전율
Air	Air	1.000585
Concrete	Concrete	8.0 - 10.0
	Reinforcing rod	6.0 - 12.0
	Cement	3.0 - 4.8
Masonry	Brick	3.7 - 4.5
Wood and Plastics	Wood	1.2 - 5.0
	Plastics(PVC)	3.0 - 4.0
	Chip board	2.0
Thermal Protection	Insulation (Polystyrene)	2.4 - 2.6
Maintenance of Finishes	Gypsum Board	5.7

RF 신호가 장애물을 투과하여 물체를 탐지할 경우, 재질의 특성에 따라 고유 유전 상수와 투과율 값에 의한 신호의 변화로 장애물 뒤 표적의 거리 정확도에 영향을 준다. 만약 일반적으로 사용되는 진공에서의 빛의 속도를 이용하여 장애물 뒤의 표적을 탐지할 경우 표적의 실제 위치와 추정 위치 간의 오차가 발생한다.

이를 보상하기 위해 사용된 기존의 벽 투과 탐지 방법들은 다음과 같다.

<표 2> 기존연구 벽 투과 연구방법

레이더 종류	연구 방법
RF(RSSD)[3]	주파수에 따른 전파 감쇄량 및 투과손실을 통한 재질분석
FMCW Radar[7]	주파수연속변조별 반응주파수 이용한 재질분석
SIL Radar[8]	도플러 효과를 이용한 거리측정
SAR Radar[9]	다수의 Tx, Rx 사이의 각도 차이 이용한 위치측정

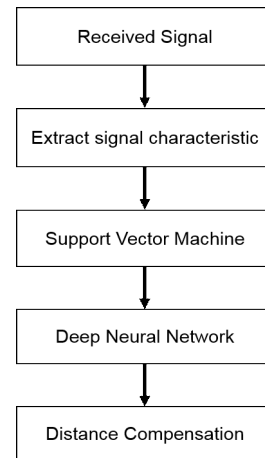
첫째, 공기 중에 방사된 레이더 신호의 전파 세기와 장애물 투과에 따른 신호의 감쇄 및 투과 손실을 분석하여 벽의 종류를 추정하고[3][7], 둘째, 재질에 따른 유전 상수와 표적으로 반사되어 돌아온 신호의 시간차를 분석하여 장애물의 두께 및 표적의 거리를 보상해주는 방식으로 연구가 진행되어 왔다.[8][9]

기존 연구와 달리 본 논문에서는 레이더에서 수신되는 신호를 주파수특성에 따른 증감 특성을 이용해 가변적 상황에서 벽의 종류와 두께를 추정하는 방법을 제안한다.

3. 제안한 연구 방법

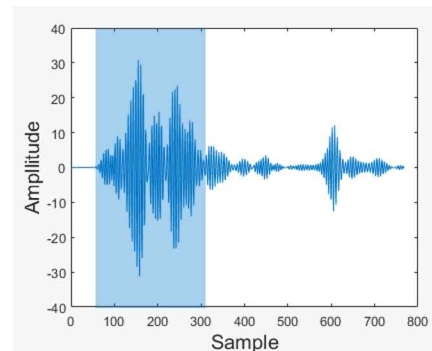
본 논문에서 레이더로부터 수신된 신호의 크기와 주파수의 특성으로부터 특징 값을 추출하여 장애물의 종류와 두께를 추정을 위해 서포트 벡터 머신(SVM)과 딥뉴럴네트워크(DNN)을 활용하였다. 이를 통해 추정된 장애물의 특성을 이용하여 장애물 뒤 표적의 거리 오차를 보상하는 과정을 수행하였다.

아래의 그림1은 제안된 알고리즘의 수행과정을 간단히 도식화 한 것이다.



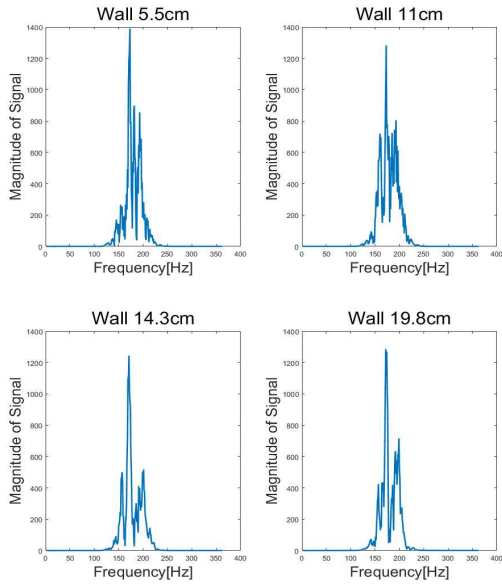
(그림 1) 제안된 알고리즘의 순서도

3.1 신호의 특징 값 추출



(그림 2) 실제 장애물 투과한 수신신호 프레임

위의 그림2와 같이 실제 수신신호로부터 거리에 따른 신호의 세기는 매질의 특성에 따라 다르다. 그림2에서 표시된 영역은 전파가 장애물 투과 시 영향을 받는 구간으로 커플링 신호, 매질의 변화에서 발생하는 신호, 멀티패스 신호가 발생하며 이러한 특성에 기초하여 구간 내 peak 성분을 추출하였다.



(그림 3) 벽의 두께별 FFT 스펙트럼

또한, 그림3과 같이 매질과 두께에 따른 선택적 페이딩으로 인한 주파수별 감쇠량의 차이를 이용하여 매질별 두께를 추정하였다.

수신신호로부터 주파수의 특성을 추출하기 위하여 주파수 영역에서 peak성분을 찾는다. [10]에서와 같이 최대 peak 성분을 찾고 이를 기준으로 인접한 범위내의 샘플을 삭제한다. 그 다음에 처음 값을 제외한 나머지 peak값 중 최대 peak를 찾는 과정을 반복함으로써 구하고자 하는 n개의 peak 값을 추출할 수 있다.

이러한 일련의 과정을 통해 얻어진 특징 값을 기준삼아 매질별 두께의 특성에 따른 classifier를 형성 하였다.

3.2 Support Vector Machine

건축 구조물을 구성하는 재질의 종류는 규격화 되어있어 학습된 데이터를 정확하게 추정하는 SVM을 이용하여 재질의 종류를 분류하였다.

일반적으로 SVM은 이진 분류기로서 두 개의 클래스가 혼합되어 있는 상황에서 두 클래스를 최적으로 분리해낼 수 있는 경계를 찾아 새로운 데이터가 어느 영역에 속하는지 판단에 사용되는 기계학습 방법이다.[11]

하지만 [11]에서와 같이 SVM은 단일 클래스 뿐만 아니라 다중 클래스에 대한 분류 또한 가능하므로, 본 논문에서는 SVM을 이용해 총 4가지 매질에 대한 분류를 진행하였다.

또한, 유한차원 내에서 선형구분으로 데이터가 분리되지 않을 경우, 더 높은 차원으로 대응시켜 분리하는 커널함수

$k(x,y)$ 을 사용하여 분류한다.[12]

하지만 커널을 이용한 다차원의 SVM방식은 학습된 데이터에 대한 에러를 최소화할 수 있지만 새로운 데이터에 대한 오차가 발생할 확률이 높아지며 이에 잘못 판단될 확률이 높아진다.

이에 본 논문에서는 재질 별 수신신호의 신호 파형을 분석하여 특징을 바탕으로 4가지 재질을 분리하기 위해 다중 클래스 linear SVM을 이용한 분류방식을 이용한 연구 방법을 사용하여 진행하였다.

3.3 Deep Neural Network

재질에 대한 두께는 연속적인 값을 가지기 때문에 모든 경우의 수를 측정하여 학습시킬 수 없다.

그러나 뉴럴네트워크는 불확실성을 내포한 데이터의 추상화 능력 및 비선형 함수로의 모델링을 통한 결과 예측이 가능하기에 이를 이용하여 두께를 추정할 수 있다.[13]

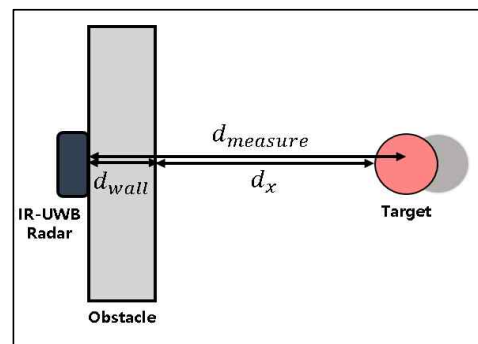
DNN은 은닉층(Hidden Layer)의 개수에 비례하여 정확도가 향상되지만, 데이터 분석속도는 반비례되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 DNN의 학습 진행과정에서 각각의 은닉층(Hidden Layer)에서 동일한 N개의 임의의 데이터를 추출하여 학습함으로써 하나의 classifier에 의해 결정짓는 것이 아닌 다양한 classifier의 구성할 수 있다.[14]

이러한 추정 방식으로 데이터 학습 시 소요되는 처리 속도의 향상 및 오버피팅 확률을 개선할 수 있다.

매질의 두께별 수신신호로부터 특정 주파수 영역의 증감 변화 특성을 추출하였다. 이를 뉴럴네트워크에 적용하여 장애물의 두께를 추정하는 방법을 제안한다.

3.4 거리 보상

건축구조물에서 사용되는 재질별 물성을 정리한 표1로부터 일반적인 벽 재질의 유전 상수를 선택하고 두께를 알 수 있다면 벽 내부의 속도를 추정하여 장애물 뒤의 비가시적 표적의 위치를 보상할 수 있다. [15][16]



(그림 4) 벽 투과 환경에서의 거리오차

위의 그림 4와 같이 장애물의 유전 상수(ϵ)과 두께(d_{wall}), 장애물과 표적 사이의 거리(d_x)를 정의함으로써 다음과 같이 표적의 실제 거리($d_{measure}$)를 추정 할 수 있다.

$$v_{wall} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}} \quad (1)$$

$$c \left(\frac{d_{wall}}{v_{wall}} + \frac{d_x}{c} \right) = d_{measure} \quad (2)$$

$$d_x = d_{measure} - d_{wall} \sqrt{\epsilon} \quad (3)$$

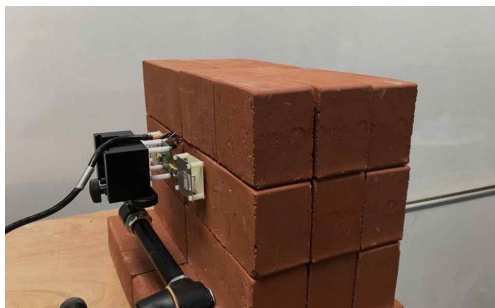
c : 빛의 속도
 v_{wall} : 장애물 투과 시의 전파의 속도.

다음 제4장의 실증 실험단계를 통해 장애물의 종류와 두께를 추정하여 제5장 데이터 분석 시 위의 보상 과정을 통하여 거리 오차를 최소화하였다.

4. 실험 환경

장애물 투과에 따른 비가시적인 표적을 탐지하고 추적하기 위해서는 높은 해상도와 투과율을 필요로 한다. 이에 저 전력으로 광대역 주파수 특성으로 높은 투과율과 시간 분해능을 가지는 IR-UWB 레이더를 이용하여 연구를 진행하였다.

구조물의 특성을 추정하기 위해 다음 그림5와 같이 IR-UWB 레이더를 구조물의 표면에서 내부를 향하도록 위치한다. 이를 통해 전파를 장애물 내로 방사하여 표적으로부터 반사되어 돌아온 신호를 분석한다.



(그림 5) IR-UWB 레이더 실험환경

실험단계에서 라온우리社의 X2RF IC IR-UW 레이더와 Novelda社의 Sinuous 안테나 모듈을 사용하여 연구를 진행하였다.



(그림 6) X2RF IC (그림 7) Sinuous Antenna

<표 3> 하드웨어 스펙 요약

Parameter	Unit
X2RF IC	
Center Frequency	6.8 [GHz]
Band Width	2.3 [GHz]
Parallel Sample	256
Sinuous Antenna	
Size	45 × 45 × 14 [mm]
Frequency Range	6.0 - 8.5 [GHz]
Radiation Degree	65° - 80°
Gain	60 dBi

또한, 다음의 표4와 같이 실제 연구에 사용 된 매질별 크기를 규격화 하여 매질별 특성과 두께에 따른 변화를 분석하였다.

<표 4> 실험단계에서 사용 된 매질 규격

매질	가로 × 세로 × 높이 [mm]
Brick	190 × 55 × 88
Wood	500 × 500 × 11
gypsum	300 × 300 × 10
Polystyrene	300 × 300 × 10

다음과 같은 특성을 근거하여 테스트 데이터를 수집 및 분석을 진행하였다.

첫째, 장애물이 없는 환경(LOS: Line of Sight)와 장애물이 있는 환경(NLOS: Non Line of Sight)으로 나누어 벽을 투과한 신호의 변화 패턴을 분석하였다.

둘째, 모든 물질은 고유의 유전 상수와 투자율 특성을 가지지만 콘크리트를 포함한 대부분의 유전체는 비자성 물질로 진공상태의 투자율에 근사하므로 유전 상수만을 고려하였다.

셋째, 환경이나 하드웨어에 따른 신호변화에 의한 오차를 최소화하기 위하여 수신신호를 표준화하였다.

넷째, 레이더와 목표물 사이에 표4에 제시된 재질과 두께를 통해 다양한 장애물을 설치하여 실증 데이터를 수집하였다.

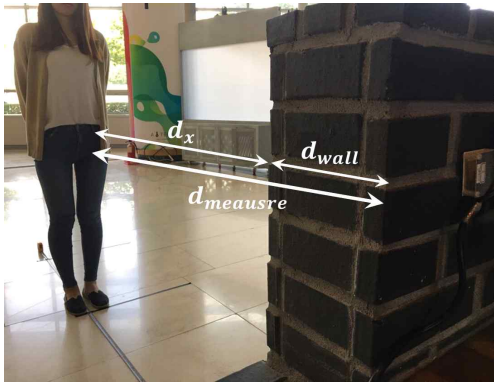
다섯째, 초광대역을 사용한 전파에서의 주파수 선택적 감쇠(Frequency Selective Fading)를 고려하여 특정 주파수에 따른 변화를 분석하였다.



(그림 8) 기계학습을 위한 데이터 수집

5. 실험 결과

본 논문에서 SVM과 DNN을 기반으로 설계된 기계학습 모델링 방법의 타당성을 입증하기 위해, 그림10과 같이 학교건물 내 벽기둥의 실증 데이터를 통해 제안된 이론과의 비교분석하여 아래의 표5에 정리 하였다.



(그림 9) 실제 환경에서 매질의 특성 추정

<표 5> 매질의 종류/두께 추정 결과

실제 값		추정 값	
Material	Thickness [mm]	Material	Thickness [mm]
Brick	200	Brick	189.521
Wood	200	Wood	192.127

그림10과 같이 2m에 표적이 위치한 상태에서 장애물의 종류에 따른 실험을 통해 레이더와 표적 간의 측정거리와 이론거리의 비교하여 표6에 제시하였다.

<표 6> 매질의 종류/두께 별 거리 오차 비교

Material	Thickness [mm]	Distance [m]	
		Estimated	Measured
Air		1.98	1.98
Brick	200	2.09	2.22
Wood	200	2.02	2.09
Insulation	200	2.10	2.12
gypsum	200	2.17	2.28

제안된 알고리즘을 통해 장애물의 종류를 판별하여 표1의 제시된 매질의 유전율과 매칭 하였다. 또한, 두께를 추정하여 제 3.4에서 제시된 거리보상 식을 이용하여 이론상의 거리를 구할 수 있었다.

표6에서 같이 제안된 장애물의 특성 방법을 사용하였을 때 재질은 95%의 두께추정 ±2cm 오차 범위의 성능 확인할 수 있었다.

6. 결론

본 논문은 IR-UWB 레이더를 이용하여 건축 구조물에 사용되는 벽의 재질과 두께를 추정하는 새로운 방법을 제안하였다. 이를 위하여 매질을 통과한 수신 신호의 반응 주파수와 거리에 따른 신호 세기로부터 특성 값을 추출하였고, 이를 기계 학습을 활용한 분류 및 추정 모델을 설계 하였다. 장애물을 투과하여 목표를 탐지하고자 하는 상황에서, 정확한 재질 별 유전 상수를 알고 있다면 본 논문에서 제안한 모델을 이용하여 표적의 거리 오차를 보상하여 표적의 정확한 거리를 추정할 수 있다.

참고문헌

- [1] Lawrence M. Frazier, "Radar Surveillance through Solid Materials," pp. 139-146, Feb. 1997.
- [2] Kamol Kaemarungsi, Krit Athikulwongse and Khongpan Rungprateepthaworn, "On Study of an Impulse RADAR Sensor for Subsurface Object Detection", ECTI-CON, IEEE, Jun. 2015
- [3] Ali H. Muqaibel, Nuruddeen M. Iya, Umar M. Johar and Mohamed A. Landolsi, "Ultra-wideband Characterization of Obstructed Propagation", IWCMC, IEEE, pp.624-629, Aug. 2011
- [4] A.G. Yarovoy, L.P. Ligthart, J. Matuzas and B. Levitas, "UWB radar for human being detection," IEEE Aerosp. Electron. Syst. Mag., vol.23, pp. 36-40. May. 2008.
- [5] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Impulse radio: how it works," IEEE Communications Letters, vol.2, no. 2, pp.36-38, 1998.
- [6] The Construction Specifications Institute and Construction Specifications Canada, "Master Format2016", pp. 1-186, Apr. 2016
- [7] Nadia Maaref, Patrick Millot, "Image Reconstruction for Sensing of Target Using 24GHz Through-The-Wall Radar", APSURSI, IEEE, Nov.

2012

- [8] Shobha Sundar Ram and Angshul Majumdar, "Through-wall propagation effects on Doppler-enhanced frontal radar images of humans", RadarConf, ARFTG, IEEE, May. 2016
- [9] Fok Hing Chi Tivive, Abdesselam Bouzerdoun, Moeness G. Amin, "A Subspace Projection Approach for Wall Clutter Mitigation in Through-the-Wall Radar Imaging," GRSS, IEEE, vol.53, pp.2108-2122, Apr. 2015.
- [10] Jeong Woo Choi and Sung Ho Cho, "A new multi-human detection algorithm using an IR-UWB radar system", INTECH, IEEE, pp. 467-472, Nov. 2013
- [11] Gjorgji Madzarov, Dejan Gjorgjevikj, "Multi-class classification using support vector machines in decision tree architecture", EUROCON '09 , IEEE pp.233-242, Jul. 2009
- [12] Anca Apatean, Alexandrina Rogozan, Abdelaziz Bensrhair, "SVM-BASED OBSTACLE CLASSIFICATION IN VISIBLE AND INFRARED IMAGES," IEEE Signal Processing Conference, pp.293-297, Apr. 2009.
- [13] Andreas Kurth, Adrian Saul, Steve Mounce, Will Shepherd, David Hanson, "Application of Artificial Neural Networks (ANNs) for the prediction of CSO discharges," CSPA, IEEE, pp. 50-57, May. 2008
- [14] "Through wall detection of human being based on SPC and wavelet packet transform by UWB radar", ICC, IEEE, PP. 955-958, Jun. 2013
- [15] Fok Hing Chi Tivive, Abdesselam Bouzerdoun, "An Improved SVD-based Wall Clutter Mitigation Method for Through-the-Wall Radar Imaging," SPAWC, IEEE, pp.430-434, Sep. 2013.
- [16] Michal Aftanas, Jana Rovňáková, Miloš Drutarovský, Dušan Kocur, "Efficient Method of TOA Estimation for Through Wall Imaging by UWB Radar," ICUWB, IEEE, Oct. 2008.

일상생활 행동패턴과 스마트폰 사용패턴에 기반을 둔 스트레스 분석 시스템 설계 및 구현

이종익*, 최선탉*, 조위덕*

*아주대학교 전자공학과

{binari152, suntaag62, wdukecho}@gmail.com

A Stress Analysis System Using Daily Activity and Smartphone Usage Pattern

Jong-Ik Lee*, Sun-Taag Choe*, We-Duke Cho*

*Dept of Electronic Engineering, Ajou University

요 약

본 논문에서는 손목형 활동량계와 GPS, 스마트폰으로 사무직 근로자의 스트레스 관련 행동 패턴과 업무 중 스마트폰 사용 행동을 추출하고 다중 선형 회귀분석을 적용하여 산출한 상관관계로 사용자의 스트레스 상태를 추론할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다. 구현 결과 두 명의 실험대상에 대해서 수면과 관련된 데이터가 업무 중 스마트폰 사용 행동과 통계적으로 유의한 상관을 보였다.

1. 서론

스트레스란 어떤 개인이 불안, 불편, 정서적 긴장의 결과로 느끼는 신체적 긴장 상태이다[1]. 이런 상태가 장기적으로 지속되면 심장병·위궤양·고혈압 등의 신체적 질환을 일으키기도 하고 불면증·노이로제·우울증 등의 심리적 부작용이 나타나기도 한다. 스트레스로 인해 신체가 영향을 받게 되면 일상생활에도 큰 영향을 미치게 되는데, 예를 들어 스트레스를 받으면 수면의 질이 낮아지게 되고 집중력이 떨어져 업무 중 업무 이외의 행동이 빈발하게 된다.

이처럼 개인의 건강 상태나 행동 양식에 영향을 미치게 되는 스트레스나 감정 상태를 IT 기술을 이용하여 측정하기 위한 방법으로 크게 세 가지 방법들이 제안되었다. 첫 번째는 영상을 이용하여 사람의 표정이나 몸짓에서 감정을 인식하는 방법이며[2], 두 번째는 뇌파나 심박과 같은 생체 신호들을 사용한 방법으로 실제 감정의 변화에 대해 뇌파나 심박의 변화를 분석한다. 마지막으로 본 논문에서 사용한 스마트폰의 사용 정보를 이용한 방법이 있다[4, 5].

스마트폰은 현대 사회에서 필수품이 되었으며 많은 사용자는 하루 중 대부분의 시간 동안 스마트폰을 소지하고 있다. 따라서 스마트폰은 사용자의 기호나 습관 등 다양하며 전주기적인 생활 정보들의 수집을 가능하게 한다. 종래에 이러한 스마트폰을 이용한 SNS(Social Network Service)의 내용을 분석하거나[4], 애플리케이션의 사용, 전화, 메시지 등의 사용패턴 정보를 종합적으로 분석하는 연구가 있었다[5].

하지만, 종래의 연구들은 스마트폰에만 국한되어 사용자

의 정보를 수집하므로 스마트폰을 사용하지 않을 때에는 사용자의 생활을 추적할 수 없는 단점이 있다.

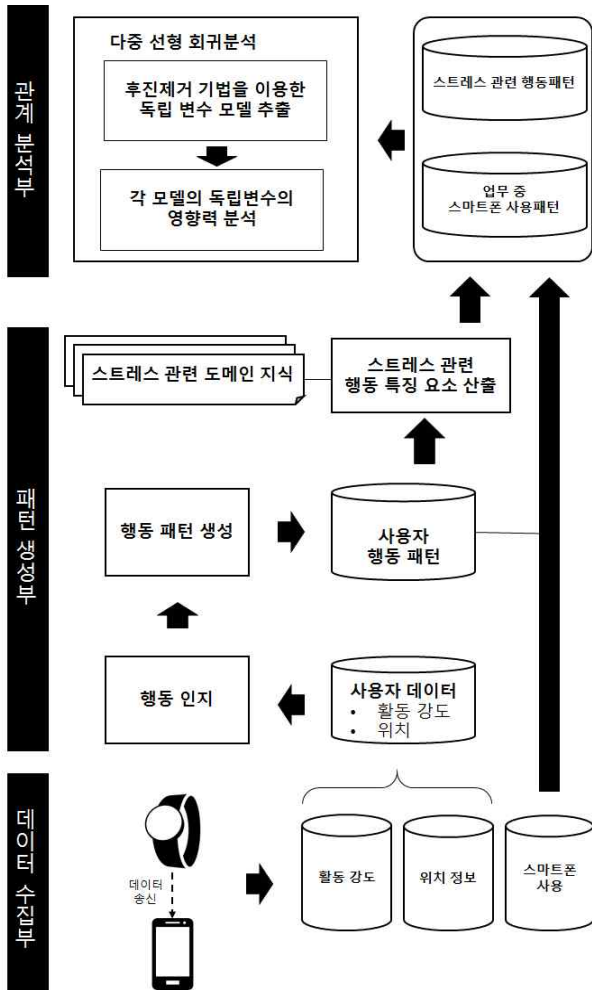
행동패턴으로 측정할 수 있는 데이터의 종류 중에는 ‘수면’과 ‘걷기’, ‘운동’도 포함되어 있는데 이는 스트레스에 영향을 주거나 받을 수 있는 요소들이므로 행동 패턴 분석을 통해 감정을 추론하거나 예측하는데 중요한 의미가 있다. 또한, 사무직 근로자의 경우 업무 중 스마트폰 사용 행동도 스트레스로 인한 결과로 해석할 수 있다. [6]은 직장인의 일상적 스트레스는 스마트폰 중독 수준에 유의미한 정적상관을 보인다고 밝혔으며, [7]은 직무 스트레스가 스마트폰 애플리케이션 사용 유형과 시간 및 장소에 상관관계가 있다는 것을 보였다. 하지만 사무직 이외의 근무환경은 업무 중 스마트폰 사용 패턴을 측정하는데 어려움이 있을 수 있으므로 본 연구에서는 실험대상을 사무직 근로자로 제한한다.

따라서 본 연구에서는 종래의 스마트폰의 사용 정보만 이용한 감정 추론 연구의 문제점을 해결하고자 사용자의 스마트폰 사용 정보와 웨어러블 디바이스의 정보를 함께 수집하여 분석하는 시스템을 제안한다.

2. 스마트폰, 행동 데이터를 이용한 스트레스 분석 시스템

제안하는 시스템은 스마트폰의 사용 정보와 손목형 활동량계에서 측정된 활동 정보, 위치 정보를 수집하는 부분과 스마트폰의 사용패턴과 행동패턴 생성하는 부분, 추출된

두 패턴의 관계에 대해 분석하는 부분으로 구성된다. 그림 1은 본 연구에서 제안한 시스템의 동작에 대한 간략한 구조이다.



(그림 1) 스트레스 분석 시스템 구조

2.1 데이터 수집부

데이터 수집부에서는 스마트폰, GPS, 손목형 활동량계를 이용하여 스마트폰 사용 정보과 행동 정보를 수집한다. 스마트폰에서는 사용여부를 초단위로 수집하며 동시에 GPS는 10초 단위로 수집한다. 손목형 활동량계에서는 활동 정보를 수집한다.

활동 정보 값을 수집하기 위해 Xiaomi社의 Mi-band를 사용하였다. Mi-band는 Bluetooth Low Energy(BLE)로 통신하여 데이터를 전송한다. 따라서 BLE를 이용한 개방형 오픈 프로젝트인 GadgetBridge 앱을 사용하여 분단위의 활동 정보 값을 추출한다.

2.2 패턴 생성부

2.2.1. 일상생활 행동패턴 생성

활동 정보 데이터를 이용하여 수면, 정적행동(앉기, 서있기), 걸기를 측정하고 GPS의 속도 값으로 차량이동 상태

를 판별한다. 또한 활동 정보와 GPS의 데이터를 결합하여 공부, 휴식, 업무, 운동 상태를 행동 패턴 요소 추출한다. 행동 인식 과정을 통하여 생성된 행동패턴 데이터는 스트레스 관련 도메인 지식을 이용하여 행동패턴 중 스트레스와 관련된 데이터를 추출한다. 표1은 측정에 사용된 장치와 추출한 행동패턴 요소를 나타낸다.

<표 1> 수집에 사용된 장치와 행동 패턴 요소

사용 장치	행동패턴
손목형 활동량계	수면, 정적행동, 걷기
GPS	차량이동
손목형 활동량계 + GPS	공부, 휴식, 업무, 운동

종래 수면과 스트레스의 관계에 대한 연구 중, [8]은 수면의 불만족스러움이 스트레스 증가와 관련성이 높다는 것을, [9]는 스트레스의 정도가 심해질수록 수면의 만족도가 감소하는 경향이 있는 것을 밝혔다. 스트레스와 관련된 행동 분석에 대한 연구 [10]은 앉아있는 시간이 늘어날수록 정신적 고통 또한 증가한다고 하였다.

스트레스를 받아들이는 정도에 관해서 [11]은 걷거나 운동 등 동적인 행동을 하면 스트레스를 보다 잘 이겨낼 수 있음을 실험을 통해 증명하였으며, [9]는 운동 횟수가 적을수록 스트레스 증가와 관련이 있음을 밝혔다. 또한 [12]은 수면에 대한 스트레스의 영향은 스트레스의 절대적인 강도나 빈도에 의해서가 아니라 개인의 스트레스에 대한 대응이나 대처양상에 의해 결정되는 면이 더 많다고 하였다. 예를 들어 불면증환자는 스트레스에 대해서 정상적인 사람보다 더 심각하게 받아들이는 것으로 나타났다.

이러한 스트레스 관련 도메인 지식을 기반으로 손목형 활동량계와 GPS를 이용하여 추출할 수 있는 요소를 설정한다. 측정 가능한 8가지 행동패턴 중 스트레스와 관련된 요소는 수면, 정적 행동, 걷기, 운동이다. 그 중 걷기와 운동은 같은 행동으로 간주하여 동적인 행동으로 분류한다. 따라서 스트레스 관련 행동패턴은 수면, 정적 행동, 동적 행동으로 구성된다. 세 종류의 구성 요소와 스트레스와의 관계는 표2와 표3에 명시하였다.

<표 2> 스트레스에 영향을 미치는 행동패턴 요소

스트레스	영향을 미치는 행동패턴 요소
상승	정적 행동 증가 (앉기, 서있기)
감소	동적 행동 증가 (걷기, 달리기)

<표 3> 스트레스에 영향을 받는 행동패턴 요소

스트레스	영향을 받는 행동패턴 요소
상승	수면 중 뒤척임 증가

표2과 표3에서 나타난 관계를 이용하여 스트레스와 관련된 행동패턴 요소의 특징을 정의한다. 정의한 특징들은 표5와 같다. 이후 본 연구에서는 스트레스 관련 행동패턴요소의 특징을 표4에서 정의한 명명법으로 사용한다.

<표 4> 스트레스 관련 행동패턴 정의 및 명명

구분	특징	이름
행동	하루 중 동적 행동의 비율 (걷기/운동, Dynamic)	DY
	하루 중 정적 행동의 비율 (앉기/서있기, Static)	ST
	동적행동 / 정적행동 (Dynamic/Static Ratio)	DSR
수면	수면 중 약한 뒤척임 비율 (Weak Sleep Toss)	WST
	수면 중 강한 뒤척임 비율 (Strong Sleep Toss)	SST
	하루 중 수면의 비율 (Sleep)	SL

2.2.2. 스마트폰 사용패턴 생성

스마트폰 사용패턴은 애플리케이션 형태의 수집기를 통해 표5와 같이 수집한다. 이 후 업무 중 스마트폰 사용 빈도를 추출하는 과정을 거쳐 하루 동안의 스마트폰 사용패턴을 생성한다.

<표 5> 스마트폰에 수집되는 데이터 예시

년	월	시간				초	화면상태 (사용여부)
		일	시	분	초		
16	9	4	0	2	27	On	
16	9	4	0	2	27	Off	
16	9	4	0	3	48	On	
. . .							

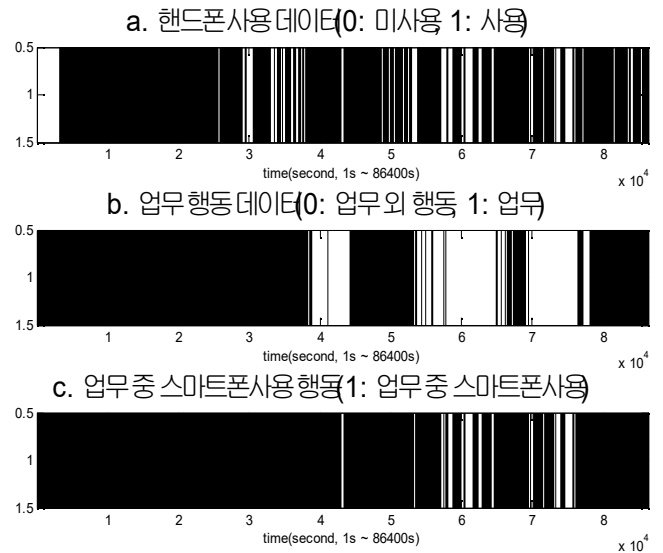
다음으로, 행동패턴에서 추출 가능한 업무행동과 스마트폰에서 수집된 스마트폰 사용여부 데이터를 사용하여 업무 중 스마트폰 사용 행위를 추출한다. 업무 상태일 때 스마트폰을 사용하고 있다면 표6과 같이 ‘업무 중 스마트폰 사용’으로 분류한다.

<표 6> 업무 중 스마트폰 사용여부 분류

구분	행동	행동	
		업무	업무 이외
스마트폰	사용	○	×
	미사용	×	×

사무직 종사자의 경우, 업무 중 스마트폰을 사용하는 행동과 관련하여 스트레스와 유의미한 정적인 상관관계가 있다[6]. 수집한 데이터를 이용하여 업무 중 스마트폰 사용패

턴을 그림2와 같이 추출한다. 그림2에서 그래프a는 하루 중 스마트폰의 사용 여부를 표현하며, 그래프b는 하루 중 업무 행동을 나타낸다. 이를 이용하여 그래프c와 같이 업무 중 스마트폰의 사용 여부를 산출한다.



(그림 2) 업무 중 스마트폰 사용 행동 추출 예시

2.3. 관계 분석부

앞서 산출한 행동패턴기반 스트레스 관련요소 6가지와 업무 중 스마트폰 사용 행동과의 상관관계를 분석하기 위해 다중 선형 회귀분석을 적용하였다. 회귀분석은 변수 간의 관계가 선형일 경우 의미 있는 결과를 도출할 수 있다. 스트레스와 관련된 도메인 지식에 근거하여 산출한 특징 6가지와 스트레스는 선형성을 따른다고 볼 수 있으므로 회귀분석에서 유의미한 결과를 얻을 것으로 예상된다.

회귀분석은 독립 변수와 종속 변수 간 인과관계를 살펴보기 위해 변수 사이의 모형을 구한 후, 적합도를 측정하는 분석 방법이다. 종속 변수를 업무 중 스마트폰을 사용하는 행위의 비율 값으로, 독립 변수를 행동패턴 특징 요소로 설정한다. 이들의 관계는 식 (3)과 같이 표현된다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + \epsilon \quad (1)$$

Y: 종속 변수 X_i : 독립 변수

β_i : 회귀계수 ϵ : 오차

Y는 종속변수인 업무 중 스마트폰 사용 행동 비율을 의미하고 X는 행동패턴 요소를 의미한다. β_i 는 각 요소별 회귀계수이고 ϵ 는 오차를 뜻하며 회귀분석은 이를 최소로 만드는 계수 β_i 를 구하는 것이 목적이다.

본 논문에서는 회귀분석을 통해 스트레스 관련 행동패턴 요소가 사무직 근로자의 업무 중 스마트폰 사용행위에 영향을 미치는 정도를 산출한다. 또한 각 행동패턴 요소 별로 업무 중 스마트폰 사용 행위에 미치는 영향력도 산출한다.

3. 실험

본 연구에서는 20대 중반 대학원생을 대상으로 실험하였다. 이들은 평일 오전에 출근하며 저녁 6시 이후 퇴근 하고 주말에는 휴식을 취하는 생활 패턴을 가지고 있다. 따라서 이들의 행동패턴과 업무 환경은 사무직 근로자와 유사하다. 각 실험대상 별로 10일, 12일 동안 데이터를 수집 하였으며 수집한 데이터를 이용하여 스트레스와 관련된 행동패턴 요소를 산출하고 업무 중 스마트폰 사용 행동의 비율을 추출하였다.

3.1. 회귀분석 결과

<표 7> 실험대상 1의 회귀분석 결과

모형	R^2	p	모형에 사용된 독립 변수
a	0.911	.105	C, SL, DSR, WST, ST, DY, WST
b	0.857	.077	C, SL, DSR, WST, DY, WST
c	0.84	.032	C, SL, WST, DY, WST
d	0.738	.035	C, SST, DY, WST
e	0.683	.018	C, SST, WST

<표 8> 실험대상 2의 회귀분석 결과

모형	R^2	p	모형에 사용된 독립 변수
a	0.673	.285	C, SL, DY, DSR, WST, ST, SST
b	0.649	.180	C, DY, DSR, WST, ST, SST
c	0.564	.163	C, DY, WST, ST, SST
d	0.528	.097	C, WST, ST, SST

실험대상 두 명에 대하여 회귀분석을 시행한 결과는 표7, 표8과 같다. 표7과 8에서 p값은 유의확률을 의미한다. 유의확률(p-value)이란 귀무가설이 참이라고 가정할 때 얻은 결과보다 극단적인 결과가 실제로 관측될 확률이다. 귀무가설이란 의미 있는 차이가 없는 경우의 가설이다. R^2 값은 독립변수로 이루어진 회귀식이 종속변수를 얼마나 설명 가능한지를 의미한다.

회귀분석 결과 실험대상 1은 모형 d의 결과가 유의확률 0.1 수준에서 결정계수 0.528으로 산출되었다. 이는 모형 d의 독립변수인 C(상수), DY, WST, SST 데이터를 이용하여 업무 중 스마트폰 사용 행동을 52.8% 설명할 수 있다는 것을 뜻한다. 실험대상 2는 4개의 모형에서 의미 있는 결정계수 값이 산출되었다. 각 모형은 순서대로 0.857, 0.84, 0.738, 0.683의 결정계수를 가지고 모형 b는 유의확률 0.1, 모형 c, d, e는 유의확률 0.05 수준인 것으로 산출되었다. 각 모형은 업무 중 스마트폰을 사용하는 행동을 85.7%, 84%, 73.8%, 68.3% 설명할 수 있다는 의미이다.

<표 9> 실험대상 1의 회귀식 계수 및 유의확률

모형	변수	표준화 β	p값
b	DY	-0.725	0.202
	DSR	0.31	0.523
	WST	6.348	0.024
	SST	5.479	0.031
	SL	-0.452	0.144
c	DY	-0.436	0.108
	WST	5.825	0.013
	SST	5.217	0.02
	SL	-0.368	0.136
d	DY	-0.265	0.302
	WST	6.091	0.015
	SST	5.466	0.023
e	WST	5.862	0.015
	SST	5.356	0.022

<표 10> 실험대상 2의 회귀식 계수 및 유의확률

모형	변수	표준화 β	p값
d	ST	-0.600	0.072
	WST	-13.431	0.031
	SST	-12.965	0.035

표9과 표10은 각 모형의 독립변수 별로 종속변수에 영향을 미치는 정도를 산출한 결과이다. 결정계수와 유의확률이 유의미한 모형에 대해서 회귀계수인 식 (3)의 값 β 를 독립변수의 단위에 영향을 받지 않게 표준화 한 값과 이에 대한 유의확률을 산출한 것이다.

실험대상 1은 4개의 모형에서 업무 중 스마트폰 사용 행동과 통계적으로 의미가 있는 것으로 나타났다. 네 가지 모형 모두 WST와 SST가 업무 중 스마트폰 사용 행동에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 수면 중 뒤척임이 늘어날수록 업무 중 스마트폰 사용 행동이 증가한다는 것을 보여준다. 이러한 결과는 기존 문헌에서 밝힌 스트레스 관련 양상이 본 연구가 제안한 분석 시스템을 통해 검출 될 수 있음을 보여준다.

실험대상 2은 모델 d에서 결정계수와 유의확률이 통계적으로 의미가 있는 것을 알 수 있었다. 모형 d의 업무 중 스마트폰 사용 행동 비율에 영향력을 미치는 요소는 ST, WST, SST이다. 세 가지 요소 중 ST는 그 영향력이 다른 요소에 비해 매우 작았다. ST를 제외한 두 요소 모두 종속변수와 음의 상관관계를 보였는데, 이는 수면 중 뒤척임이 잦아수록 업무 중 스마트폰 사용 행동이 감소한다는 것을 의미한다. 이는 실험대상 1과 대조적인 결과로, 동적 행동의 비율이 높으면 스트레스를 이겨내는 정도가 강해지는 [11] 영향으로 나타난 것으로 예상할 수 있다. 또한 개인마다 스트레스를 대처하는 행동이나 양상에 따라 스트레스를

받는 정도가 크게 차이가 나므로[12] 이러한 결과의 원인을 예상할 수 있다.

실험대상 1과 2의 대조적인 분석 결과는 두 실험대상의 평소 생활 습관의 차이에 따라 다르다. 실험대상 1은 실험대상 1에 비해 비교적 업무 시간이 불규칙적이며 거의 운동을 하지 않는다. 실험대상 2는 규칙적인 출퇴근과 주 3회 이상 1시간 이상의 지속적인 운동을 한다. 따라서 실험대상 두 명의 분석 결과의 차이는 평소 동적 행동을 통해 스트레스에 강인한 실험대상 1과 동적 행동 보다는 정적 행동의 비율이 높은 실험대상 2의 생활 패턴의 차이에서 기인한 것으로 사료된다[11,12].

4. 결론 및 향후 연구

본 논문은 손목형 활동량계와 GPS를 이용하여 행동패턴을 측정하고, 스마트폰 애플리케이션 형태의 수집기를 이용하여 업무 중 스마트폰 사용 행동을 추출하였다. 추출한 행동패턴에서 스트레스 관련 도메인 지식을 기반으로 스트레스 관련 행동패턴 요소를 산출한 뒤 업무 중 스마트폰 사용 행동에 대한 회귀 분석을 통해 상관관계를 분석하였다. 이러한 접근 방식으로 업무 중 스마트폰 사용 행동이 수면과 유의미한 상관을 보인다는 것과 개인의 생활 패턴에 따라 스트레스를 받는 정도가 다를 가능성이 있다는 것을 알 수 있었다.

향후에는 실험대상의 수를 늘리고, 다양한 행동 패턴 요소와 스마트폰 사용 형태를 수집하고자 한다. 또한 개인의 평소 생활 습관 등을 분석하여 스트레스에 대한 기질적 특성을 함께 고려하는 방법에 대한 연구를 진행할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 연구성과실용화진흥원의 "모바일 IoT 디바이스를 이용한 활동/수면/식사 자동 행위인식과 전주기 활동패턴 모델링 기술 개발" 과제의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

[1] Levine, Seymour. "A definition of stress?." Animal stress. Springer New York, 1985. 51-69.
[2] Gunes, Hatice, and Massimo Piccardi. "Bi-modal emotion recognition from expressive face and body gestures." Journal of Network and Computer Applications 30.4 (2007): 1334-1345.
[3] Nasoz, Fatma, et al. "Emotion recognition from physiological signals using wireless sensors for presence technologies." Cognition, Technology & Work 6.1 (2004): 4-14.
[4] Lee, Hosub, et al. "Towards unobtrusive emotion recognition for affective social communication." 2012 IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC). IEEE, 2012.
[5] LiKamWa, Robert, et al. "MoodScope: building a

mood sensor from smartphone usage patterns." Proceeding of the 11th annual international conference on Mobile systems, applications, and services. ACM, 2013.
[6] J. Y. Kang, et al. "The effect of stress and the way of stress coping, impulsivity of employees on smart-phone addiction", 2012., The graduate school of counseling psychology in Catholic University.
[7] Y. U. Kang, et al. "The effect of workplace stress on the smartphone usage behavior of those in their 20s and 30s", 2016., The graduate school of Korea National Open University.
[8] S. R. Han, et al. "Socio-demographic, Life Style and Work related Factors Associated with Stress and Fatigue of White Collar Workers" Journal of Korean Society for Health Education and Promotion 24.3 (2007): 61-71.
[9] M. J. Sung and K. J. Chang. "Correlations among Life Stress, Sleep, Anthropometric Measurement and Nutrient Intakes of College Students." Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 36.7 (2007): 840-848.
[10] Kilpatrick, Michelle, et al. "Cross-sectional associations between sitting at work and psychological distress: Reducing sitting time may benefit mental health." Mental Health and Physical Activity 6.2 (2013): 103-109.
[11] Schoenfeld, Timothy J., et al. "Physical exercise prevents stress-induced activation of granule neurons and enhances local inhibitory mechanisms in the dentate gyrus." The Journal of Neuroscience 33.18 (2013): 7770-7777.
[12] S. W. Lim and L. Kim. "Stress and Sleep" The Korean journal of stress research 12.4 (2004.12): 1-8. Print.

BLE Scanning 성능분석을 위한 시뮬레이터 구현

Gaoyang Shan¹, 이병욱¹, 신승훈², 노병희¹
아주대학교 컴퓨터공학과¹, 다산학부대학²
{shanyang166¹, lbufeel¹, sihnsh², bhroh¹}@ajou.ac.kr

An Simulator for Analysis of BLE Scanning Performance

Gaoyang Shan¹, Byeong-uk Lee¹, Seung-hun Shin², Byeong-hee Roh¹
Dept. of Computer Engineering¹, Dasan University College² at Ajou University

Abstract

The Bluetooth Low Energy (BLE) is a promising technology widely used for Internet of things (IoT) because of its low energy consumption. However, with the development of IoT, The disadvantage of BLE is becoming more obvious. Due to only three channel is used for BLE broadcasting, the signal collision would become very serious when a large number of BLE devices is existing in a narrow area. This leads to a low scanning performance. According to adjust the parameters (advertisement interval and scan interval), the effect of collision on scanning performance could be mitigated. However, how to adjust these parameters is an issue. In order to make the analysis of scanning performance simple, we developed a simulator in this paper. At last, we will compare the simulation results made by our simulator with theory and experiment. The comparison results would show the validity of our simulator.

1. Introduction

The BLE technology is one kind of wireless personal area network technology. Due to the feature of low energy consumption, it is widely used for IoT services. The specification of the Bluetooth system defines only three channels (index=37, 38, 39) is used for BLE broadcasting [1]. This leads to high signal collision rate when there is a large number of BLE devices with a short advertisement interval. As a consequence, the discovery latency for all surrounding BLE devices is extended. Meanwhile, the signal density increases with the increasing of BLE devices which leads to a short delay for capturing a signal. So far, many literatures discussed the relationship between BLE parameters and scanning delay. In [2], the latency performance for very small number of BLE devices has been analyzed. In [3] [4], the discovery latency from a special BLE device's standpoint has been studied. We also discussed the latency for discovering all surrounding devices with different advertisement interval in paper [5]. In order to analyze the BLE scanning more clearly and simply, we use JAVA to design a simulator for testing the BLE scanning performance in this paper. According this simulator, we could adjust each parameters simply.

The rest of this paper is organized by following: In section 2, we overview the most related analysis of BLE scanning performance and the operation principle of BLE scanner and advertiser. In section 3, the structure of our simulator would be described. The comparison of simulation results with theory and experiments will be shown in section 4. At last, conclusions are made in section 5.

2. Related work

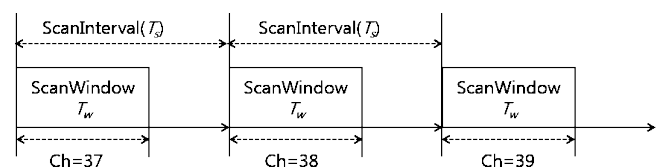
2.1 Scanner

For scanner, one of the most important parameters is scanning interval. BLE scanner periodically scans the advertising channels one by one (index=37, 38, 39) and listens to adver-

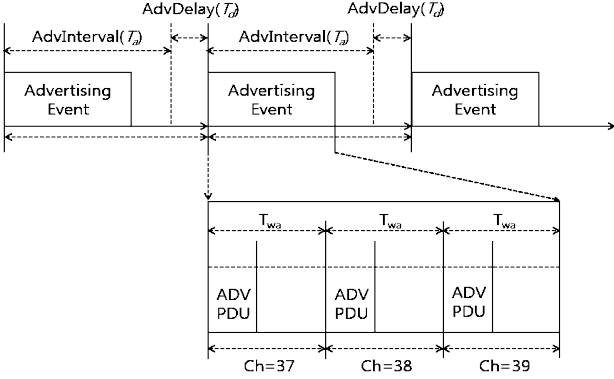
tising information of advertisers, as shown in figure 1. According to the BLE specification, the ScanInterval (T_s) and ScanWindow (T_w) should be less than or equal to 10.24 s. Whenever, ScanWindow should be less than or equal to ScanInterval. There are two kind of scanning mode in scanning process, continuous scanning mode and discontinuous scanning mode. In continuous scanning mode, ScanInterval equaltoScanWindow, and BLE gateway scans each advertising channel without sleeping. ScanWindow should be shorter than ScanInterval in the discontinuous scanning mode, and BLE gateway alternatively repeats scanning and sleeping in every ScanInterval[2].

2.2 Advertiser

One of the most important parameters for BLE scanner is advertisement interval. A advertisement interval is composed by a fixed AdvInterval (T_a) and a pseudo-random AdvDelay (T_d), as shown in figure 2. In each AdvInterval, Advertising event is defined as a cycle of advertising operations where advertising Packet Data Units (PDUs) are sent in sequence over each of the three advertising channels (index = 37, 38, 39). According to the BLE specification, the AdvInterval should be an integer multiple of 0.625ms in the range of 20ms to 10.24s, and the AdvDelay should be within the range of 0ms to 10ms. In addition, an Advertisement period (T_{wa}) for each channel should be less than or equal to 10ms [2]. The data rate of BLE technology is 1Mbps in air, and the broadcasting packet size is 47bytes. So, the broadcasting time for one packet could be defined as 0.376ms.



(Fig. 1) Scanning processing



(Fig. 2) Advertisement processing

2.3 Discovery latency

In paper [2], we analyzed the relationship between discovery delay and advertisement interval. We only consider the continuous scanning mode in that paper. Both scanning interval and scanning window are 10.24s. The probability that BLE gateway capture a signal successfully in n beacons' environment is

$$P_d = \left(1 - \frac{2T_{sa}}{R + T_d}\right)^{n-1} \quad (1)$$

where T_{sa} is the broadcasting time for one packet which could be defined as 0.376ms, R is the advertisement interval, T_d is advertisement delay. Then the average scanning time for the BLE gateway to capture a signal successfully is defined as

$$D = \frac{R + T_d}{P_d(1 - P_i)n} + T_e \quad (2)$$

where T_e is the delay caused by hardware limitation, and P_i is the interference probability from environment like WiFi and multipath.

3. Simulator architecture

In this paper, we only consider the continuous scanning mode (ScanInterval = ScanWindow). This simulator is used for analyze the BLE scanning performance. So, connection between BLE devices is not considered in this paper. The simulator is developed by java.

3.1 Key factor in simulator

In order to make the simulator work more similar with real, many factor should be considered. The key considerable factor is listed by following:

iBeacon generate: Each generated iBeacon includes iBeacon name, advertisement schedule. The time in this schedule would be used for collision detection.

iBeacon broadcasting: iBeacon broadcasting schedule is generated following BLE advertisement rule (advertisement interval + random delay), iBeacon broadcasting start point is generated randomly in a advertisement interval.

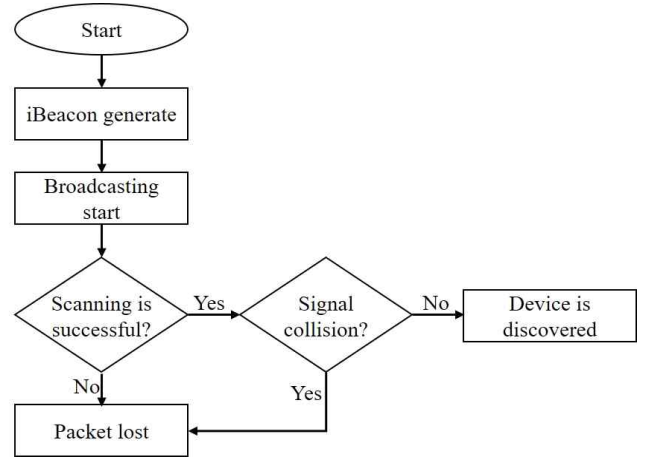
Scanning success detection: In each advertisement interval, scanning successful condition is at least one packet of which from that three channel is received by scanner.

Collision detection: If two iBeacons are broadcasting their packet by same channel simultaneously, then signal collision

could occur. Collision detector would check the advertisement schedule of each iBeacon to find the lost signal because of signal collision.

Scanning start point generate: Scanning start point is generated randomly in the second advertisement interval. After this point, scanner would start to discover surrounding BLE devices use channel 37, 38, 39 one by one.

The flowchart is described by figure 3. In first step, system should generate appointed number of iBeacons. An iBeacon could be discovered only when scanning channel is same with advertisement channel, and no signal collision with other iBeacons occur. So after broadcasting start, the system should check if scanning channel is anastomatic with advertisement channel of a iBeacon and if there is signal collision. At last, the iBeacon which satisfy that two conditions would be treated as a discovered device, and the discovery time would be recorded.



(Fig. 3) Flowchart of BLE simulator

3.2 Simulator function

Two key function of this simulator is obtaining the average scanning time for all surrounding iBeacons and average scanning time for capturing a signal successfully. The adjustable parameters include iBeacon number, advertisement interval, scanning interval, and iteration number. According the adjustment of these parameters, we could get different output results. In order make the simulation results accurate enough, we should set a bif iteration number.

4. Simulation results

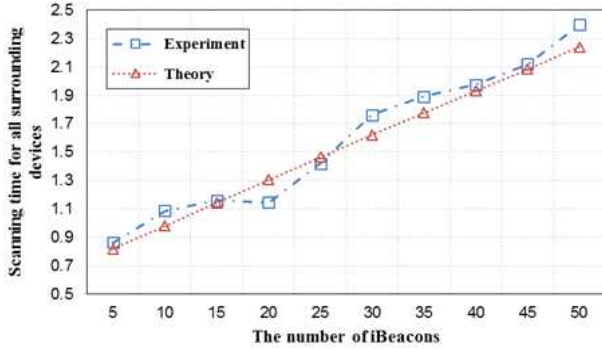
In this simulation, the parameters are setting like table 1. Only continuous is considered in this paper. 50 iBeacons is used for the experiments.

(Tab. 1) Parameters setting

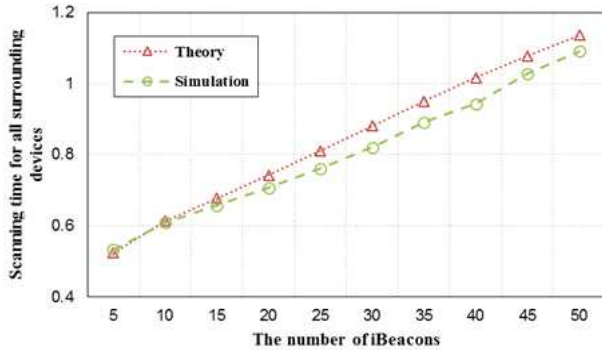
Parameters	Value
T_{sa}	0.376ms
T_s	10.24s
T_w	10.24s
$Mean-T_d$	5ms
T_{wa}	10ms

4.1 Average scanning time for all surrounding iBeacons

Figure 4 shows us comparison of scanning for all surrounding devices between theory and experiment. At here, the parameters T_c and P_i are set as 8ms and 0.06, respectively. In figure 5, we compare the simulation results with theory. Both the parameters T_c and P_i are set as zero, which means we only consider the ideal situation at here. From these comparison, we could find the simulation results could reflect the scanning performance correctly.



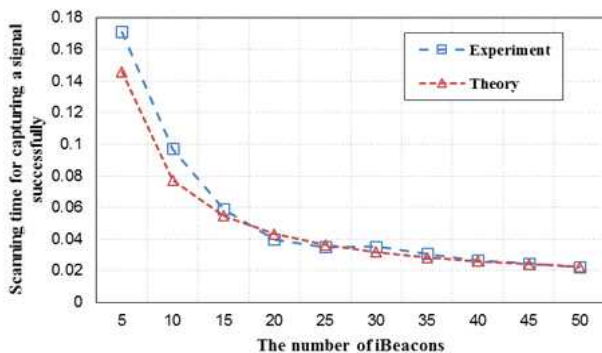
(Fig. 4) The comparison of overall scanning time



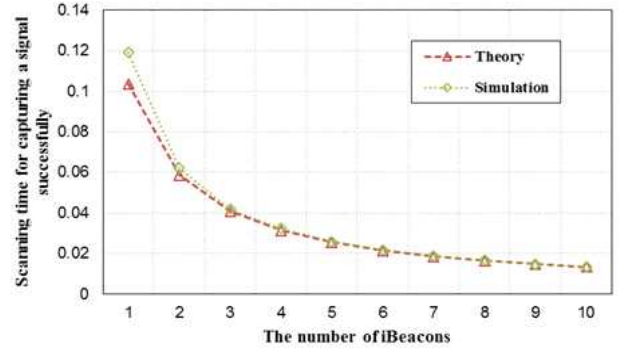
(Fig. 5) The comparison of scanning time for a signal

4.2 average scanning time for capturing a signal successfully

In figure 6, we also setting the environment variable T_c and P_i as 8ms and 0.06. From the comparison of theory and simulation results, we could find with the increasing of the number of iBeacons, the experiment results is more consistent with theory. In figure 7, we only consider the ideal situation. From the comparison result, we could find the lines of theory and simulation almost is coincident with theory.



(Fig. 6) The comparison of theory and experiment on scanning time for capturing a signal successfully



(Fig. 7) The comparison of theory and simulation on scanning time for capturing a signal successfully

5. Conclusion

In this paper, we refer to the operation principle of BLE, and made a simulator by JAVA for analyzing BLE scanning performance in large BLE devices environment. According to compare the experiment, theory and simulation results, we could prove our simulator is working well. In this simulator, we only need to adjust BLE meters (advertisement interval, scanning interval, the number of BLE devices, and so on) to obtain the scanning time. This make the complex experiment simple.

In futures, we will update this simulator that make it could work on discontinuous scanning mode. Also we would add some parameters could reflect the environment effect like T_c and P_i to make the simulation results more similar with reality.

ACKNOWLEDGEMENT

Following are results of a study on the "Leaders INdustry-university Cooperation" Project, supported by the Ministry of Education.

References

- [1] Bluetooth SIG Proprietary, "Specification of the Bluetooth System," Covered Core Package version: 4.2, Dec. 02. 2014.
- [2] K. Cho, W. Park, M. Hong, G. Park, W. Cho, J. Seo, K.Han, "Analysis of Latency Performance of Bluetooth Low Energy (BLE) Networks," in Sensors, pp. 59-78, 2015.
- [3] J. Liu, C. Chen, Y.Ma, "Modeling and Performance Analysis of Device Discovery in Bluetooth Low Energy Networks," in Global Communication Conference (GLOBECOM), IEEE, pp.1538-1543, 2012.
- [4] J. Liu, C. Chen, Y. Ma, Y. Xu, "Adaptive Device Discovery in Bluetooth Low Energy Networks," in Cehicular Technology Conference (VTC Spring), IEEE, pp.1-5, 2013.
- [5] G. Shan, S. Im, B. Roh, "Optimal AdvInterval for BLE Scanning in Different Number of BLE Devices Environment," Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), IEEE, 2016.

Poster Session 4 - (29일/토 11:00 ~ 12:00)

- 고령자를 위한 스마트 의류 제품 개발 동향에 관한 연구 / 권유미, 김숙진 / 세종대학교
- 병원 내 접촉정보기반 전염병 추적 시스템 설계 / 김유중, 태동현, 석준희 / 고려대학교
- 오픈데이터 기반 주택시장 분석 시스템 / 송규원, 김수현, 서대일, 이용우 / 한국과학기술연구원
- 실내 위치인식 신뢰성 개선을 위한 공간별 전파 특성 분석 / 김정원, 최린 / 고려대학교
- GPS와 활동량계를 이용한 실내/실외 분류 기법 / 이규필, 최선탉, 조위덕 / 아주대학교
- 실시간 전력 사용량 확인 및 제어 가능한 스마트 콘센트 / 박재현, 이경오, 권구락 / 조선대학교
- 운용 비용 절감을 위한 효율적인 카페 주문 시스템 구현/ 김세진, 모한솔, 박신영, 범지인, 권구락 / 조선대학교
- 태양광 발전기의 고장 진단을 위한 통합 모니터링 시스템 연구 / 김지인, 권구락 / 조선대학교
- 아두이노센서 기반 스마트 피트니스 시스템 연구 / 정재형, 이미영, 박준렬, 최진우, 백성욱 / 세종대학교
- 베어링 진단을 위한 최적 신호 길이 선택 / 이상민, 김재영, 김종면 / 울산대학교
- Sqoop과 Spark SQL 기반 정형 데이터 전송 성능 분석 / 단국대학교 / 김도경, 나연묵
- 아두이노를 활용한 방향지시 기능의 자전거 헬멧 커버 디자인 개발 연구 / 김주은, 김숙진 / 세종대학교
- HBase에서 대규모 이미지 처리를 위한 데이터베이스 성능 분석 / 옥돌샘, 나연묵 / 단국대학교
- BLE RSSI 특성을 이용한 실내 접촉 탐지 알고리즘 / 구경현, 최린 / 고려대학교
- 모비우스 IoT 플랫폼을 활용한 장소기반 채팅 서비스 구현 / 김영민, 양한나, 박중현, 노병희 / 아주대학교

고령자를 위한 스마트 의류 제품 개발 동향에 관한 연구

권유미·김숙진†

세종대학교 패션디자인학과 초빙교수·세종대학교 패션디자인학과 교수†

ksjina@sejong.ac.kr

Study on smart clothing product trends for the elderly

Kwon Yumi·Kim Sookjin†

Sejong University, Dept. of Fashion Design, Visiting Professor

Sejong University, Dept. of Fashion Design, Professor†

요 약

본 논문은 급격한 고령화 사회의 진행으로 대두되고 있는 여러 가지 문제점 중 고령자들의 의료 문제 및 위급 상황에 대처하기 위한 스마트 의류 제품 개발을 위하여, 이에 앞서 일반인을 위한 스마트 헬스케어 의류와 고령자를 위한 스마트 의류제품 동향을 파악하고자 연구되었다. 일반인을 위한 스마트 헬스케어 의류는 연구기관과 의류 브랜드에서 수없이 많은 제품이 연구 개발되고 있으나, 고령자를 위한 스마트 의류는 현저히 적다. 고령자를 위한 스마트 의류는 크게 치매 질환자와 고혈압 환자를 위한 의복으로 분류할 수가 있는데, 각각 질환에 따른 기능의 필요성에 따라 각기 다른 기능의 스마트 의류가 출시되고 있으나, 일반인용에 비해 종류와 기능이 부족하다. 앞으로의 스마트 의류 개발은 빠르게 증가하고 있는 고령층과 노인성 질환의 대처에 따른 기능별 개발이 요구된다.

1. 서론

우리나라의 1인 가구의 비율은 1990년 9.0%에 불과했으나 점점 증가하여 20년 후인 2010년에는 23.9%에 달했으며, 2020년에는 29.6%로 예상되고 있다. 1인 가구의 증가에 따라 65세 이상의 고령자 세대 또한 증가하고 있는데, 보건복지부 통계에 따르면 2018년에는 54세 이상 고령 인구 비율이 14.3%가 될 것으로 예상되며, 2026년에는 20.8%로 초고령 사회에 진입하여, 2050년에는 37.4%에 도달할 것으로 전망되고 있다. 급속한 고령화로 인하여 발생하는 문제점 중에서 무엇보다 이들을 위한 의료 문제가 대두되고 있다. 노인들의 대표적인 질환인 심장질환, 고혈압, 당뇨, 치매 등의 질환자가 급격히 증가되고 있는데, 노인 질환을 앓고 있는 고령자들을 상시 모니터링 하는 시스템과, 스마트 원격 진료의 필요성이 요구되고 있다.

1인 가구 고령자의 경우, 혼자 생활하다 넘어지거나 심장 박동에 이상이 생기는 등 건강에 위급상황이 발생하면 스스로 즉시 대처하기가 어렵기 때문에, 이를 위해서 고령자를 위한 스마트 의류 제품이 필요한 것이다. 즉, 1인 생활 고령자들의 의료 문제를 위한 해법으로 스마트 헬스케어 의복 개발이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 고령자를 위한 스마트 헬스케어 의류 개발에 앞서, 먼저 현재 출시되어 있는 일반인을 위한 스마트 헬스케어 의류에 대해 알아보고, 고령자를 위해서는 어떠한 스마트 의류가 연구 개발되어 있는지 종류와 특징을 분석하고자 한다. 이를 위

해서 서적, 인터넷 사이트, 뉴스 기사 등을 통해 노인을 위한 스마트 의류에 관한 문헌 자료를 수집하고, 사례연구를 통해 분석하고자 한다. 노인을 위한 스마트 의류 제품에 관한 비교, 분석은 시대 흐름에 따라 국내외에서 점차 규모가 커지고 있는 실버 헬스케어 산업 시장에서 노인을 위한 스마트 의류제품 개발을 위한 기초자료로서 필요한 연구이다.

2. 국내외 헬스케어 스마트 의류 개발 현황

(1) 국외 헬스케어 스마트 의류 제품 개발 현황

의료와 건강 분야에서 스마트 의류의 개발과 활용이 활발하게 진행되고 있는데, 국내외 연구기관 뿐만 아니라 의류 브랜드에서도 앞 다투어 스마트 의류를 연구·개발하고 있다.

미국의 Tectronics사의 심박수 측정 셔츠, Sensatex사와 조지아 공대의 공동 개발 스마트 셔츠, 독일의 Fraunhofer와 Berlin Technical University의 공동 개발 스마트 셔츠 등 국외의 스마트 헬스케어 의류에 관한 연구 개발은 이미 잘 알려져 있다.

실제 의류 브랜드들에서도 앞 다투어 스마트 헬스케어 의류를 출시하고 있는데, 대표적인 예가 아디다스의 심박 측정 브라이다. 가슴 부분에 전도성 섬유를 심전도 전극을 부착하여 심전도(ECG), 체온, 호흡 등을 인식할 수 있고



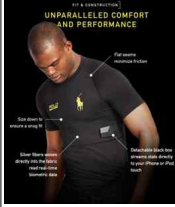

록 하였다. 미국의 Sensoria사는 심박수를 측정하여 전송하는 피트니스 셔츠와 피트니스 브라 뿐만 아니라 조깅을 즐기거나 또는 운동하는 사람들을 위한 스마트 양말을 개발하였다. 양말 바닥에 2개의 섬유 센서가 부착되어 심박수 측정은 물론, 지면에 닿는 발 부위와 걸음걸이, 속도, 이동 경로 등의 다양한 정보를 측정하고 활동 관련 데이터들을 수집하여 스마트폰으로 전송된다. Sensoria사의 피트니스 셔츠, 피트니스 브라, 피트니스 양말은 모두 세탁이 가능한 것도 큰 장점이다.

일본에서도 스마트 의류 개발을 위한 전도성 섬유 신소재를 비롯하여 다양한 스마트 의류가 개발되고 있는데, 도레이사와 NTT Docomo가 협력하여 개발한 Hitoe는 혈압과 심박 수를 측정하고 분석하여 데이터를 스마트폰으로 전송하는 기능을 갖추고 있다. 이는 나노섬유 센서를 부착한 것이다.

미국의 랄프로렌은 캐나다의 벤처 회사 OmSignal과 합작으로 연구 개발하여 티셔츠 안에 실버 파이버와 센서를 미세하게 부착하여, 심박 수와 호흡수, 호흡 깊이 그리고 움직임에 따른 에너지 소모량을 측정하는 스마트 셔츠를 제품화 하였다. 미국의 속옷업체 빅토리아 시크릿은 센서를 부착하여 심장 박동 수를 측정할 수 있는 스포츠 브라를 연구 개발하였다. 세탁기를 사용하여 세탁이 가능한 점이 특징적이다.

이상으로 위에 열거한 최신 발표된 대표적인 제품 외에도 수없이 많은 스마트 헬스케어 의복들이 출시되고 연구 개발되고 있다. 이들의 공통적인 특징은 신체의 이상을 감지하기에 가장 필요한 기능인 심박 측정 기능을 무엇보다도 가장 중요한 기능으로 모든 제품에 탑재하고 있다는 것이다. 그 외에 체온 및 호흡을 측정 기능도 대부분 탑재하고 있으며, 더 나아가서는 운동량에 따른 소모 에너지 측정 기능까지 개발되었다. 또한 스마트 의류 개발에 있어서 가장 큰 문제점엔 세탁이 가능한 웨어러블 의류가 개발되었다는 것도 주목할 만한 점이다.

<표 1> 국외 헬스케어 스마트 의류 현황

Fitness Socks	<ul style="list-style-type: none"> - 미국 Sensoria사에서 개발 - 심박수 측정 - 양말 바닥에 3개의 섬유 센서 부착 - 걸음걸이, 속도, 체중, 이동경로 측정 - 세탁 가능 
Hitoe	<ul style="list-style-type: none"> - 일본의 도레이사와 NTT Docomo가 협력 개발 - 나노섬유 센서 부착 - 혈압, 심박수 측정 및 분석, 전송 
Polo Tech Smart Shirts	<ul style="list-style-type: none"> - 미국의 랄프로렌과 캐나다의 OmSignal과 합작 - 심박수, 호흡, 소모 에너지 측정 - 실버 파이버와 센서 부착 
Sports Bra	<ul style="list-style-type: none"> - 미국의 빅토리아 시크릿에서 개발 - 운동량에 따른 심장 박동수 측정 - 세탁 가능 

제품명	특징
Supernova Glide bra	<ul style="list-style-type: none"> - 독일의 아디다스에서 개발 - ECG, 체온, 호흡 측정 

(2) 국내 헬스케어 스마트 의류 제품 개발 현황

한국 전자통신 연구원(ETRI)에서는 내장된 직물 센서로 심박수, 호흡, 체온, 운동량 등 생체 정보를 측정하여 데이터를 전송해주는 바이오 셔츠를 개발하였다. 스포츠 브랜드 바디기어는 심박수, 체온 등을 체크하여 이를 분석, 컨디션 지수를 확인할 수 있는 특징을 가진 스마트 스포츠웨어 기어비트S를 발표하였다. 이것은 운동량 및 이동거리도 측정이 가능하여, 아웃도어 스포츠 활동에도 활용도가 높다.




국내에서는 헬스케어를 위한 스마트 의류 보다는 삼성과 LG를 비롯한 기업에서 스마트 워치와 밴드가 많이 출시되고 있는데, 그 중 특징적인 것들을 몇 가지 살펴보면,

심박 이어폰, 휴대용 피부 센서기 등이 있다. LG에서 개발한 클립은 방식의 이어폰은 심박 수를 측정 및 심박 정보를 음성으로 들을 수 있으며, 통화기능과 함께 스마트폰에 저장된 음악을 재생할 수도 있다. 커널형 디자인으로 착용감이 좋은 이어폰 형태인 것이 특징적이다.

웨이웨어러블사의 Way Skin은 인바디 체수분 분석 방법을 바탕으로 전문적으로 피부상태를 체크할 수 있는 휴대용 기기로서, 센서 부분을 피부에 접촉하면 앞부분으로는 UV와 습도를 측정 가능하고, 뒷면 센서로는 수분 측정이 가능하다. 또한 물 섭취량도 관리 가능하다.

국내에서 출시된 건강 체크를 위한 스마트 의류의 종류는 많지 않으나 꾸준히 연구 개발되고 있으며 국외에서 출시된 제품들과 마찬가지로 심박 수 측정 기능을 기본으로 하여, 의류의 형태와 기능에 따라 체온 측정 및 운동량 측정등이 추가되어 있으며, 피부를 위한 스마트 스킨케어 제품과 같은 특정 부분을 위한 다양한 제품이 출시되었다.

<표 2> 국내 헬스케어 스마트 의류 현황

제품명	특징
바이오 셔츠	<ul style="list-style-type: none"> - 한국전자통신연구원(ETRI) 개발 - 직물 센서 부착 - 심전도 측정 및 전송 
기어비트S	<ul style="list-style-type: none"> - 좋은 사람들의 스포츠 브랜드 바디기어에서 개발 - 심박수, 체온 측정 및 분석으로 컨디션 지수 측정 - 운동량 및 이동거리 기록 
LG 심박 이어폰	<ul style="list-style-type: none"> - LG에서 개발한 클립은 방식의 이어폰 형태 - 심박수 측정 - 통화 및 통화 거부 기능 - 스마트폰에 저장된 음악 재생 기능 



3. 노인성 질환을 위한 스마트 의류 현황

(1) 치매 환자를 위한 스마트 의류 제품 개발 현황

심장질환, 고혈압, 당뇨와 함께 노인의 4대 질병 중의 하나인 치매는 수명 연장에 따라 치매의 발병률 또한 급격하게 증가하고 있다. 2012년 전국 치매역학조사에 따르면 치매 환자는 전 세계적으로 4,440만 명이며, 이 수치는 매 20년마다 두 배씩 증가될 전망이다. 2030년에는 7,560만 명, 2050년에는 1억3,550만 명까지 증가될 것으로 예상되고 있다. 주로 노화의 요인으로 발병되는 치매는 인지기능이 주된 증상으로 그 외에 행동 장애로 인한 낙상, 또는 실종되는 경우가 많다.

치매 환자를 위한 스마트 의류는 이와 같은 증상에 도움이 되는 기능들이 탑재되어야 하는데, 서울시와 SKT 그 외 단체와 함께 개발한 웨어러블폰 T-care는 웨어러블 단말기 착용자가 해당지역을 벗어날 경우 자동으로 알람을 받을 수 있으며, 치매노인이 직접 긴급호출을 누르면 보호자에게 현재 위치가 전송되기도 한다. 스위스의 위치 추적·무선 반도체 부문의 세계 선두기업인 u-blox사의 CellLocate 하이브리드 GPS/셀룰러 포지셔닝 기술을 기반으로 개발된 스위스 로스트엔파운드사의 손목시계 WATCHIE는 GPS가 100% 차단된 지역에서도 환자의 위치를 파악할 수 있다는 장점이 있는 위치 추적기이다. 구성이 심플하여 가격 또한 저렴한 것이 장점으로 현재 145개국에서 이용되고 있다.

국내 벤처기업인 3L-Labs사의 Footlogger는 신발 깔창으로 깔창에 가해지는 사용자의 몸무게 분포를 감지하여 걸음걸이의 변화 분석을 통해 치매 여부를 예측할 수 있는 스마트 의류 제품이다.

미국 뉴욕의 스타트업 벤처회사인 24eight사에서 개발한 Smart slipper는 앞서 소개한 신발깔창과 비슷한 원리로, 슬리퍼에 압력 및 동작 센서를 부착한 것으로 걸음걸이를 분석하여 비정상적인 걸음 패턴이 감지되면 담당 의료진과 보호자에게 알려 낙상 사고에 대처할 수 있도록 개발된 것이다.

이와 같이 국내외에서 치매 환자를 위해 개발된 스마트 의류의 형태는 시계, 신발깔창 및 슬리퍼의 형태로 출시되었는데, 이들의 주된 기능은 바로 위치 추적 기능이다. 이러한 기능은 치매 환자에게 가장 높은 위험요소인 실종에 대처할 수 있게 할 수 있으나, 시계 형태는 치매 환자가 착용하기에는 불편함이 있어 적합하지 않을 수도 있다.

<표 3> 치매 환자를 위한 스마트 의류 현황

제품명	특징
티케어 (T-care)	<ul style="list-style-type: none"> - 서울시, SKT, 웰컴, 서울공동모금회 공동 개발 - 실시간 위치 추적 및 확인 - 안심존을 벗어날 경우 자동 알람 - SOS 발신 기능 
WATCHIE	<ul style="list-style-type: none"> - 스위스 로스트엔파운드사와 u-blox사의 CellLocate 하이브리드 GPS/셀룰러 포지셔닝 기술의 합작으로 개발된 위치 추적 손목시계 - GPS 신호가 100% 차단된 지역에서도 환자 위치 추적 가능 
풋로거 (Footlogger)	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 벤처기업 3L-Labs가 개발한 신발 깔창 - 깔창의 몸무게 분포 감지로 치매 여부 예측 가능 
스마트 슬리퍼 (Smart slipper)	<ul style="list-style-type: none"> - 미국의 스타트업 회사 24eight에서 개발한 슬리퍼 - 압력, 동작센서 장착 - 걸음패턴 분석, 이상시 의료진과 보호자에게 연락 - 낙상 사고에 대처 가능 

(2) 고혈압 환자를 위한 스마트 의류 제품 개발 현황

앞에서 살펴본 치매와 더불어 노인의 4대 질병 중의 하나인 고혈압은 상시 모니터링이 필요한 만성질환이다. 따라서 고혈압 환자를 위한 혈압 체크를 위한 스마트 의류가 필요한데, 삼성의 스마트 워치 기어S ‘S헬스’는 매일

혈압 체크를 통하여 혈압과 맥박을 확인 가능하며, 위험 수치일 경우 바로 알려주기 때문에 고혈압 환자에게는 유용한 기능이다. LG의 스마트 워치 어베인 또한 평상시 사용자의 혈압과 맥박, 체온을 측정하고 이를 데이터화하여 그래프로도 확인하고 관리할 수 있다.

고혈압 환자를 위한 스마트 의류는 삼성과 LG에서 개발한 스마트 워치에 지나지 않으며, 노인에게는 무겁고 부피가 큰 스마트 워치의 착용은 다소 불편함을 초래할 수 있다. 상시 관심과 주의가 필요한 고혈압 환자의 특성상 발전된 형태의 스마트 의류가 개발이 필요하다.

<표 4> 고혈압 환자를 위한 스마트 의류 현황

제품명	특징
삼성 기어S ‘S헬스’	<ul style="list-style-type: none"> - 삼성에서 개발 - 혈압 측정 및 위험 수치 알람 기능 - 섭취한 음식의 칼로리 측정 - 걸음수 측정 - 운동시간 및 소모칼로리 측정 
LG 어베인	<ul style="list-style-type: none"> - LG에서 개발 - 혈압, 맥박, 체온 측정 및 관리 기능 

4. 결론

일반인을 위한 스마트 헬스케어 의류와 노인성 질환을 위한 스마트 의류의 특성을 분석한 결과, 일반인을 위한 스마트 헬스케어 의복에는 심박 수 기능이 공통적으로 탑재되어 있었으며, 그 밖에 체온, 호흡 측정 및 운동량과 이동거리 측정, 컨디션 측정, 피부 상태 관리 등 다양한 기능이 제품에 따라 추가 되어 있었다. 스마트 의류의 형태 또한 티셔츠, 브라, 양말, 이어폰 등 다양한 형태로 출시되었으며, 수없이 많은 국내외 연구기관과 의류 브랜드에서 헬스케어를 위한 스마트 의류가 연구 개발되고 있다. 반면, 고령자를 위한 스마트 의류는 노인질환의 특성에 따라 개발되어 치매 질환자를 위해서는 실종 예방을 위한 GPS 위치 추적 기능이 기본적으로 탑재되어 있다. 신발깔창과 슬리퍼의 형태로 신발 깔창의 몸무게 분포 감지와 걸음패턴을 분석하여 낙상 사고에 대처하고, 치매 여부를 예측 가능한 기능이 탑재된 것도 특징적이다. 고령자를 위해서는 노인 질환과 관련되어 요구되는 새로운 기능이 필

요하기 때문이다.

일반인을 위한 스마트 헬스케어 의류에 비해 고령자를 위한 스마트 의류는 연구 개발된 사례가 현저히 적다. 그러나 그 어떤 연령대보다도 스마트 헬스케어 의류가 가장 필요한 대상은 급격히 증가하고 있는 고령자임에 틀림없다. 따라서 앞으로의 스마트 헬스케어 의류는 노인성 질환자를 위한 제품에 중점을 두어 연구 개발이 진행되어야 할 것이다.

향후 각각의 노인성 질환에 따른 필요 기능의 파악 및 스마트 의류 디자인 제안 연구 등의 후속 연구를 통하여 고령자를 위한 스마트 의류의 개발이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] 조위덕, “스마트 모바일 헬스케어 서비스 트렌드”, 진한엠앤비, 2012.
- [2] CHO Alliance편집부, “의료 IOT(스마트 헬스케어) 비즈니스 실태와 사업전략”, CHO Alliance, 2016.
- [3] R&D정보센터 “차세대 웨어러블 디바이스 육성정책과 유형별 적용사례 및 기술개발/시장전망” 지식산업정보원, 2016.
- [4] B I R Research Group, “웨어러블 디바이스 동향 및 시장전망”, BIR(Business Information Research), 2014.

병원 내 접촉정보기반 전염병 추적 시스템 설계

김유중, 태동현, 석준희*
고려대학교 전기전자공학과

{sunbisunbi, hyunnibal, jseok}@korea.ac.kr

Design of a Disease Epidemic Tracking System in a Hospital

Yoojoong Kim, Donghyeon Tae, Junhee Seok*
School of Electrical Engineering
Korea University, Seoul, South Korea

요약

인간의 평안한 삶을 위협하는 여러 요인 중 전염병은 과거부터 인간의 삶에 많은 영향을 미쳐왔다. 최근까지도 전염병으로 인해 많은 인명피해와 경제적·사회적 피해를 입어왔다. 이러한 전염병은 인간 사이에서도 전파되는데, 놀랍게도 인간 사이의 전염병의 전파 중 병원 내에서의 전파는 주요한 원인이다. 본 논문에선 병원 내의 전염병 전파를 방지하기 위해 실내 위치추적 시스템과 연동하여 접촉 정보를 수집하고, 이를 일반적인 전염 모델과 확률 전파 모델을 융합한 질병 전파모델에 적용하여 전염병을 추적하는 시스템을 설계하였다. 전염병 추적 시스템에서 사용한 질병 전파모델에 대한 정확도를 평가하기 위하여 고정된 네트워크상에서의 질병 전파를 샘플 1,000개를 사용한 몬테카를로 시뮬레이션의 결과와 비교해본 결과 아주 유사한 모양의 그래프를 얻을 수 있었다. 또한, 시스템의 적합함을 평가하기 위하여 시스템이 동작하는데 소요되는 시간을 측정하였다. 20초의 단위 시간을 시뮬레이션하는데 걸리는 시간은 접촉수가 30,000명 이상일 때, 약 2초 정도의 시간이 걸려 실제 병원 내에서의 적용이 가능할 것으로 기대된다. 모든 전염병 전파는 확률적으로 모델링되었고 모든 결과는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 얻었다.

1. 서론

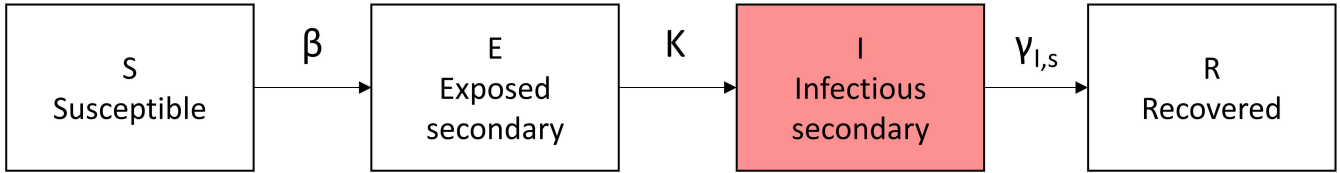
전염성 질병은 우리 사회에 큰 경제적/사회적 피해를 유발한다. 일례로 우리나라의 질병관리본부에 의하면, 2015년 5월 20일 한국에서 첫 번째 중동호흡기증후군(Middle East Respiratory Syndrome, MERS, 이하 ‘메르스’) 확진자가 발생했다. 그 뒤로 꾸준히 확진자의 숫자가 늘어나면서 2015년 6월 1일 메르스로 인한 첫 사망자가 발생했고 총 186명의 확진자 중 148명이 완치되었고 38명의 환자가 사망하였다[1]. 한국의 사례에서 봤을 때, 대부분의 감염은 사람과 사람간의 밀접한 접촉에 의해 발생했고, 감염이 발생한 접촉은 주로 병원 내와 가족 간에서 이루어졌다. 아라비아 반도의 메르스 사태의 사례에선 병원 내에서의 질병 전파가 일상에서의 전파에 4배 이상 많았다는 연구 결과가 있다[2].

전염병의 전파는 확률적으로 모델링 될 수 있다. Susceptible-Infectious-Recovery (SIR) 모델을 이용하여 이산 시간에 대한 접촉 정보를 이용하여 질병 및 일반적인 전파 모델을 세워 일반적인 복잡한 네트워크를 분석할 수 있다[3]. 확률 모델을 이용한 사례로, 실제 접촉 데이터를 이용하여 독감에 대해 임의의 면역 조치보다 효과적인 백신 전략을 분석한 연구[4]가 있다. 또한, 아라비아 반도

에서 발생한 메르스 사태를 통해 연구된 메르스 전파 모델을 연구한 사례가 있다[2]. 질병을 추적하는 시스템의 사례로, WHO FluNet[5]은 감염자 수 데이터를 이용하여 독감의 현황과 상태를 예측하는 시스템을 사용하였고, Google Flu Trends[6]는 검색 키워드 분석을 통해 독감의 확산을 예측하는 시스템을 사용하였다.

질병의 전파를 예측하기 위한 많은 선행연구들이 있으나 대부분 대규모 사회 혹은 거시적 관점(Macroscopic)에서의 질병 전파 모니터링 시스템의 형태를 띄고 있다. 이는 전염병의 전파가 병원 내에서의 전파가 주요 원인임을 감안하였을 때, 병원 내에서의 침예한 질병 전파를 추적하는데 부적합하다고 예상된다. 이 때문에 거시적 관점이 아닌 미시적 관점(Microscopic)으로 질병 전파를 감시하는 것이 효과적일 것으로 예상하며 이를 이용하여 시스템을 설계하였다.

본 논문에서는 병원 내에서 많은 사람이 구축하는 접촉 네트워크를 통해 확률적으로 전염병을 추적하는 시스템을 설계하였다. 본 시스템은 실시간으로 개인의 위치를 이용하여 네트워크를 구축하고 질병 전파 모델을 이용하여 개인이 전염병에 걸렸을 확률을 계산한다. 질병 전파 모델의 정확도를 검증하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 얻은 값과 비교하였다. 모든 결과는 컴퓨터 시뮬레이



(그림 1) SEIR 모델을 따르는 질병 전과모델

선을 이용하여 얻었다.

2. 방법론

본 논문의 질병추적시스템은 기본적으로 질병의 전과가 개인과 개인 간의 접촉을 통해 발생하는 것을 가정한다. 접촉을 통한 질병 전과는 확률적으로 일어나고 이러한 접촉은 두 사람이 2미터 이내에 있는 경우를 말한다. 개인과 개인 간의 접촉을 수집하려면 병원내의 모든 사람들에 대한 위치 수집이 필요하다. 이를 위해, 개인의 위치는 실내 위치 추적 시스템과 연동되어 수집하도록 설계되었다. 실내 위치추적 시스템으로부터 얻은 위치 정보를 이용하여 컨택 네트워크(Contact Network)를 구축한다. 이 네트워크를 SEIR(Susceptible-Exposed-Infectious-Recovery) 모델을 따르는 질병전과모델에 적용하여 병원 내 사람들의 상태를 확률적으로 계산한다. 계산된 각 상태에 대한 확률은 개인이 전염병에 얼마나 노출 되었는지, 전염병에 걸렸을 확률이 얼마인지, 전염병에 걸렸다 회복됐을 확률이 얼마인지를 나타낸다. 확률적으로 계산된 개인의 상태에 대한 확률을 이용하여 전염병의 전과를 감시한다. 또한, 각 개인에 대하여 주변 사람들의 상태와 접촉 여부를 판단하여 전염병에 노출될 위험성을 계산하여 고 위험 구역에 있는 사람들에게 알람을 준다. 본 논문에선 병원 내에서의 접촉 정보를 기반으로 하여 전염병을 추적하고 그에 대한 확산을 방지하는 시스템을 설계하였다.

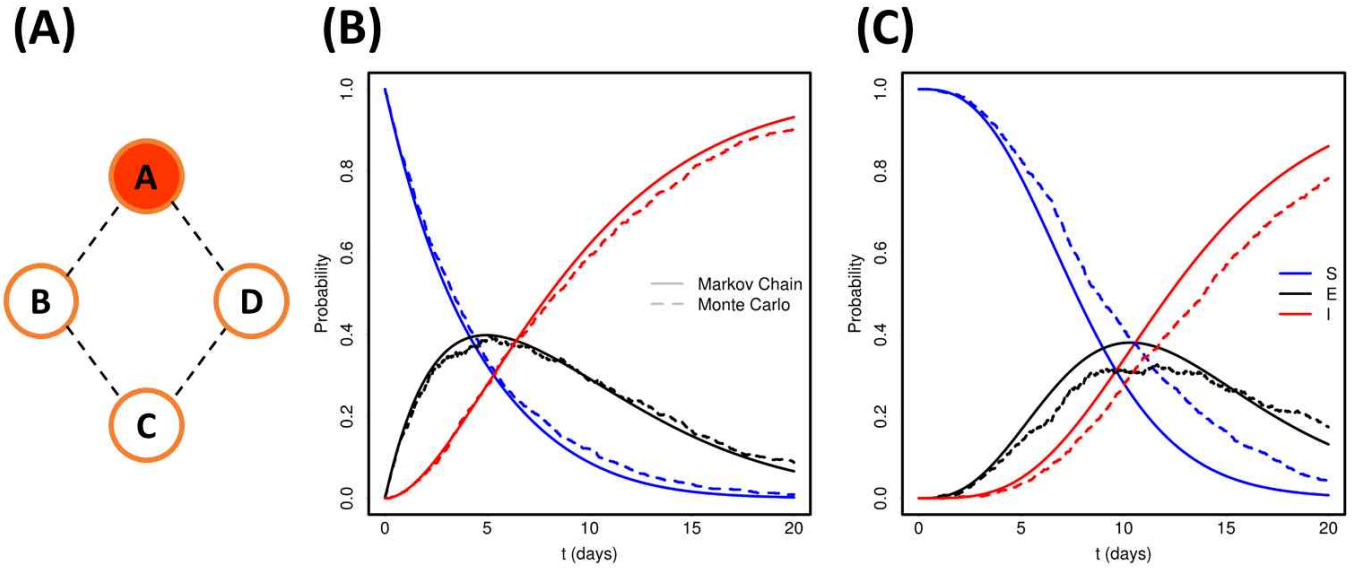
실내 위치추적 시스템으로부터 수집된 개인의 위치 정보를 이용하여 단위 시간별로 접촉 정보를 수집하여 데이터베이스 내에 저장한다. 본 논문에선 20초 단위로 접촉정보를 수집하였다. 단위 시간별로 저장된 접촉정보는 이후에 호출되어 해당 시간에 대한 컨택 네트워크를 구축하는데 사용된다. 이 네트워크는 시간에 따라 변하고 복잡한 형태이며 네트워크의 N개의 노드는 총 N명의 개인을 의미하고 엣지는 두 사람 사이의 접촉을 의미한다. 특정 단위 시간에 두 노드가 접촉하고 있다면 네트워크의 엣지는 1이고 접촉하고 있지 않다면 0이 된다. 구축된 네트워크를 통해 질병이 어떻게 전과되는지 질병 전과 모델을 이용하여 감시한다. 질병에 감염됐을 확률을 가진 노드는 β 의 확률로 주변 이웃에게 질병을 전과시킨다. 단위 시간 당 질병 전과 확률 β 는 일정하고 질병에 감염됐을 확률을 가진 노드들은 자신에게 접촉이 있는 노드에게 질병의 전과를 시도한다. 이 과정에서 질병에 노출된 노드는 SEIR 모

델에 따라서 질병에 대한 상태가 변하고 각 상태에 대하여 확률적으로 모델링된다.

모든 노드에 대한 질병의 진행은 SEIR 모델[7]을 따른다. 모든 노드의 처음 상태는 S 상태일 확률은 1이고 맨 처음 질병에 감염되어 확진 판정을 받은 노드는 S 상태일 확률은 0이다. 질병에 감염된 노드로부터 처음으로 질병에 노출된 주변 노드들은 확률적으로 E 상태로 변한다. E 상태는 해당 질병에 대하여 잠복기를 거치고 있음을 나타내며 이 기간 동안엔 다른 노드에게 질병을 전과시키지 않는다. E 상태인 노드는 해당 질병에 대한 잠복기간을 거쳐 I 상태가 된다. I 상태는 잠복기를 거쳐 질병에 완전히 감염되었음을 나타내고 I 상태가 된 노드는 주변 노드에 질병을 전과한다. 질병의 전과는 β 의 확률로 일어난다. I 상태인 노드는 시간이 지난 후 확률적으로 R 상태로 전환된다. R상태인 노드는 해당 질병에 재감염되지 않음을 가정한다. 모든 상태는 확률적으로 모델링 된다.

SEIR 모델을 이용하여 질병 전과모델을 구축하였다. 모든 개인은 질병에 대해 SEIR 중 어떤 상태로 있는지를 확률적인 값으로 갖고 있다. S, E, I, R은 노드가 특정 단위 시간에 대해 질병에 노출되지 않았을 확률, 질병에 노출 되었을 확률, 질병에 걸렸을 확률, 회복되었을 확률을 나타낸다.

β 는 질병이 전과될 확률을 나타내고 K는 평균 잠복기의 역수를 나타내고 $\gamma_{I,S}$ 는 평균 질병 회복 기간의 역수를 나타낸다. 각 상태는 모든 노드들에 대하여 이산시간 상에서 한 단위 시간씩 업데이트된다. S 상태는 이전 단위 시간에서의 상태와 그때 질병에 노출되지 않았을 확률을 기반으로 업데이트된다. E 상태는 이전 단위시간에서 S 상태였을 확률과 질병에 노출되었을 확률과 잠복기 중에 있을 확률과 이전 단위 시간에서 E 상태였을 확률을 기반으로 업데이트된다. I 상태의 노드는 이전 단위 시간에서 E 상태였을 확률과 잠복기가 끝났을 확률과 치료되지 않았을 확률과 이전 단위 시간에서 I 상태였을 확률을 기반으로 업데이트된다. R 상태는 치료될 확률과 이전 단위시간에서 I 상태였을 확률과 R 상태였을 확률을 기반으로 업데이트된다. 모든 파라미터는 선행연구[2]에서 측정한 값을 사용하였고 시스템에서 설정한 단위 시간에 맞추어 사용해야 한다.



(그림 2) 몬테카를로 시뮬레이션의 결과와 비교한 질병 전파 모델의 정확도. (A) 정확도 비교에 사용된 컨택 네트워크. (B) 시간에 따른 노드 B의 상태 그래프. (C) 시간에 따른 노드 C의 그래프

3. 시뮬레이션 결과

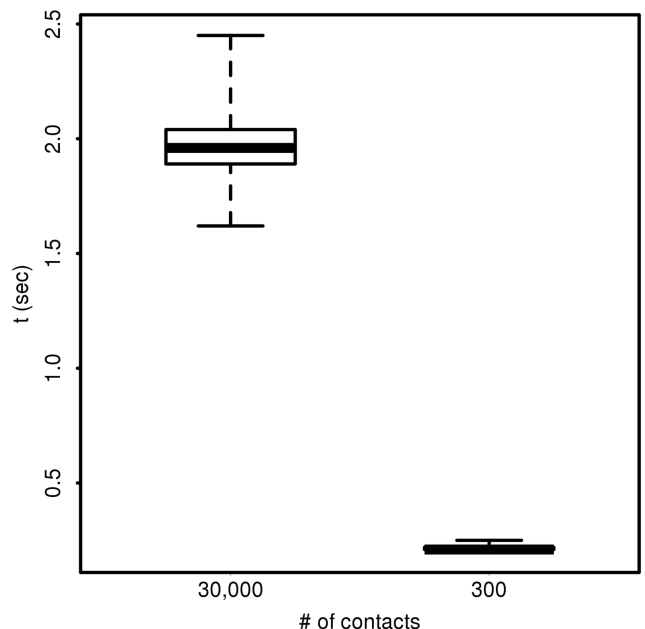
본 논문에서 사용한 질병 전파 모델의 정확도를 검증하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 그림 2의 네트워크를 가정하였다. 처음 상태는 노드 A만 질병에 감염되어 있고 나머지 노드들은 질병에 노출되지 않은 상태를 가정하였다. 단위 시간은 20초로 설정하였고 단위 시간마다 질병 전파의 시도가 실행된다. 노드 A는 각 시도에서 β 의 확률로 질병의 전파가 성공하여 주변의 노드를 질병에 노출시키고 질병에 노출된 노드 B, D는 잠복기를 거쳐 질병에 감염되었을 확률이 점점 증가한다. 노드 B와 D가 I 상태일 확률이 0보다 커지면 그 시점부터 노드 B와 D는 노드 C에게 질병 전파를 시도하기 시작한다. 이러한 질병 전파 모델을 이용하여 시간 경과에 따른 각 상태를 확률적으로 계산하였고 이를 그래프로 나타내었다(그림 2). 질병의 전파를 가시적으로 보이도록 회복은 고려하지 않았다.

본 질병 전파 모델의 정확도를 검증하기 위하여 네트워크 샘플 1,000개를 이용한 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하였다. 각 샘플에서 질병에 걸린 노드는 β 의 확률로 다른 인접한 노드에게 질병 전파를 시도한다. 한번 감염된 노드는 회복되지 않으며 다음 단위 시간부터 인접한 노드에 질병 전파를 시도하기 시작한다. 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 실제와 매우 흡사한 질병 전파 과정을 확률적으로 시간 경과에 따라 그래프로 나타내었다(그림2).

그림 2를 보면 본 논문에서 사용한 질병 전파 모델의 질병 전파의 과정은 몬테카를로 시뮬레이션으로 얻은 결과와 매우 흡사한 모습을 보인다. 이는 질병 전파 모델이 실제로 질병이 퍼져나가는 과정에 부합함의 근거가 될 수

있다.

노드 간에 질병 전파를 실시간으로 추적하기 위해서는 연산하는데 짧은 소요시간이 필요하다. 예를 들어, 실제 병원에 적용하는데 20초의 단위 시간동안을 질병 전파모델을 통해 연산하는 데에 20초 이상의 시간이 걸린다면, 실시간으로 질병 전파를 추적하기에 매우 부적합할 것이다. 실시간 질병 전파 추적에 대한 타당성을 확인하기 위해, 총 2,000명의 사람이 매초 움직이고 그들 사이에서 접촉이 발생해 시간별로 바뀌는 네트워크가 형성됨을 가정



(그림 3) 전염병 추적 시스템의 단위 시간 당 소요시간

하였다. 단위 시간은 20초로 하여 접촉 정보를 수집하여 본 논문에서 제안한 시스템의 소요시간을 구했다.

본 논문에서 설계한 시스템에서 단위 시간당 총 접촉의 개수가 평균 300개 일 때, 계산에 평균 0.22초가 소요되었고, 총 접촉의 개수가 평균 30,000개 일 때, 계산에 평균 1.96초가 소요되었다. 20초간의 접촉 정보를 바탕으로 구축한 네트워크를 연산하는데 2초 내외의 시간이 소요됨은 실제 병원 내에 적용이 가능하다는 근거가 될 수 있다.

4. 시스템 동작의 예

본 논문에서 설계한 시스템은 기본적으로 실내 위치 추적시스템과의 연동을 가정한다. 실내 위치 추적시스템으로부터 단위 시간에 대한 접촉 정보를 얻어 데이터베이스에 저장한다. 데이터베이스엔 접촉 정보와 더불어 시간 정보가 표시되어 첫 번째 질병의 확진자가 발생한 경우 예상 감염 시점에서부터 현재까지의 접촉정보를 호출할 수 있다. 호출한 데이터를 이용하여 과거의 컨택 네트워크를 구축하고 질병 전파 모델을 이용한 시뮬레이션을 해당 기간 동안 수행한다. 시뮬레이션의 결과로 현재 각 개인의 상태를 확률적으로 구할 수 있다. 이 시점부터 질병에 감염되었을 확률이 높은 사람을 실시간으로 추적하고 감염되었을 확률이 높은 사람의 주변 사람들에게 위험 구역임의 알람을 준다.

5. 결론

전염병에 대한 질병 전파 모델과 개인의 위치를 이용하여 얻은 접촉 정보를 통해 병원 내에서의 질병 전염을 추적하여 질병이 퍼지기 전에 의심환자를 식별하는 시스템을 설계하였다. 질병 전파 모델은 실제 전파에 비해서 과추정(over-estimated) 되는 경향을 보이고 이는 질병 전파를 감시하는데 효과적일 것으로 예상된다.

본 논문에서 설계한 시스템을 바탕으로 병원 전체의 차원에서 전염병에 감염되었을 확률이 높은 사람을 모니터링 함으로써 전염병의 전파를 미리 방지하고, 각자에게 위험 구간을 알람을 통해 제공함으로써 개인의 차원에서 전염병의 전파를 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] <http://www.mers.go.kr/>
[2] G. Chowell, et. al.. Synthesizing data and models for the spread of MERS-CoV, 2013: key role of index cases and hospital transmission. *Epidemics*. 9. pp.

40-51. 2014.
[3] S. Gomez, et. al.. Discrete-time Markov chain approach to contact-based disease spreading in complex networks. *Europhysics Letters*. 89(3), 38009. 2010.
[4] M. Salathe, et. al.. A high-resolution human contact network for infectious disease transmission. *Proc Natl Acad Sci USA*. 107(51). pp. 22020-22025. 2010.
[5] WHO FluNet, http://www.who.int/influenza/gisrs_laboratory/flunet/en/
[6] Google Flu Trends, <https://www.google.org/flutrends/about/>
[7] David J. D. Earn, Pejman Rohani, Benjamin M. Bolker, Bryan T. Grenfell. A Simple Model for Complex Dynamical Transitions in Epidemics. *Science*. vol. 287. pp. 667-670. 2000.

오픈데이터 기반 주택시장 분석 시스템

송규원¹, 김수현¹, 서대일¹, 이용우²
한국과학기술연구원¹, 포항공과대학교²

suhyun.kim@imrc.kist.re.kr

Open-data based real estate analysis system

Gyuwon Song¹, Suhyun Kim¹, Daeil Seo¹, and Yongwoo Lee²
Korean Institute of Science and Technology¹, POSTECH²

요약

주택시장은 미시 및 거시 경제의 다양하고 복잡한 변수들과 정부의 금리 및 부동산 정책 등에 영향을 받는다. 이를 설명하기 위한 기존의 연구들은 수집한 데이터를 회귀분석을 통해 특정 가격 모델에 적합하고 그 결과를 수식으로 설명하는 것에 주로 초점을 맞추고 있다. 그러나 이러한 주택시장의 이론적 분석은 실구매자 입장에서는 큰 도움이 되지 못한다.

본 논문에서는 주택시장과 관련된 다양한 오픈 데이터를 자동으로 수집하여 데이터베이스화하고, 이를 분석하기 위한 도구, 그리고 분석 결과를 사용자가 원하는 형태로 제공하기 위한 시각화 도구를 포함하는 시스템 개발을 목표로 한다. 본 시스템을 통해 지속적으로 관련 데이터를 축적하면 장기적 관점에서 주택시장의 심층적 분석이 가능하게 될 것으로 기대된다.

1. 서론

한국은행의 2012년 가계금융복지조사[1]에 따르면, 우리나라 부동산자산의 비중이 전체 자산의 약 75%에 이르는 것으로 나타났다. 정부의 대부분이 부동산자산에 몰려있어, 많은 국민들은 부동산 시장 변화에 민감하게 반응할 수밖에 없다. 특히, 주택시장은 여러 가지 주거 특성과 정부의 주택 및 금리 정책, 국내외 경기 상황, 그리고 심리적 영향 등 미시·거시 경제를 아우르는 매우 복잡하고 다양한 요인들에 의해 결정되는 특별한 시장이다.

지금까지 주택시장 관련 연구는 도메인 전문가가 수집한 데이터로부터 회귀분석을 통한 가격결정 요인 분석이 주를 이루고 있다. 헤도닉 가격 모델(hedonic pricing model)의 수식 혹은 각종 통계 분석 지표들로 표현되는 이런 연구[2]의 결과는 일반 대중의 입장에서는 쉽게 이해하기 힘들다. 또한, 회귀분석의 결과로 나온 수식으로는 실제로 주택을 구매하려는 상황에서는 도움이 되지 못한다. 또한, 주택의 내재적 요인들이 주택가격에 어떻게 영향을 주는 지 분석[3]하거나, 주택가격 및 거래량과 부동산 정책, 이자, 환율, 경제 성장률 등의 거시 경제 지표와의 관련성을 분석[4]하였다. 입지적 특성에 기반한 주택가격 분석[5]을 진행하거나, 이러한 주택가격 결정요인들에 대한 시간에 따른 변화를 분석[6, 7]하는 연구도 진행되었다.

본 연구에서는 주택시장을 실구매자 입장에서 최신의 데이터를 활용하여 쉽게 분석할 수 있는 시스템 개발을 목표로 한다. 정부의 공공 데이터 개방 정책과 함께 공개되어 있지만 산발적으로 흩어져 있는 각종 오픈데이터를 자

동으로 수집하고, 그에 대한 다양한 분석 도구를 사용자에게 제공한다. 분석된 결과는 웹상에서 쉽게 확인할 수 있도록 하여, 실구매자의 주택 결정에 도움을 줄 수 있다. 또한, 장기적으로 축적된 데이터는 시간의 흐름에 따른 변화를 지속적으로 추적가능하게 하여, 부동산 비전문가도 주택시장을 이해하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

2. 주택시장 분석 변수 선정

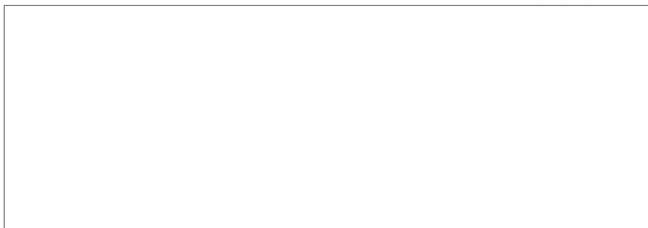
일반적으로 주택시장 분석[7]을 위하여 종속 변수로 주택 가격으로 설정하고, 독립 변수는 주변 도로망, 대중교통 편의성, 학교, 백화점/마트, 공원 등 입지 조건과 아파트 면적, 평면, 층, 향, 브랜드, 세대수, 주차대수, 연식, 난방 방식 등 단지 특성 등을 검토할 수 있다. 본 논문에서는 개별 세대 분석 보다는 단지별 분석을 위해, 종속 변수로 단지별 m²당 평균 가격으로 설정하였다. 독립 변수는 실구매자 입장에서 중요하게 고려할 일곱 가지 요소, 즉 연식, 세대수, 대중교통(지하철역과의 거리), 학군(중학교 성취도 평가), 공원(인근 공원과 거리 및 면적), 편의시설(인근 대형 마트와의 거리), 일자리(인근 법인 사업체내 총 종업원 수) 등을 선택 하였다. 분석 대상 지역은 상계 변수들에 대한 모든 정보를 직/간접적으로 모두 수집 가능한 서울특별시로 정하였다. 단독 주택, 연립/다세대, 아파트 등의 주택 유형 중에서 분석 대상으로 동일 단지 내 세대별 편차가 적은 아파트를 대상으로 한정 하였다. 단, 추후 설명할 데이터 수집 모듈에 분석에 필요한 변수를

추가하여 독립 변수를 확장 할 수도 있다.

주택가격은 은행이 제공하는 부동산 시세 정보²⁾를 기반으로 하고 수집하였으며, 국토교통부 실거래가 공개 시스템³⁾상 가격 정보를 사용하여 검증하였다. 서울시가 제공하는 열린 데이터 광장⁴⁾을 통해 지하철역의 위치, 공원의 위치와 면적, 사업체 정보를 수집하였다. 일자리 정보는 개인 사업체를 제외한 모든 회사법인, 회사 이외 법인, 비법인 단체, 공공기관 등을 포함하였다. 편의시설은 각 대형 마트의 홈페이지 정보를 수집하였다. 학군 정보는 정부가 제공하는 학교알리미 서비스⁵⁾를 활용하여 성취도 평가 결과를 수집하였다. 특목고 및 자립형 사립고의 영향으로 중학교 학군이 더욱 중요하게 고려되고 있다는 점을 반영하여 서울시내 모든 중학교(특목중 2개 제외)에 대해 성취도 평가 결과를 수집하였다. 성취도 평가 결과는 국어, 영어, 수학 세 과목에 대하여 전교생 대비 'A'등급을 받은 학생 수의 비율을 사용하였다.

3. 시스템 개요

주택시장 분석 시스템은 그림 1 에 도식화된 것처럼 데이터 수집 모듈, 데이터 분석 모듈, 그리고 데이터 시각화 모듈로 크게 세 가지 모듈로 구성된다. 데이터 수집 모듈을 일정한 주기로 주택시장 분석 변수들을 정기적으로 수집하여 데이터베이스에 저장한다. 데이터 분석 모듈은 데이터베이스에 저장된 데이터를 사용자가 원하는 형태의 정보로 제공해 주기 위한 분석 도구를 포함한다. 데이터 시각화 모듈은 수집된 데이터 혹은 분석 결과를 온라인 지도상에 보여준다.



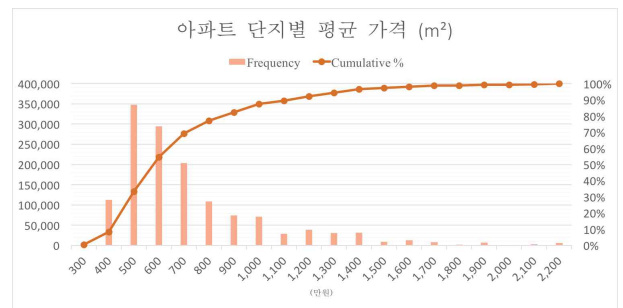
(그림 1) 시스템 구조

사용자는 웹 브라우저상의 UI를 이용하여 아파트, 마트, 공원, 학교, 지하철, 직장 정보 등을 선택하고, 그에 따라 지도 위에 정보가 시각화 된다. 각각의 요소는 개별 요소들을 나타내며, 예외적으로 직장의 경우는 해당 구청에 속한 직장 종업원의 총 수를 나타내며, 해당 구청의 중심 좌표를 사용한다. 좌측 상단에는 색상에 대한 범위 정보가 나타난다.

2) <http://nland.kbstar.com/>
 3) <http://rt.molit.go.kr/>
 4) <http://data.seoul.go.kr/>
 5) <http://www.schoolinfo.go.kr/>

4. 주택시장 분석 결과

본 논문에서 분석한 데이터는 다음과 같다. 일부 아파트 정보가 제공되지 않는 곳을 제외하고 총 3,273개 단지, 약 139만 세대 정보를 수집하였다. 아파트 가격관련 전체 수집기간은 2004년부터 2016년까지 약 12년에 해당한다. 또한, 서울시내에 위치한 지하철역 270개, 중학교 380개, 대형 마트 89개, 공원 507개, 사업체 184,721개의 정보를 수집하였다. 이를 바탕으로 서울시내 주택시장 현황을 분석하였는데, 분석과정에서 공정한 비교를 위하여, 모든 독립 변수에 아파트 세대수만큼 가중치를 부여하였다. 아파트 단지별 평균 가격의 분포는 그림 2 와 같다. 서울시에 있는 아파트는 평균 530.8만원, 중간값 601.3만원에 이르는 것으로 나타났다.



(그림 2) 아파트 단지별 가격 분포

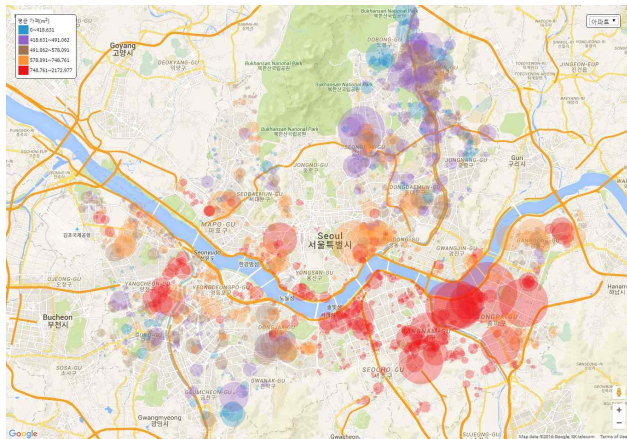
<표1 변수 간 상관관계>

	가격	대중교통	학군	공원	편의시설	일자리
가격	1.00	-0.21	0.10	0.15	0.16	0.69
대중교통	-0.21	1.00	0.05	-0.01	0.16	-0.14
학군	0.10	0.05	1.00	-0.02	0.00	0.12
공원	0.15	-0.01	-0.02	1.00	0.08	0.01
편의시설	0.16	0.16	0.00	0.08	1.00	0.17
일자리	0.69	-0.14	0.12	0.01	0.17	1.00

표 1 는 수집된 변수간의 상관계수를 나타낸다. 보통 주변 학군이 좋을수록, 지하철역이 가까울수록 높은 가격을 형성하는 것으로 알려져 있다. 그러나 상관계수 분석결과 그러한 관계성을 찾기 어렵다. 출퇴근이 편한 이른바 직주근접(職住近接) 개념의 등장과 함께 아파트 주변 일자리가 많을수록 높은 가격을 형성하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 두 변수 간의 선후관계나 인과관계는 알지 못한다. 이를 위해서는 다양한 주택가격 결정 요인을 추가하여 분석이 필요하지만, 실구매자 입장에서는 큰 의미가 없는 것으로 판단하여 본 논문에서는 제외하였다. 또한, 어떤 특정 조건을 고정시키고 다른 변수들 간의 상관관계 분석을 하면 아파트 단지 간의 가격결정 요인을 파악할 수 있지만 지면관계상 생략하였다. 이러한 분석은 웹상에서 제공하는

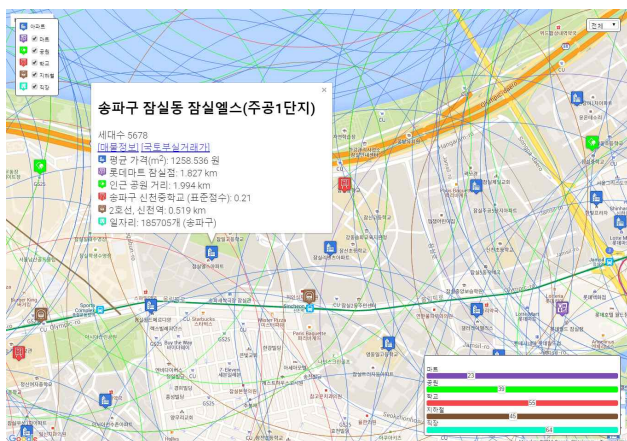
분석 도구를 통해 쉽게 활용 가능하다.

분석 도구를 활용하여 각 변수들에 대한 기본적인 분석을 진행하였다. 그림 3 는 아파트의 지리적 분포와 세대수, 그리고 가격을 반영하여 구글 지도상에서 보여주고 있다. 소위 말해 강남 3구 (강남, 서초, 송파)를 비롯한 목동 부근이 비싼 것으로 나타난다. 개별 아파트 정보를 보고 싶을 경우, 줌 인을 통해 확인 가능하다.



(그림 3) 아파트 단지별 m²당가 (반지름=세대수)

아파트 단지별 분석뿐만 아니라, 그림 4처럼 개별 아파트 정보도 얻을 수 있다. 그림 상에 있는 원들은 해당 아파트와 관련된 독립 변수들의 영향 범위를 보여준다. 배정 받은 중학교의 성취도 평가 결과와 주변 시설의 접근도 등의 정보를 쉽게 파악 할 수 있으며, 매물 확인을 위해 온라인 부동산 서비스로 바로 이동하거나 국토부가 제공하는 실거래가 확인 서비스로도 이동 가능하다.



(그림 4) 개별 아파트의 주요 정보

5. 결론

본 논문에서는 산발적으로 공개되고 있는 오픈데이터를 수집하여, 웹상에서 주택시장 분석을 가능케 하는 시스템을 제안하였다. 기존의 부동산 도메인 전문가의 분석에 의존하지 않고, 실 데이터를 기반으로 실증 분석 가능한 시

스템을 제공함으로써, 주택시장의 실 구매자 입장에서 주택 선택에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대 된다.

주택가격은 2004년부터 최근까지 약 십여 년이 넘는 시계열 데이터가 존재한다. 그러나 다른 변수들의 데이터가 존재하지 않거나 부족하여, 이번 연구에서는 현재 모든 데이터의 최신기준인 2015년 6월을 기준으로 잡았다. 본 시스템을 통해 여러 지표들이 지속적으로 통합 수집된다면, 장기간의 주택시장 분석도 용이해질 것으로 판단된다.

감사의글

이 논문은 미래창조과학부/정보통신기술진흥센터의 R&D 프로그램의 지원을 받아 작성되었음. [R7117-16-0219, 점진적 기계학습 기반 자가진화(Self-Evolving) 에이전트 시뮬레이션을 이용한 사회변화 예측분석 기술 개발]

참고문헌

- [1] 한국은행. “가계금융복지조사”, (2014).
- [2] 박운선, 임병준. “헤도닉 가격모형을 활용한 아파트 가격결정요인 분석.” 대한부동산학회지 28.2 (2010): 245-271.
- [3] 이진성, 김현숙. “지역별 주택가격 변동률에 영향을 미치는 요인 규명에 관한 연구.” 부동산학보, 한국부동산학회 55 (2013).
- [4] 노영학, 김종호. “부동산정책이 주택가격에 미치는 영향 연구.” 부동산학보, 한국부동산학회 50 (2012).
- [5] 강장학. “쾌적성을 중심으로 본 아파트가격 결정요인의 변화 패턴에 관한 연구: 분당 신도시의 경우.” 단국대학교대학원 박사학위논문 (2003).
- [6] 김태경, 박현수. “주택가격을 결정하는 공간적 특성들의 시계열적 영향력 변화 분석.” 국토계획 43.3 (2008): 145-166.
- [7] 송명규. “시간 경과에 따른 아파트가격 결정요인들의 영향력 변화.” 부동산학보, 한국부동산학회 59 (2014).

실내 위치인식 신뢰성 개선을 위한 공간별 전파 특성 분석

김 정 원, 최 린
고려대학교 전기전자공학과

{bse635, lchoi}@korea.ac.kr

Analysis of RF Signal Characteristics in Various Space for Improvement of Indoor Localization

Jeong Won Kim and Lynn Choi
Department of Electrical Engineering, Korea University.

요 약

본 연구는 실내 위치인식에 사용되는 RSSI를 실내의 공간 특성에 따라 나누어 신뢰성이 높고 유효한 데이터의 범위와 유형을 찾아내고자 하였다. 연구 결과 각 공간별로 갖고 있는 특성과 그 특성에 따른 RSSI의 특성을 파악하고 분석함으로써 의미있는 신호범위를 한정할 수 있었으며, 이는 차후 실내 위치인식 연구자들의 연구에 도움을 줄 것이라 기대된다.

1. 서론

GPS, 스마트폰 등 각종 통신 기술과 임베디드 기술의 발달로 위치인식의 정확도는 점점 향상되어왔고 그 편리성으로 인해 기술의 적용 분야가 꾸준히 늘어가고 있다. 또한 최근 센서기술과 IOT의 발달로 실내 위치인식에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 실제로 공장내부의 기계 및 물류관리, 빌딩 내부의 유동인구 관리, 사원의 출퇴근 및 근무위치 파악, 병원내의 환자 위치알림, 상점내의 고객 맞춤형 서비스 등에 응용하기 위해 여러 연구기관과 업체에서 기술의 연구 개발과 상용화를 위해 노력중이다.

하지만 GPS는 콘크리트에 의해 신호가 차단되는 실내에서는 사용 될 수가 없기 때문에 다른 기술적 요소가 필요하다. 이 때 주로 사용하는 것이 Wifi MAC Tracking, PDR, 지구 자기장 패턴인식[1], BLE(Bluetooth Low Energy) 등이다. 특히 RF를 사용한 실내 위치인식에 있어서 RSSI는 거리를 측정하는데 매우 중요한 센서 신호로 사용된다.

이상적인 경우 RSSI의 값은 거리에 따라 아래의 공식 [2]과 같이 줄어들어야 하지만 실제로는 실내환경의 여러 가지 변수(가구의 배치, 사람의 이동 등)와 신호의 반사, 중첩, 상쇄 등으로 불규칙 적으로 변화한다. 이러한 불규칙적인 변화는 실내 위치인식의 오차율에 악영향을 주기 때문에 신뢰하고 사용할 수 있는 RSSI신호의 범위를 알아야 한다.

$$RSSI(d) = RSSI(d_0) - 10n \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma \quad [1]$$

따라서 본 연구에서는 RSSI신호가 실내의 독특한 구조 환경 내에서 어떻게 변화하는지를 파악하고 실효성 있는 데이터의 범위를 검증하여 이를 실내위치 인식에 반영할 수 있도록 돕고자 한다.

2. 배경

2-1. RSSI

RSSI(Received Signal Strength Indication)란, 무선 수신기에서 수신되는 전력의 세기를 수치로 표현한 값이다. 수신기에 들어오는 신호 전력을 의미하기 때문에 안테나의 이득이나 회로 내부의 손실은 고려하지 않는다.[3] 이 신호를 분석하여 건물 내부에서 위치를 추적하는데 이 지문인식(Fingerprint)[4]이라는 방법을 주로 사용한다.

2-2. 지문인식

지문인식은 특정 공간에 RF신호를 보내는 디바이스를 다수 설치해 놓고 임의의 지점에서 디바이스들이 보내는 RF신호를 측정하였을 시, 꼭 사람의 지문처럼 3차원 공간의 좌표 지점마다 고유의 RF신호 특성을 갖는다는 점을 이용하여 현재 위치를 추정하는 방법이다. 현재 지문인식 기술은 약 3~5m의 정확도를 보이고 있다.

3. 연구 방법

연구에 앞서 실내 위치인식 실험을 진행하면서 가장 자주 접하게 되는 공간을 반영하여 형태를 나누었다. 장애물이 가장 없는 로비, 갈래 길이 없는 복도, 두 갈래 길 총 세 개의 공간형태로 나누어 실험을 진행 하였다. 이에 더하여 RSSI가 간섭을 받지 않고 위의 공식[2]과 같이 가장

이상적으로 변화할 수 있는 공간인 개활지를 전체 실험의 대조군 및 표본으로 정하였다.

RSSI의 값이 너무 작은 거리변화 에서는 유효한 차이를 보이지 않기 때문에 0.5m로 거리를 나누어 진행하였다. 또한 지나치게 먼 거리는 RSSI값의 신뢰성이 떨어지기 때문에 실험의 최대거리는 5m로 정하였다.

본 논문에서는 RSSI의 측정을 위해 BLE를 사용하였다. BLE 비콘이 RF신호 송신기 역할을 하였고, 스캐너가 수신기 역할을 수행하였으며 실험에 사용된 디바이스는 아래와 같다.

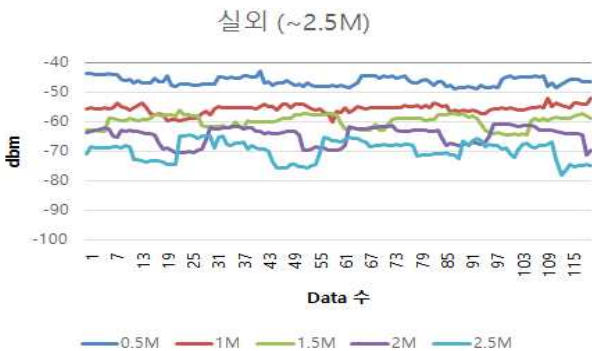
- 스캐너 : 갤럭시탭 프로 12.2
- 비콘 : 아이폰 5s

4. 실험 및 결과

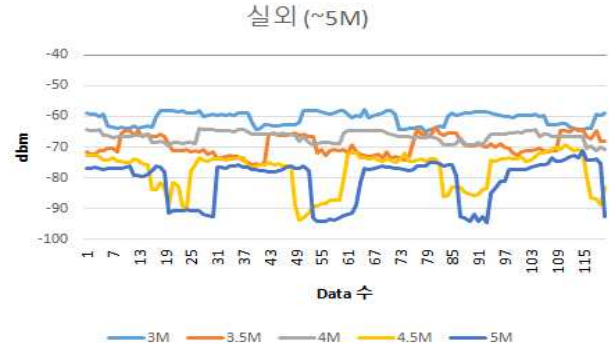
그림 1에서 붉은 점이 비콘의 위치이고 화살표 방향으로 0.5m씩 이동하며 데이터를 수집하였다. 데이터를 수집하는 동안에는 제자리에서 움직임이 없었다. 수집된 RSSI 신호는 그림 2에서와 같이 X축은 시간, Y축은 RSSI의 세기를 나타내는 그래프로 표현하였다. 그래프를 좀 더 보기 쉽고, 비교를 용이하게 하기 위해 10개의 거리 데이터를 2개의 그래프에 나누어 작성하였다. 다른 모든 공간에서의 실험 방법 또한 위와 동일하다.



(그림 1) 실외에서의 실험위치와 이동경로



(그림 2) 실외 0.5~2.5m RSSI측정

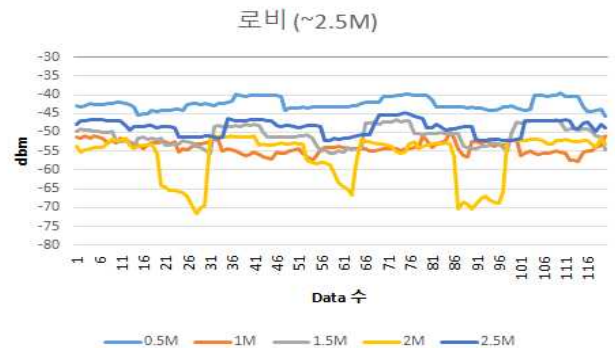


(그림 3) 실외 3~5m RSSI측정

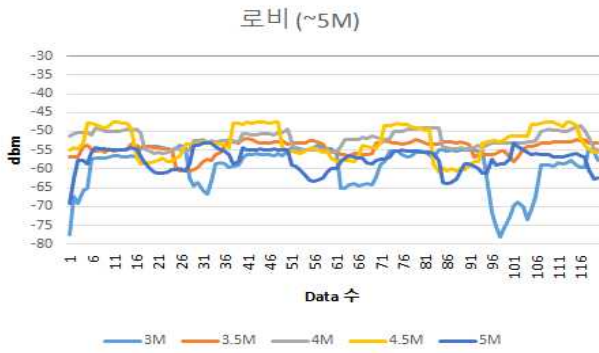
실외는 전파의 반사가 가장 적게 일어나는 환경이기 때문에 이론에 가까운 이상적인 그래프 관찰이 용이하다. 따라서 실외의 결과 그래프를 모든 실험결과의 대조군으로 사용하였다. 하지만 실외에서도 2.5m가 넘으면 RSSI의 최대 최소값이 차이가 벌어져 마치 펄스파처럼 흔들리는 형태를 보이게 된다. 이러한 형태의 RSSI는 위치인식의 신뢰성을 감소시키기 때문에 사용하지 않는 것이 좋다. 다른 공간과 비교하여 주목할 점은 실외에서는 비교적 거리에 반비례하여 RSSI가 줄어들며, 거리가 멀어질수록 RSSI가 보이는 펄스파의 진폭이 점점 커진다는 것이다.



(그림 4) 로비에서의 실험위치와 이동경로



(그림 5) 로비 0.5~2.5m RSSI측정

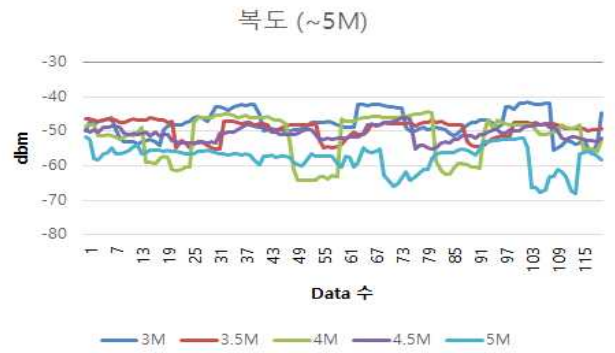


(그림 6) 로비 3~5m RSSI측정

로비는 걸보기에 실외의 환경과 비슷하지만 전파가 완전히 발산되지 못하고 벽에 부딪혀 반사되기 때문에 신호 간섭이 생긴다. 그림 3과 그림 6을 비교했을 때 3M 이상에서는 그림 3에 있는 RSSI의 거리별 구분이 더 어렵다는 것을 알 수 있다. 하지만 복도나 갈래 길에 비해 반사되기 위해 전파가 이동해야 하는 거리가 멀어 공기중에서 전파의 세기가 약해지기 때문에 간섭의 영향이 상대적으로 작다.



(그림 7) 복도에서의 실험위치와 이동경로

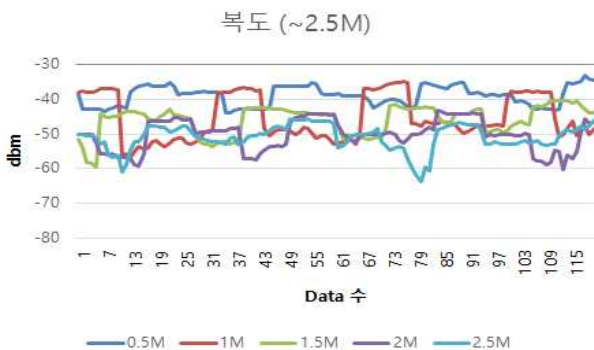


(그림 9) 복도 3~5m RSSI측정

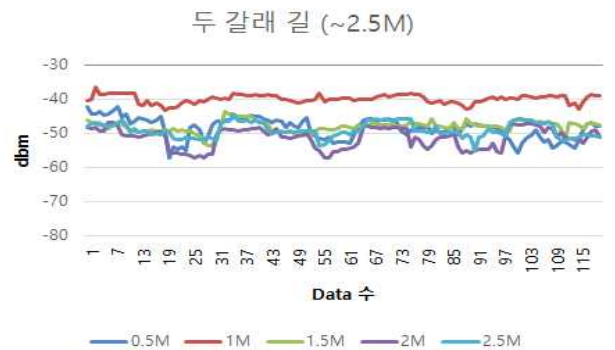
복도는 가장 협소한 공간으로써 전파의 반사가 가장 잘 일어난다. 따라서 다른 공간에 비해 좀더 진폭이 큰 펄스파의 형태로 RSSI가 측정된다. 이러한 형태의 RSSI는 row data로 거리를 계산 하게 되었을 시 큰 오차를 만들기 때문에 가공된 데이터를 이용한 거리 계산이 필요하다. 예를 들어 그림 8의 1m에서 측정된 RSSI값을 보았을 때 0.5m~2.5m까지 모든 그래프와 값이 겹치기 때문에 row data만으로는 거리 계산에 사용하기 어려움을 알 수 있다.



(그림 10) 두 갈래 길에서의 실험위치와 이동경로

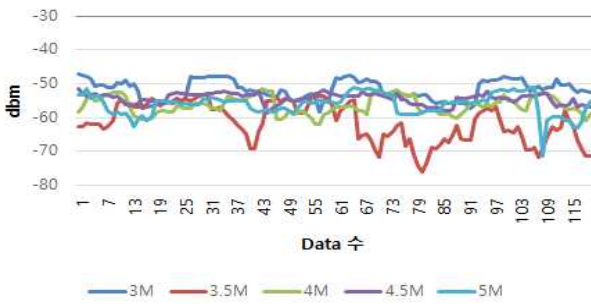


(그림 8) 복도 0.5~2.5m RSSI측정



(그림 11) 두 갈래 길 0.5~2.5m RSSI측정

두 갈래 길 (~5M)



(그림 12) 두 갈래 길 3~5m RSSI측정

복잡한 구조물은 더 복잡한 전파의 반사패턴을 만들고 이는 예측이 더욱 어려운 전파특성을 만든다. 갈래 길은 복도보다는 열린 공간이지만 그 구조는 더 복잡하기 때문에 RSSI그래프가 더 혼잡한 모습으로 그려진다. 그림 11을 보면 0.5m~2.5m중 1m를 제외한 모든 거리에서의 RSSI그래프가 비슷한 범위 내에서 중복되어 구분이 매우 어려움을 알 수 있다. 하지만 복도에 비해 열린 공간이기 때문에 RSSI가 보이는 펄스파의 진폭은 더 작음을 알 수 있다.

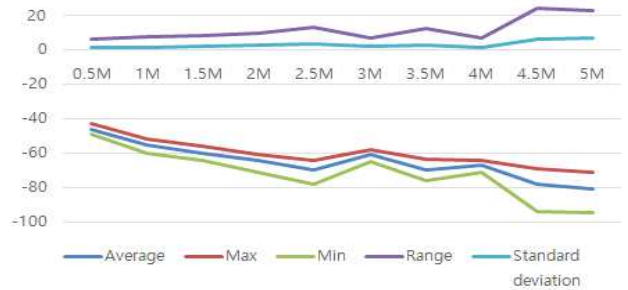
위의 그래프들을 보면 RSSI의 값은 제자리에서 측정용 하여도 일정하지 않고 불안정함을 알 수 있다. 또한 공간이 개방된 형태 일수록 같은 지점에서의 RSSI값이 요동치지 않고 더 안정적이었으며, 공간의 형태가 단순할수록 거리에 따른 신호세기의 구별이 더 명확했다. 또한 두 개의 구간으로 나눈 그래프에서 거리가 가까운 0.5m~2.5m의 그래프가 거리가 먼 3m~5m의 그래프보다 상대적으로 더 안정적임을 알 수 있다. 위의 결과들을 토대로 공간과 그 특성을 아래와 같이 나눌 수 있다.

공간의 개방성 : 실외 > 로비 > 두 갈래 길 > 복도
 RSSI 진폭 : 실외 < 로비 < 두 갈래 길 < 복도

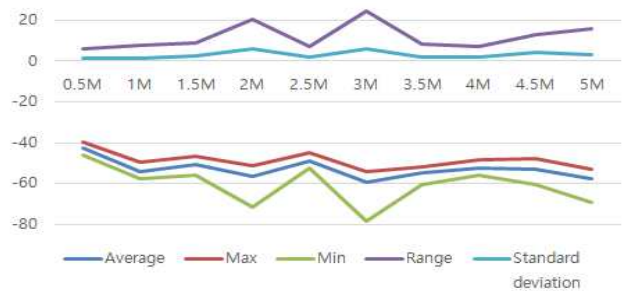
공간의 복잡성 : 실외 < 로비 < 복도 < 두 갈래 길
 RSSI 신호 구별 용이성 : 실외 > 로비 > 복도 > 두 갈래 길

하지만 특성을 구분 짓는 것 외에 RSSI를 실제 위치인식에 사용하기 위한 의미있는 데이터로 보기 위해서는 row data만으로 한계가 있기 때문에 데이터를 1차적으로 가공하였다. 실험으로 얻은 RSSI데이터를 공간과 거리별로 구분지어 최대, 최소, 평균값, 표준편차, 신호의 범위(최대값과 최소값의 차로 신호가 얼마나 변화하는지 알아보고자 함)로 분석하여 아래의 그래프들로 나타내었다.

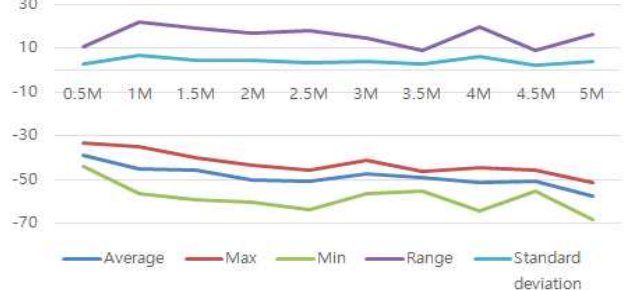
실외 분석



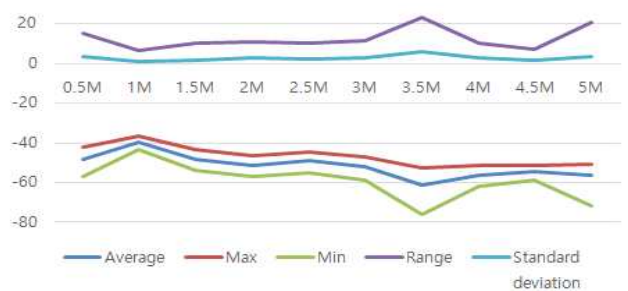
로비 분석



복도 분석



두 갈래 길 분석



(그림 13) 공간 별 RSSI 분석

분석된 그래프를 보면 실외에서의 측정 데이터가 가장 이상적인 결과를 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한 공간 형태별로 각각 다른 특징을 보여주기 때문에 유효한 거리 범위와 가공된 데이터의 유형을 다르게 적용하는 것이 유효하다는 것을 알 수 있다. 예를 들어 복도에서는 평균,

최대, 최소값이 거리와 정비례 혹은 반비례 그래프를 그리지만 로비에서는 진폭(Range)과 표준편차가 정비례와 반비례 그래프를 그린다. 유효거리는 데이터 유형과 관계없이 2m~2.5m안쪽이 안정적임을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 실내 위치인식에서 사용하기 위한 RSSI의 유효 거리를 공간별 특성으로 나누어 연구하였다. 또한 실험으로 얻은 데이터를 가공하고 특성별로 분석하여 공간별로 유의미한 데이터의 유형과 범위를 찾아낼 수 있었다. 실내 위치인식 연구자들이 위의 데이터를 기반으로 RSSI를 이용한다면 더 신뢰성이 높은 위치인식 결과를 얻을 수 있을 것이라 기대된다.

“본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2016-R0992-16-1012)

“이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2015R1A2A1A16074932).”

참고문헌

[1] Shu, Yuanchao, et al. “Magicol: indoor localization using pervasive magnetic field and opportunistic wifi sensing.” Selected Areas in Communications, IEEE Journal on 33.7 (2015): 1443-1457.

[2] Zhang, Zheng, et al. “Research of an adjacent correction positioning algorithm based on RSSI-distance measurement.” Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2011 Eighth International Conference on. Vol. 4. IEEE, 2011.

[3] <https://ko.wikipedia.org/wiki/수신신호강도>

[4] Bahl, Paramvir, and Venkata N. Padmanabhan. “RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system.” INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE. vol. 2. iee, 2000.

GPS와 활동량계를 이용한 실내/실외 분류 기법

이규필, 최선탉, 조위덕
아주대학교 전자공학과
{arzil000, suntaag62, wdukecho}@gmail.com

The Inside / Outside Classification Technique using GPS and Activity Tracker

Kyu Feel Lee, Sun-Taag Choe, We-Duke Cho
Dept of Electronic Engineering, Ajou University

요 약

본 논문에서는 이영권 등의 선행연구[1]를 발전시켜 GPS와 손목착용형 활동량계를 이용하여 실내/외 위치를 분류하는 기법을 제안한다. GPS신호는 주변 지형/지물에 따라 영향을 많이 받기에 GPS만으로 실내/실외를 결정하는 것은 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 선행연구를 개선하기 위해 실내/외 분류조건을 변경하고, 손목착용형 활동량계를 이용하여 분류결과를 보정하여 93.66%의 인식률 산출하였다.

1. 서론

최근 스마트폰 보급화로 GPS(Global Positioning System)를 이용한 개인위치정보 수집이 용이해져 다양한 개인맞춤형 위치기반서비스(LBS: Location-Based Service)가 제공되고 있다. GPS는 서로 다른 궤도로 떠있는 GPS위성에서 발신하는 마이크로파를 지상의 수신기를 통해 수신하여 삼변측량을 통해 사용자의 시간, 위도, 경도, 고도, 정확도를 산출하는 시스템이다. GPS의 정확도는 위치정보의 오차범위를 반경 N 미터 형태로 제공된다. 그러므로 이하 GPS 신호의 정확도는 오차범위로 기술한다. GPS신호 수신기는 지상에서 4개 이상의 위성으로부터 신호를 수신해야 위치 계산 및 오차보정이 가능하다. 하지만 GPS위성들은 고도 약 2 만 Km에서 신호를 송신하므로 그 신호세기가 매우 미약하고, 간섭에 매우 취약하다.[2-4] 그래서 수신기가 구름, 나무, 숲 속, 주변 건물 등 음영지역에 있을 경우 지형에 영향을 받아 위치정보의 오차범위가 커진다.[5,6] 특히 실내의 경우 GPS위성신호 수신을 못하거나 아예 잘못된 위치를 산출하여 실내위치추적에 적합하지 않다. 때문에 위치기반서비스는 실외위치기반과 실내위치기반 두 가지로 분류되며, 실외위치기반의 경우 주로 GPS를 보정하여 이용하고 실내위치기반은 Wi-Fi, 블루투스 비콘(BlueTooth Beacon), 등을 이용한 다양한 방법들이 연구되고 있다.[7-8] 이렇게 실내위치추적 방법과 실외위치추적 방법은 다양하게 연구 되고 있지만, 사용자의 현재위치가 실내인지 실외인지 추정하는 연구는 부족하다. 그러므로 본 논문을 통해 실내/외 위치를 구분하는 기법을 제안하고자 한다.

2. 관련연구

최용훈 등의 연구[9]에서는 GPS와 Wi-Fi 신호를 이용하여 실내/실외를 구분하여 스마트폰의 전력소비를 감소시키는 방법을 제안하였다. 이 방법에는 실내에 Wi-Fi AP가 있어야만 실내/실외를 구분할 수 있다. 또한 AP와 피실험자의 위치가 Wi-Fi 신호 수신거리 이내라면 실외에서도 스마트폰이 Wi-Fi 신호를 수신할 수 있고, 실내에서도 창가 등에서 GPS신호를 수신하는 경우도 있기 때문에 실내와 실외의 구분이 어려운 구간이 생기는 문제가 있다. 최용훈 등은 이러한 상황을 unknown state로 정의하여 실내/실외 구분을 보류하였다.

박진관 등의 연구[10]에서는 위치기반서비스 지원을 위해 GPS기반의 개인의 머무른 지점(Stay Point of stay location, 이하 SP)을 추출하기 위한 기법을 다루고 있다. SP가 실외일 때는 큰 문제가 없으나, SP가 GPS음영지역이거나 실내일 경우 GPS값이 불안정해지는 문제가 생긴다. 때문에 해당 연구에서는 GPS의 위도, 경도의 변화량을 기반으로 실내를 구분하여 SP를 안정화하는 방법을 제안하였다. 그러나 해당 연구는 GPS의 오차범위를 고려하지 않았고, 위도와 경도를 기준으로만 삼기에 큰 건물, 주차타워 등 입구와 출구가 다를 경우 오차가 발생할 수 있다.

Kohtake, N 등의 연구[11]에서는 IMES(INDOOR MESSAGING SYSTEM)와 GPS를 이용하여 실내에서 GPS가 끊어지거나 튀는 것을 방지하여 수집된 GPS신호가 매끄럽게 되도록 모으는 방법을 제안하였다. 하지만 건물 내에 별도의 장비를 설치해야하는 단점이 있다. 실내에 추가 장비를 설치하게되면 해당 건물을 제외한 건물이나 GPS음영지역에서 실내/외 위치를 구분할 수 없는 문제가 있다.

이영권 등의 연구[1]은 본 연구의 선행 연구로써, 스마트폰의 GPS센서만으로 측정된 오차범위수집데이터의 정확도의 값과 최근 5개 데이터의 분산을 이용하여 실내/실외를 구분하는 방법을 제안하였다. 이 선행연구에서는 음영지역, 실내 등의 이유로 GPS신호가 손실되었을 경우 실내/실외를 분석할 수 없고, 인식률이 낮은 한계가 있다.

본 연구에서는 이영권 등의 선행 연구를 발전시켜 GPS 위치데이터에서 오차범위 값을 이용하여 실내/외를 구분하고, 추가 장비로 손목착용형 활동량계를 이용하여 그 결과를 보정하는 기법을 제안한다.

3. 데이터 수집

20대 성인 남성 1명 3개월 동안 스마트폰과 손목착용형 활동량계를 이용하여 데이터 수집 후 비정상 수집데이터를 제외한 58일치 데이터를 이용함. 비정상 수집데이터는 피실험자의 망각, 수집기기 배터리 소진 등의 이유로 데이터가 온전치 못한 경우이다.

<표 1> 데이터 수집 정보

공통	수집대상	20대 성인 남성 4명
	수집기간	5개월
위치	수집기기	스마트폰(SM-G900, IM-100)
	수집 주기	10 sec
	수집정보	시간, GPS오차범위
활동	수집기기	활동량계(Mi Band)
	수집 주기	1 min
	수집정보	시간, 분당 걸음 수

3.1 위치데이터 수집

위치정보 수집을 위해 스마트폰에 내장된 GPS를 이용하여 위치정보를 수집하는 어플리케이션을 개발하였다. 수집에 사용된 스마트폰은 SAMSUNG社의 갤럭시 S5(SM-G900)과 PANTECH社의 아이백(IM-100) 모델이며, 수집 주기는 10초이다. GPS를 통해 수집가능한 정보는 시간, 위도, 경도, 고도, 오차범위 이며, 본 연구에서는 이 중 시간과 오차범위만을 사용한다.

3.2 활동데이터 수집

가속도계가 내장된 손목착용형 활동량계를 이용하여 활동정보를 수집하였다. 본 연구에서는 활동량계로 Xiaomi社의 Mi Band를 사용하였다. Mi Band는 Bluetooth Low Energy(BLE)로 스마트폰과 통신하며 프로토콜이 공개되어 있다.[12] 이를 이용한 개방형 프로젝트 중 GadgetBridge[13]를 활용하여 분당 걸음 수(정수, 0~255)를 수집하였다.

4. 실내외 구분 기법

4.1 GPS 위치데이터 보정 및 손실 데이터 추정

앞서 서술하였듯이 GPS위성신호는 간섭에 취약하여 주변 지형지물에 따라 위치정보를 산출하지 못하거나 그 정확도가 떨어지는 경우가 생긴다. 때문에 수집한 위치정보에서 정확도를 보정하고 산출하지 못한 위치정보를 추정하는 것이 필요하다.

$$G(t) = \min(g_{t1}, g_{t2}, \dots, g_{tn}) \quad (1)$$

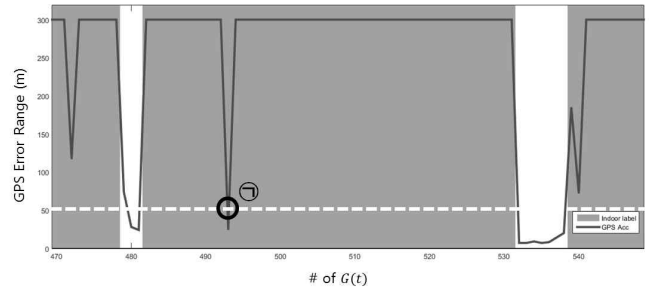
$$G(t) = \begin{cases} G(t) & (G(t) \notin \emptyset) \\ c & (G(t) = \emptyset) \end{cases} \quad (2)$$

t : 시간(min), n : $\frac{60(\text{sec})}{\text{수집주기}(\text{sec})}$
 g : 1분내 수집된 모든 GPS오차범위 값
 c : 큰 값을 갖는 임의의 상수
 $G(t)$: 1분당 GPS대표오차범위값

식 1은 수집한 위치정보의 정확도 보정을 위해 사용한 수식이다. 수집한 위치정보를 1분단위로 시분할한 뒤, 한 시분할 내에서 오차범위의 최솟값을 그 시간의 대표 오차범위 값으로 사용한다. 그리고, 실내에서는 GPS의 수신율이 양호하지 않아 수신자체가 누락되는 경우가 발생하므로 이를 보정하기 위해 다음과 식 2를 사용한다. 식 2는 GPS신호 미수신으로 인해 손실된 위치정보를 큰 오차범위 값을 갖는 임의의 상수를 분당 위치정보 미산출 구간에 1개씩 채워서 보충하는 수식이다. 본 연구에서는 GPS를 항상 켜놓고 신호를 수집하였으므로 수집이 누락될 경우를 정확도가 극단적으로 나쁜 상황으로 간주하고 해당 오차범위를 임의의 상수 c 로 보충하였다. 본 연구에서 수집된 GPS의 오차범위는 최소 3, 최대 249 이었으므로, 정상 수집된 값과 충분한 차이를 주기위해 임의의 데이터 값을 300으로 설정하였다. 이와 같은 보정과정을 거친 데이터는 최초 수집한 위치정보를 1분의 수집주기를 갖는 위치정보로 리샘플링하는 효과를 얻을 수 있다.

4.2 위치데이터에서 오차범위 값을 이용한 실내외 구분 기법

GPS신호에서 오차범위 값은 m단위로 수신된 좌표가 실제로 존재할 반경을 나타낸다. 예를 들어 정확도 값이 10m일 경우 수신된 위도/경도 좌표가 실제로는 반경 10m 이내에 존재한다는 것을 의미한다. 따라서 값이 작을수록 정확하며 클수록 부정확하다.



(그림 1) 분당 GPS 대표 오차범위 값 그래프와 실제 실내·외 위치 그래프

그림 1은 80 여분 동안 피실험자의 실제 실·내외 위치와 GPS 오차범위 변화 추이를 나타낸 그래프이다. 실선은 식 2를 통해 산출한 $G(t)$ 값이며, 그래프의 배경색은 피실험자의 실내·외 위치이다. 그래프의 배경색이 진한 색상일 때 피실험자가 실제로 실내에 있었음을 의미한다. 실내·외를 구분하기 위해 아래의 식 3을 사용한다.

$$P(t) = \begin{cases} \text{Indoor} & (\text{threshold} < G(t)) \\ \text{Outdoor} & (0 \leq G(t) \leq \text{threshold}) \end{cases} \quad (3)$$

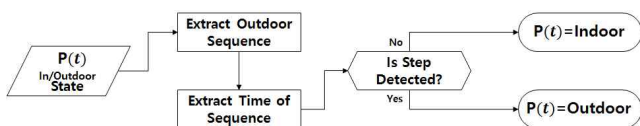
$P(t)$: $G(t)$ 를 기준으로 분류한 실내·외 위치
 threshold : 문턱 값

식 3은 산출한 수집한 GPS의 오차범위를 문턱 값을 기준으로 실내와 실외로 구분하는 식이다. 본 연구에서는 문턱 값을 발견적 방법(Heuristic method)를 통해 50으로 설정하였다. 문턱 값은 그림 1에서 흰색 점선으로 표시하였다.

하지만 이와 같이 GPS의 수신 상태만을 이용할 경우에 오류 상황이 발생할 수 있다. 그림 1의 ㉠과 같이 GPS의 정확도는 간혹 실내에서도 그 정확도가 실외와 유사한 값을 수신할 때가 종종 발생한다. 이는 실내에서도 창문이나 옥상과 같은 실외와 매우 가까운 거리에 있을 때 그 정확도가 실외로 분류될 수준의 위성전파가 수신되기 때문이다. 또한 우연히 실내에 있지만 정확도 값 자체의 오류로 그 값이 낮아질 수 있다. 따라서 실내와 실외를 조금 더 정밀하게 구분하려면 활동 정보를 결합하여 이를 보정할 필요가 있다.

4.3 걸음 정보를 결합한 실내외 구분 보정 방법

앞서 설명한 바와 같이 실내에서도 우연히 실외로 분류되는 경우의 오류를 보정하기 위해 활동량계의 걸음 정보를 이용하였다. 사람이 실내에서 실외로 위치를 변경하기 위해서는 이동을 위한 걷는 행동이 필수적으로 있어야 한다. 그렇기 때문에 분류한 $P(t)$ 값이 실내에서 실외로 바뀔 때 걸음 정보가 검출되지 않을 경우 실내에 있는 것으로 $P(t)$ 값을 보정하는 방법을 적용하였다. 그림 2는 상기 과정을 흐름도로 나타낸 그림이다.



(그림 2) 위치데이터 기반 실내외 분류 데이터에서 걸음 정보를 이용한 보정 방법

4.4 결과

<표 2> 제안한 기법의 혼동행렬 (confusion matrix)

		Gold Standard	
		Inside	Outside
Classification outcome	inside	TP = 52297	FP = 1908
	Outside	FN = 3383	TN = 25932

표 2는 제안한 방법을 통해 얻은 결과이다. 표 2의 내용을 토대로 산출한 실내/외 인식률은 93.66%이며, 인식률 80%대였던 선행연구[11] 대비 많은 향상이 되었음을 알 수 있다. TP(True Positive)는 실제위치가 실내일 때 구분 결과가 실내인 경우, TN(True Negative)는 실제위치가 실외일 때 구분 결과가 실외인 경우, FP(False Positive)는 실제위치가 실외일 때 구분 결과가 실내인 경우, FN(False Negative)는 실제위치가 실내일 때 구분 결과가 실외인 경우를 의미한다. FP의 발생원인은 GPS신호가 실외에서 그룹, 나무, 주변 건물 등의 주변지형/지물에 영향을 받아 오차범위의 값이 크게 산출되었기 때문이다. FN의 발생원인은 실내에서 이동 중 창가 등을 통해 GPS 신호를 수신하였기 때문으로 추정된다. 제안하는 기법에서는 사용자의 분당 걸음 수를 이용하여 실내/외 구분 결과를 보정하기에 이 경우 잘못 판단할 수 있다.

5. 결론

본 논문은 GPS와 손목착용형 활동량계를 이용하여 실내/외 위치를 구분하는 기법을 제안하였다. 이영권 등의 선행연구[11]은 음영지역, 실내 등의 이유로 GPS신호가 손실되었을 경우 실내/실외를 분석할 수 없고, 인식률이 낮은 한계가 있다. 본 연구에서는 이를 개선하기 위해 실내/외 분류조건을 변경하고, 손목착용형 활동량계를 이용하여 결과를 보정하여 93.66%의 인식률을 얻을 수 있었다.

관련연구조사결과 GPS만을 이용하여 실내/실외를 구분하는 것은 한계가 있어 추가장비를 이용하여 실내/외 구분을 보정하고 있다. 그러나, 기존 연구들은 주로 추가장비를 실내에 설치한다. 이 경우 실내측위를 하기는 용이하지만, 사용자가 실내에 들어가고 실외에 나가는 시점을 판단하기가 어렵다. 그래서 본 연구에서는 실내/외 구분 결과 보정을 위한 추가장비로 손목착용형 활동량계를 이용하였다. 그래서 본 연구에서 제안하는 기법은 특정건물에 구애 받지않고 사용자의 실내/외 위치를 검출이 가능한 장점이 있다. 하지만, 본 연구는 GPS의 오차범위 보정을 위해 GPS데이터를 1분 단위로 사용하기 때문에 실내/외 구분이 실시간으로 이뤄지지 않는 한계가 있어 추후 연구

에서 이를 극복해야 할 것이다. 본 연구 성과는 스마트폰 전력절약, 위치기반서비스는 물론 헬스케어(Healthcare), 웰니스(Wellness), 라이프스타일 패턴(Lifestyle Pattern) 등에 활용될 것으로 기대된다.

Acknowledgement

본 연구는 연구성과실용화진흥원의 "모바일 IoT 디바이스를 이용한 활동/수면/식사 자동 행위인식과 전주기 활동 패턴 모델링 기술 개발" 과제의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

[1] 이영권, 최선탍, 조위덕, "GPS 센서를 이용한 실시간 실내/실외 인지 알고리즘에 관한 연구," 한국통신학회, 한국통신학회 학술대회논문집 pp. 1560-1561, 2015.

[2] J. S. Han, K. Y. Kim, S. J. Kim, H. D. Kim, and H. J. Choi, "Analysis of adaptive digital signal processing for anti-jamming GPS system," J. Korea Inform. Commun. Soc.(KICS), vol. 32, no. 8, pp. 745-757, Aug. 2007.

[3] H. Hu and N. Wei, "A study of GPS jamming and anti-jamming," in Proc. 2009 2nd Int. Conf. Power Electron. Intell. Transportation Syst. (PEITS), pp. 388-391, Shenzhen, China, Dec. 2009.

[4] E. D. Kaplan, "Understanding GPS; Principles and Applications," Artech House, 2002

[5] Al Nuaimi, K., & Kamel, H, "A survey of indoor positioning systems and algorithms," In Innovations in Information Technology (IIT), International Conference on IEEE, pp. 185-190, 2011.

[6] 이영권, 하길수, 조위덕. "GPS 음영지역에서 두 개의 갈만 필터를 사용한 위치 보정에 관한 연구." 한국차세대 컴퓨팅학회 논문지 10.6 pp. 59-68, 2014.

[7] 임정민, 성태경, "스마트폰 기반 실내 측위 기술 동향," 한국통신학회, 한국통신학회지(정보와통신) 32(8), 16-23 (8 pages), 2015.

[8] 김일영, 최광석, "RSSI 핸드오버 기법 이용한 실내 위치 인식 시스템 개발," 한국 차세대 컴퓨팅학회, 한국차세대 컴퓨팅학회 논문지 제7권, 제3호, pp. 39-46, 2011.

[9] 최용훈, 이정원, "저전력 소모를 위한 오토마타 기반의 실내/외 판단 컨텍스트 생성 모델," 40회 한국 정보 처리학회 추계 학술 발표대회 논문집, 2013.

[10] 박진관, 이성로, 정민아, "실내·외 구분 및 위치의 정확성을 개선한 Stay Point 추출 기법," 전자공학회, 전자공학회 논문지 제52권 제6호, pp. 95-104, 2015.

[11] Kohtake, N., Morimoto, S., Kogure, S., & Manandhar, D. "Indoor and outdoor seamless positioning using indoor messaging system and GPS," In Proceedings of the International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN2011), Guimarães, Portugal pp. 21-23, 2011.

[12] <http://allmydroids.blogspot.kr/2014/12/xiaomi-mi-band-ble-protocol-reverse.html>

[13] <https://github.com/Freemygadget/Gadgetbridge>

실시간 전력 사용량 확인 및 제어 가능한 스마트 콘센트

박재현, 이경오, 권구락
조선대학교
grkwon@chosun.ac.kr

Smart Outlet for Real-time Power Consumption Check and Control of Power

Jae-Hyun Park, Kyung-Oh Lee, and Goo-Rak Kwon
Chosun University

요 약

앞으로 주변에서 흔히 보고 쓰는 사물 대부분이 인터넷으로 연결돼 서로 정보를 주고받는 사물인터넷 시대가 열렸다 생각이 든다. 이에 맞춰 본 논문에서는 에너지 절감을 위한 실시간으로 전력 사용량을 확인 및 제어가 가능한 스마트 콘센트를 개발하였다. 개발한 아이템의 시스템은 Arduino 와 Arduino Wi-fi shield를 활용하여 와이파이 기능이 내장된 콘센트와 실시간으로 전력 사용량 확인 및 제어를 위한 웹서버로 구성되어 있습니다. 또한, 사용자가 쉽게 사용량 확인 및 전력 제어를 조작을 손쉽게 할 수 있게 Relay module을 활용하였고 Android Studio를 활용하여 Application을 개발하였습니다. 스마트 콘센트는 사용자의 안전성과 편리성을 도모할 수 있다고 생각한다.

1. 서론

현재 국내는 장소에 상관없이 누구나 인터넷에 접속할 수 있다. 이에 따라 어떤 사물에서도 인터넷으로 접속하여 제어할 수 있는 것에 관심이 높아지면서 앞으로 2~3년이면 센서, 카메라, 자동차 등 일명 사물로 일컫는 각종 장치들이 인터넷에 연결되는 사물인터넷(IoT : Internet of Things)의 시대가 확산되고 있다. 현재에도 다양한 가전제품이나 자동차, 내비게이션에 무선인터넷 환경이 구성되고 있으며 관련 연구가 활발히 진행되고 있다.

이렇게 IoT의 시대가 확산과 과학기술의 발달로 인해, 가정이나 사무실에서 쉽게 쓰이고 있는 컴퓨터, TV 등은 그 편리성에 의해 많은 곳에서 사용되어지고 있다. 하지만, 이러한 전자기기의 사용 증가에 따라 불필요한 전력소모와 전기사고 또한 증가하여 많은 재산피해와 인명피해가 따르고 있다. 또한, 현재 국내는 스마트 미터 보급률 낮은 상태이며 아날로그 미터기는 사용량 확인 방법을 잘 몰라 사용자에게 많은 오차의 정보가 가는 경우가 많거나 잘 인식하지 못하는 경우가 많다.

또한 현재 에너지를 효율적으로 관리하기 위해 스마트 그리드(Smart Grid)라는 개념이 도입이 되었는데, 스마트 그리드(Smart grid)는, '발전-송전-배전-판매'의 단계로 이루어 지던 기존의 단방향 전력망에 정보기술을 접목하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 '지능형 전력망'을 가리킨다. 발전소와 송전·배전 시설과 전력 소비자를 정보통신망으로 연결하고 양방향으로 공유하는 정보를 통하여 전력시스템 전체가 한 몸처럼 효율적으로 작동하는 것이 기본 개념이다.

스마트 그리드는 전력 인프라에 지능형 능력이 추가되어

전력의 생산에서부터 소비까지의 전 과정을 보다 효율적이고 능률적으로 관리하고 제어하기 위하여, 전력 인프라에 ICT(Information & Communication Technology)기술들의 적용이 활발히 진행되고 있는 상황이며, 특히 전력 그리드에 통신 기술을 접목시킴으로써 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 전력 정보를 교환할 수 있으므로 양방향 전력정보 교환을 통하여 합리적 에너지 소비를 유도하고, 고품질의 에너지 및 다양한 부가서비스 제공하여 에너지효율을 최적화하는 차세대 전력망으로 각광 받고 있다.

이와 같은 분위기에서 미국, 유럽 등의 선진국은 2000년 초부터 IT 기반의 다양한 전력망 정책을 추진 중이고, 한국도 국가 단위의 스마트 그리드 관련 정책 및 전략을 추진 중에 있다.[1-2].

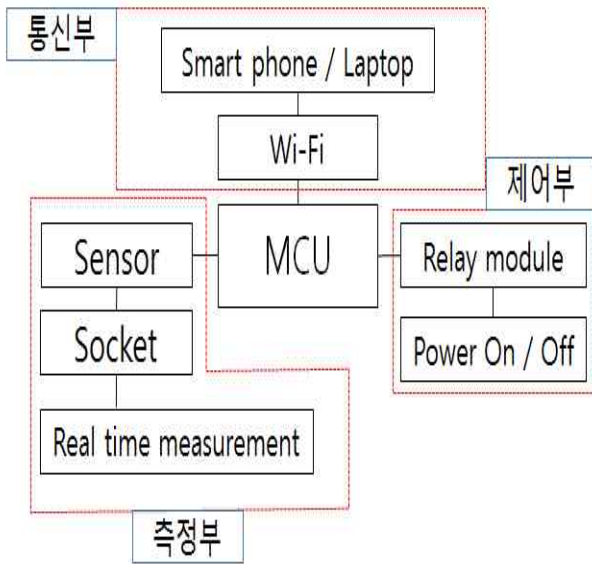
이로 인해 이와 같은 시점에 생각하는 제품으로 미터기 필요 없이 해당 기기에 제품을 사용하면 그에 대한 정보를 사용자는 쉽게 사용량을 확인하고 원격으로 제어 할 수 있다. 또한, 혹시 모르고 켜고 간 전원이 있더라도 Application을 사용하여 원격으로도 전원을 제어 할 수 있음으로 사용자의 안정성과 편리성을 도모 할 수 있다.

2. 본론

2.1 시스템 구성도

그림1은 전체 시스템 구성도이다. 주요구성으로는 우선, 전력 측정 부분으로는 전류부에서 Electricity Meter(Analog) 전류센서를 이용하여 전력을 측정하게 되었고, 제어부에서는 Relay와 차단기를 이용하여 전력을 제어하게 구성했다. 통신부는 MCU(Arduino UNO)에 Wi-Fi shield를 장착하여 Server역할을 수행하면서 측정했던 데이터를 LCD에 나타내게 하였습니다. 또한, 사용자가 원하는 경우 Application을 이용하여 실시간으로 값을 확인하거나,

원격으로 콘센트의 전원을 제어 할 수 있다. 시스템 구성은 크게 전력 측정 부분, 통신 부분, 제어 부분으로 설명 할 수 있으며 그림과 같이 나타낼 수 있다.



(그림 1) 전체 시스템 구성도

2.1.1 제안하는 측정부 알고리즘

콘센트 및 멀티콘센트에 흐르는 전류를 Electricity Meter(Analog)를 이용하여 측정 후, 전력 사용량을 나타낸다. 그리고 그 값은 Arduino UNO 부분에 저장된다. 저장 값은 누적이 되어 일, 월, 년 기준으로 나누어져 사용 통계를 확인할 수 있다. 그렇게 본인의 사용량을 확인하며 본인의 평소 전력 사용량을 확인하여 전력 사용량 감소에 도움을 할 수 있다. 또한, 콘센트에 누전 차단기를 설치하여 직접 스위치처럼 사용하거나 Relay를 이용하여 원격으로 Application 또는 Laptop 등을 이용해서도 사용을 중단 시킬 수 있다.



(그림 2) 제안하는 측정부 알고리즘

그 중 측정부는 그림2와 같이 측정부 알고리즘 제안하고 있다. MCU가 구동되고 기기에 전원이 입력되면 전력사용으로 인하여 센서에서 전류값을 계산을 하게 됩니다. 그렇게 전류값을 계산하게 되고 그 값을 이용하여 전력사용량 출력과 사용 요금 관련하여 출력이 나타내게 됩니다. 또한, Relay를 이용하여 제어 또는 직접적 전원 on/off로 on일 경우 해당 값이 누적되고 off일 경우 0으로 값이 누적되게 된다.

다양한 전류센서들을 보며 각 센서들마다 입력전압5V AC/DC 수치와 입력전압 12V AC/DC 값이 틀렸다. 우선 교류이기 때문에 RMS를 적용시켜 계산을 하게 되었다. 전류값 이외에도 전력 계산 및 전력 사용 요금을 계산하는 어려운 경우가 있어 한국전력공사에 명시되어 있는 요금에 따라 가격을 계산하여 나타내게 적용시켜 왔다. 식1과 같이 RMS 값을 사용하는 공식을 이용하여 교류전압 같은 경우 모든 장소가 220V가 아니라 장소마다 다르기 때문에 우선 기준인 220V를 적용하고 전류 경우 공식을 이용하여 교류 값을 나타내게 적용시켰다.

$$A_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i^2)} \quad (1)$$

```
int sensor_max;
sensor_max = getMaxValue();
Serial.print("sensor_max = ");
Serial.println(sensor_max);
//the VCC on the Grove interface of the sensor is 5v
amplitude_current=(float)sensor_max/1024*5/200*10000000;
effective_value=amplitude_current/1.414;
//minimum_current=1/1024*5/200*10000000/1.414=24.4(mA)
//Only for sinusoidal alternating current
Serial.println("The amplitude of the current is(in mA)");
Serial.println(amplitude_current,1);//Only one number after the decimal point
Serial.println("The effective value of the current is(in mA)");
Serial.println(effective_value,1);
float v= 220/sqrt(2);
lcd.setCursor(0,0);
float w = v*amplitude_current/1000/sqrt(2);
lcd.print("P:");
lcd.print(w);
lcd.print("W ");
sumw = sumw + w;
summ=sumw/3600/1000;
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("A:");
lcd.print(summ);
lcd.print("kWh ");
```

(그림 3) 측정부 부분 중 전력 값 계산 및 출력 소스 코드

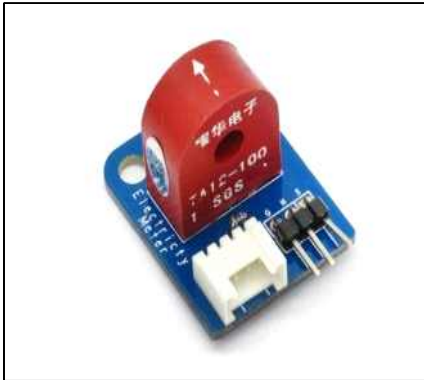
그림4에서처럼 Arduino에 coding하여 전류의 rms값을 적용시켜 전압과 계산하여 LCD에 표시되게 적용을 시켰다. 또한, 전압은 교류값을 적용시켜 계산 시켰다. 이후, 값들은 Sever로 데이터를 전송하여 값이 누적되면서 실시간적으로는 LCD에 표시가 된다.

2.3 주요 사용 부품

1) Electricity Meter(Analog)

여러 AC/DC 전류센서들을 사용해 본 결과 현재 그림4에 나와 있는 전기 측정기가 제일 근접한 값을 나타내었다. 다른 센서들은 큰 오차를 나타내거나 허용 입출력 전류가 낮아서 측정하기 어려운 부분도 있었다. 하지만, 여러 센서들을 해본 결과 근사치에 나오는 Electricity Meter(Analog)를 사용하기로 하였고, 추 후 제조사만 다르고 비슷한 제품을 구입하여 비교 후, 콘센트 내부에 배치하여 사용하였다.

결론적으로 여러 센서들 사용 및 측정 결과 정확한 기능을 출력하기 위해선 센서의 역할이 중요하다고 생각한다. 전력을 측정하기 위해서는 먼저 ac전류를 측정 할 필요가 있어 많은 전류센서들 중에서 Electricity Meter(Analog)을 사용하도록 결정하게 되고 이렇게 ac전류를 측정하였다. 전선의 한쪽에 연결하여 전선에서 흐르는 자기장을 측정하여 전류를 측정하는 방식이다.



(그림 4) Electricity Meter(Analog)

2) 릴레이

릴레이란 전기회로에서 회로를 두 개로 나누어 한쪽에서 신호를 만들고 그 신호에 따라 다른 쪽 회로의 작동을 제어하는 것으로 일종의 스위치와 같다. 기본적으로 약한 전류로 코일을 동작시켜 강한 힘을 일으켜서 점점을 이어 주거나 끊어주게 된다. 코일은 아주 특이한 성질을 가지고 있는데 전류를 흘렸다가 끊어주는 순간에 역기전력을 발생시킨다. 역기전력은 워낙 높은 전압이라 릴레이를 구동 시키는 회로를 손상 시킬 수 있는데 코일과 병렬로 다이오드 또는 제너다이오드를 붙여 공급 전압보다 높은 전압은 다이오드나 제너 다이오드에서 흡수하여 영향을 미치지 않게 한다[2]



(그림 5) Relay Module

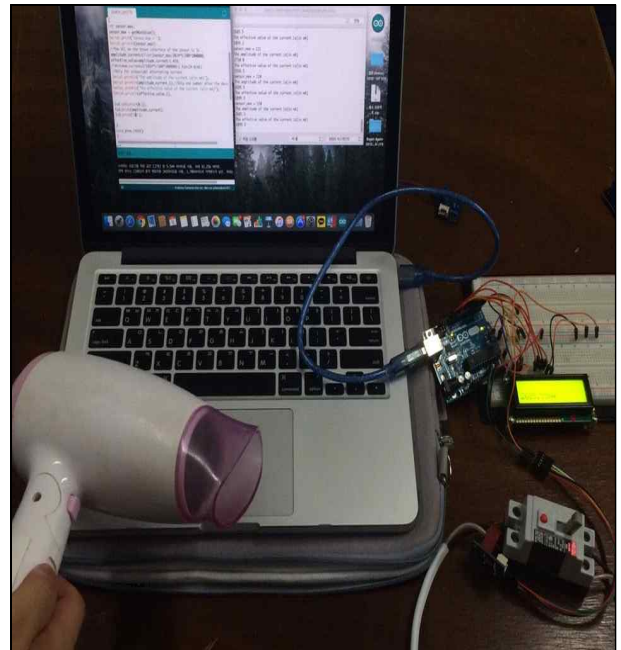
3) Arduino Wi-fi Shield

Wi-Fi Shield로서 Arduino UNO에 연결시켜서 Wi-fi가 가능하게 만들고 이를 이용하여 MCU를 이용하여 Web server를 만든 후 각 측정 데이터 값을 저장하여 Server 저장 및 데이터를 App에 전송하여 사용자가 실시간으로 값을 확인 할 수가 있다. 또한, 원거리에서도 Wi-fi 통신을 하여 Relay를 원격 조정할 수가 있다.



(그림 6) Arduino Wi-fi Shield

3. 실험 및 고찰

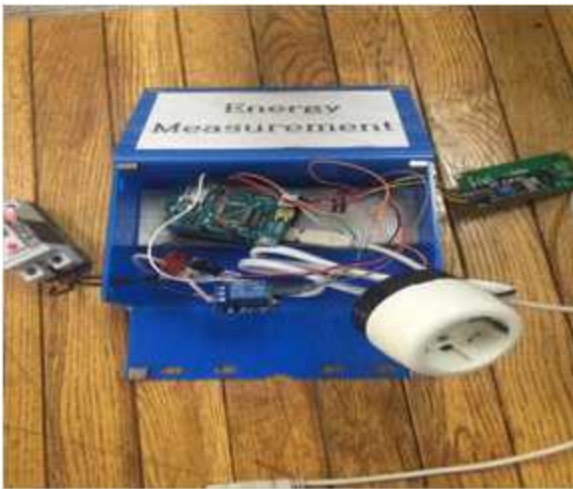


(그림 7) 스마트 콘센트 실험

처음에는 그림8과 같이 Arduino, CLCD, 전류센서를 사용해 실험을 했다. 전류센서마다 값에 오차가 다양했고 이로 인해 다른 사람들의 실험값 및 직접 계산값들을 비교하여 최소의 근사치를 나타내는 전류센서를 사용하여 실험을 하였다. 또한 통신장친 같은 경우 Wi-fi, Zigbee, Bluetooth 등 다양한 장비가 있지만 zigbee같은 경우 데이터 전송은 용이해지만 제어하는 부분에 힘들편이 있었고, Bluetooth의 경우 거리가 짧다는 단점으로 인하여 Wi-fi로 정하여 실험을 하게 되었다.



(그림 8) 스마트 콘센트 외부 모습



(그림 9) 스마트 콘센트 내부 모습

그림9와 같이 스마트 콘센트를 구성시켰고, 다양한 전자기기를 사용하여 전력 사용량 값과 타제품 및 사람들이 측정한 값과 비교하여 오차를 비교하게 되었다. 또한 기기에 누전차단기를 설치하여 멀티 콘센트와 같이 직접적으로 스위치로 전원을 차단하거나 누전이 있을 경우에는 자동적으로 전원이 off가 될 수 있게 구성을 했다. 사용자의 안전성과 편리성을 고려하여 기기를 구성 하였고 사용 또한 그림9와 같이 내부 또한 쉽게 구성이 되어 있어 제품 생산에 또한 편리성이 있을 것이라 생각한다.

4. 결론

직류 교류 전류를 측정하여 값을 계산 한 후 출력할 때 어려움이 생겼고, 그로 인해 실효치 계산식을 사용하여 계산을 했다. 또한 교류 전압 값을 적용시켜서 계산하는 경우에 값이 상이한 경우가 많아 계속 여러 경우를 적용시켜 값을 계산하였다. 추 후, 교류전압 또한 정확하게 측정하여 전력을 정확하게 표시할 수 있게 구성하도록 할 것이다. 또한 구성품의 단가가 비싸 사용자가 구매하여 사용하기에 어려움이 있을 수 있다고 생각이 들었다. 이 후, MCU부분을

Atmega로 변경하여 단가 부분을 낮추어 사용자가 쉽게 구매하여 사용할 수 있도록 변경할 것이다.

현재 많은 스마트 콘센트가 보급이 이루어지고 있다. 에너지 사용량을 실시간으로 측정하고 통신망을 통한 계량 정보 제공으로 가격 정보에 대응하여 수송가 에너지 사용을 적절하게 제어할 수 있는 기능을 갖는 스마트 콘센트들이 많다. 이에 기존의 콘센트들과 차별화를 두어 시각적 부분 디스플레이와 화재의 경우 자동적으로 차단 또는 조치방안을 추가적으로 넣을 계획이다.

결론적으로 논문에 나와 있는 스마트 콘센트는 매시간 사용자의 전기 사용 상태를 확인 하고 사용량이 많은 기기에 콘센트를 연결함으로써 쉽게 제어 할 수 있가 전기세 절감에 대한 많은 도움이 될 수 있을 것이다. 이외에도 추후에 제품을 더욱 강화시켜 다른 제품에 차별을 두도록 할 것이다.

참고문헌

- [1] 김홍석 외 3명, “원격 모니터링 및 제어가 가능한 와이파이 스마트 콘센트”, 멀티미디어학회 논문지, 제17권 제2호, p160-169, 2014.2.
- [2] 한영오 외 4명, “스마트 콘센트 개발”, 한국전자통신학회 추계학술지, 제5권 제2호, p198-203, 2011.11.

운영 비용 절감을 위한 효율적인 카페 주문 시스템 구현

김세진, 모한솔, 박신영, 범지인, 권구락
 조선대학교 전자정보 공과대학
 grkwon@chosun.ac.kr

Implementation of Cafe Ordering System for Operating Cost Saving

Kim Se Jin, Mo Han Sol, Park Sin Yeong, Bum Jee In and Kwon Goo Rak

Dept of Electronic Engineering, Ajou University

요 약

현재 시중에는 다수의 Smart Wallet APP과 포인트 적립 및 할인 멤버십 카드가 존재하고 있다. 그렇기에 단 하나의 멤버십 카드를 발급 받아 모든 카페에서 포인트 적립과 사용이 가능한 통합 멤버십이 필요하다고 생각하게 되었다.

진동벨은 카페에서 고객이 주문한 음료가 제조 완료될 경우 카페 고객에게 음료 제조가 완료되었다는 사실을 알려주는 필수적인 기기이다. 하지만 이것은 진동 벨 구매 비용, 충전 전기세, 고장 수리비, 분실문제로 인한 재구매 등의 부수적인 비용이 발생하므로 사업주 입장에서 부담이 되는 부분이다. 그래서 진동 벨 대신 고객의 스마트 폰으로 주문메뉴의 제조완료 알림문자를 전송하도록 함으로써 사업주들은 따로 진동 벨을 구입하고 관리하는 번거로움과 자원낭비에서 벗어날 수 있도록 시스템을 구현하였다.

1. 서론

현재 다수의 사람들은 수많은 카페를 이용하고 있다. 고객들은 할인 또는 포인트 적립을 받기 위하여 카페에 방문하였을 때 해당 카페의 멤버십 카드를 가입하여 제시해야 하는 번거로움이 존재하고 있다.

또한 대부분의 카페에서 필수적으로 사용되고 있는 것이 진동 벨이다. 현재 카페에서는 음료 제조가 완료될 경우 주문고객에게 진동 벨을 통하여 PICK UP 알림을 한다. 하지만 진동 벨 구매 비용, 충전으로 인한 전력 소비, 고장 수리비, 분실 등으로 인한 재구매 등으로 자원을 낭비하고 있다.

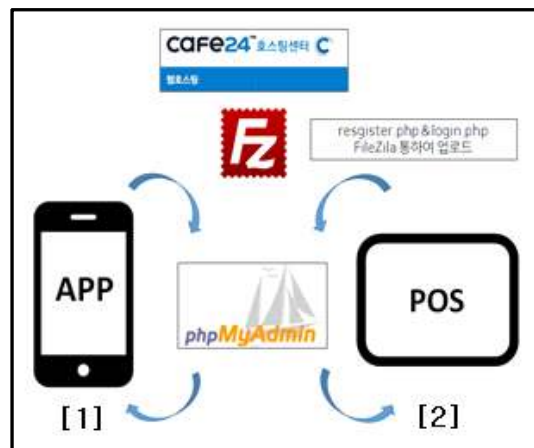
본 논문에서는 데이터베이스를 이용하여 통합적으로 관리가 가능한 멤버십 발급 및 적립된 포인트를 확인 할 수 있는 APP 프로그램, 그리고 카페 이용 고객에게 포인트 적립 및 주문메뉴 제조완료 알림 문자를 전송하는 POS 프로그램을 제안하고자 한다.

2장에서는 시스템의 전체적인 구성과 멤버십 가입, 포인트 적립 및 문자 메시지 서비스 시스템에 대하여 세부적으로 나누어 설명할 것이다. 그리고 데이터베이스와 문자 메시지 서비스가 어떻게 적용이 되었는지 설명하고, 마지막으로 이 서비스 시스템의 여러 장점과 함께 결론을 도출할 것이다.

2. 본문

카페 주문메뉴 제조완료 알림 메시지 시스템

2.1 시스템 구성도



(그림 1) 전체 시스템 구성도

시스템은 크게 APP부분과 POS부분으로 나눌 수 있다. APP 프로그램은 cafe24를 통해 서버를 호스팅 받았으며, APP으로 회원가입 및 로그인을 실행시키기 위하여 PHP언어를 사용하여 register.php와 login.php를 생성하였다. 회원가입 정보, 포인트 등의 정보를 저장 및 불러오기 위

하여 PhpMyAdmin을 이용하여 데이터베이스를 생성하였다. 그리고 FileZilla 프로그램을 이용하여 작성한 php파일을 업로드 하고, Android Studio를 이용하여 register & login layout을 생성했으며 php와 연동하여 데이터베이스에 정보를 저장하고 불러올 수 있도록 하여 고객들이 회원가입을 함으로써 고유 회원 번호를 부여받게 되고, 회원 번호를 이용하여 카페에서 포인트를 적립하고 확인할 수 있도록 하였다. [1]

POS 프로그램은 Visual Studio 2010, MFC c++언어를 사용하여 메뉴 주문 및 회원검색을 통한 포인트 적립을 구현하였다. 또한 POS의 SMS 전송 프로그램은 Clickaell 회사와 연동되는 SMS 전송 프로그램을 C#언어를 사용하여 POS에서 회원 검색을 통하여 해당 회원에게 PICK UP 알림문자가 전송 될 수 있도록 구현하였다. [2]

2.2 Database를 이용한 멤버십 가입 및 포인트 적립

멤버십을 가입하고 포인트를 적립 및 사용하기 위해 Database를 이용하였다.

2.2.1 멤버십 가입과 로그인을 통한 포인트 확인

(그림 2)와 같이 PhpMyAdmin을 사용하여 멤버십 가입과 회원 검색을 위한 테이블 생성한다.

(그림 3)과 같이 php를 사용하여 멤버십 가입 코드를 작성 하였다.

(그림 4)와 같이 php를 사용하여 가입된 정보로 로그인과 로그인 후 적립된 포인트를 확인할 수 있는 코드를 작성 하였다.

작성된 register.php와 login.php를 FileZilla 프로그램을 이용하여 서버에 업로드 한다.

필드	종류	Collation	보기	Null	기본값
id	int(20)		UNSIGNED	아니오	
name	varchar(50)	utf8_general_ci		아니오	
password	varchar(50)	utf8_general_ci		아니오	
email	varchar(50)	utf8_general_ci		아니오	
point	int(20)			아니오	
phone	varchar(50)	utf8_general_ci		아니오	

(그림 2) PhpMyAdmin을 이용하여 테이블 생성

```
<?php
error_reporting(0);
require "init.php";

$name = $_POST["name"];
$password = $_POST["password"];
$email = $_POST["email"];
$phone = $_POST["phone"];

$sql = "INSERT INTO `user_info` (`id`,`name`,`password`,`email`,`phone`) VALUES (NULL,
'".$name."', '".$password."', '".$email."', '".$phone."');";

$response = array();
$response["success"] = true;

echo json_encode($response);

if(!mysqli_query($con, $sql)) {
    echo "message:Unable to save the data to the
database.";
}
?>
```

(그림 3) register.php

```
<?php
error_reporting(0);
require "init.php";

$name = $_POST["name"];
$password = $_POST["password"];

$sql = "SELECT * FROM `user_info` WHERE
`name`='".$name.'" AND `password`='".$password.'";";

$result = mysqli_query($con, $sql);

$response = array();

while($row = mysqli_fetch_array($result)){
    $response
    array("id"=>$row[0], "name"=>$row[1], "password"=>$
row[2], "email"=>$row[3], "point"=>$row[4], "phone"=>
$row[5]);
}

echo json_encode(array("user_data"=>$response));

?>
```

(그림 4) login.php

2.2.2 POS에서 회원 검색을 통해 포인트 적립 및 사용

```
//검색 버튼을 눌렀을 때
void CTableMemberDlg::OnButtonTableMemberB1() {
    char SQLQuery[512],Temp1[50]="",Temp2[50]="";
    CString String;

    GetDlgItemText(IDC_EDIT_TABLE_MEMBER,String);
    if(String=="") {
        AfxMessageBox("검색어를 입력하세요");
        return;
    }
    m_List_Table_Member.ResetContent();
    if(m_Radio_Table_Member_R1.GetCheck()==BST_CHECKED) {
        wsprintf(SQLQuery,"select name,id from user_info where
name='%s'",String);
    }

    if(m_Radio_Table_Member_R2.GetCheck()==BST_CHECKED) {
        wsprintf(SQLQuery,"select name,id from user_info where
id='%s'",String);
    }
    CProjectApp* pApp=(CProjectApp*)AfxGetApp();
    pApp->DB.Exec(SQLQuery);
    while(pApp->DB.Fetch()!=SQL_NO_DATA) {
        pApp->DB.GetStr("name",Temp1);
        pApp->DB.GetStr("id",Temp2);
        wsprintf(Temp1,"%s\t%s",Temp1,Temp2);
        m_List_Table_Member.AddString(Temp1);
    }
    pApp->DB.Clear();
}
```

(그림 5) POS에서 포인트 적립을 위한 회원 검색 코드

(그림 5)의 코드처럼 POS에서 PhpMyAdmin에 저장된 데이터베이스의 정보를 검색한다.

```
//마일리지 발생한 것을 회원에게 적립시킴
wsprintf(SQLQuery,"select optionmile from optioning");
pApp->DB.Exec(SQLQuery);
pApp->DB.Fetch();
pApp->DB.GetStr("optionmile",Temp);
pApp->DB.Clear();

GetDlgItemText(IDC_EDIT_TABLE_ACCOUNT_E5,total); //총
요금-공제마일리지=계산한요금

GetDlgItemText(IDC_EDIT_TABLE_ACCOUNT_E3.changemile);

GetDlgItemText(IDC_EDIT_TABLE_ACCOUNT_E4,aftermile);
index=atoi(total)*atoi(Temp)/1000;
String.Format("%d",index); // 적립할 마일리지
index=atoi(aftermile)+atoi(String);
String.Format("%d",index); //최종 마일리지
wsprintf(SQLQuery,"update user_info set point='%s'
where name='%s' and id='%s'",String,name,registration);
pApp->DB.Exec(SQLQuery)
```

(그림 6) POS에서 포인트 적립과 사용을 위한 코드

(그림 6)과 같이 POS프로그램에 그림 5와 같은 코드를 이용하여

검색한 회원에게 포인트를 적립 하거나 사용한 정보를 데이터베이스에 갱신한다.

2.3 SMS를 사용하여 제조완료 알림문자 전송

```
public partial class Form1 : Form {
    public Form1() {
        InitializeComponent();
    }

    private void buttonSend_Click(object sender, EventArgs e) {
        try {
            WebClient = new WebClient();
            string to, msg;
            to=textBoxTo.Text;
            msg=textBoxMsg.Text;
            string baseurl = "https://api.clickatell.com/http/
sendmsh?user=cafeworld88&password=JGTYPYWWFaRRAc&api_id=
3604059&to="+to+"&text="+msg+"";
            client.OpenRead(baseurl);
            CheckBalance();
            MessageBox.Show("Successfully sent Message");
        }
        catch (Exception ex) {
            MessageBox.Show(ex.Message);
        }
    }
}
```

(그림 7) C#으로 작성한 문자 전송 프로그램

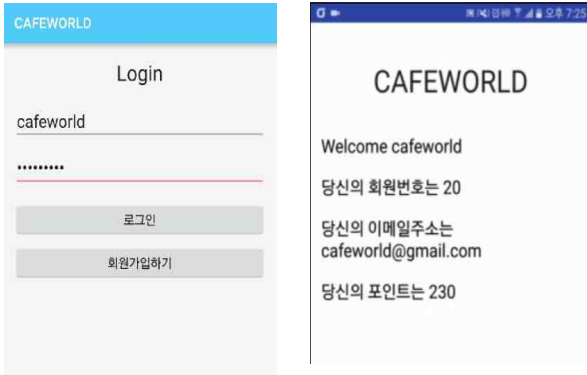
(그림 7)과 같이 C#프로그램을 이용하여 코드를 작성하고 exe파일을 생성하여 기존 MFC로 작성한 코드에 추가하여 제조가 완료 되면 PICK UP버튼을 클릭하여 회원검색을 통해 제조 완료 문자를 전송한다.

2.4 실험 및 구현



(그림 8) 간단한 개인정보를 입력하여 회원가입 화면

(그림 8)과 같이 회원가입하기 버튼을 클릭하여 간단한 개인 정보를 입력하여 멤버십을 가입한다.



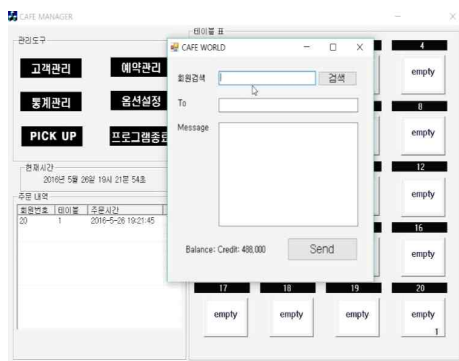
(그림 9) 로그인 할 경우 회원번호와 포인트를 확인 가능한 화면

가입한 회원의 정보를 입력하여 로그인 하면 그림 9와 같이 회원번호 등의 개인정보와 회원번호를 확인할 수 있다.



(그림 10) 회원번호로 회원을 검색하여 포인트 적립

POS 프로그램을 통해 카페 이용객의 주문을 입력한 후 포인트를 적립하기 위해 (그림 10)과 같이 회원번호를 검색하여 포인트를 적립 및 사용한다.



(그림 11) POS에서 회원번호를 검색하여 문자 메시지 서비스를 전송

(그림 11)과 같이 음료 또는 음식의 제조가 완료 되었을 경우 주문내역을 확인하여 회원번호를 확인 회원검색을 하여 문자 메시지를 전송한다.



(그림 12) 제조가 완료되었다는 문자 전송 완료

POS 프로그램에서 문자 메시지를 전송하였을 경우 (그림 12)와 같이 문자를 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 현재 다양한 분야에서 사용되고 있는 멤버십 시스템과 진동 벨 시스템의 단점을 보완하여 통합적인 멤버십 이용과 문자 메시지 서비스 시스템을 제시하였다.

구현된 시스템에서는 데이터베이스를 이용해 멤버십을 가입과 포인트 적립 및 사용이 가능하도록 하였고, 문자 메시지 서비스기능을 이용하여 제조완료 알림문자를 전송할 수 있도록 하였다.

이를 통해 카페에서 사용되는 진동 벨의 구매비용, 전력 소모, 수리비용, 분실 등의 비용을 절감할 수 있게 되어 카페 이용객들과 사업주들 모두에게 편리함을 제공할 수 있을 것으로 보인다.

더 나아가 차후 계획으로 고객이 직접 카운터까지 가지 않고도 APP으로 원하는 메뉴를 주문할 수 있도록 하고, POS 프로그램에서 회원이 APP을 통해 주문한 내역을 확인할 수 있도록 기능을 추가할 계획이다.

4. 참고 문헌

[1] Crane, M.k., Storrie_Lombardi,L.j., Silbermann,N.A., Rebull, L.M. "MySQL/PHP web database applications for IPAC proposal submission", Progress in Biomedical Optics and Imaging, 제 7016권, pp26, 2008

[2] 박병권, 김태현, "벽지업체를 위한 POS 데이터베이스 설계 및 활용 방안", 한국전자거래학회지, 제6권 제3호, pp. 1-16, 2001.

[3]"How to create a Login form for your Android App" <https://m.youtube.com/watch?v=x6jQAaLz1O8> 2016.04.06

[4]"How to Send SMS to Mobile or Cell Phone from Your Application Part1 of 2" <https://m.youtube.com/watch?v=FHIwdRkLfvs> 2016.06.01

태양광 발전기의 고장 진단을 위한 통합 모니터링 시스템 연구

김지인, 권구락
조선대학교 정보통신공학과

ji_kim87@naver.com

Integrated Monitoring System for Trouble Shooting of Photovoltaic Power Plants

Ji-In Kim, Goo-Rak Kwon
Dept of Information and Communication Engineering, Chosun University

요 약

본 논문에서는 태양광 발전기의 고장 유무를 판단하기 위해 고장 진단 추적 알고리즘을 적용한 통합 모니터링 시스템을 제안한다. 제안되는 시스템은 태양광판 모듈에 설치된 온도측정 장치를 통해 데이터 수집 및 서버 전송이 가능한 장치와 열화진단 검출 장치, 이를 전송받는 데이터 서버와 관리자를 위한 모니터링 시스템으로 구성된다. 온도 측정 장치에서 측정된 값을 이용하여, 60° 이상의 온도가 지속될 시에 화재로 판단하고, 열화진단 검출 장치에서 고장 유무를 판단하여 서버로 전송한다. 전송된 데이터를 관리자가 실시간으로 확인할 수 있도록 한다.

1. 서론

차세대 성장 동력산업으로 친환경 에너지에 대한 관심이 증가하면서, 다양한 기술들이 개발되어 지고 있다. 이에 따라 무공해의 태양 에너지를 이용하는 태양광 발전 시스템이 각광받고 있다. 하지만 태양광 발전 시스템은 빛 에너지를 전기 에너지로 변환하여 사용하기 때문에 날씨의 영향과 일사량에 따라서 전력공급의 문제가 발생할 수 있다. 또한 열에너지를 사용함에 있어서, 화재로 인한 고장의 위험성이 있다.

태양광판에 생기는 다양한 오염 물질 및 내부적인 회로 등의 고장과 출력저하에 대한 원인을 해결하기 위해서 모니터링 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 모니터링 시스템을 통해 사전에 고장과 출력저하에 대한 정보를 인지하여 관리자가 조치를 할 수 있도록 한다.

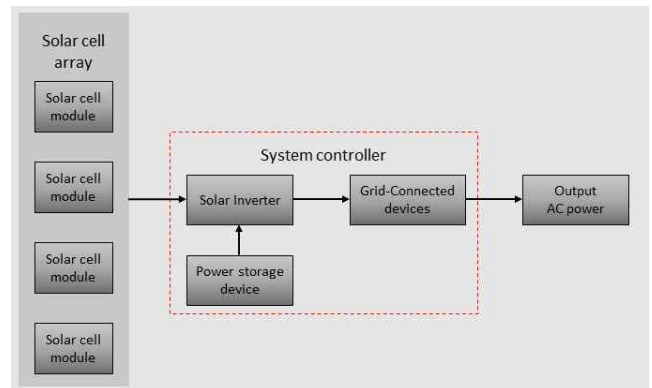
이에 따라, 본 논문에서는 태양광 발전기의 고장 진단을 위한 통합 모니터링 시스템을 설계하고, 관리자를 위한 편의성을 제공하고자 한다. 2장에서는 태양광 발전 시스템에 대한 설명과, 고장 진단 방법들을 소개하고, 3장에서는 제안하는 통합 모니터링 시스템에 대해 서술한다.

2. 관련 연구

2-1. 태양광 발전 시스템

태양광 발전 시스템은 태양전지의 최소단위인 하나의 셀로부터 태양의 빛 에너지를 전기에너지로 변환시켜 각

각의 셀로부터 들어오는 전압을 직병렬로 연결하여 전압과 출력을 얻는 시스템이다. 시스템의 구성은 다음 그림 1과 같다. 태양전지 모듈을 직병렬로 연결한 태양전지 어레이와 전기를 변환하거나 저장하는 인버터와 축전장치 및 계통 연계장치를 포함한 시스템 제어 장치로 구성되어 있다.



(그림 1) 태양광 발전 시스템 구성도

2-2. 고장 진단 방법

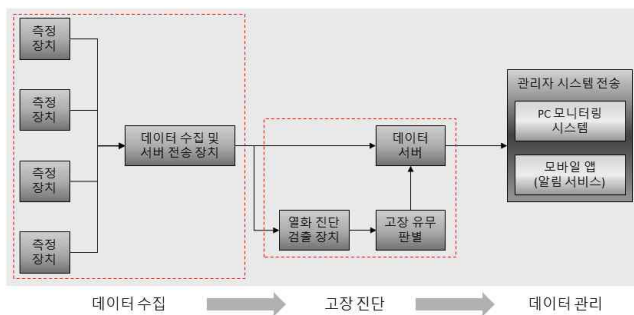
기존의 고장 진단을 위한 방법으로는 각각의 장치별로 기술들이 개발되고 있다. 태양전지의 고장과 출력저하는 다양한 원인을 가지고 있는데, 태양광판에 쌓이는 먼

지, 낙엽 등의 오염물질로 인한 고장과, 일사량에 따라서 변화폭이 크기 때문에 출력저하가 일어난다.

이를 진단하기 위해 각각의 셀에 온도센서를 설치하고, 내부적으로는 전압을 측정하여, 데이터 서버에 저장된 측정값과의 비교를 통해 고장을 판단하는 방법이 있다. 다른 방법으로는 내부에 상태정보 수집 장치를 설치하여, 서버와의 통신을 통해 고장을 판단하는 방안이 있다.

3. 제안하는 모니터링 시스템

본 논문에서 제안하는 태양광 발전기의 고장진단을 위한 통합 모니터링 시스템은 다음 그림 2와 같다.



(그림 2) 고장 진단 모니터링 시스템

제안하는 모니터링 시스템의 구성은 데이터 수집, 고장 진단, 데이터 관리의 3단계로 이루어진다.

데이터 수집 단계는 각각의 셀들에 설치된 온도 센서에서 온도에 따라 저항값이 변하는 특성을 이용하여, 이를 전압분배의 법칙을 사용하여 각 센서의 저항값을 구한다. 측정된 값은 서버 전송 장치를 통해 서버로 송신하여 태양전지에서의 온도 값을 상시 감시 할 수 있도록 한다.

고장 진단 단계는 일반적인 상황과 위험 상황으로 나뉜다. 일반적인 상황에서는 수집된 데이터가 서버로 전송되어 저장한다. 위험 상황이 발생하면 데이터 서버로 전송될 때, 임계값(60°)을 기준으로 이상의 측정값을 추적하여 열화진단 검출 장치로 그 값을 분석하여 고장 유무를 판별한다. 이 때 임계값 이상의 온도가 지속되면 화재 경보를 하며, 1차로 차단을 한다. 이후 2~3분 사이에 온도가 임계값 이하로 지속된다면 화재 경보를 철회하고 차단을 해제한다.

데이터 관리 단계에서는 관리자에게 현재 태양광 발전 시스템의 발전량, 전압, 전류, 온도의 통계 정보를 제공한다. 고장 진단에 대한 대처를 위해서 각각의 통계 정보는 데이터베이스에 저장되며, 이 때 고장 또는 출력저하에 대한 사항을 관리자에게 통보한다. 관리자의 편리를 위해 PC 모니터링 시스템으로 정보를 제공받을 수 없을 경우를 위해 모바일 앱 서비스를 통해 문자전송을 통한

경고 기능과 음성 기능 등을 제공한다.

4. 결론

본 논문에서 제안된 알고리즘에 따라서 모니터링 시스템에서는 태양전지에서 들어오는 출력전압, 전류, 전압, 온도 등을 모니터링 할 수 있는 실행화면과 고장 유무를 출력하는 인터페이스로 이루어진다. 각각의 셀들에서 측정되는 데이터는 데이터베이스를 만들어 비교분석 한다. 분석된 자료를 통해 표준 출력을 계산 후 기상조건 등을 확인하여, 각각의 측정값들을 비교하는 방식으로 연구를 진행한다. 비교를 통해 축적된 자료를 이용하여 고장 또는 출력저하를 판별하며, 관리자가 확인이 용이하게 한다.

향후 연구 과제로는 태양전지에 대한 고장진단 이외 태양광 발전 시스템 전반의 각각의 파트별 고장진단 방법에 대한 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구의 결과는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업단의 기업지원 프로그램의 연구결과이며, 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구(B0113-15-0001)입니다.

참고문헌

[1] K.H. Chaoa, S.H. Hob, M.H. Wanga, "Modeling and fault diagnosis of a photovoltaic system," Electric Power Systems Research, vol. 78, no. 1, pp. 97 - 105, 2008.
 [2] 조현철, 정영진, 이관호, "통계학적 비교 기법을 이용한 태양광 모듈의 고장 유무 검출에 대한 연구", 한국태양광에너지학회, 제33권 제1호, pp.153-156, 2013. 4.

아두이노센서 기반 스마트 피트니스 시스템 연구

정재형, 이미영, 박성호, 박준렬, 최진우, 백성욱¹⁾
세종대학교 전자정보공학대학 디지털콘텐츠학과

jhjung3797@gmail.com, miylee@sejong.ac.kr, shpark3797@gmail.com,
jrpark3797@gmail.com, jwchoi3797@gmail.com, sbaik@sejong.ac.kr

A Study of Smart Fitness System based Arduino Sensor

Jae-Hyung Jung, Mi Young Lee, Seong Ho Park, Jun Ryeol Park, Jin Woo Choi,
Sung Wook Baik¹⁾
Department of Digital Contents,
College of Electronics and Information Engineering, Sejong University

요 약

100세 시대에 돌입하게 되면서 향후 노인 인구증가에 대한 문제가 현재 사회의 큰 고민거리로 떠오르게 되었으며 각 개인들 조차 본인의 향후 건강관리에 대해 많은 관심을 갖기 시작하였다. 이를 바탕으로 고령인구 및 젊은 층 까지 헬스케어 산업전반에 대해 이목을 집중하기 시작함으로써, 헬스케어산업이 빠르게 성장하고 있는 가운데 현재 스마트 피트니스 및 헬스케어 산업들은 기술 개발에만 초점을 맞추고 있고, 실제로 기술 적용을 위한 시스템 구축비용을 고려하고 있지 못하여 실제 사용자들에게 필요한 만성질환의 예방과 개선을 위한 실질적인 효용성을 제시 한 경우는 매우 드문 실정이다. 이러한 상황에서 간단한 센서장치인 아두이노센서를 결합하여 가격적인 측면과 실제 기술을 적용에 대한 실용성을 증대시키고자 하였다.

Abstract

During the next rise of the population of senior citizens for the current social problems large and emerge aging s the problem of individuals, even your future. Started to have a lot of interest in health care. This is about the entire elderly population and health care of young people based on the industry, by starting to focus its attention among health care industry which is growing fast. Smart fitness and health care industry are now in their focusing only on technology development, and actually can not consider the cost of technology system for the deployment. actual user need prevention of chronic diseased and to improve the practical effectiveness has a very unusual case. Arduino, a simple sensor unit combined affordability in this situation. The sensor and the actual practical for the technology to increase.

1. 서론

아두이노센서는 물리적인 세계를 감지하고 제어할 수 있는 인터랙티브 객체들과 디지털 장치를 만들기 위한 도구로, 마이크로컨트롤러(Microcontroller) 보드를 기반으로 한 컴퓨팅 플랫폼과 소프트웨어 개발 환경을 말한다[1]. 현재 간단한 디지털 장치를 설계하고자 하는 비전문 사용자들의 아두이노센서 대한 관심은 계속 증가하고 있는 추세이며 그 이유는 다음과 같다.

첫째, 기존의 전문적인 지식을 요구하는 복잡한 센서들과는 달리 아두이노센서는 그 지식을 갖추지 않은 일반인들도 다양한 분야에 손쉽게 센서를 설계할 수 있으며 [2], 회로 연결 시 연납과정을 필요로 하지 않으므로 일반 비전문 사용자들도 편리하게 자신만의 센서를 제작할 수

있다. 또한 다양한 센서를 지원하기 때문에 만들고자 하는 디지털 장치에 대한 아이디어와 그에 대한 설계 레퍼런스만 참고한다면 누구든 자신만의 디지털 센서를 만들 수 있으며 센서와 보드를 결합할 시 에도 복잡한 작업 없이 보드 소켓에 연결만 하면 바로 작동이 가능하다. 둘째, 손쉬운 설계 방식과 오픈소스를 지향하는 아두이노는 모든 회로가 오픈소스로 배포되고 있기 누구나 자신만의 모듈을 직접 만들고 수정할 수 있다. 셋째, 아두이노 소프트웨어 개발을 위한 통합 개발환경을 제공하며 이 개발환경은 C++언어의 표준라이브러리 함수를 지원하기 때문에 간단한 프로그래밍 학습만 거치면 손쉽게 사용할 수 있다.

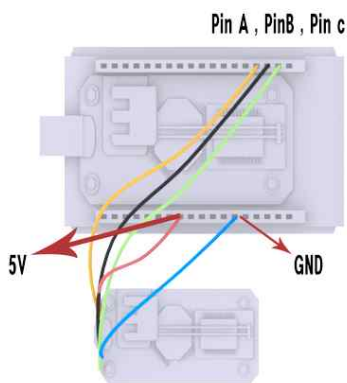
현재 아두이노를 기반으로 전문가 및 비전문가들에 의해 탄생한 다양한 디지털 장치들은 인터넷 커뮤니티 및 IT정보전문 웹사이트에 상당수 게시되어있으며, 이를 위한 박람회나 강의도 개최되어지고 있다. 그러나 이는 단순

1) Corresponding author

히 센서를 이용하여 값을 전달받고, 상호작용 및 동작하는 과정을 지켜보는 정도이므로 깊이 있는 단계에서가 아닌 단순한 취미에 지나지 않으므로 객관적으로 특별한 가치를 찾기 어렵다. 그러므로 아두이노센서의 장점인 간단한 설계방식을 바탕으로 아이디어 및 기술을 결합하여 시너지 효과를 극대화할 수 있는 특정 산업에 적용한다면 가치를 창출해 낼 수 있는 새로운 비즈니스 모델로 성장 가능할 것이다. 적용 가능한 다양한 산업 중 본 논문에서는 헬스케어산업에 초점을 맞추고자 하며 그 이유는 다음과 같다. 헬스케어산업은 점차 고령화 사회로 접어들고 있는 시대적 시점에서 각광받고 있는 분야이며 연구가치가 높은 영역으로 현재 많은 연구들이 이루지고 있다[3]. 그러나 지금까지의 스마트 피트니스 및 헬스케어 산업 사례들은 기술 개발에만 초점을 맞추고 있고, 실제로 기술 적용을 위한 시스템 구축비용을 고려하고 있지 못하며, 노인들에게 필요한 만성질환의 예방과 개선을 위한 실질적인 서비스 개발과 적용을 통해 그 효용성을 직접적으로 제시한 경우는 매우 드문 실정이다[4]. 이에 본 논문에서는 아두이노센서를 실제 피트니스센터의 헬스사이클과 접목하여 사용자가 사이클 구동 시 생성되어지는 아날로그 동작 데이터들을 아두이노 엔코더 센서를 통해 디지털화 한 후 PC에 전달하고, 이를 시각화 하여 사용자에게 보여주는 시스템을 간단한 설계 및 연구를 통해 제작해 실제 기술 적용을 위한 시스템 구축비용을 대폭 절감할 수 있는 산업적 가치를 갖는 새로운 결합 기술을 개발 하고자 하였다.

2. 아두이노센서 활용한 스마트 피트니스 시스템

2.1 아두이노센서 구조 및 설계



(그림 1) 회전동작 인식센서 구조 설계

아두이노센서는 아두이노 보드와 센서가 각각 따로 분리되어 있으며 사용자는 자신이 원하는 센서를 선택하여 사용자의 용도 및 요구에 맞춰 스스로 간편하게 제작할 수 있다. 또한 하나의 보드에 여러 가지 센서를 장착할 수 있으므로 다양한 센서의 결합을 통한 모듈을 만들 수 있

으며, 브레드 보드를 사용하여 더욱 많은 센서와 회로를 연결할 수 있다[5].

PC 및 다른 플랫폼과 통신 할 때에는 유선케이블이나 블루투스를 이용하며 1바이트의 데이터를 주고받는 시리얼 통신을 지원하기 때문에 통신 속도는 비교적 빠르다. 이러한 센서와 PC의 통신을 통해 데이터를 넘기고, 그 정보를 바탕으로 보드와 케이블 및 무선 인터넷으로 연결된 PC에서 연산하여 설계자가 원하는 출력 값을 얻는 방법으로 아두이노센서를 설계하며 대부분 구조는 아날로그 데이터를 센서 및 스위치에서 입력받은 후 보드나 연결된 기기에서 동작을 진행하거나 출력한다. 이에 따라 본 논문에서는 위의 (그림 1)과 같이 엔코더 센서의 Pin A, B, C 와 5V, GND핀을 각각 아두이노 보드에 연결하여 그를 통해 획득한 아날로그 회전정보를, 디지털데이터로 변경하는 센서 장치를 설계하여 이를 토대로 스마트 피트니스 시스템을 구축하고자 한다.

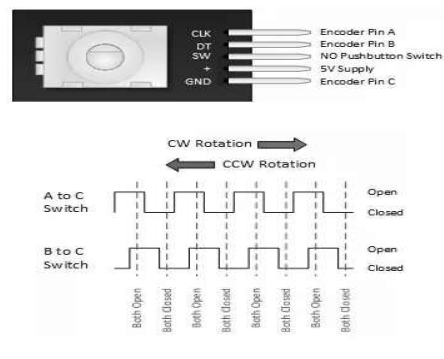
2.2 스마트 피트니스 시스템

앞서 설계한 아두이노센서를 일반 헬스사이클에 장착하여 보다 간편히 적용가능한 개인 맞춤형 스마트 피트니스 시스템 장치를 제작하고자 한다.



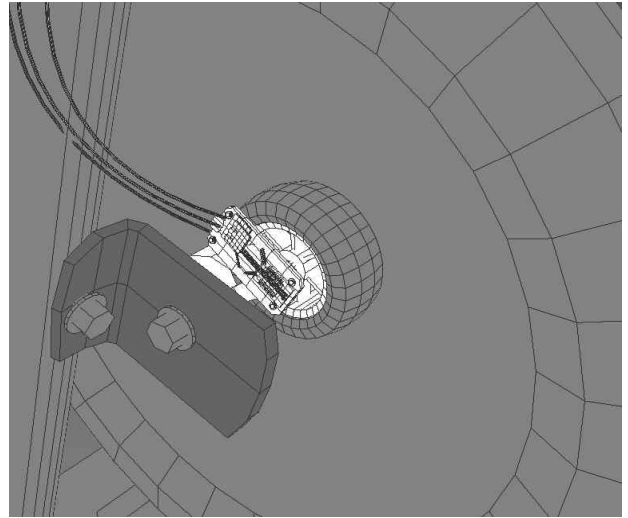
(그림 2) 아두이노를 장착한 헬스사이클

스마트 피트니스 시스템에서는 헬스사이클을 통해 얻어낸 사용자 동작정보를 아두이노 보드로 전달한다. 이 때 아두이노보드에서는 사용자의 아날로그 동작정보를 디지털 정보로 전환하는 작업을 진행하며 회전 정보를 로터리 엔코더 센서를 통해 입력 받는다.

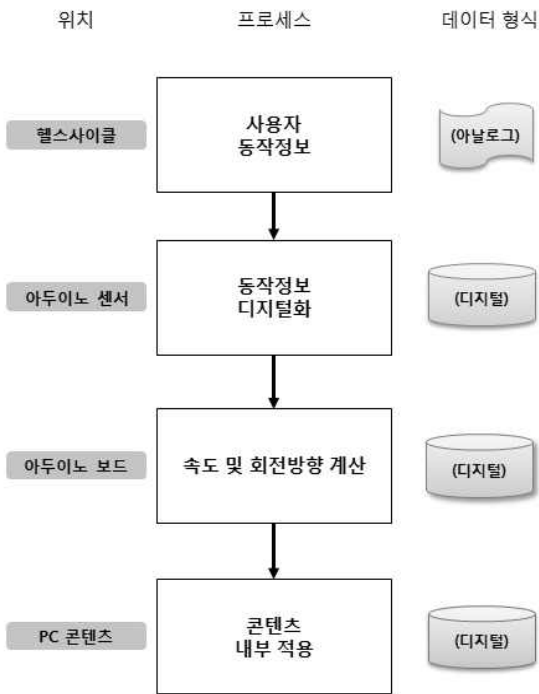


(그림 3) 아두이노 엔코더

위의 그림에서와 같이 아두이노 로터리 엔코더 센서[6]는 5개의 핀이 존재하며 각각 CLK(Encoder Pin A), DT(Encoder Pin B), GND(Encoder Pin C)를 통해 회전 정보를 입력받는다. A와 C 스위치가 반응하게 되면 시계 방향으로 회전 하고 있다는 정보를 센서에서 아두이노 보드로 보내오며 이를 통해 아두이노 통합개발환경에서 사용자가 전진하고 있다는 정보를 알 수 있고, 로터리 엔코더가 회전하는 속도에 따라서 실시간으로 동작정보가 변환되어 전달되므로, 그에 맞는 속도를 디스플레이 내의 가상환경에 즉각 반영하여 디스플레이 화면을 실제 사용자가 자전거를 타고 있는 것처럼 시각화하여 제공할 수 있게 된다. 이 때 사용자가 페달을 반대로 회전하게 되면 B와 C 스위치가 반응하며 방향이 전환되었음을 보드에 보내오고, 가상 피트니스 콘텐츠에 즉각 반영하여 사용자의 가상세계에서 위치를 뒤로 그만큼 이동시킨다.



(그림 5) 동작데이터를 위한 바퀴



(그림 4) 데이터 전송 절차

프로세스의 전체적인 흐름은 (그림 4)에서 보이는 것과 같이 헬스사이클, 아두이노센서, 아두이노 보드, PC콘텐츠 순이며 헬스사이클에서는 사용자의 동작정보를 입력받기 때문에 아날로그 데이터를 다루고 있다. 이를 아두이노 로터리 엔코더에서 인식하여 디지털화하여 회로를 타고 아두이노 보드로 각 핀의 값이 전달되어지면서 회전방향이 실시간으로 정해지며 그 값은 아두이노와 PC를 연결하는 케이블에 의해 PC로 전달된다.

여기서 전달되는 값은 단순한 숫자이며 사용자가 페달을 굴릴 때마다 (그림 5)에서와 같이 맞물려 붙어있는 작은 바퀴를 통해 지속적으로 로터리 엔코더로 값을 입력하며 일정각도 이상 돌아갈 때마다 숫자 1을 더해 합산하여 PC로 전달한다. 전달된 동작정보를 바탕으로 PC에서는 바로 전 전달된 값과 비교하여 숫자, 즉 페달을 돌린 횟수가 증가했는지 판별한 후 증가한 값만큼 콘텐츠에 반영하며 증가하지 않았을 시에는 계산을 진행하지 않으므로 콘텐츠는 정지해 있게 된다. 이러한 정보를 토대로 PC에서는 실제 자전거와 같은 움직임을 부여하기 위해 가속도, 중력, 마찰력 등의 요소를 고려하여 디스플레이내의 가상 아두이노 통신공간에서 움직임을 계산하며 자연스러운 움직임을 위해 선형보간법을 적용한다.

3. 스마트 피트니스를 위한 3D 콘텐츠

3.1 스마트 피트니스 콘텐츠 기획

가상의 환경에서 사용자가 피트니스를 즐기도록 하기 위해서는 가상의 콘텐츠가 필요하며, 이러한 가상환경 콘텐츠를 제작하기에 앞서 콘텐츠 모델링과 배치 등의 고려 사항을 사전에 기획해야 한다. 사용자가 직접 체험하게 될 가상의 피트니스 공간을 디자인 할 때에 중요한 고려사항은 다음과 같다. 첫째, 사용자가 직접 그 공간에 들어와 있는 듯한 사실감을 느낄 수 있도록 디자인 해주어야 한다. 그러므로 가상환경을 렌더링 할 시 조명 설치나 오브젝트 모델링의 사실적인 질감을 위해 실제 사진을 토대로 이미지 맵을 제작하여 오브젝트와 맵핑시켜줘야 한다. 둘째, 사용자가 헬스사이클을 이용하여 콘텐츠 내부를 체험하는 과정을 방해할 수 있는 장애물 또는 동선을 방해할 수 있는 오브젝트를 배치하지 않아야한다. 셋째, 충분한 체험시간을 위해서 콘텐츠의 양을 사용자가 5분 이상 즐길 수 있게 조절하므로 콘텐츠 내부의 자전거도로의 길이와 다양한 건물을 모델링하여 사용자가 체험 중 단시간에 흥미를 잃어버리지 않게 기획해야한다. 이러한 고려사항을

바탕으로 장면들의 상호작용에 의한 논리적 장면의 흐름을 직관적으로 파악하기 위하여 흐름도 기반 장면 구성/관리 기능을 설계하고[7], 가상 피트니스 세계를 제작하여 사용자에게 실시간 렌더링을 통해 제공하도록 제작하였다.

3.2 스마트 피트니스 콘텐츠 제작

사용자의 동작정보는 PC에서 현재 시속 및 달린 거리 등으로 표시되어지며 이는 콘텐츠 내부의 유저인터페이스를 통해 시각화되어진다. 시각화 되어진 사용자의 정보는 로컬데이터 베이스에 저장되어지며 저장된 데이터를 기반으로 소프트웨어가 적합한 운동을 제안하며, 그 데이터를 통해 운동 컨디션을 조절하는 등 개인의 건강관리에 필요한 정보를 제공받는다.

또한 디스플레이 내부의 콘텐츠는 모두 실시간 렌더링하여 사용자가 직접 콘텐츠 내부에 들어가 있는 듯한 느낌을 주어 흥미로운 운동을 돕는다.



(그림 6) 콘텐츠 시각화 이미지1



(그림 7) 콘텐츠 시각화 이미지2

위의 (그림6)와 (그림7)는 콘텐츠의 실시간 렌더링 이미지에서 추출한 것이다.

4. 결론

아두이노센서와 PC렌더링을 통한 가상피트니스 콘텐츠를 제작하는 기술은 현재 헬스케어 산업측면에서 그 기술개발 비용 및 실제 기술의 적용비용이 현저히 저렴하

로 실제 두 기술의 결합이 창출하는 새로운 산업적 가치는 그 효용성이 뛰어나다고 할 수 있다. 이러한 기술을 바탕으로 하여 후에 가상현실 디바이스인 헤드마운트디스플레이와 결합하여 보다 현실감 있는 시각화 이미지 렌더링을 제공할 수 있으며 웨어러블 스마트 디바이스를 추가로 적용한다면 기기에 내장된 사용자 생체정보 인식센서를 통해 실시간으로 얻어올 수 있는 사용자의 생체정보를 바탕으로 보다 깊이 있는 개인 맞춤형 헬스케어 산업으로 발전할 수 있을 것이라고 전망된다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학 지원사업의 연구결과로 수행되었음(R7718-16-1005)

참고문헌

- [1] <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2835912&cid=40942&categoryId=32828> Naver, 두산백과
- [2] Eu Na Lee, Jong Jun Kim “A Study on Change of Pleats Shape and Fabric Properties: Interactive Shape-folding E-textile with Arduino”, 한국패션비즈니스학회, 패션비즈니스 18권3호, pp.134-147, 2014
- [3] A. Solanas, P. A. PérezMartínez, A.Martínez-Ballesté “Smart health: A context-aware health paradigm with in smart cities“, IEEE Communications Magazine, pp. 74-81, 2014
- [4] 공현중, 김정은, 황은진, 홍지영, 김석화, “헬스케어 스마트홈 운동프로그램이 비만 여성 노인의 대사증후군 위험요인에 미치는 효과”, 한국노년학회, 한국노년학, 34권1호, pp.103-114, 2014
- [5] 유중훈, 김용환, 양창은, “아두이노 기반 피지컬컴퓨팅을 활용한 SW 개발 교육”, 한국컴퓨터교육학회, 학술발표대회논문집 19권 1호 (2015), pp.61-64
- [6] Francisco Aguilar-Acevedo, Vignaud Granados Alejo, “Using open-source platform for trajectory control of DC motors”, Electronics and Computing (ROPEC), 2013 IEEE International Autumn Meeting on, pp.1-5, 2013
- [7] 지수미, “효율적인 3D콘텐츠 저작을 위한 사용자 분류에 따른 기능 설계 및 검증에 관한 연구”, 세종대학교 박사논문, 2011

베어링 진단을 위한 최적 신호 길이 선택

이상민, 김재영, 김종면¹
울산대학교 전기공학부

sml1122@nate.com, kjy7097@naver.com, jmkim07@ulsan.ac.kr

Optimal Signal Length Selection for Bearing Diagnosis

Sang-Min Lee, Jaeyoung Kim, Jong-Myon Kim
School of Electrical Engineering, University of Ulsan

요 약

본 논문에서는 베어링 신호의 특징 추출 정확도에 영향을 주는 신호의 길이를 최적화할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 기계의 회전속도로부터 회전주기를 계산하고 이의 배수를 신호의 샘플링 길이로 베어링 고장진단에 가장 효율적인 신호의 길이를 정하는 방법을 제안한다. 제안한 방법의 우수성을 검증하기 위해 실제 베어링 신호의 데이터를 이용하여 신호의 길이를 변화시키면서 기계학습 알고리즘을 통해 분류하는 실험을 여러 번 반복 하고, 그 분류성능들을 제안한 방법으로 정한 신호의 길이로 기계학습 알고리즘을 통해 베어링 고장을 분류하였을 때의 분류성능과 비교하였다. 실험 결과를 통해 제안한 방법으로 신호의 길이를 정하여 베어링 고장을 분류하였을 때 반복 실험을 통해 얻은 최적의 결과와 유사한 것을 알 수 있다.

1. 서 론

베어링은 회전기계에서 축과 기계사이의 마찰을 줄이는 매우 중요한 요소이다. 따라서 베어링의 상태를 진단하는 것은 회전기계의 유지보수에 있어서 매우 중요하다 [1]. 베어링의 상태를 파악하기 위해서는 진동 및 음향방출 신호 데이터를 취득하고 신호 특징을 추출하여 기계학습 알고리즘을 통해 베어링의 상태를 분류 및 결정한다.

기계학습을 이용한 베어링 고장진단을 위한 가장 효과적인 신호길이에 대한 일반적인 견해는 없다. 따라서 기존 연구에서는 임의로 신호길이를 정하거나 신호길이를 변화시키면서 기계학습 알고리즘의 분류 성능을 비교하고 최적의 성능을 보이는 신호길이를 선택한다. 예를 들어, 분석 데이터로부터 5초의 신호길이로부터 1초씩 길이를 줄여 1초까지의 신호길이에 해당하는 신호들을 샘플링한 후 각 신호길이에 대한 진단성능을 비교하였을 때 3초에서 가장 높은 분류성능을 보인다면 신호길이가 길어서 용량이 크고 분류 성능이 비교적 낮은 5초의 신호보다 3초의 신호를 선택 하는 것이 효율적이다. 이와 같이 기존의 방법은 3초라는 고장진단에 가장 최적의 신호길이를

찾기 위해 여러 개의 서로 다른 길이의 신호로부터 특징들을 추출하고 기계학습 알고리즘을 통해 학습 및 분류하여 각 신호 길이에 대한 분류 성능을 모두 계산하여야 하므로 최적의 신호길이를 찾는 데 많은 시간이 걸린다. 그리고 3초라는 최적의 신호 길이를 구하더라도 회전속도가 달라진다면 해당 신호길이에 따른 분류 성능이 낮아질 가능성이 있어 최적의 신호 길이가 회전속도가 변함에 따라 달라질 수도 있다. 이 경우 회전속도가 변할 때 마다 베어링 고장진단에 최적의 신호길이를 재탐색하여야 하므로 신호길이를 최적화하는데 많은 시간이 소요된다.

본 논문에서는 제안한 알고리즘을 이용해서 고장진단에 효과적인 최적의 신호길이를 구할 수 있는 방법을 제안하고, 기존 방법과 비교하여 제안한 방법의 우수성을 검증한다.

2. 알고리즘

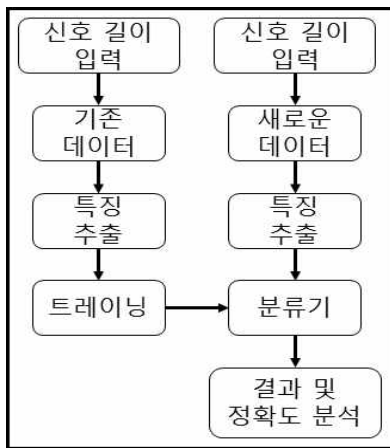
2.1 기존의 신호의 시간 입력 방법

(그림 1)에는 특징추출 및 기계학습 알고리즘을 이용한

¹ 교신저자

기존의 베어링 고장진단 방법의 과정을 보인 것이다. 기존의 베어링 고장진단 방법에서는 신호길이를 직접 설정하여 기존 데이터에 대해 설정한 길이의 신호들로 분할하고 특징을 추출해서 기계학습 알고리즘을 통해 학습시킨다. 분류과정 또한 설정한 길이의 신호를 취득하여 특징을 추출하여 분류기에 입력하여 분류한다. 여러 후보 신호길이에 대해 분류 정확도를 비교한 후 분류 정확도가 가장 높은 신호 길이를 최적의 신호길이로 정한다.

기존의 방법은 신호길이를 직접 입력해야하고 최적의 신호길이를 찾기 위해 후보 신호길이를 정하고 각 신호 길이에 대해 분류 정확도를 계산하여야 하기 때문에 시간이 오래걸리고 최적의 신호길이를 구하더라도 회전속도가 바뀐다면 최적의 신호길이를 다시 구해야한다는 문제점이 있다.



(그림 1) 기존 방법의 머신러닝 절차

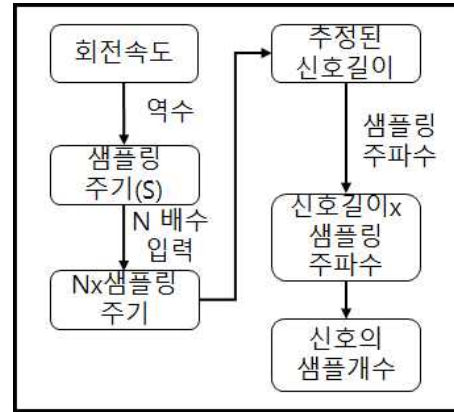
2.2 회전속도(RPM)을 이용한 최적 신호길이 추정 방법

(그림 2)에는 회전속도와 베어링 결함주파수를 통해 베어링 결함 성분을 모두 포함할 수 있는 신호길이를 추정하는 알고리즘의 과정을 보인 것이다. 수식 (1-3)은 베어링의 결함주파수(외륜, 내륜, 롤러)를 계산하는 식이다. 수식에서 n , d , D , θ 는 각각 롤러의 개수, 롤러의 직경, 피치 직경, 접촉각이고 f_r 은 회전속도이다[2]. 베어링의 각 결함 주파수는 회전속도의 주파수보다 크기 때문에 회전주기는 베어링의 결함 성분의 주기보다 길다. 따라서 회전주기보다 긴 신호는 베어링의 결함 성분을 모두 포함한다.

회전속도의 역수를 계산하여 회전주기를 구하고 신호의 길이를 회전주기의 N배로 결정한다. 신호의 길이에 신호의 초당 샘플링 회수를 뜻하는 샘플링 주파수를 곱하여 신호의 총 샘플개수를 구한다. 여기서 N은 사용자가 입력하는 인수로 신호가 결함 성분을 충분히 포함할 수 있도록 조절하는 인수이다. N은 클수록 결함 성분을

더 많이 포함하지만 신호의 길이가 길어져 데이터의 용량이 증가하고, N이 짧을수록 결함 성분을 덜 포함하지만 신호의 길이가 짧아져 데이터의 용량이 줄어든다. 따라서 베어링 고장진단 시스템의 하드웨어 성능을 고려하여 적절하게 설정하는 것이 바람직하다.

회전속도를 이용한 신호의 길이 설정은 기존 방법의 단점인 회전속도가 변하면 설정된 길이의 신호가 결함 성분을 포함하지 못하여 분류의 정확도가 떨어질 수 있다는 점을 보완할 수 있다.



(그림 2) 회전속도를 이용한 신호 길이 출력 절차

$$BPFO = \frac{n}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \theta\right) f_r \quad (1)$$

$$BPFI = \frac{n}{2} \left(1 + \frac{d}{D} \cos \theta\right) f_r \quad (2)$$

$$BSF(RSF) = \frac{D}{2d} \left(1 - \left(\frac{d}{D} \cos \theta\right)^2\right) f_r \quad (3)$$

3. 실험 결과

본 연구에서는 회전속도를 기반으로 베어링 결함 성분을 충분히 포함할 수 있는 최적의 신호길이 추정 방법을 제안한다. 제안한 방법의 우수성을 검증하기 위해 300RPM(revolution per minute), 350RPM, 400RPM의 회전속도로 운전되는 회전기기의 베어링 신호를 베어링의 외륜, 내륜, 롤러 결함에 대해 각각 90개씩 취득하여 실험에 사용하였다.

<표 1>는 300RPM, 350RPM, 400RPM에서 신호길이의 변화에 따른 베어링 고장 진단의 분류 정확도를 보인 것이다. <표 1>에서 볼 수 있듯이 0.2초의 신호길이로 설정하면 신호길이가 짧아 베어링 결함 성분을 포함하지 못하여 모든 회전속도에 대해 기계학습 알고리즘의 분류 정확도가 50%이하로 표시되는 것을 알 수 있다. 반면에

신호길이를 길게 설정할 경우 베어링 결함 성분을 충분히 포함하여 분류 정확도가 증가한다는 것을 알 수 있다. 이는 신호의 길이를 길게 설정할수록 베어링의 결함 성분을 많이 포함하고 기계학습 알고리즘의 분류 정확도를 향상된다는 사실을 의미한다.

<표 1>에서 300RPM과 350RPM에서의 분류 정확도는 2.5초에서 100%이며 400RPM에서의 분류 정확도는 5초에서 100%의 정확도를 보인다. 이는 회전속도가 변하면 최적의 신호길이 또한 변한다는 것을 알 수 있다. 따라서 회전속도가 변할 때마다 신호길이를 재설정하여야 한다.

<표 1>의 5초에서는 300RPM, 350RPM, 400RPM에서 베어링의 신호 특징 추출의 정확도가 100%가 되는 것을 알 수 있다. 하지만 300RPM 과 350RPM은 1초의 신호를 사용하여도 정확도가 100%이므로 1초의 신호만으로도 충분히 높은 분류 정확도를 만족한다. 따라서 300RPM과 350RPM에서는 5초 길이의 신호보다 짧은 1초의 신호를 사용하는 것이 효율적이다.

<표 1> 신호의 시간에 따른 신호 특징 추출 정확도

초	300RPM	350RPM	400RPM
0.25초	48.3333%	50%	50%
0.5초	97.5000%	95.8333%	97.5000%
1초	99.1667%	97.5000%	97.5000%
2.5초	100%	100%	100%
5초	100%	100%	100%

<표 2>에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 회전속도와 N의 변화에 따른 분류 정확도를 보인 것이다. <표 2>에서 알 수 있듯이 모든 회전속도에서 89% 이상의 높은 분류 정확도를 보인다. 또한 N이 클수록 높은 분류 정확도를 보이는데 이는 N이 클수록 신호에 포함되는 결함 성분이 증가하기 때문이다.

<표 2> N의 값에 따른 신호 특징 추출 정확도

초	300RPM	350RPM	400RPM
7	98.3333%	90%	89.1667%
8	99.1667%	96.6667%	90%
9	100%	100%	100%
10	100%	100%	100%

<표 3>에서는 N과 회전속도의 변화에 따른 신호길이를 나타내며 회전속도가 높을수록 신호의 길이가 짧아진다. 이는 회전속도가 빠르면 회전주기가 짧아지기 때문이다. 또한 <표 2>의 결과와 비교하였을 때 회전속도가 빠를수록 다른 회전속도의 실험결과에 비해 신호길이가 비교적 짧아도 높은 성능을 보여주는 것을 알 수 있다. N이 일정 값 이상일 때 회전속도가 변하여도 분류 정확도가 일관성 있게 높은 것을 알 수 있다. 따라서 적절한 N을 설정하면 회전속도가 변하더라도 높은 분류 정확도를 만족시킬 수 있다.

<표3> N의 값에 따른 신호 길이

초	300RPM	350RPM	400RPM
7	1.4000	1.2000	1.0500
8	1.6000	1.3714	1.2000
9	1.8000	1.5429	1.3500
10	2.0000	1.7143	1.5000

4. 결 론

본 논문에서는 기존 방법은 사용자가 신호길이를 직접 설정함으로써 최적의 신호길이에 대한 사용자의 경험과 시행착오가 필요하고 회전속도가 변하면 그에 따른 최적의 신호길이를 새로 설정하여야 하는 단점을 제시하였다. 본 논문에서는 베어링 고장진단에 적합한 신호길이를 회전속도에 관계없이 적응적으로 추정하기 위해 회전속도와 베어링 결함주파수의 관계를 이용하여 회전속도 변화에 따른 최적의 신호길이를 계산하는 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 베어링의 외륜, 내륜, 롤러 결함 데이터를 취득하여 제안한 알고리즘과 기존 방법을 베어링 고장 진단 방법에 적용하고 분류 정확도를 비교하였다. 실험 결과를 통해 기존의 방법은 특정 회전속도에서 높은 분류 정확도를 보였던 신호길이를 다른 회전속도에서 동일하게 사용할 경우 분류 정확도가 떨어지는 것을 확인하였다. 하지만 본 연구에서 제안한 알고리즘을 이용하여 추정한 신호길이는 회전속도에 따라 베어링 결함주파수를 충분히 포함할 수 있도록 회전속도에 적응적으로 계산되기 때문에 회전속도가 변하여도 분류 정확도가 일관성 있게 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

5. 감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력 양성사업 성과이며(No. NRF-2016H1D5A1910564), 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제이며 (No. 20162220100050), 중소기업청에서 지원하는 2016년도 창업성장 기술개발사업(S2381631)의 연구수행으로 인한 결과물이며, 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] X. Jin, M. Zhao, T. W. S. Chow, and M. Pecht, "Motor bearing fault diagnosis using trace ratio linear discriminant analysis," *IEEE Trans. on Ind. Elec.* (2014), Vol. 61, No. 6, pp. 2441 - 2451.
- [2] Robert B. Randall and Jérôme Antoni, "Rolling element bearing diagnostics – A tutorial," *Mechanical Systems and Signal Processing.* (2011), Vol.25, No.2, pp.485-520.

Sqoop과 Spark SQL 기반 정형 데이터 전송 성능 분석

김도경, 나연묵
단국대학교 데이터사이언스학과

fresco1109@gmail.com, ymnah@dankook.ac.kr

Performance Analysis of Structured Data Transfer using on Sqoop and Spark SQL

Dokyung Kim and Yunmook Nah
Dankook University

요약

기업에서 처리해야 할 데이터의 양이 증가함에 따라 데이터를 저장 및 분석하는 비용이 점차 증가하고 있다. 이를 효과적으로 처리하기 위해 Hadoop을 사용하여 분산 처리를 하는 필요성이 제기되었다. 기존의 관계형 데이터를 Hadoop 환경에서 처리하기 위해서는 HDFS로 데이터를 전송해야 한다. Hadoop 환경으로 데이터를 수집하는 대표적인 도구로는 Sqoop이 있다. Sqoop은 외부로부터 데이터를 가져올 때 Hadoop의 MapReduce 기능 중 Map을 수행한다. 본 논문에서는 데이터 수집 성능을 향상시키기 위해서 이러한 MapReduce 기능을 메모리상에서 수행하는 Spark의 모듈 중 정형 데이터를 다루는 Spark SQL을 데이터 수집 도구로 사용할 때 Sqoop과의 성능을 비교 평가하고, 해당 실험 환경에서 최적의 데이터 수집 성능을 보일 수 있는 방법을 제시한다.

1. 서론

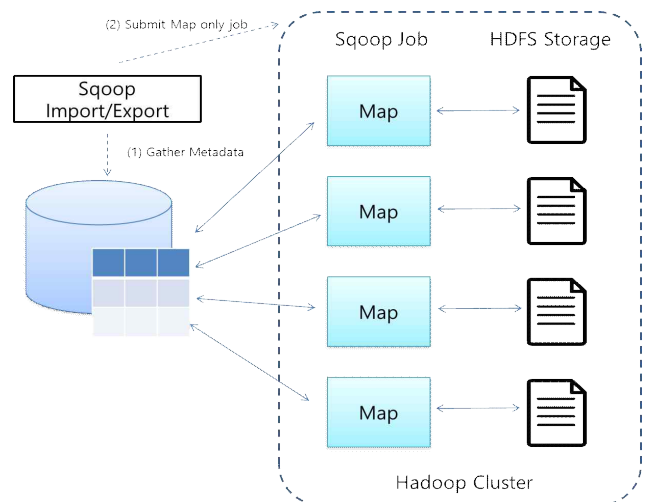
기존의 단일 컴퓨팅 자원에 관계형 데이터베이스를 구축하여 기업의 데이터를 저장 및 처리 방식은 데이터의 양이 점차 많아짐에 따라 관리 비용이 증가하게 되었다. 이에 따라 효율적인 데이터관리 및 분석을 위해서 적절한 플랫폼으로 데이터를 옮겨 데이터를 저장하고 분석을 하는 것이 필요하다[1]. Hadoop은 이러한 문제를 해결하기 위해 분산 저장 및 처리 환경을 제공한다. Hadoop을 사용하기 위해서는 데이터를 HDFS(Hadoop Distributed File System)으로 전송해야 한다. Hadoop 진영에서 정형 데이터를 HDFS로 전송하는 도구는 Sqoop이 있다. Sqoop은 Hadoop의 MapReduce 기능 중 Map을 사용하여 데이터를 수집한다[2].

본 논문에서는 이러한 데이터 수집 성능을 향상하기 위해 MapReduce Job을 메모리상에서 수행하는 Spark SQL을 도입하여 Sqoop과 성능을 비교 평가하고, 데이터 크기 별 최적의 전송 성능을 나타낼 수 있는 방법에 대해 알아보려고 한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 정형 데이터 이관 방법에 대해 알아본다. 3절에서는 데이터 전송 성능 비교 환경, 4절에서는 TPC-C 데이터에 대해 설명하고, 5절에서 성능 평가 결과에 따른 최적화 방법을 알아본다. 마지막으로 6절에서 결론을 맺는다.

2. 정형 데이터 이관 방법

Sqoop[3]은 관계형 데이터베이스 같은 정형 데이터 저장소와 Hadoop 사이에 대량의 데이터를 전송하는 도구이다. Sqoop에서 데이터를 가져올 때, 한 row씩 테이블을 읽어서 file 형태로 HDFS에 저장한다. 반대로 HDFS 내의 데이터를 관계형 데이터베이스로 내보낼 수도 있는데, 이 때 Map-only job을 수행하게 된다. Sqoop의 데이터 전송 구조는 그림 1과 같다.



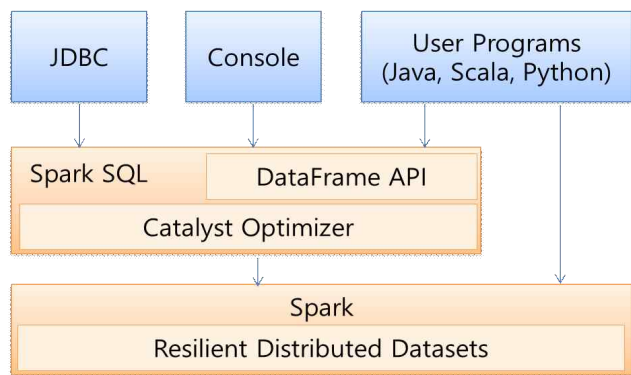
(그림 1) Sqoop의 데이터 전송 구조

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신 기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.R0190-16-1085)

Sqoop으로 데이터를 주고받을 때, 각각의 옵션들의 값을 달리해서 최적화 값을 찾아볼 수 있다. 이와 같이 Sqoop 자체의 옵션 값을 변경하면서 수집 성능을 향상시킬 수도 있지만, Sqoop이 사용하는 MapReduce 기능을 메모리상에서 수행하는 Spark를 도입함으로써 더 나은 성능을 나타낼 수 있다.

Spark[4]는 앞서 언급한 대로 Hadoop의 MapReduce 작업을 메모리상에서 진행하여 그 속도를 단축시킴과 동시에 Streaming data 처리, 기계학습 관련 모듈 등을 제공함으로써 사용자들에게 편의성을 제공하고 있다. 그 중에서도 Spark SQL[5]은 DataFrame API를 이용하여 관계형 쿼리와 복잡한 절차적 알고리즘을 통합하였다. DataFrame은 정형 레코드의 집합으로, 최적화된 새로운 관계형 API를 사용하거나 Spark의 절차적 API를 조작할 수 있다.

Spark SQL의 인터페이스와 Spark와의 상호 관계는 그림 2와 같다.



(그림 2) Spark SQL의 Interface, Spark와의 관계

3. 데이터 전송 성능 비교 환경

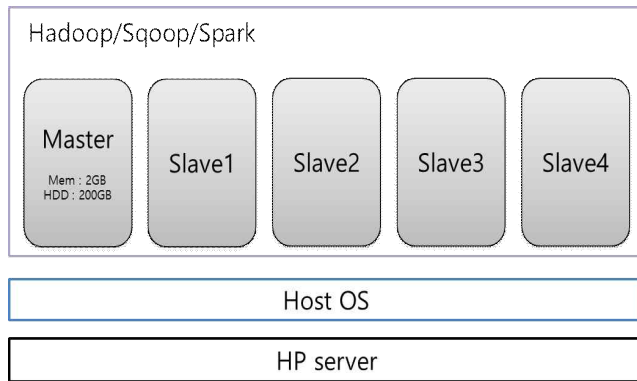
Sqoop과 Spark SQL의 데이터 전송 성능을 비교하기 위해서 구축한 실험 환경은 다음과 같다. 먼저 표 1은 실험에 사용된 물리 서버의 사양을 정리한 것이다.

<표 1> 물리 서버 사양

분류	MySQL	Hadoop/Sqoop/Spark
CPU	Pentium E5400 (2 Cores)	Intel xeon E3-1231 ver3 (4 Cores)
Memory	4GB	12GB
HDD	1TB	2TB
OS	Ubuntu 15.04	Ubuntu 15.04

위의 물리 서버 2대 중 한 곳에 MySQL을 설치하고, 나머지 서버에는 클러스터 환경을 구성하기 위하여 Xen

이라는 하이퍼바이저를 통해 가상화 환경을 구축하였다. Host OS를 제외한 각각의 Guest OS에 Memory 2GB, HDD 200GB를 할당하였다. 구축된 환경에 Hadoop과 Sqoop, 그리고 Spark를 설치하였다. 클러스터 구축 환경은 그림 3과 같다.



(그림 3) 클러스터 구축 환경

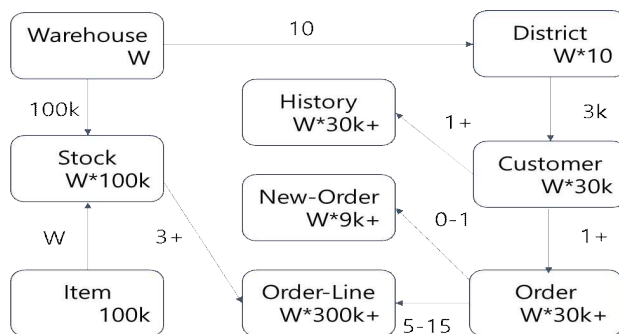
Hadoop은 Master 노드와 Slave 4 node로 구축하였고, Sqoop은 version 1을 기준으로 Master 노드에만 설치하였다. Spark는 Hadoop과 마찬가지로 Master와 Slave 4대로 구축하였다. Hadoop, Sqoop, Spark의 설치 버전은 표 2와 같다.

<표 2> 각 오픈소스별 설치 버전 정보

분류	설치 버전
Hadoop	2.7.3
Sqoop	1.4.5
Spark	1.6.2

4. TPC-C 데이터

실험 데이터는 TPC-C[6] 데이터를 기준으로 하였다. TPC-C는 TPC라는 비영리 기관에서 데이터베이스의 성능을 평가하기 위한 벤치마크를 만들었는데, 그 중 on-line transaction 처리 성능을 평가하기 위해 만든 모델이다. 각 테이블 사이의 관계도는 그림 4와 같다.



(그림 4) TPC-C 테이블 관계도

TPC-C 데이터 생성 시 [7]에서 오픈소스를 구현한 것을 다운받아 사용하였으며, 위의 관계도에서 알 수 있는 것과 같이 warehouse의 개수가 모든 테이블의 행의 개수에 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 warehouse 수를 500개로 설정하여 데이터를 생성하였다. 각 테이블의 크기와 row 수는 표 3과 같다.

<표 3> 테이블 데이터 크기 및 row 수

Table 명	크기(GB)	Row 수
stock	15.96	47,059,587
order_line	9.26	137,932,346
customer	8.27	13,180,985
history	0.92	14,605,628
orders	0.55	14,001,609
new_orders	0.11	4,479,536
item	0.01	99,533
district	0.00	4,630
warehouse	0.00	459

5. 성능 평가 결과

실험은 위와 같이 MySQL에 적재된 데이터를 Sqoop과 Spark SQL을 활용하여 HDFS로 수집 및 저장하는 시간을 비교하여 보았다. 병렬로 Import를 수행할 때 영향을 미치는 요인이 Sqoop에서는 Mapper, Spark에서는 Partition의 수이다. 그러므로 이 변수들의 값을 변경하면서 실험을 진행하였다.

성능에 영향을 미치는 또 하나의 변수로는 파티셔닝 기준 컬럼을 어떤 것으로 설정하느냐가 될 수 있는데, Sqoop에서는 데이터를 가져올 때 파티셔닝의 기준이 되는 column을 지정할 수 있다. 사용자가 지정하지 않고 테이블 내에 Primary key 값이 있을 경우 Sqoop이 이를 기준으로 파티셔닝을 하여 데이터를 가져오게 된다. 이 때 Sqoop은 여러 개의 Primary key 값이 Composite key일 경우, multiple column을 기준으로 데이터를 가지고 오는 것을 지원하지 않기 때문에 적절한 기준이 될 key를 찾는 것이 중요하다. 본 실험에서는 primary key가 없는 history 테이블을 제외하고 모두 Sqoop에서 default로 지정하는 key 값을 이용해 파티셔닝을 하도록 하였다. item과 district, warehouse는 데이터의 양이 매우 적기 때문에 실험에서 제외하고 나머지 6개의 테이블에 대해서만 진행하였다.

먼저 Sqoop의 적재 시간을 측정한 결과는 표 4와 같다.

<표 4> Sqoop의 Mapper 수 별 적재 시간

(단위 : 초)

Table name	Size (GB)	4 (default)	8	16
stock	15.96	1,720.24	1,553.68	2,063.22
order_line	9.26	1,462.43	1,391.38	1,824.72
customer	8.27	986.636	942.939	959.642
history	0.92	113.549	121.751	132.445
orders	0.55	96.3542	100.026	126.032
new_orders	0.11	28.8934	37.7343	54.0038

각 테이블 별 크기와 partition 기준에 따라 성능은 조금씩 차이가 나지만 대부분 mapper가 8개일 때 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다. 이것으로 mapper 수가 늘어난다고 무조건 성능이 좋아지는 것이 아니라, 해당 시스템의 MapReduce cluster 성능에 맞게 mapper를 설정해 주는 것이 중요한 것을 알 수 있다.

또한 Sqoop에서는 일부 Database 제품에서 JDBC가 아닌 그 제품의 데이터 전송 도구를 사용할 수 있는 옵션을 제공한다. 일부 제품 중 하나가 MySQL이므로, 해당 옵션을 사용할 수 있다. 해당 옵션을 사용하게 되면, mysqldump라는 도구를 사용하여 좀 더 빠르게 데이터를 가져 올 수 있다고 주장한다. 하여 해당 옵션을 주고 실험을 진행해 보았다. 실험 결과는 표 5와 같다.

<표 5> Default(JDBC)와 Direct(mysqldump) 옵션 비교

(단위 : 초)

Table name	Size(GB)	default	direct
stock	15.96	1,720.24	1,726.52
order_line	9.26	1,462.43	1,490.21
customer	8.27	986.636	983.323
history	0.92	113.549	112.432
orders	0.55	96.3542	98.1854
new_orders	0.11	28.8934	31.8769

실험 결과 direct 옵션을 사용하는 것이 성능에 크게 영향을 미치지 않았다.

다음은 Spark SQL의 적재 성능 결과를 알아보려고 한다. Sqoop 성능 결과와의 비교를 위해 모든 테이블을 대상으로 실험을 진행하지 않고, 가장 데이터양이 많은 stock, 중간 크기인 customer, 마지막으로 primary key가

없는 history 이렇게 총 3개의 테이블만 대상으로 실험을 진행하였다. Spark SQL은 원래 적재용 용도가 아니기 때문에, 원하는 기능에 따라 코드를 작성해야 한다. 또한 Job 실행 시 메모리를 사용하기 때문에, 적절한 메모리양을 Spark에 할당하는 것이 중요하다. 하지만 본 실험 환경은 메모리가 충분치 않은 상황이므로 적절한 partitioning 값을 주지 않으면 Out of Memory Error가 발생하였다. 그래서 해당 에러가 발생하지 않는 partition 기준 column과 개수를 알아내는 것이 중요하다. 또한 Spark는 multiple column 기준으로 데이터를 가지고 올 수 있기 때문에, 데이터를 가져올 때 Primary index를 사용할 수 있다. 먼저 Sqoop과 같은 컬럼을 기준으로 데이터를 적재한 성능은 표 6과 같다.

<표 6> Spark SQL 적재 결과 (Sqoop과 같은 key 기준)

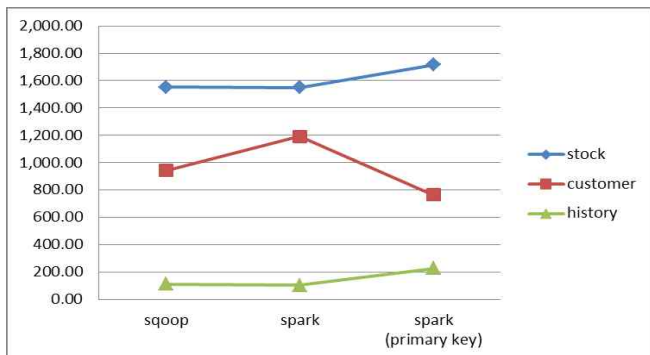
Table name	Size(GB)	partition 수	시간(초)
stock	15.96	1000	1548.737312
customer	8.27	15	1192.780777
history	0.92	10	103.334931

다음은 partition 기준을 primary key로 한 실험 결과이다.

<표 7> Spark SQL 적재 결과 (Primary key 기준)

Table name	Size(GB)	partition 수	시간(초)
stock	15.96	10000	1716.476442
customer	8.27	1000	765.143275
history	0.92	30	228.182476

실험 결과 stock과 history 테이블은 시간이 증가한 반면, customer 테이블은 시간이 줄어든 것을 알 수 있다. Sqoop과 Spark SQL의 적재 성능 결과를 최종적으로 비교한 것은 그림 5와 같다.



(그림 5) 테이블 별 Sqoop과 Spark SQL 적재 성능 비교

최종 적재 성능 시간을 비교한 결과, 테이블 크기가 가장 큰 stock 테이블에서는 Sqoop과 Spark SQL의 성능 차이가 크게 나지 않았고, 중간 크기인 customer 테이블에서는 Spark SQL에서 primary key를 기준으로 데이터를 수집할 때 가장 빠른 성능을 보였다. 마지막으로 primary key가 없는 history 테이블에서도 stock 테이블과 비슷한 성향을 나타내었다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 Sqoop과 Spark SQL을 사용하여 정형 데이터를 HDFS로 전송하는 성능을 비교 평가하였다. Spark SQL이 MapReduce를 memory 상에서 수행하여 속도가 더 빠를 것이라는 예상과는 달리, 해당 실험 환경에서는 일부 테이블에서만 Spark SQL이 더 좋은 성능을 나타내었다. 성능에 영향을 미치는 요인으로는 크게 두 가지로 첫 번째는 partitioning 수, 두 번째는 partitioning 기준 column인 것을 알 수 있었다. partitioning 기준 column이 적절히 선택되지 않으면, 데이터를 균등하게 가지고 올 수 없게 되어 분산 처리 성능에 영향을 미치게 된다.

추후 연구에서는 실험 환경 중 메모리가 적었던 부분을 보완하여 메모리 크기를 늘려서 실험을 진행 할 계획이며, 가상화 환경이 아닌 실제 물리 서버를 클러스터링 했을 때 어떠한 차이가 있는지 알아보려고 한다.

참고문헌

- [1] MaryGladence, L. "An optimal approach for social data analysis in Big Data." Computation of Power, Energy Information and Commuincation (ICCPEIC), 2015 International Conference on. IEEE, 2015. pp. 0205-0208.
- [2] Marjit, Ujjal, Kumar Sharma, and Puspendu Mandal. "Data Transfers in Hadoop: A Comparative Study." Open Journal of Big Data (OJBD) 1.2 (2015): 34-46.
- [3] <http://sqoop.apache.org>
- [4] <https://spark.apache.org>
- [5] Armbrust, Michael, et al. "Spark sql: Relational data processing in spark." Proceedings of the 2015 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. ACM, 2015. pp. 1383-1394.
- [6] <http://www.tpc.org/tpcc>
- [7] <https://github.com/Percona-Lab/tpcc-mysql>

아두이노를 활용한 방향지시 기능의 자전거 헬멧 커버 디자인 개발 연구

김주은, 김숙진+
세종대학교 패션디자인학과

chingoo7@hanmail.net

A study of design development for turn-signal helmet cover utilizing Arduino

Ju-eun Kim, Soo-kjin Kim+
Dept. of Fashion Design, Sejong University

현대인들의 건강유지 및 환경보호를 위해 세계적으로 자전거 활성화 정책이 시행되고 있다. 이러한 자전거 이용자의 증가에 따라 자전거 사고의 사상자가 늘어나고 있으며, 사상자들의 다수가 헬멧 미착용으로 인한 머리 부상으로 사망에 이르렀다. 본 연구는 자전거 운전자의 안전성 향상 및 헬멧 착용률을 높이기 위해 아두이노를 활용한 방향지시기능의 자전거 헬멧 커버 개발을 목적으로 한다. 본 연구를 토대로 자전거 운전자들의 안전성이 향상되기를 기대해본다.

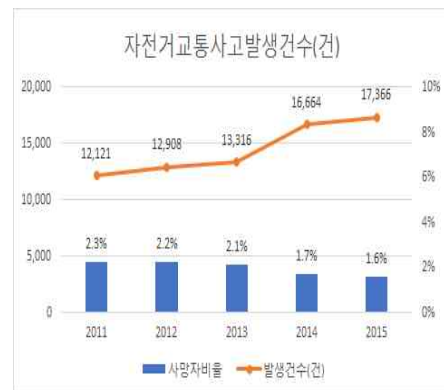
1. 서론

2009년 정부는 녹색교통망 확충을 위한 녹색뉴딜사업 계획을 발표하면서 전국자전거 도로망 계획을 ‘저탄소 녹색성장’ 전략으로 선정했다. 이러한 국가적 차원의 자전거 활성화 정책에 따라 2014년 기준 국내 자전거도로를 모두 연결하면 19,717km에 이른다. 2015년 조사 기준 국내 자전거 대수는 1,022만대로 추정되며, 2010년 기준 622만대에서 약 2배가량 증가했다. 이러한 자전거 이용률의 증가와 함께 자전거 사고로 인한 사망자 수도 계속해서 증가하고 있는 실정이다. 최근 개발되고 있는 전기자전거의 자전거도로 통행까지 허용된다면 자전거 운전자는 더 큰 사고 발생 위험에 노출될 수밖에 없다. 국내법상 자전거는 도로교통법에 의해 차량으로 분류되어 자전거 전용도로가 없는 경우에는 버스전용차로를 제외한 차도의 우측 가장자리로 통행해야 한다. 교차로 이용 시에도 자전거 횡단도가 없는 경우에는 자전거를 끌고 횡단보도를 도보로 이용하거나, 차의 직진신호를 따라야 한다. 특히 교차로에서 방향지시를 하지 않고 회전하는 경우에는 ‘방향전환·진로변경 시 신호불이행’에 해당하며 범칙금 부과 대상이다. 야간 자전거 이용 시에는 전조등과 후미등을 사용해야 하고, 어린이의 헬멧 착용 또한 필수항목이다. 보행자와의 사고 발생 시에는 차대 보행자 사고로 간주된다. 따라서 운전자의 보다 깊은 주의가 필요함에도 많은 자전거 운전자들이 이러한 자전거 운행 관련 법규를 인지하지 못하고 있는 상황이며, 최소한의 안전장비인 헬멧마저 착용하지 않는 경우가 많다. 자전거 사고의 사망 원인 1위는 머리 부분 손상이며, 호주를 비롯한 다수의 선진국에서는 자전거 운전자의 헬멧 착용을 법으로 강제화하고 있다. 본 연구는 자전거 운전자들의 사고 발생 시 사망 위험을 줄이

기 위해 필수적인 헬멧을 이용해 이에 장착할 수 있는 헬멧 커버를 방향지시장치로 개발하려고 한다.

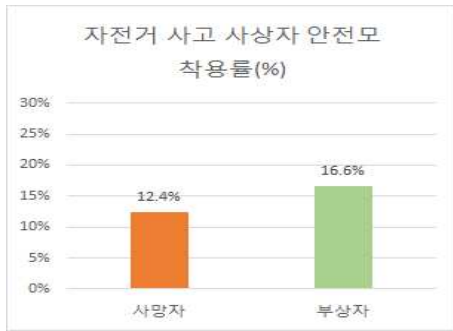
2. 국내 자전거 교통사고 분석

도로교통공단 교통사고분석시스템에 따르면 국내 자전거 교통사고 발생건수는 매년 증가하고 있는 추세이며, 2011년 12,121건에서 2015년 17,366건으로 약 500건 이상 늘어났다. 이러한 사고로 인한 사망자수도 2014년 283명, 2015년 276명으로 매년 270명 이상이며 이는 전체 사고에서 약 2%를 나타낸다.



(그림 1) 국내 자전거교통사고 발생건수 2011~2015

2009년부터 2013년까지 5년간 국내에서 발생한 자전거 사고 사상자의 안전모 착용률은 사망자 12.4%, 부상자 16.6%로 매우 낮은 수치로 나타났다. 다수의 운전자들의 자전거 헬멧의 필요성은 알고 있으나 착용하지 않는 것을 알 수 있으며, 안전모 착용 없이 사고 발생 시 사망의 위험이 높아지는 것을 나타낸다.



(그림 2) 자전거사고 사상자 안전모착용률 2009~2013

3. 자전거 헬멧의 형태 연구

시판되고 있는 자전거 헬멧의 경우 각 제품별 소재의 특성 및 디자인적인 특징에 따라 각기 다른 형태와 사이즈의 차이를 보이고 있다. 또한 표준화된 기준 없이 각 브랜드별로 정해진 사이즈로 구분되고 있다. 사용자들의 편의성을 높일 수 있도록 다양한 헬멧에 적용할 수 있는 헬멧 커버 개발을 위해 우선적으로 헬멧들의 형태 조사를 진행하였다.

<표 1> 자전거 헬멧의 형태 분류

형태분류	특징
둥근형	전후면이 비슷하게 둥근 형태. 어린이용 헬멧에 많이 사용됨. 두상을 전체적으로 감싸는 디자인이 많음.
전면돌출형	전면부가 캡모자의 형태로 돌출되어 햇빛차단 및 사고 시 안면 보호 기능.
후면돌출형	공기저항을 최소화하기 위한 디자인 형태. 성인용과 사이클선수용 헬멧.

4. 프로토타입 설계 및 제작

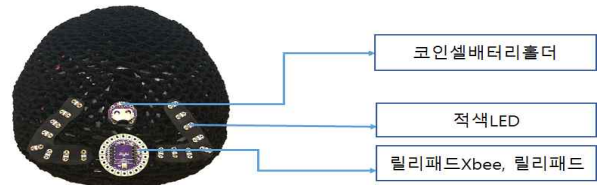
자전거 헬멧은 땀과 열을 배출하기 위한 공기순환구멍을 가지고 있다. 따라서 제작되는 커버는 통기성 기능을 유지하면서도 다양한 형태를 가지고 있는 헬멧에 썩어도 이질감이 없어야 한다. 따라서 유연성 있는 형태변화가 가능하며, 신축성이 있는 그물망 형태의 니트 구조로 커버를 제작하였다.

헬멧 커버에 아두이노를 부착하기 위해 전도성 실로 연결하여 사용 가능한 릴리패드 아두이노를 선정하였다. 릴리패드는 스마트의류 제작에 특화되어 개발된 아두이노로서 형태가 변형되는 헬멧 커버에 부착 시 유격 없이 연결할 수 있는 장점이 있다.



(그림 3) 방향지시장치 구조

자전거 헬들에 부착되는 송신부에서 좌우 두 개의 버튼 보드를 통해 신호를 보내면, 지그비통신을 통해 헬멧커버에 위치한 수신부로 신호가 전달된다. 이 신호는 전도성 실로 연결된 발광부의 적색 LED를 통해 좌우 방향지시 신호를 나타내는 구조이다.



(그림 4) 헬멧커버형 방향지시장치

<표 2> 헬멧커버의 아두이노 구성내역

위치	헬멧커버의 아두이노 구성내역
좌/우	적색LED 8개*2
가운데	릴리패드 Xbee보드+릴리패드 보드(겹치기 구성)
위	코인셀배터리홀더

5. 결론

세계적으로 자전거 시장은 지속적인 증가 추세이며 우리나라도 급증하는 자전거 이용자의 증가율과 더불어 일어나는 자전거 사고 사망자를 줄이기 위한 제도적인 장치와 인식의 전환이 필요한 시점이다. 자전거 이용자의 수는 가파르게 증가하고 있지만 그들을 위한 안전장치의 개발은 아직 미비한 수준이며, 자전거 운전자 또한 주행의 위험성 및 안전장치의 중요성에 대한 인식이 낮은 상태이다. 따라서 본 연구는 자전거 운전자들이 쉽게 접근할 수 있고, 안전성과 효율성을 높이는 방향지시장치 개발에 초점을 맞췄다. 자전거 헬멧 커버는 운전자가 별도의 헬멧을 구매하지 않고 기존의 헬멧을 사용함으로써 불필요한 소비를 줄일 뿐 아니라 이를 통해 헬멧 착용을 유도할 수 있는 이점이 있다. 방향지시 기능의 발광형 자전거 헬멧 커버는 간단한 착용 및 조작을 통해 주변 운전자들에게 자전거의 위치확인 및 방향제시를 할 수 있고 이를 통해 사고발생의 위험성을 낮출 수 있다. 해당 연구를 통해 일어나는 자전거 운전자들의 안전성 향상에 도움이 되기를 기대해본다.

감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2016년도 국내 대학 콘텐츠 융합형 교육 프로그램 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학 지원사업의 연구결과로 수행되었음(R7718-16-1005)

참고문헌

[1] 고주영, 심재창, 풀잠 릴리패드 아두이노, 카오스북, 2015

[2] 강수련, 한아영, 김이경, "릴리패드 아두이노를 이용한 무용의상 디자인 연구", 한국패션디자인학회지, 제11권 제3호, pp.15-28. 2011

[3] 도로교통공단 교통사고분석시스템, <http://taas.koroad.or.kr>

[4] 한국교통연구원, <https://www.koti.re.kr/>

[5] 아두이노, <https://www.arduino.cc/>

HBase에서 대규모 이미지 처리를 위한 데이터베이스 성능 분석

옥돌샘, 나연묵
단국대학교 데이터사이언스학과

okdols@nate.com, ymna@ Dankook.ac.kr

Database Performance Analysis for Large-scale Image Processing in HBase

Dolsaem Ok and Yunmook Nah
Dankook University

요약

데이터의 양이 점차 증가함에 따라 비정형데이터의 발생량도 늘어나고 있다. 이러한 환경에서 비정형데이터를 효과적으로 저장하고 처리하기 위해서는 원본과 메타데이터를 나누어 처리하는 기존의 방식보다 데이터베이스를 통해 관리하는 것이 대안이 될 수 있다. Apache Hadoop과 HBase는 대규모 데이터를 처리하려는 목적을 가지고 유연한 스키마 구성과 낮은 사양의 시스템에서 동작하는 장점을 지닌 빅데이터 플랫폼이다. 본 논문에서는 대규모 비정형데이터가 발생하는 상황을 가정하고 처리성능을 측정함으로써 빅데이터 플랫폼의 데이터베이스로서의 역할 수행을 확인한다.

1. 서론

현재 전 세계는 사물인터넷과 스마트폰 등 디지털매체의 개인화 등으로 인해, 감당하기 벅찰 정도로 방대한 양의 데이터를 생산하고 있다. IDC는 2020년의 디지털 데이터의 생산량이 대략 44 제타바이트에 육박할 것으로 예측하고 있다[1]. 발생하는 데이터의 80%는 비정형 데이터 타입으로, 그 중 70%는 고화질 이미지와 동영상 데이터 일 것이라고 예상된다. 페이스북에서는 2016년 상반기동안 매일 3억장의 사진이 업로드 되었으며, 매 1분 동안 30만 번의 게시물 업데이트가 발생했다고 알렸다[2].

이렇게 발생하는 데이터는 방대한 양과 더불어 다양한 형태를 지니고 있어 기존의 정형화된 데이터베이스 시스템으로는 처리할 수 없게 되면서, 보다 광대한 양과 자유로운 형태의 데이터를 수용할 수 있도록 수평확장이 가능한 스토리지와 데이터베이스가 필요해지면서 Google BigTable[3], Amazon Dynamo[4], Cassandra[5], Apache Hadoop[6], Apache Hbase[7] 등의 빅데이터 플랫폼이 등장하게 된다. 그러나 대부분의 빅데이터 플랫폼이 정형데이터는 물론 비정형데이터의 처리도 가능하도록 설계되었음에도 불구하고, 여전히 이미지와 같은 비정형 데이터는 파일의 위치정보(혹은 메타데이터)만 데이터베이스로 관리하고 기존 파일시스템에 원본 데이터를 보관하는 것이 일반적이다.

“본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음”
(IITP-2016-R0992-16-1012)

본 논문에서는 Hadoop과 HBase를 이용해 이미지를 처리하는 성능을 검증함으로써 비정형데이터를 처리하는 플랫폼으로서의 가치를 알아보고자 한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구에 대해 논의한다. 3절에서는 실험 구성을 설명하고, 4절에서는 실험에 사용한 데이터와 실험에 대해 설명한다. 5절에서 실험 결과에 따른 성능을 검증한다. 마지막으로 6절에서 결론을 맺는다.

2. 전통적인 데이터베이스의 비정형데이터 처리

전통적인 관계형 데이터베이스 시스템에서 이미지와 같은 비정형 데이터의 처리는 데이터베이스와는 다소 거리가 있다. Blob(Binary Large Object)과 같이 이미지를 저장할 수 있는 정의가 존재하지만 용량 및 성능 등의 이유로 특별한 경우에만 사용되고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 비정형데이터의 원본은 OS의 파일시스템에 저장하거나 CDN(Content delivery network) 등을 활용하고[8] 필요한 경우 위치정보, 파일이름, 크기 등과 같은 메타데이터를 데이터베이스를 통해 관리하는 것이 일반적이다[9]. 이러한 방식은 파일을 저장하는 속도가 빠르고 개별 파일에 접근 및 수정이 용이하므로 상대적으로 데이터베이스에 보관하는 것보다 쉽게 접근할 수 있다는 장점이 있으나 파일의 저장과 관리 주체가 분리되어 있어 원본과 메타데이터의 정보가 일치하지 않는 경우가 발생할 수 있다. 또한 이미지 분석 등의 응용수행 시 대량의 데이터를 처리해야 하는 상황이라면 분산처리가 가능한 빅데이터

플랫폼의 활용이 필요할 수 있다[10].

본 논문에서는 비정형데이터 데이터베이스 시스템으로 Apache Hadoop과 HBase를 사용한다. Hadoop은 분산 파일시스템인 HDFS와 분산 처리 및 관리를 위한 YARN으로 이루어져 있다[6]. HBase는 Key-Value 방식의 컬럼 기반 분산 데이터베이스로서[7] 기존 관계형 데이터베이스와 구별되는 NoSQL 데이터베이스이다. Hadoop과 HBase는 Google BigTable의 개념을 계승하여 상호 연계하여 시스템을 구성하기에 적합하다.

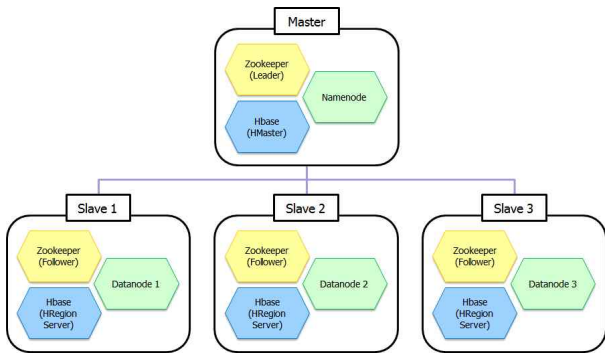
3. 성능 측정을 위한 데이터베이스 클러스터

Hadoop과 HBase를 사용하여 비정형데이터인 대규모 이미지 저장 성능을 측정하기 위한 시스템 구성은 다음과 같다.

<표 1> 물리 노드 구성

노드	CPU	RAM	DISK
Master	Dual 2.93GHz	4GB	1TB
Slave01	Dual 2.93GHz	2GB	300GB
Slave02	Dual 2.93GHz	2GB	320GB
Slave03	Dual 2.93GHz	2GB	320GB

본 시스템은 Master-Slave 구조로 Master 노드에 부하가 집중되는 형태이므로 다른 노드에 비해 높은 사양의 서버를 사용한다.



(그림 1) 클러스터 구성도

그림 1 은 본 시스템의 클러스터 구성이다. 각 노드의 OS 는 Ubuntu 15.04 이며, Hadoop 2.7.3, HBase 1.2.2, Zookeeper 3.4.9 로 구성된 클러스터를 구축한다. Master 노드에는 Hadoop의 Namenode와 HBase의 HMaster가 위치하여 나머지 노드를 관리하는 역할을 한다. 3개의 Slave 노드에는 Hadoop의 Datanode, HBase의 RegionServer가 위치하여 분산된 데이터의 저장 및 처리를 수행한다.

4. 대규모 비정형 데이터

본 실험은 web서비스와 같이 대규모 데이터가 발생하는 것을 가정하여, 실험 데이터는 web에서 crawl 한 10,000장의 저해상도 이미지 데이터셋을 사용한다[11]. 각 데이터는 약 128 x 96 혹은 128 x 85 픽셀 크기로 24 비트 색상수준의 JPEG 포맷으로 압축된 10kb 이하의 이미지들로서 전체 크기는 약 36mb 이다.



(그림 2) 이미지 예시 #1 (그림 143) 이미지 예시 #2

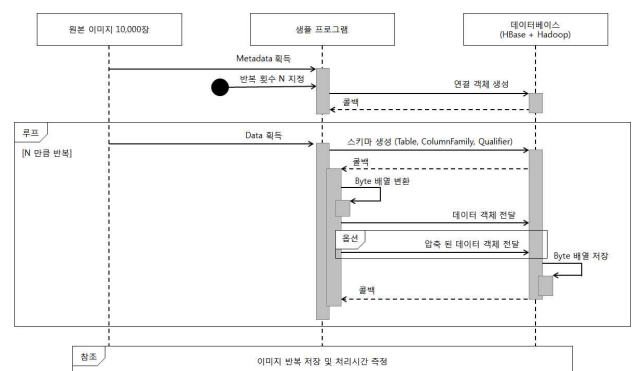
HBase에 저장되는 데이터의 구조는 다음 그림4와 같다.

RowKey	Timestamp	ColumnFamily					
		Qualifier					
key	time	meta					Data
		name	type	size	width	height	Rawdata
'key'	time	1021	jpg	5,525byte	128	96	FF F0

(그림 3) 저장 데이터 구조

5. 성능실험 및 결과

모든 이미지 데이터는 byte 배열로 변환하여 HBase를 통해 HDFS로 저장한다. HBase와 Hadoop은 인터페이스 API를 Java로 제공하기 때문에 데이터 저장 성능 측정을 위한 코드는 Java로 구성한다. 데이터 저장을 위한 샘플 프로그램의 흐름은 다음 그림5와 같다.



(그림 4) 성능실험 흐름도

본 실험은 위의 흐름에 따라 Java로 코드를 구성하였으며 서버와 동일한 환경에서 수행된다. 최초 원본데이터 10,000 장으로 실험하고자 하였으나 수량과 용량이 작은 관계로 측정의 의미가 없어 동일한 데이터셋을 재사용하여 100,000 장, 500,000 장을 저장한다.

추가적으로 Snappy 압축 알고리즘[12]을 사용하여 데이터를 압축했을 때 저장 성능을 측정하여 비 압축 상황과 비교한다. 본 실험에서 사용하는 이미지의 경우 JPEG 포맷으로서 추가 압축의 효과가 적을 것으로 예상되지만, Snappy 압축 기법은 압축률보다는 속도에 중점을 둔 알고리즘으로 Hadoop 과 HBase에서 저장된 데이터의 용량을 줄이기 위해 사용하는 압축방법 중 하나다. 로컬시스템에서 확인 결과 추가 압축에 2~4% 효율이 기대되어 비교를 위해 측정한다.

다음 표 2 는 위 실험방법에 따라 수행한 결과이다.

< 표 2 > 저장 처리 성능 측정
(단위 : 밀리 초)

	100,000 장 (약 361 mb)		500,000 장 (약 1,842mb)	
	비 압축	압축	비 압축	압축
1차 (ms)	488,084	139,117	2,476,790	3,338,236
2차 (ms)	421,395	170,285	3,370,953	3,305,642
평균	336,493	154,701	2,115,914	3,321,939

실험 결과 비 압축의 경우 100,000장 이미지를 저장하는 경우 대략 평균 5분 35초 정도의 시간이 걸리며, 500,000장 이미지를 저장하는 경우 대략 평균 35분 정도가 소요된다. 추가 압축을 통한 실험 결과는 100,000장의 경우 대략 평균 2분 30초로 45% 정도의 성능향상이 있었으나, 500,000장의 경우 대략 평균 55분이 소요되어 55% 정도의 성능하락을 확인할 수 있다. 이는 적은 크기의 데이터 처리에 있어서 압축으로 인한 성능 향상을 기대할 수 있으나, 처리해야하는 데이터가 HBase의 가용메모리 크기 (default: 1GB)를 넘어 Disk에 쓰기작업을 수행하게 되는 경우 성능하락을 부르는 원인이 될 수도 있다는 의미이다.

6. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 Hadoop과 HBase를 사용하여 비정형 데이터의 데이터베이스 시스템을 구축하고 대규모 데이터의 저장 성능을 확인해 보았다. 예상했던바와 같이 로컬과 일시스템에 비정형데이터를 저장하는 것에 비해서는 저장 시간이 다소 증가한 것을 확인했다. 그러나 메타데이터와 원본데이터를 통합해서 관리할 수 있고, 데이터베이스의 특성을 살려 트랜잭션 발생 시 추가적인 비용 없이 데이터 정합성을 유지할 수 있으며, 원본 데이터의 접근 권한

관리 및 백업 용이해지는 등의 장점이 있다.

본 시스템을 구성하는 Hadoop과 HBase는 저사양의 하드웨어에서도 분산처리가 가능하도록 만들어진 오픈소스로서 기존 데이터베이스에 비해 시스템 구축비용이 저렴하다는 장점과 더불어 대규모 데이터의 분석[10]이 가능한 빅데이터 플랫폼으로서 역할도 기대 할 수 있다.

본 실험에서 시스템 사양을 고려해 전송되는 데이터의 양을 적절히 압축하면 저장 성능이 향상되는 것을 확인했다. 이것은 시스템을 최적화 한다면 기존 방식과 성능 격차를 해소할 수 있다는 의미로 볼 수 있다. 향후 본 시스템의 최적화방안을 찾고 MapReduce와 같은 분산 처리 방법을 적용하여 비정형데이터를 분석함으로써 유의미한 결과를 얻어내는 연구를 지속적으로 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] IDC, EMC - Digital Universe, 2014
- [2] Facebook investor - Facebook Reports Second Quarter 2016 Results
- [3] Chang, Fay, et al. "Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data." ACM Transactions on Computer Systems (TOCS) 26.2 (2008): 4.
- [4] Amazon DynamoDB - <http://aws.amazon.com>
- [5] Cassandra - <http://cassandra.apache.org>
- [6] Hadoop - <http://hadoop.apache.org>
- [7] HBase - <http://hbase.apache.org>
- [8] Beaver, Doug, et al. "Finding a Needle in Haystack: Facebook's Photo Storage." OSDI. Vol. 10. 2010. pp. 1-9.
- [9] Vora, Mehul Nalin. "Hadoop-HBase for large-scale data." ICCSNT, 2011 international conference on. Vol. 1. IEEE, 2011. pp. 601-605.
- [10] Liu, Yuehu, et al. "Massive image data management using HBase and MapReduce." 2013 21st International Conference on Geoinformatics. IEEE, 2013. pp. 1-5.
- [11] James Z.Wang research group, Dr.Wang - <http://wang.ist.psu.edu/docs/home.shtml>
- [12] Jadhav, Hema, and MTech CSE KMIT. "Snappy Compression Decompression Using Mapreduce." International Journal of Emerging Technology and Innovative Engineering Volume I, Issue 5, May 2015 (ISSN: 2394 - 6598)

BLE RSSI 특성을 이용한 실내 접촉 탐지 알고리즘

구 경 현, 최 린
고려대학교 전기전자공학과

poyo062@korea.ac.kr, lchoi@korea.ac.kr

Detection Algorithm of Indoor Contact using BLE RSSI Characteristic

Kyung Hyun Koo and Lynn Choi
Department of Electrical Engineering, Korea University

요 약

본 연구는 신호 세기 (Received Signal Strength Indicator, RSSI)를 기반으로 개인 간 접촉 여부를 탐지하는 알고리즘을 제안한다. 실내 환경 내 거리 변화에 따른 RSSI 특성을 분석하여 5m 이내 접촉을 감지하기 위한 문턱 RSSI 값을 산출하고, 이를 이용한 접촉 정보 수집 알고리즘을 개발하였다.

하여 접촉 여부를 객관적으로 판단할 수 있는 알고리즘을 제시한다.

1. 서론

실외 위치 인식 기술의 발전과 동시에 IOT 시장이 크게 성장함에 따라 실내에서 위치를 인식하는 기술의 중요성이 강조되고 있다. 그 중 2015년 여름 국내에서 발생한 중동호흡기증후군(MERS) 바이러스 확산 사태와 치사율이 높은 에볼라(Ebola) 바이러스가 전 세계적으로 이목을 끌게 되면서 감염자와 비감염자의 접촉 여부를 판단하는 연구의 필요성이 대두되고 있다.

두 바이러스 모두 주된 감염 경로가 감염자와 비감염자의 직·간접적 신체 접촉이 주요 원인으로 파악되었다. 메르스 바이러스는 2014년도 사우디아라비아 예다호 지역의 발병 사례 연구[1]에 따르면, 감염 경로를 파악할 수 있는 환자 중 약 97.32%의 환자가 발병 14일 이내에 다른 확진 환자나 다른 호흡기 질환 환자를 접촉했던 것으로 밝혀졌다. 치사율이 매우 높은 에볼라 바이러스에 관한 연구[2]에서도 지역 병원에서 환자와의 접촉이 바이러스 확산에 크게 영향을 끼친 것으로 드러났다. 이에 본 연구는 병원 내 개인 간 접촉의 기준으로 RSSI를 이용함으로써 전염병 환자와의 접촉으로 발생할 수 있는 2차 감염 군을 색출할 수 있는 시스템을 개발한다.

2. 동기

1차 감염자와 2차 감염 군을 구분하기 위해서는 1차 감염자와 비감염자들 간에 접촉이 발생했는지를 판단할 필요가 있다. 기존의 감염자 인터뷰 방식은 개인의 기억에 의존하기 때문에 정보가 불확실하다는 문제가 있으며, 진위 여부를 파악할 수 없다. 그러므로 본 연구에서는 개인이 소지하고 있는 스마트폰의 블루투스 신호 세기를 이용

3. 병원 내 개인 간 접촉 판단 시스템

3-1. RSSI 기반 주변 기기 정보 수집

본 연구는 블루투스 저에너지(Bluetooth Low Energy, BLE) 기반 접촉 판단 알고리즘을 제안한다. 개인이 들고 다니는 스마트폰이 주변 스마트폰의 신호를 받아 서버로 전송하여 접촉 정보를 수집하는 방식이다. 실시간으로 긴 시간 동안 개인의 위치 정보를 수집하고 전송하기 위해서는 스마트폰 내의 소모 전력을 최소화해야 한다. 이를 위해 상대적으로 전력 소모 값이 큰 Wi-Fi 통신이 아닌 저전력 프로토콜인 BLE를 채택하였다.

3-2. 주변 기기 정보 기반 접촉 여부 판단

주변 기기 정보를 통하여 기기 간 접촉 유무 판단하는 것은 서버가 아닌 스마트폰 기기에서 자체적으로 판단한다. 이는 서버에서 처리할 연산의 수를 줄여주고, 신뢰성 있는 데이터만 저장하여 저장 공간의 여유를 확보하도록 한다.

4. 연구방법

4-1. RSSI 기반 주변 기기 정보 수집

정보 수집은 다음과 같이 이루어진다. 주(Master) 스마트폰이 주변 네 개의 부(Slave) 스마트폰에서 보내는 블루투스 비콘 신호를 스캔한다. 이 네 개의 스마트폰을 Neighbor라고 칭한다. Neighbor들은 주 스마트폰으로 각각 100개의 신호를 전송한다.

주 스마트폰과 부 스마트폰은 모두 BLE advertising이

가능한 기기여야 하며, 이는 갤럭시 S 시리즈 중 갤럭시 S5 이후에 출시된 기종에서만 가능하다. 데이터를 스캔하기 위해 BLE 스캐너가 필요하며, 스캔된 데이터를 서버로 전송하기 위해 태블릿 pc 혹은 스마트폰이 필요하다.

4-2. 주변 기기 정보 기반 접촉 여부 판단

개인 간 접촉 판단의 기준인 RSSI는 실내 공간의 형태에 따라 큰 격차를 보인다. 이에 본 연구는 두 갈래 길 형태의 복도 공간에서의 RSSI 특성을 실험을 통해 알아낸 후, 이를 기준으로 접촉 판단 알고리즘을 제시한다.

5. 실험 및 결과

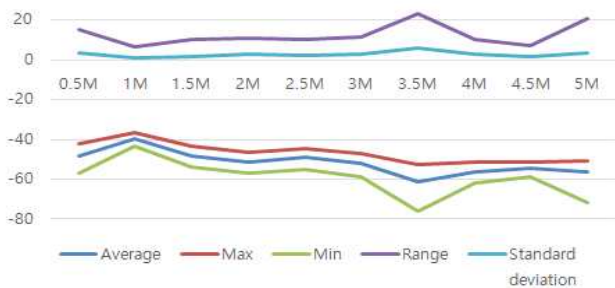
본 연구의 알고리즘은 다음과 같이 세 가지의 큰 mode를 가진다.

1. Beacon Mode
2. Scanning Mode
3. Neighbor List Sending Mode

Beacon Mode에서는 BLE Broadcasting 패킷에 자신의 ID만을 담아 전송한다. 그리고 Scanning Mode에서는 주변 Neighbor를 스캔한다. Neighbor List가 완성되기 전까지 Beacon Mode와 Scanning Mode만을 반복한다. Neighbor List가 완성되면 Neighbor List Sending Mode로 돌입하여 스캔된 정보를 바탕으로 완성된 Neighbor List를 BLE 스캐너와 태블릿 pc를 통하여 서버로 전송한다.

대한민국의 메르스 사태의 관한 연구[3]에 따르면 메르스 사태 발생 전 대한민국은 밀접 접촉자를 ‘환자 혹은 증상이 있는 자와 2m 이내의 거리에서 1시간 이상 함께 머문 자’로 정의하였다. 하지만 실제로는 약 5분간의 접촉에도 증상이 발생한 환자도 있었다. 또한 2m 이상인 거리에서도 같은 병실을 사용하였을 경우에도 감염이 된 사례가 존재하였다. 그러므로 본 알고리즘에서는 밀접 접촉자 기준을 ‘환자 혹은 증상이 있는 자와 5m 이내의 거리에서 약 5분의 접촉이 있었던 자’로 정의한다. 접촉 거리를 알기 위하여 실험 공간을 설정하고 그 때의 RSSI 특성을 확인해야 한다. RSSI 특성을 확인하기 위한 실험 결과는 아래와 같다.

두 갈래 길 분석

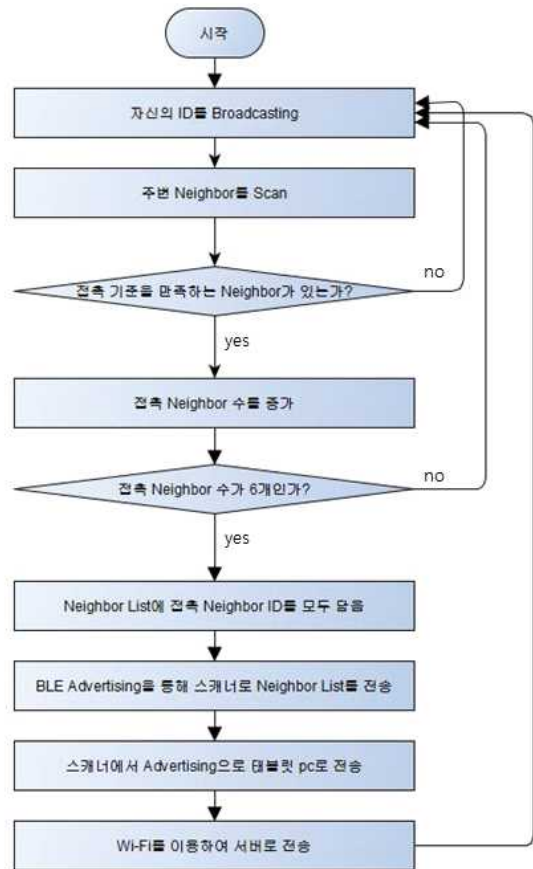


(그림 1) 두 갈래 길에서의 RSSI 특성

이 그래프는 RSSI의 최대, 최소, 평균, 표준편차, 신호 변동의 범위를 나타낸 것이다. 이 중 RSSI의 평균 그래프에 따르면, -60dBm 이상으로 RSSI가 측정되면, 두 기기는 접촉했다고 판단할 수 있다.

Neighbor List 완성은 다음과 같이 진행된다. 복수의 Neighbor가 존재할 경우, 각 Neighbor ID를 배열 요소에 대응시킨 뒤 신호가 수집될 때마다 요소 값을 1씩 증가시키며 이를 Contact Number라 부른다. Contact Number가 30회 이상 기록된 Neighbor 수가 6개가 되면 이를 최종 Neighbor ID List로 결정한 뒤 스캐너를 통해 서버로 보낸다. Contact Number 30회는 10초 동안 5m 이내에 머물 경우 contact하였다고 판단하기 위한 결과(300 ÷ 10 = 30회)이다. 또한 Neighbor 수를 6개로 한정지은 이유는 BLE Broadcasting 패킷 크기 제한 때문이다.

상기의 알고리즘을 flow chart로 나타내면 아래와 같다.



(그림 2) 알고리즘의 Flow Chart

6. 결론

본 논문은 개인 간 근거리 접촉을 탐지해내기 위해 실내 BLE RSSI 특성을 분석하고 이를 기반으로 한 접촉 정보 수집 알고리즘을 개발하였다. 실내 실험을 통해 거리 별 RSSI 변화 그래프를 추출한 뒤, 접촉 여부를 판단할 수 있는 최적의 문턱 RSSI 값을 산출하였으며, 복수의 접촉

정보를 수집하기 위한 스마트기기 알고리즘을 개발하였다.

“본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2016-R0992-16-1012)

“이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2015R1A2A1A16074932).”

참고문헌

- [1] Shu, Yuanchao, et al. “Magicol: indoor localization using pervasive magnetic field and opportunistic wifi sensing. ”Selected Areas in Communications, IEEE Journal on 33.7 (2015): 1443-1457.
- [2] Baron, Roy C., Joseph B. McCormick, and Osman A. Zubeir. “Ebola virus disease in southern Sudan: hospital dissemination and intrafamilial spread.” Bulletin of the World Health Organization 61.6 (1983): 997.
- [3] 조치. “Current epidemiological situation of Middle East respiratory syndrome coronavirus clusters and implications for public health response in South Korea.” J Korean Med Assoc 58.6 (2015): 487-497.

모비우스 IoT 플랫폼을 활용한 장소기반 채팅 서비스 구현

김영민, 박종현, 양한나, 노병희
아주대학교 소프트웨어학과
{ rladudals02, darkstry, didgkssk29, bhroh }@ajou.ac.kr

Implementation of Location-aware Chatting Service using Mobius IoT Platform

Young-min Kim, Jonghyeon Park, Hanna Yang, Byeong-hee Roh
Dept. of Software, Ajou University

요약

OCEAN에서 제공하는 오픈소스 IoT 플랫폼인 Mobius를 활용한 장소기반 채팅 서비스를 제안한다. BLE(Beacon)를 활용해 한 장소의 기기(스마트폰)들을 인식하고 이를 하나의 공간에 있다는 것을 확인하여 LBS(Location Based Service)의 채팅을 제공할 수 있다. 채팅은 Mobius의 데이터 송수신 방식인 MQTT를 활용해 이루어진다. 또한 Mobius 플랫폼을 활용해 다양한 센서 데이터를 받아와 해당 장소의 정보를 알려줄 수 있다. 마지막으로 이 서비스의 기대 효과에 대해 알아본다.

1. 서론

IoT(Internet of Things)는 사물들의 연동을 통하여 다양한 서비스를 제공할 수 있는 미래 인터넷 인프라 기술로 떠오르고 있다. IoT는 인터넷 및 웹 기술을 기반으로 하여 다양한 서비스를 창출 할 수 있으며 최근 이에 대한 연구가 활발히 증가하고 있다[1]. 이에 따라 AllSeen, OCEAN, OIC 등 다양한 IoT 그룹이 형성되었고 각 그룹에서는 각자의 플랫폼을 개발하여 제공하고 있다. 이 중 OCEAN에서는 Mobius라는 open source IoT 플랫폼을 제공한다. 이를 통해 간단한 모듈을 사물에 설치하여 다양한 디바이스를 제어하고 관리할 수 있다. 또한 oneM2M 국제 표준을 기반으로 만들어져 다른 플랫폼과의 호환성이 뛰어나다[2].

사물인터넷 기술이 발전함에 따라 여러 가지 센서를 통해 특정 장소에 대한 정보를 얻거나 actuator를 통해 이를 제어하는 서비스가 증가하고 있다.

사용자의 위치를 기반으로 서비스를 제공하는 LBS(Location Based Service)의 수요가 많아졌다. 이와 더불어 실내 위치 인식 시스템의 중요성도 커졌다. 이번 연구에서는 실내 위치 인식에 한정하여 연구를 진행한다.

2. 관련 연구

관련 연구로는 오픈 소스 IoT 플랫폼인 Mobius를 플랫폼에 관계없이 호환성 있게 활용하기 위한 연동 프록시 연구와 Mobius의 데이터 통신 방식이자 여러 메시지에서 사용되는 MQTT 프로토콜이 있다.

2.1 IoT 플랫폼의 활용

글로벌 기업, 산업표준, 국제표준 등으로 파편화된 사물인터넷 플랫폼들을 서로 연동할 수 있도록 연동 프록시에 대한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연동 프록시를 통해 다양한 상업 제품 연동 서비스로 확장이 가능하고 이를 통해 여러 가지 제약이 있는 서비스에서 벗어나 더 나은 사물인터넷 환경을 제공할 수 있다[3].

위의 연구를 바탕으로 오픈 소스 서버 플랫폼 Mobius가 단순히 자체 서비스로만 끝나지 않을 것이라는 것, 즉 확장성 있는 플랫폼이라는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 조사를 통해 연구의 근간이 될 플랫폼을 정하게 되었다.

본 연구에서 사용된 OCEAN의 플랫폼은 Mobius, Thyme, TAS로 구성된다. 먼저 Thyme과 TAS는 AE(Application Entity)의 역할을 하는 프로그램이라고 할 수 있다. AE는 M2M 서비스를 제공하기 위한 어플리케이션 기능 로직의 의미이며 단말에서 사용된다. 이를 통해 데이터를 가공하여 CSE(Common Service Entity)로 사용되는 Mobius에 전달한다. CSE는 oneM2M 공통 서비스기능을 제공하는 부분으로서 컴퓨터 시스템으로서는 미들웨어 소프트웨어에 해당한다. 즉, Thyme의 데이터를 받아들이는 서버 역할을 한다고 말할 수 있을 것이다. Thyme, TAS에서 전송된 데이터가 Mobius라는 서버를 거쳐 데이터베이스에 저장할 수 있다. 이때 AE와 CSE는 각각의 ID를 통해서 식별 가능하다[4].

2.2 Mobius MQTT 통신 방식

Mobius의 경우 사물들의 데이터 전송을 위해서 HTTP 혹은 MQTT 통신 방식이 사용된다. MQTT는 Client, Server publish/subscribe messaging transport protocol이다. 이것은 경량화된 간단한 방식으로 M2M(Machine to Machine)과 IoT 환경에서 사용하기 위해 만들어졌다[5]. 그렇지만 MQTT는 현재 페이스북과 같은 여러 메시지에서 메시지 송수신을 위한 용도로도 사용되고 있다. 이러한 점을 미루어볼 때 MQTT를 활용한 IoT 데이터 송수신과 메시지 송수신이 같은 프로토콜로 이루어질 수 있고, 이 방법이 효율적으로 작동한다는 것을 알 수 있다.

Mobius의 데이터 전송은 '/oneM2M/req/' + AE_ID + '/' + CSE_ID + '/xml'와 같은 형식의 토픽으로 메시지를 보내는 것으로 이루어진다.

3. 모비우스 IoT 플랫폼을 활용한 장소기반 채팅 서비스

사물인터넷 세상에서는 다양한 사물을 통해 얻는 정보가 하나의 데이터화되게 된다. 여기서 사물뿐만 아니라 같은 장소에서 이루어지는 사람들 간의 대화(여기서는 채팅)도 하나의 센서 정보처럼 사용할 수 있다는 생각에서 이러한 서비스를 제안하게 되었다. 우리의 삶을 하나의 사물인터넷화함으로써 앞으로 펼쳐질 IoT 세상에 알맞은 서비스를 제공할 수 있다고 생각한다.

또한 사물인터넷을 제어하는 방식이 버튼을 눌러 on/off 하는 방식을 벗어나 메신저 Bot처럼 대화로써 제어할 수 있다는 것도 이러한 서비스의 기대효과라고 말할 수 있을 것이다.

보통 Receiver에서 비콘의 신호를 수신하는 방법에는 두 가지 방법이 있다. Fixed Scanner, Movable-Beacon 방식이나 Fixed Beacon, Movable-Scanner 방식[6], 이 두 가지인데 이 실험에서는 비콘의 역할을 하는 Raspberry Pi, 즉 Fixed Beacon에서 안드로이드 스마트폰이라는 Movable-Scanner로 보내는 신호를 보내는 후자의 방식이라고 말할 수 있다.

같은 sender에서부터 온 신호를 수신한 스마트폰은 같은 장소에 있다고 생각하여 이를 묶어주는 형식이다. 상용 비콘을 사용하지 않고 라즈베리파이를 비콘으로 이용한 이유는 라즈베리파이에 연결되어 있는 센서값을 받아와 해당 장소 정보를 출력하기 위해서이다.

라즈베리파이라는 AE 아래에 다른 센서들처럼 채팅이라는 하나의 Cnt(Container)를 생성하여 이곳에 데이터가 축적되게 하는 방식을 제안한다.

4. 구현

실내 환경에서 라즈베리파이(Raspberry Pi)를 통해 비콘 신호를 전송하고, 아두이노(Arduino)를 활용하여 센서의 정보를 받아와 라즈베리파이로 전달하는 아키텍처를 구축하였다.

4.1 구현환경

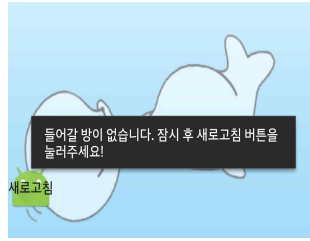
<표 1> 장비 세팅

Raspberry Pi		Windows server 2012 R2	
BlueZ	v5.35	Mobius - Yellow turtle	v2.1.2
Thyme	v1.6.2	Mosquitto	v1.3.5
Thyme TAS	v1.4(2)	Nginx	v1.10.1
node	v0.10.29	node.js	v4.4.6
Arduino UNO			

이 실험에서는 라즈베리파이가 broadcaster로 사용되고, receiver는 안드로이드 스마트폰이 사용된다. 이는 비콘 SDK를 활용하여 구현된다. 라즈베리파이(비콘)에서 보낸 신호를 수신하여 그 정보를 바탕으로 AE를 검색하여 같은 장소의 센서값을 받아올 수 있게 구현한다. 만약 여러 장소의 신호가 수신될 경우 방을 선택할 수 있게 구성한다.

센서 데이터의 전달과정은 다음과 같다. 센서에서 측정된 데이터는 아두이노를 거쳐 라즈베리파이로 전달된다. 이때 라즈베리파이 안에서는 아두이노와 소켓으로 연결된 Receiver, Receiver와 연결된 TAS, TAS와 연결된 Thyme을 거쳐 Mobius로 전달되게 된다. 이 데이터가 유저를 위한 Application의 데이터로 활용된다.

4.2 구현 결과



(그림 1) 장소 감지 화면



(그림 2) 장소 선택 화면



(그림 3) 채팅 화면



(그림 4) 장소 정보 화면

그림1은 비콘 신호를 수신하기 전 화면이다. 이후 새로 고침 버튼을 통해 그림2처럼 해당 장소에서 수신되는 비콘 신호를 확인할 수 있다. 이 신호로 각각의 장소가 구분되고 채팅 서비스, 장소 정보 확인 서비스를 이용할 수 있다.

5. 결론

이 실험을 통해 같은 장소에서 진행되는 채팅 서비스를 구현해보았다. IoT 플랫폼에 단순히 센서 데이터만을 저장하는 것이 아니라 사람들 간의 채팅이라는 정보 역시 한 장소에서 일어나는 현상으로 보고 이를 다른 센서 데이터처럼 플랫폼에 축적하는 방식을 구현하였다.

이를 통해 사물만이 연결되는 것이 아니라 사람들 간의 채팅 나아가서는 음성, 몸짓 등 여러 가지 데이터를 저장할 수 있는 서비스를 제공할 기반을 마련하였다고 생각할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음(R22151610020001002).

참고문헌

- [1] 김재호, 윤재석, 최성찬, 류민우, "IoT 플랫폼 개발 동향 및 발전방향," *한국통신학회지 (정보와통신)*, 제30권 8호, pp. 29-39. 2013. 7.
- [2] OCEAN, <http://www.iotocean.org/about/>, 2016.08.24.
- [3] 성낙명, 채카람나스, 윤재석, 최성찬, 안일엽, 김재호. "인터넷 킥 프록시 기반 상업용 사물인터넷 제품 및 서비스 활용 방법," *한국HCI학회 학술대회*, pp. 674-676. 2016. 1.
- [4] 송재승, 이규명, 서정욱, 강남희, 김재호, 최성찬, 양현석, 최희동, 정승명, 김성윤, 안홍범. "oneM2M 서비스 플랫폼 표준 해설서," *한국정보통신기술협회*, pp. 28-29. 2014. 11.
- [5] A. Banks, R. Gupta, *MQTT Version 3.1.1*. OASIS standard. Oct. 2014.
- [6] K. Komai, M. Fujimoto, Y. Arakawa, H. Suwa, Y. Kashimoto, K. Yasumoto, "Elderly person monitoring in day care center using Bluetooth Low Energy," in *IEEE Proc. ISMICT '16*. Mar. 2016.