
확장 가능한 모바일 기상 정보 서비스를 위한 센서 시스템의 설계

최진오*

The Design of Sensor System for Scalable Mobile Meteorological Information Services

Jin-oh Choi*

요 약

모바일 기상 정보 서비스에서 동네 수준 이상의 정밀한 정보를 제공하기 위해서는 기존의 센서를 확장하여야 한다. 기존 센서를 추가 설치하는 것은 큰 비용문제 때문에 받아들일 수 없기 때문이다. 이 논문은 모바일 기상 정보 서비스 환경을 구축할 수 있는 시스템 구조를 제시하고 확장 가능한 센서로서 휴대폰, 센서 네트워크, 그리고 대중 교통차량을 제안한다. 제안한 확장 센서들을 비교 분석하여 각각의 장단점을 평가해 보인다. 그리고 이 시스템에서 서버에 수집되는 센싱 데이터의 특성을 고려하여 효율적인 질의 지원을 위한 데이터 처리 기법을 소개한다. 제안하는 데이터 처리 기법은 수많은 센서들로부터 수집된 정보들을 논리적 단위로 압축하여 데이터 용량을 줄이면서도 서비스 품질을 유지할 수 있는 장점을 지닌다.

ABSTRACT

In the mobile meteorological information services, an existing sensor system should be expanded to serve precise information. This is because of large cost problem to add the existing sensors. This thesis proposes a system architecture to construct scalable mobile meteorological information services and suggests mobile phone, sensor network, and public traffic vehicle as expended sensors. The proposed scalable sensors are compared each other and analysed the results to evaluated their strength and weakness. In this system, based on the characteristics of the sense data collected at server, a data processing methods are proposed to support efficient query processing. The proposing data processing methods have several benefits. They compress some data volume sensed by various sources on some area at some time to a logical unit. Still it could preserve same services quality.

키워드

모바일 기상 정보 서비스, 모바일 기상 응용, USN 응용, 모바일 센서

Key word

Mobile Meteorological Information, Scalable Sensors, USN Application, Mobile Sensor

* 종신회원 : 부산외국어대학교(jochoi@pufs.ac.kr)

접수일자 : 2011. 05. 27

심사완료일자 : 2011. 05. 27

I. 서 론

USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술의 발전과 스마트폰의 대중화로 인해 도시 내 기상 정보와 대기환경 정보는 점점 보편적 정보로 변화하고 있다. 특히 최근 일본의 후쿠시마 원전 사태 이후 대도시를 중심으로 정밀한 대기환경 정보에 대한 요구가 크게 늘고 있다.

그림 1은 스마트폰을 통한 날씨 서비스 어플리케이션의 한 예이다[1]. 이런 유형의 서비스는 현재 스마트폰을 중심으로 보편화되어 있으나 아직 대기 정보 서비스나 동네 단위 이상의 정밀한 지역을 대상으로 하는 기상 정보 서비스는 제공되지 않고 있다.



그림 1. 모바일 날씨 서비스의 예
Fig. 1 Example of Mobile Weather Service

그림 2는 일부 지방 자치단체(서울시, 경기도 등)에서 서비스하고 있는 대기환경 정보 서비스를 보이고 있다 [2][3]. 아직 모바일 서비스는 제공되지 않고 있으며 온라인으로 구(또는 시) 단위의 대기 환경오염 정보를 서비스하고 있다. 그러나 높은 관측소 설치비용 문제로 동네 단위 이상의 정밀한 대기 정보를 수집하지는 못하고 있다.

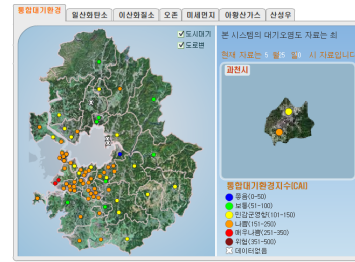
그림 3은 일반적인 기상 관측 장치들을 보인다. 고정 시설물인 기상 관측대, 이동 가능한 관측 차량, 휴대 측정 장치 등이 포함된다. 동네 수준 이상의 정밀한 정보의 수집을 위해서 고비용의 기상 관측대 증설 대신 기상 관측 차량이나 휴대 장치를 이용하는 것이 대안이 될 수 있다. 하지만 여전히 고가의 전용 차량 또는 고비용의 전문 측정 인력을 유지 문제가 남아 있다.

이 논문은 이러한 문제를 해결하기 위해 저비용으로 동네 단위 이상의 정밀한 기상 정보와 대기 정보를 수집하고 서비스 할 수 있는 확장이 용이한 모바일 기상 정보 서비스 방식을 제안한다. 제안 방식은 기존의 다양한 정보 수집 방법과 더불어 도시에 설치된 센서 네

트워크, 개인 휴대폰, 대중교통 차량 등 다양한 센싱 방법을 포함한다.



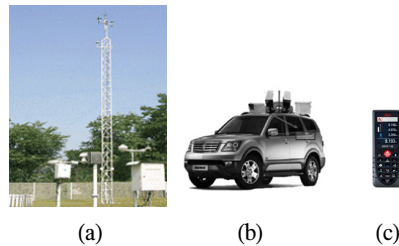
(a)



(b)

그림 2. 대기 환경 정보 서비스의 예
(a) 서울시 (b) 경기도

Fig. 2 Example of Atmosphere Environment Services
(a) Seoul City (b) Kyungki-Do



(a) (b) (c)

그림 3. 기상 및 대기 정보 관측 장치
(a)기상관측대 (b)기상관측차량 (c)휴대용센서
Fig. 3 Equipments to Measure Meteorological and Atmosphere Information

(a)Observation Tower (b)Observation Car (c) Mobile Sensor

이 논문에서 제안하는 센서들은 시간과 위치 정보를 포함한 대량의 센싱 데이터를 연속적으로 생성한다. 이러한 특성을 분석하여 효율적인 질의를 지원하기 위한 데이터 처리 기법이 필요하다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 제안 시스템을 소개하고 3장에서 확장 센서들을 비교 분석한다. 이러한 센서들의 데이터 특성에 따른 데이터 처리 기법의

설계 내용은 4장에서 보인다. 5장은 결론과 향후 연구 내용을 다룬다.

II. 제안 시스템 구조

동네 단위 이상의 정밀한 기상 정보 서비스가 가능하기 위해서는 저비용의 확장 가능한 센싱 방법이 필요하다. 이 논문에서는 기존의 정보수집 방법에서 추가하여 기상 정보의 센서로 확장 가능한 센서로 개인 휴대폰, 센서 네트워크, 그리고 대중교통 차량을 제안한다. 이러한 센서를 포함하는 모바일 기상 정보 서비스 시스템을 확장 가능한 모바일 기상 정보 서비스(Scalable Mobile Meteorological Information Service, SMMIS) 시스템이라 부르겠다.

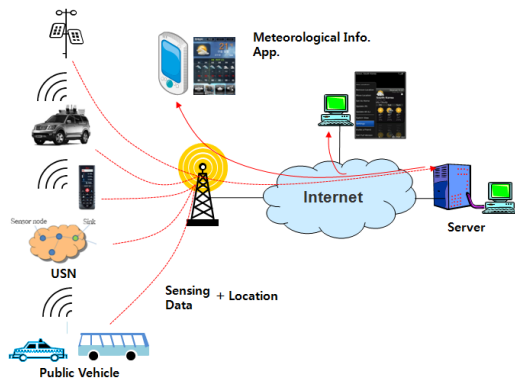


그림 4. 확장 가능한 모바일 기상 정보 서비스 시스템
Fig. 4 Scalable Mobile Meteorological Information Service System

그림 4는 제안하는 SMMIS 시스템의 개념을 보이고 있다. 먼저 기상정보를 수집하는 센서는 기존의 관측대와 전문 관측 차량에 더하여 확장 가능한 센서들이 추가되었다. 개인 휴대폰을 센서로 활용한다면 해결해야 할 많은 문제점이 있다 하더라도 확장성은 극대화 될 수 있다. 그리고 도시에 산재한 USN의 센싱 데이터를 통합하여 시스템에서 활용한다면 아주 정밀한 지역의 정보를 획득할 수 있는 장점이 있다. 다만 USN 망이 아직 도시 전체를 커버할 만큼 보편적으로 설치되지 못하고 있다. 대중교통 차량도 전문 관측 차량과 같은 방식으로 기상 정보를 수집하는 센서로 활용 가능하다. 대중교통 차량

에 측정 센서를 장착하고 운행 중에 모바일로 센싱 정보를 수집한다면 저비용으로 센싱 구역을 확장할 수 있을 것이다.

다양한 센서로부터 측정된 정보는 서버에 수집된다. 수집된 데이터를 서버에서 처리할 때 고려되어야 할 사항들은 다음과 같다. 첫째, 수집된 데이터의 처리 과정이 필요하다. 다양한 종류의 센서들로부터 수집되어 정보의 형식이 상이하므로 데이터 형식을 통일하기 위한 정규화 작업이 필요하다. 둘째, 통신 잡음에 의한 오류 데이터를 걸러내는 정제 과정이 뒤따라야 한다. 셋째, 수집된 정보는 많은 중복이 있을 수 있으며 연속적으로 생성되기 때문에 일정한 논리적 단위로 압축하여 저장할 필요가 있다.

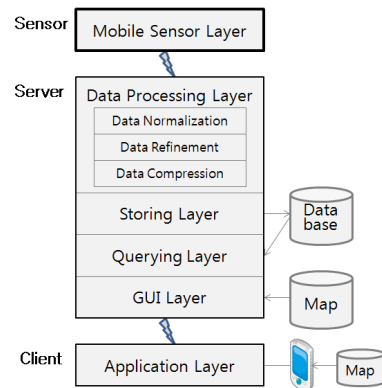


그림 5. SMMIS 시스템 구조
Fig. 5 The Structure of SMMIS System

그림 5는 제안하는 SMMIS 시스템의 센서, 서버, 그리고 클라이언트 영역을 각각 기능 모듈별로 도식화한 그림이다. 앞서 언급한 고려사항들은 센서로부터 수집한 데이터를 처리하는 레이어에서 다루어진다. 데이터 처리 이후 서버에서는 압축된 결과를 연속적으로 데이터베이스에 저장하고 저장된 데이터로부터 쿼리를 통해 유용한 정보를 추출하며 모바일 환경으로 서비스하기 위해 효율적인 사용자 인터페이스 기능을 수행한다.

이 논문은 그림 5와 같은 시스템 구조를 제안하고, 특히 센서 레이어에서 도시 지역을 위한 정밀한 모바일 기상 및 대기 정보 서비스를 위해서 확장 가능한 센서를 제안하는 데 초점을 맞춘다. 확장 가능한 다양한 센서들을 비교하고 각각의 장단점을 분석해 보인다.

III. 확장 센서

이 장에서는 제안된 4가지 확장 센서들에 대하여 비교해보고 각각의 장단점을 분석한다. 확장 센서들의 비교 분석은 프라이버시(privacy), 비용(cost), 도시 커버(city cover) 능력, 시간 커버(time cover) 능력, 확장 용이성(scalability), 센싱 다양성(sensing diversity) 등 6가지 요소로 나누어 진행하며 상대적 우위 비교에 의해 평가한다.

3.1. 스마트폰과 측정 센서

개인 스마트폰에 측정 센서를 장착하여 기상 정보를 수집할 수 있다. 개인 스마트폰이 센서로 작동하는 방식이다. 그런데 이 방식이 가능하기 위해서는 몇 가지 해결되어야 할 장벽이 있는 것은 사실이다. 먼저 개인 위치가 노출되는 프라이버시 문제이다. 하지만 최근 스마트폰의 이용이 보편화됨에 따른 위치 프라이버시 문제를 기술적으로 해결하기 위한 다양한 연구와 시도가 이어지고 있다[4][5].

둘째 센서 장비의 기술적 그리고 비용적 장벽이다. 스마트폰에 장착 가능한 센서는 범용으로 사용되는 장비가 아니기 때문에 전용 장비를 별도 제작해야 한다. 하지만 최근 USN 노드 제작 기술의 발전으로 초소형 저가 센서가 대량으로 생산이 가능하게 되어 이 문제는 가까운 시일 내에 해결될 수 있을 것으로 보인다.

개인 휴대폰 센서는 도시 및 시간 커버 능력과 확장 용이성 요소들에서 가장 우수한 특성을 보인다. 휴대폰은 언제 어디서나 센서로 작동하며 확장이 용이하기 때문이다. 하지만 사람에 의해 휴대되는 제약과 소형으로 경량화 해야 하는 센서 제작비용의 상승 때문에 다양한 센서를 부착할 수 없어 센싱 다양성 능력은 상대적으로 떨어진다.

3.2. 센스 네트워크

센스 네트워크는 특정 목적을 위하여 한정된 지역에 구축되는 센서 노드들의 네트워크이다. GPS 정보를 비롯한 다양한 센싱 데이터들이 모니터링과 제어를 위해 무선 라우팅을 통해 인터넷으로 전달된다. 센스 네트워크를 확장 센서로 활용하기 위한 목적으로 구축할 경우에는 센서 설치비용과 싱크 노드(sink node) 구축비용이 많이 든다. 그러나 기존에 구축되어 운영되고 있는 기상

관련 센스 네트워크가 존재한다면 SMMIS 시스템과 연동이 가능하며 이 경우 확장 센서의 구축비용은 거의 소요되지 않는다[6].

센스 네트워크는 프라이버시 문제가 없으며 24시간 내내 작동이 가능해 시간 커버 능력도 우수하다. 센싱 다양성도 센서 노드가 휴대폰용 측정 센서에 비하여 다양한 센서를 탑재할 수 있어 상대적으로 우수하다. 하지만 보통 특정 구역 또는 특정 건물을 대상으로 하는 특징 때문에 도시 커버 능력은 매우 떨어진다. 그리고 커버 영역을 확장하기 위해서는 많은 추가 비용이 발생하기 때문에 확장 용이성도 아주 낮다고 할 수 있다. 따라서 센스 네트워크는 SMMIS 시스템을 위해서 보조적인 수단으로 활용이 가능한 정도로 평가된다.

3.3. 대중교통 차량과 측정 센서

이 센싱 기법은 버스와 택시 등 대중교통 차량에 기상 정보나 대기환경 정보를 측정할 수 있는 센서를 고정 부착하고 운행하면서 일정 주기로 센싱한 값을 위치와 함께 서버로 전송하는 방식이다. 다시 말해서 전용 관측 차량의 역할을 대중교통 차량에 맡기는 방식이다[7].

이 방식의 확장 센서 구축비용은 차량에 설치하는 측정 장비가 고가이기 때문에 높은 편이다. 하지만 설치 차량이 도시 곳곳을 운행하기 때문에 적은 설치 대수로 많은 영역을 커버할 수 있다. 따라서 동일한 영역을 커버하는데 센서 네트워크에 비하여 구축비용이 오히려 낮다.

대중교통 차량을 이용한 센서 확장 방법 역시 프라이버시 문제가 없으며, 도시 커버 능력이 센서 네트워크에 비하여 우수한 편이다. 센서가 고정되어 있지 않고 여러 곳을 이동하며 측정하기 때문이다. 특히 택시의 경우 버스에 비해 도시 커버 능력 뿐 아니라 시간 커버 능력도 우수하다. 확장 용이성은 휴대폰 센서보다는 떨어지지만 센서 네트워크보다는 우수하다. 센싱 다양성 능력은 차량의 장점으로 필요한 장비를 모두 설치할 수 있기 때문에 가장 우수하다.

이러한 비교 분석을 바탕으로 정리해보면 프라이버시 문제는 스마트폰 센서에서 심각하게 발생하며 이 확장 센서를 활용하는 데 가장 큰 걸림돌로 작용한다. 도시 커버 능력은 스마트폰 센서가 가장 우수하며 센서 네트워크가 가장 떨어진다. 시간 커버 능력은 센서 네트워크가 가장 우수하며 대중교통 차량 센서와 스마트폰 센서는 모두 밤 시간에는 센싱을 멈추는 경향으로 인해 비슷

한 수준이다. 확장 용이성은 스마트폰 센서가 가장 우수하며 센서 네트워크가 가장 떨어진다. 마지막으로 센싱 다양성은 대중교통 차량 센서가 가장 우수하며 스마트폰 센서가 가장 떨어진다.

IV. SMMIS 시스템의 센서 데이터 처리 기법

이 논문에서 제안하는 SMMIS 시스템의 서버는 센서 레이어의 다양한 확장 센서들로부터 수집되는 기상 정보를 쿼리가 가능한 효율적 구조로 저장하기 위해 3단계의 처리 과정을 수행한다. 이 장에서는 SMMIS 시스템의 데이터 특징에 따라 3 단계의 데이터 처리 알고리즘을 소개한다.

```

dataNormalize(SenseData , type) {
    //normalize location and time
    NormSenseData.GPS=getNormData(SenseData,GPS,type)
    NormSenseData.time=getNormData(SenseData,time,type)

    //normalize sensed data
    if(degree(type) != NULL)
        NormSenseData.degree=getNormData(SenseData,degree,type)
    if(humidity(type) != NULL)
        NormSenseData.humidity=getNormData(SenseData,humidity,type)
    :
    return NormSenseData
}
    
```

그림 6. 데이터 정규화 알고리즘
Fig. 6 Data Normalization Algorithm

4.1. 데이터 정규화

센서 레이어의 다양한 확장 센서들은 서로 다른 형식으로 데이터를 생성하고 서버로 전송할 수 있다. SMMIS 시스템의 서버에서는 이후 데이터 처리를 위해 수집된 데이터를 표준 유형으로 정규화과정을 거쳐야 한다. 그림 6에서 정규화 알고리즘을 보였다. 여기서 주어진 센서의 유형에 따라 데이터의 위치, 크기, 타입을 표준 센서 데이터 형식으로 변경한다.

4.2. 데이터 정제

센서의 오작동 또는 통신 장애에 의해 잘못된 값이 입력될 경우를 대비하여 정제 과정을 거친다. 그림 7에서 해당 센서 유형에 따라 임계(threshold)값을 두어서 이를 넘어설 경우 해당 센싱 데이터를 제거하는 방식을 사용한다.

```

dataRefine(NormSenseData) {
    //find same Location Zone group
    nLZ=find_LN(NormSenseData.GPS)

    //refine all sensed data
    avgVal=find_avgValue(nLZ, 0~10min before, degree)
    if((!NormSenseData.degree-avgVal) > thresholdVal.degree)
        NormSenseData.degree=NULL
    avgVal=find_avgVal(nLZ, 0~10min before, humidity)
    if(!NormSenseData.humidity-avgVal > thresholdVal.humidity)
        NormSenseData.humidity=NULL
    :
    return NormSenseData
}
    
```

그림 7. 데이터 정제 알고리즘
Fig. 7 Data Refile Algorithm

```

dataCompress(NormSenseDataSet, nTZ) {
    for(nLZ in all Location Zone) {
        // set IDs to aggregate
        AggSenseData.GPS=nLZ //set Number of Location Zone
        AggSenseData.time=nTZ //set Number of Time Zone

        // calculate compressed value(average value)
        AggSenseData.degree=find_avgValue(nLZ, nTZ, degree)
        AggSenseData.humidity=find_avgValue(nLZ, nTZ, humidity)
        :
        addAggSenseData(AggSenseDataSet, AggSenseData)
    }
    return AggSenseDataSet
}
    
```

그림 8. 데이터 압축 알고리즘
Fig. 8 Data Compression Algorithm

```

dataProcessingLayer() {
    While(1) {
        SenseData=fetchNewData()
        type=getSenseType(SenseData)

        //data normalization
        NormSenseData=dataNormalize(SenseData, type)

        //data refinement
        NormSenseData=dataRefine(NormSenseData)

        //data Compress
        if(not yet Time Zone threshold time) // gather sensing data
            addRoutineData(SenseDataSet, NormSenseData);
        else { // it's Threshold Time nTZ
            AggSenseDataSet=dataCompress(SenseDataSet, nTZ)
        }

        //data Storing
        dataStoringLayer(AggSenseDataSet)
    }
}
    
```

그림 9. 데이터 처리 레이어의 알고리즘
Fig. 9 Algorithm of Data Processing Layer

4.3. 데이터 압축

센싱된 데이터는 공간과 시간적으로 중복이 많아 압축이 필요하다. 압축 단위는 일정 크기의 동일한 공간 (Location Zone)에 포함된, 일정 기간의 동일한 시간대 (Time Zone)에 수집된 센싱 데이터이다. 그림 8에서 이러한 압축 알고리즘을 보이고 있다.

그림 9는 위 3가지 알고리즘을 이용한 전체 데이터 처리 레이어 알고리즘이다. 이 알고리즘은 3단계의 전 처리 과정을 거쳐 최종 압축된 센서 데이터를 쿼리 레이어에서 활용할 수 있도록 저장 레이어를 호출하여 저장한다.

V. 결 론

이 논문에서는 스마트폰, 센서 네트워크, 대중교통 시스템 등 다양한 센서를 활용하여 동네 단위 이상의 정밀한 지역에 대한 기상 및 대기 환경 정보 서비스를 제공하는 확장 가능한 모바일 기상정보 서비스(SMMIS) 시스템의 구조와 확장 센서들을 설계하고 제안하였다. 또한 이러한 다양한 센서들로부터 수집되는 자료의 특징에 맞추어 처리 알고리즘을 개발하고 제안하였다.

이 논문은 제안한 확장 센서들의 장단점을 비교 분석하기 위해 몇 가지 평가 요소들에 대한 평가를 실시하였다. 그 결과 제안한 확장 센서들은 기존의 기상 관측대나 전용 측정 차량이 정밀한 기상 정보 획득을 위한 센서 확장에 고비용이 소요되는 단점을 극복할 수 있었다. 이 논문은 또한 제안 확장 센서들의 데이터 특성을 파악하여 정규화와 정제를 거쳐 데이터 사이즈를 크게 줄일 수 있는 압축 기법을 개발하고 알고리즘으로 정형화하여 제시하였다.

SMMIS를 구현하기 위해서는 많은 극복되어야 할 문제들이 산재하고 있으나 최근 지구환경의 방사능 오염과 황사 오염 등의 위협으로 빠른 시일 내 대중화 되어야 할 기술로 평가된다. 이 논문에서 제안하는 시스템은 도시 내의 정밀한 대기 및 기상 정보를 서비스하기 위해서 정보를 빠른 속도로 저비용으로 수집하고 제공할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이 될 것이다. 향후 제시한 방향에 대한 구체적인 연구와 실제 구현 실험이 뒤따라야 하겠다.

참고문헌

- [1] <http://itunes.apple.com/kr/app/id410241380>
- [2] <http://cleanair.seoul.go.kr/main.htm>
- [3] <http://air.gg.go.kr/>
- [4] Gabriel Ghinita, "Private Queries and Trajectory Anonymization: a Dual Perspective on Location Privacy," Tran. on Data Privacy, Vol. 2, No 1, pp.3-19, 2009.
- [5] Chien-Ping Wu, Chen-Che Huang, Jiun-Long Huang, Chih-Lin Hu, "On preserving location privacy in mobile environments," Int. Workshop on Mobile Peer-to-Peer Computing, Seattle, USA, pp. 490-495, 2011.
- [6] 유상근, 안상현, 임유진, 김용운, "이기종 센서 네트워크간의 연동을 위한 센서 네트워크 구조," 정보과학회지, 제25권, 제12호, pp.66-73, 2007.
- [7] 섭범, 김수환, 임인택, 최진호, 최진오, "대중교통 체계를 이용한 기상정보 수집 시스템의 설계," 해양정보통신학회 2010 추계 종합 학술대회 논문집, Vol. 14, No 2, pp.110-112, 2010.

저자소개

최진오(Jin-Oh Choi)



1991년 부산대학교
컴퓨터공학과(공학사)
1995년 부산대학교
컴퓨터공학과(공학석사)

2000년 부산대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
2000년~ 부산외국어대학교 임베디드IT학과 교수
※관심분야: 지리정보시스템, 모바일 GIS, USN