

Quadtree 기반의 GPS 병합 및 분포 분석 시스템

이동욱*, 김진솔**, 한민수*

요약

최근 들어 GPS 장치의 사용이 많아지고 있다. 특히 자전거와 같은 경우, GPS 정보를 바탕으로 진행한 운동의 분석과 기록을 하는 서비스 및 연구들이 진행되고 있다. 그러나 이러한 서비스들은, 대부분 하나의 GPS 정보 파일에 대한 분석만을 지원하며, 다수의 GPS 정보 파일에 대한 분석이 진행되지 않는다. 본 논문은 다수의 GPS 분석방안으로써, GPS 정보 파일의 분포를 도출하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 웹페이지를 통해 GPS 정보 파일을 사용자로부터 수집한 뒤, 사용자가 제시하는 조건에 적합한 GPS 정보 파일들을 병합하여 GPS 정보 분포를 도출한다. 도출된 분포 정보는 2차원 지도를 기반으로 시각화 과정을 통해 사용자에게 제공된다.

Quadtree based GPS merge and distribution analysis system

Dong-Wook Lee*, Jin-Sul Kim**, Min-Soo Hahn***

ABSTRACT

The GPS devices have been used in various fields. Especially for the leisure like bicycle, the GPS device is one of the most important electronic devices for outdoor. The bicycle riders record their riding routes with the GPS devices and apply the recorded GPS information to the analysis services. However, most of the GPS information analysis services or researches are focused to the single GPS track analysis. In this paper, we propose the analysis system for multiple GPS tracks. The purposed system merges the GPS tracks which satisfy the queried conditions and generates the distribution of GPS information for the specific region. The merge procedure of the system is based on the Quadtree algorithm.

Key Words : GPS Merge, GPS Analysis, Quadtree, GPS Distribution, Web Service

* 한국과학기술원 디지털미디어연구소(☐aalee@kaist.ac.kr)

** 나사렛대학교 멀티미디어학과

· 제1저자(First Author) : 이동욱 · 교신저자(Correspondent Author) : 한민수

· 접수일(2010년 6월 10일), 수정일(1차 : 2010년 7월 12일), 게재확정일(2010년 7월 16일)

1. 서 론

자동차 네비게이션을 시작으로 일반 대중에게 가까워진 GPS 장치는, 최근 모바일 장치의 성능 향상과 스마트폰 보급의 성장세를 필두로 그 사용량이 급격히 증가하고 있으며, 용도 또한 다양하게 발전하고 있다.

GPS 장치가 대중화되기 전 부터, GPS 정보를 기반으로 하는 연구는 다양한 분야에서 진행되어 왔다. 차량의 운행정보를 GPS 장치를 통해 얻어내고, 이를 기반으로 전자지도를 구성하는 방안이나 도로 건설을 위한 데이터를 확보하는 등의 자동차 주행에서 발생하는 GPS 정보 기반의 도로나 전자지도에 대한 연구 및 서비스가 있다. GPS 정보 응용의 다른 접근으로는 레저 활동의 기록 및 분석이다. 삶의 질 중시에 따른 레저 시장의 확대는, 단순한 양적 팽창뿐만 아니라 개인이 경험한 운동에 대한 분석과 같은 질적인 부분에서의 발전도 함께 수행되고 있다. 이러한 측면에 있어서 GPS 장치를 통한 위치정보 수집은 사용자의 운동 분석에 대한 기본 자료로써 다양하게 사용되고 있다. GPS 정보 기반의 라이프 로그, 히스토리 수집 및 분석에 대한 연구는 레저 수준보다 더 깊게 일상생활에 파고든 예로, 특정 사용자가 실제 환경에서 활동하는 데이터를 기반으로 생활양식을 분석한다.

레저 활동에 대한 GPS 장치 사용의 경우, 자전거 사용자의 GPS 장치 사용이 큰 비율을 차지하고 있다. 이는 자전거의 특성에 기인한 것으로, 위치가 고정되지 않는 활동이기 때문에, GPS 정보 분석을 통해 자전거 주행에 대한 전반적인 정보를 추출할 수 있다는 이유가 크다. 또한, 기존의 경우, 자전거 GPS 정보를 수집하기 위해서는 별도의 GPS 정보 수집 전문 장치[1]를 필요로 했으나, 근래 들어 스마트폰을 필두로 하는 모바일 장치의 진화로 인해, GPS 정보를 추가적인 장치 없이 쉽게 수집할 수 있게 되었으며, 결과적으로 자전거 GPS 정보 수집 및 분석에 대한 다양한 모바일 어플리케이션과 웹 기반 서비스들이 증가하고 있는 추세이다.

현재 제공되고 있는 일반적인 GPS 정보 분석 서비스들은 대부분 GPS 정보가 내포하고 있는 정보들을 기반으로 총 주행시간, 주행거리, 주행속도 등을 도출하는 것이 일반적이다. 이외에 부가적 장치를 사용할 경우, 분당 회전수, 운동 중 심박수 등의 보다 자세한 정보를 도출할 수 있다. 그러나 이러한 서비스들은 하나의 자전거 활동에서 발생하는 GPS 정보 묶음 또는 파일에 대해서만 분석을 행하기 때문에, 다수의 GPS 정보 파일들에 대한 분석을 제공하지 않는다.

다수의 GPS 정보 파일들에 대한 분석은, GPS 정보 수집 환경에 대한 전반적인 정보를 도출해낼 수 있다. 다수의 GPS 정보 파일들에 대한 분포 도출은 그 대표적인 예로, 특정 지역이나 시간대에 대한 GPS 정보의 분포를 도출함으로써, GPS 정보를 통한 실제 환경에 대한 예측 및 분석을 가능하게 한다. 그러나 다수의 GPS 정보 파일에 대한 분석은 연산해야 하는 GPS 정보가 많다는 점, GPS 정보간의 교차점을 계산해야 한다는 점 등의 문제가 있기에 많은 연구가 진행되고 있지 않은 것이 현실이다.

본 논문은 다수의 GPS 정보 파일 분석을 위한 시스템을 제안하며, 이를 위해 다수의 GPS 정보 묶음을 분석 가능한 하나의 단위로 병합하는 알고리즘을 소개한다. 제안된 시스템은 GPS 정보 파일들에서 특정 조건에 적합한 GPS 정보 파일들만을 추출한 뒤, 이를 병합하고 결과적으로 GPS 정보가 겹치는 특정 영역에 대한 분포를 도출한다. 병합 알고리즘은 Quadtree를 기반으로 다수의 GPS 정보들 간의 겹치는 지점, 또는 영역을 찾아내며, 이를 통해 시스템은 다수의 GPS 정보에서 특정 조건에 따른 GPS 분포를 도출할 수 있다.

본 논문의 차례는 다음과 같다. 2장에서는 GPS 정보의 분석 및 병합에 관련된 관련 연구들을 보이며 제안하는 시스템과의 차이점을 분석한다. 제안된 시스템의 전반적인 구조는 3장에서 다뤄지며, 중요 알고리즘에 대한 상세 설명은 4장에서 설명된다. 시스템의 결과인 GPS 분포에 대한 내용은 5장에서 기술하며, 마지막으

로 5장에서 결론과 추후과제에 대해 논한다.

II. 관련연구

GPS 정보 병합에 대한 연구들은 영상 기반의 정보 병합 방법과 알고리즘 기반의 병합 방법으로 나뉘어 구분할 수 있다.

영상 기반의 경우, GPS 정보를 이진화한 뒤, 배열 형식의 데이터베이스에 이진화된 GPS 정보를 입력한 뒤, 이에 대해 영상 처리를 적용하는 방법이 일반적이다. 영상 기반 처리의 예로는 2진화된 GPS 정보를 통해 디지털 지도를 생성하는 연구[2]가 있다. GPS 정보의 특성 상, 영상 기반 처리방법은 대용량의 메모리를 사용해야 하기 때문에 오버헤드가 많으며, 따라서 비효율적인 측면이 큰 것이 사실이다.

GPS 정보는 일련의 연속된 구조를 가지고 있기 때문에, 이에 적합한 병합 알고리즘을 구현하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. Niehoefer et al[3] 이 제안한 알고리즘은 여러 GPS 정보를 하나의 맵으로 병합하기 위한 방안으로, GPS 정보를 Journey 단위로 구성하여 처리하였다. GPS 정보를 점진적으로 읽어 나가면서 교차점을 처리한다는 점은 Brüntrup의 연구와 [4]와 비슷하나, Journey 단위를 구분으로 Journey간의 처리와 Journey내부의 처리가 다르다는 점에 차이가 있다.

GPS 분석의 경우, 디지털 지도 구성을 위한 목적[5]이 주를 이뤄왔으나, 최근 들어 레저나 라이프로그와 관련된 연구들[6, 7, 8]이 연구들이 선을 보이고 있다. 특히 소셜 네트워크와 커뮤니티를 대상으로 접근하는 경우[7][9]가 있다.

그러나 GPS 병합에 초점을 맞춘 기존 연구들의 경우, 이에 대한 분석 방안에 대해서는 접근하지 않았다는 한계가 있으며, 분석을 목적으로 하는 연구의 경우 다수의 GPS 파일에 대한 접근을 하지 않았다는 한계를 가지고 있다. 다수의 GPS 정보 파일을 하나의 GPS 정보 파일로 병합하고 이에 대한 분석을 시도한 연구[9]

가 제시된바 있으나, 실제적인 구현에 대한 상세는 기술되지 않았다. 본 연구는 이러한 한계점을 극복하기 위해 다수의 GPS 파일의 병합과 이에서 도출되는 GPS 정보 분포에 대한 분석을 지원하는 시스템을 제안하고자 한다.

III. 시스템 구현

제안된 시스템은 GPS 정보의 수집, GPS 분포 도출을 위한 조건 입력, GPS 분포의 시각화의 3가지 기능을 제공하는 웹 서버 및 클라이언트와 GPS 정보 관리, GPS 병합 및 분포 데이터 도출의 기능을 제공하는 GPS 분석 서버로 구성되어 있다. 그림 1은 시스템의 전반적인 구성을 보인다.

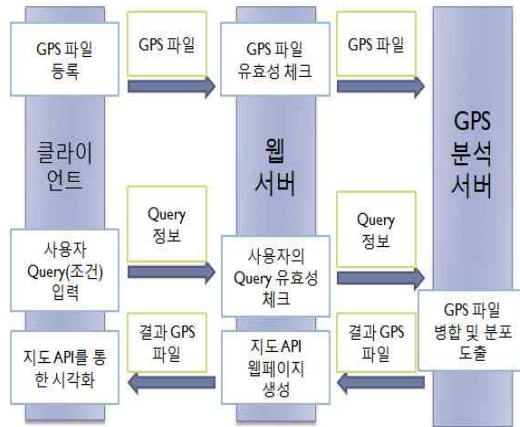


그림 1. 시스템 구조

Fig.1. System Architecture

위 그림에서 나타난 바와 같이 시스템의 동작 흐름은 크게 3가지로 구분될 수 있다. 첫째는 “GPS 수집 과정”으로, GPS 정보 파일을 등록하는 과정이다. 둘째는 “Query 입력 과정”으로, GPS 정보 분석의 기본 조건인 Query를 클라이언트를 통해 입력하는 과정이며, 마지막 셋째는 “GPS 분석 과정”으로, 입력된 Query 조건에 따라 GPS를 분석하고 결과를 제공하는 것이다.

GPS 수집 과정에서 웹서버는 클라이언트를 통해 GPS 정보를 수집한 뒤, 이를 데이터베이스에 저장하는데, 이 때 Query 조건으로 사용될 수 있는 부가적 정보들이 GPS 파일과 함께 저장된다. 이 과정은 GPS 정보 파일들을 수집하는 목적을 가지고 있으며, 나머지 과정과는 독립적으로 이루어진다.

GPS 정보에 직접적인 분석이 시작되는 것은 세 번째인 GPS 분석 과정이며, 이 과정은 두 번째 과정인 Query 입력과정이 완료되면서 시작된다. Query 입력 과정은 GPS 정보 분석의 기본 조건인 Query를 입력받는 과정으로, 웹서버가 클라이언트를 통해 사용자가 제시한 Query를 입력받고 이를 GPS 분석 서버로 전달하는 순서를 가지고 있다. Query는 GPS 분포 도출에 적용될 GPS 정보 파일들을 구분하기 위해 사용되는 조건으로 Region, Purpose, Time, User라는 필드를 가지고 있다. Region은 위도, 경도 값을 통해 일정 영역을 나타내며, Purpose는 주행의 목적을 나타내고, Time은 주행의 시작 시간과 종료 시간을, User는 사용자 그룹을 뜻한다. Query의 각 필드의 값들은 GPS 분석 과정에서 GPS 분석 서버가 GPS 정보 파일들을 분석할 때, 각 파일들이 사용될 것인지 말 것인지를 판단하기 위해 사용된다. 예를 들어 Query의 Region이 126.986, 37.462, 127.095, 37.562의 값을 가질 경우, 경도 126.986 부터 127.095 까지, 위도 37.462부터 37.562 까지 영역에 포함되는 GPS 정보 파일들만을 병합 및 분포 분석에 사용한다. GPS 분석 과정에서 진행되는 GPS 파일 병합 및 분포 분석은 4장에서 보다 더 자세하게 다룬다.

GPS 분석 과정에서 도출된 결과는 하나의 GPS 정보 파일의 형태를 가지고 있으며, 웹서버를 거쳐 클라이언트를 통해 사용자에게 제공된다. 클라이언트는 결과 GPS 파일을 인터넷 페이지 상에 지도 API를 이용하여 2차원 지도상에 표시하며, 하나로 병합된 GPS 파일이 가지고 있는 분포를 컬러코드를 통해 구분 짓는다.

IV. 병합 및 분포 분석 알고리즘

일반적으로 하나의 연속된 활동에 대한 GPS 정보는 하나의 파일 형태로 기록이 되며, 파일은 연속적인 GPS 정보들을 내포하고 있다. 하나의 GPS 정보는 위도, 경도, 시간에 대한 값들을 각각 하나씩 가지고 있으며, 추가적으로 고도 등에 대한 값을 가지고 있는 경우도 있다. 제안된 시스템의 GPS 병합 알고리즘은 둘 이상의 GPS 정보 파일을 하나의 GPS 정보 파일로 병합하며 이 과정에서 GPS 정보들의 겹침을 찾아내어, 결과적으로 GPS 정보의 분포를 도출하는 것을 목표로 가지고 있다.

병합 및 분석 알고리즘은 “전처리 과정”, “Inter Segment 처리 과정”, “Intra Segment 처리 과정”의 3 가지 과정으로 나뉘어 진행된다.

전처리 과정은 입력받은 Query 조건에 적합한 GPS 파일의 GPS 데이터의 유효성을 확인하고 GPS 정보를 단순화시켜, 처리해야 할 정보의 양을 줄이는 것을 목표로 가지고 있다. GPS 정보의 단순화 과정은 Yu Zheng et al의 연구[8]에서 제안된 방법을 적용하여 GPS 정보의 중요도에 따라서 일정 중요도 미만의 GPS 정보를 제하는 방식을 도입하였다.

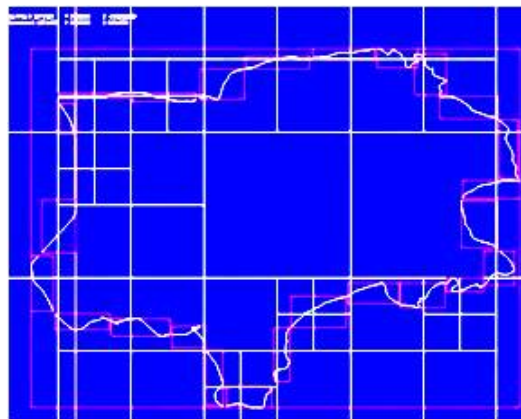


그림 2. Segment의 Quadtree 적용
Fig. 2. Segment Quadtree

Inter Segment 처리 과정에서는 GPS 파일이 내포하고 있는 정보를 Segment 라는 정보 단위로 나누어 이를 통해 병합을 위한 접점을 찾는다. Segment는 일련의 GPS 정보의 모음으로, GPS 정보의 거리를 기준으로 나누어 구성된다. Segment 단위로 나뉜 GPS 정보는 Quadtree의 노드 형태로 배열되어 저장된다. 그림 2는 Segment의 Quadtree에의 적용을 보인다.

다수의 GPS 정보들을 하나 단위의 GPS 정보로 병합하기 위해서는 GPS 정보들을 비교하여 겹치는 영역을 찾아야 한다. 이를 위해서는 GPS 정보들의 위도, 경도 값을 각각 비교하여 거리의 차이를 분석해야 하는데, 개별 GPS 정보를 연속적으로 다른 GPS 정보들과 비교할 경우, GPS 정보 비교를 위해 연산시간이 매우 많이 걸리게 된다. 제안된 시스템의 병합 알고리즘은 연산 시간을 줄이기 위해 Quadtree의 Segment들을 먼저 비교하여 겹치는 부분을 도출한다.

Segment들 간의 겹치는 부분이 발견될 경우, Intra Segment 처리 과정을 통해 겹치는 부분에 대한 처리를 진행한다. 하나의 Segment 내부에 존재하는 GPS 정보를 겹치는 Segment 내부의 GPS 정보와 비교하여 실제 교차가 일어나는지 파악한 뒤, 교차가 점인지 선인지를 결정한다. 점으로 파악될 경우, 점을 기준으로 Segment를 나누며, 선으로 파악될 경우, 교차 선을 새로운 Segment로 생성하여 병합 정도에 대해 분포값을 적용한다. 모든 GPS 정보 파일들의 교차 비교를 통한 분포 적용이 종료된 후, Segment들은 하나의 GPS 정보 파일을 생성하는데 사용된다. 이 때, 각 Segment의 분포 값을 GPS 파일에 입력하여 클라이언트를 통해 분포를 표시할 수 있도록 한다.

V. 실험 결과

제시되는 그림 3은 적색 사각형으로 이루어져 있는 Segment와 황색 사각형으로 이루어져 있는 Segment

들 간의 병합 과정을 보이고 있다. 적색과 황색이 겹치는 부분에 나타난 흰색의 굵은 띠는 교차점들을 시각적으로 보이고 있으며, 교차점들이 연속적으로 나타날 경우 선으로 판단됨을 알 수 있다.

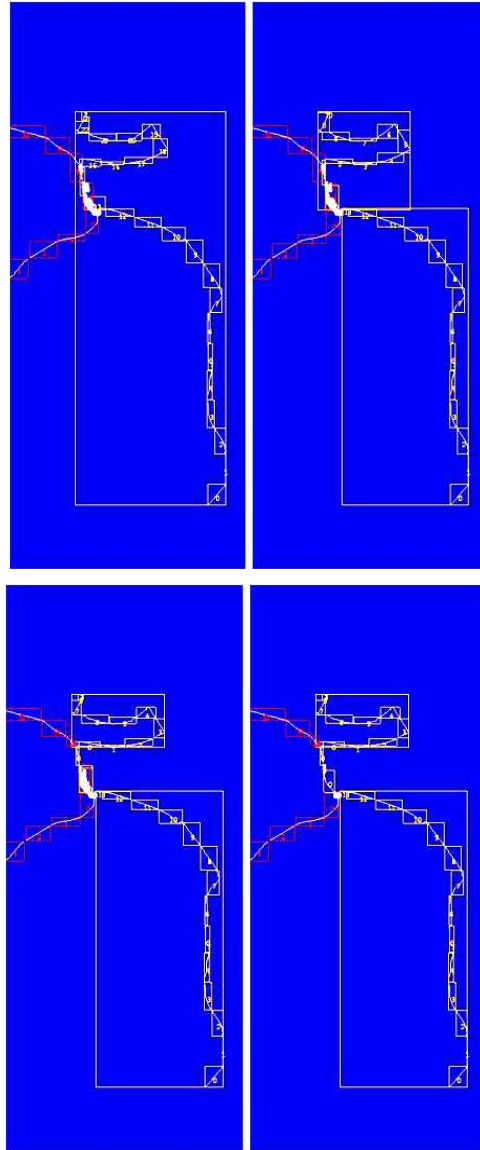


그림 3. Segment의 병합 과정
Fig. 3. Segment Merging Procedure

VI. 결론 및 추후과제

기본적으로 GPS 장치는 이동 경로에 대한 정보를 저장하는 장치이다. 이동 경로에 대한 정보는 단순히 목표로 하는 위치를 찾는 기능에서부터 경로의 분포, 히스토리 등의 분석을 통한 다양한 결과를 도출할 수 있다. 본 논문은 다수의 GPS 정보 파일을 하나의 단위로 합병하고 특정 조건에 대한 정보의 분포를 도출하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 GPS 정보 병합을 위한 GPS 탐색 과정에서 Quadtree를 적용하여 연산 시간을 줄일 수 있었다.

본 연구의 추후과제로는 발전된 GPS 정보의 시각화가 필요하다. 발전된 정보 시각화를 통해 GPS 정보의 이해도와 상호작용을 높이고 나아가, 심도 깊은 분석을 도출할 수 있으리라 예상된다.

참고문헌

- [1] Garmin Ltd. www.garmin.com
- [2] Chen Chen and Cheng Yinhang (2008), "Roads Digital Map Generation with Multi-track GPS Data", Proceedings of International Workshop on Education Technology and Training & International Workshop on Geoscience and Remote Sensing, Vol 1
- [3] Brian Niehoefer, Ralf Burda, Christian Wietfeld, Franziskus Bauer and Oliver Lueert (2009), "GPS Community Map Generation for Enhanced Routing Methods based on Trace-Collection by Mobile Phones", Conference on Advances in Satellite and Space Communications
- [4] René Brüntrup, Stefan Edelkamp, Shahid Jabbar and Björn Scholz (2005), "Incremental map generation with GPS traces", IEEE Intelligent Transportation Systems, Proceedings
- [5] Tao GUO, Kazuaki IWAMURA and Masashi KOGA (2007), "Towards high accuracy road maps generation from massive GPS traces data", IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp 667-670
- [6] Yu Zheng, Longhao Wang, Ruochi Zhang, Xing Xie and Wei-Ying Ma (2008), "GeoLife: Managing and understanding your past life over maps", Proceedings of International conference on Mobile Data Management, Vol 9, pp 211-212
- [7] Yukun Chen, Kai Jiang, Yu Zheng, Chunping Li and Nenghai Yu (2009), "Trajectory simplification method for location-based social networking services", Proceedings of the International Workshop on Location Based Social Networks, pp 33-40
- [8] Yu Zheng, Yukun Chen, Quannan Li, Xing Xie and Wei-Ying Ma (2010), "Understanding transportation modes based on GPS data for web applications", ACM Trans. Web, Vol 4, pp 1-36
- [9] Sven Luzar, Gernot Bauer (2008), "A Process to Fuse Bicycle Tracks Automatically", Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, pp 380-380
- [10] Sasank Reddy, Katie Shilton, Gleb Denisov, Christian Cenizal, Deborah Estrin, Mani Srivastava, (2010), "Biketastic: Sensing and Mapping for Better Biking", CHI 2010



이동욱(Dongwook Lee)

2004년 : 미디어, 숭실대학교(공학학사)

2006년 : KAIST 정보통신공학과 디지털미디어전공 (공학석사)

2006년 ~ 현재: KAIST 정보통신공학과 디지털미디어 전공 박사과정

※ 관심분야: 디지털미디어, 정보 시각화, HCI, AR 등



김진술(Jin-Sul Kim)

2001년 Computer Science (BSCS), University of Utah, USA

2005년 한국과학기술원 정보통신공학과 디지털미디어전공 (공학석사)

2008년 한국과학기술원 정보통신공학과 디지털미디어전공 (공학박사)

2005년 ~ 2009년 ETRI 한국전자통신연구원

2009년 ~ 현재 한국나사렛대학교 멀티미디어학과 교수

※ 관심분야: 디지털 미디어처리, 방송 통신 융합미디어처리



한민수(Min-Soo Hahn)

1979년 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1981년 서울대학교 전자공학과(공학석사)

1989년 Electrical and Electronics engineering, University of Florida, USA (공학박사)

1982년~1985년: 한국표준과학연구원

1990년~1997년: 한국전자통신연구원

1998년~KAIST: KAIST 전자과 교수

※ 관심분야: VoIP, 음성신호처리, 음성합성, 디지털미디어등