

라이프로그 관리 시스템에서 블루투스 장치를 이용한 효과적인 사진 검색 방법

(Effective Picture Search in Lifelog Management Systems using Bluetooth Devices)

정은호[†] 이기용^{**} 김명호^{***}
(Eun Ho Chung) (Ki Yong Lee) (Myoung Ho Kim)

요약 라이프로그 관리 시스템이란 개인의 일상 생활에 관련된 모든 정보를 저장하고, 이에 대한 관리 및 검색 기능을 제공하는 시스템이다. 본 논문은 라이프로그를 검색하는 방법 중, 현실 세상에서 발생한 사용자와 다른 사람들과의 사회적 접촉에 대한 정보를 키워드로 하여 관련된 라이프로그를 검색할 수 있도록 하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 휴대폰의 근거리 무선 통신 장치를 이용하여 현실 세상에서 발생한 사용자의 사회적 접촉 정보를 자동으로 수집하는 방법과, 수집된 사회적 접촉 정보를 이용하여 주어진 인물과 관계된 사진을 검색할 수 있도록 하는 방법을 제안한다. 블루투스 장치와 인물의 관계를 추론하기 위하여 인물 정보가 기록된 기존 라이프로그를 이용, 인물과 블루투스 장치가 동시에 관찰되는 빈도수를 계산하여 사람-블루투스 매트릭스를 만든다. 실험 결과, 실제 사용자의 오프라인 만남 정보 중에서, 빈도수 계산 시기에 발생한 모든 오프라인 만남 정보의 20%의 정보만으로도 블루투스 장치와 그 소유주의 관계를 90% 이상의 정확도로 알아 낼 수 있었다. 또한 매트릭스에서 인물에 해당하는 벡터와 라이프로그가 생성된 시점에 스캔된 블루투스 장치들을 벡터 정보 검색 방법으로 비교하여 주어진 인물과 관련된 라이프로그를 검색함으로써, 제안하는 검색 방법은 기존의 검색 방법에 비하여 더 많은 사진을 반환할 뿐만 아니라 기존에는 불가능했던 검색어와의 유사도에 따른 정렬을 가능하게 한다.

키워드 : 라이프로그 관리 시스템, 블루투스, 사진 검색

Abstract A Lifelog management system provides users with services to store, manage, and search their life logs. This paper proposes a fully-automatic collecting method of real world social contacts and lifelog search engine using collected social contact information as keyword. Wireless short-distance network devices in mobile phones are used to detect social contacts of their users. Human-Bluetooth relationship matrix is built based on the frequency of a human-being and a Bluetooth device being observed at the same time. Results show that with 20% of social contact information out of full social contact information of the observation times used for calculation, 90% of human-Bluetooth relationship can be correctly acquired. A lifelog search-engine that takes human names as keyword is suggested which compares two vectors, a row of Human-Bluetooth matrix and a vector of Bluetooth list scanned while a lifelog was created, using vector information retrieval model. This search engine returns more lifelog than existing text-matching search engine and ranks the result unlike existing search-engine.

Key words : Lifelog management system, Bluetooth, Picture searching

· 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0083055).

논문접수 : 2009년 7월 16일
심사완료 : 2010년 1월 28일

† 정 회 원 : (주)클라우드인사이트 선임연구원
aquarii84@naver.com

** 정 회 원 : KAIST 전산학과 교수
kylee@dbserver.kaist.ac.kr
(Corresponding author)

*** 총신회원 : KAIST 전산학과 교수
mhkim@dbserver.kaist.ac.kr

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제4호(2010.4)

1. 서론

마이크로 프로세서 및 무선 네트워크 장치의 대중화와 저장 매체의 용량 증가 및 가격 하락으로 인하여 한 개인의 일상 생활에서 발생하는 모든 정보를 전혀 삭제할 필요 없이 모두 저장하는 것이 가능해졌다. 개인의 일상 생활 및 활동에 관련된 모든 정보를 라이프로그(lifelog)라고 하며, 개인의 일상에 걸쳐 발생하는 라이프로그는 그 형태와 양이 매우 다양하고 방대하기 때문에, 이를 효율적으로 저장하고 관리하기 위한 라이프로그 관리 시스템이 필요하다. 라이프로그 관리 시스템은 기본적으로 라이프로그의 저장, 관리 및 검색 기능을 제공하며 궁극적인 목적은 개인의 삶의 질을 높이는 데 있다[1,2].

본 논문에서는 사람이 주로 기억하는 데이터 종류인, 실제 사회(real world)에서 다른 사람과의 사회적 접촉에 관한 정보를 검색어로 하여 연관된 라이프로그를 검색하는 방법을 제안한다. 예를 들어 사용자는 라이프로그에서 예전에 봤던 영화들 중, '갑'과 같이 봤던 영화를 검색할 수 있다. 편의상 인터넷 세상이 아닌 실제 세상에서 발생한 타인과의 접촉을, 온라인에서 발생한 접촉이 아니라는 의미에서 오프라인에서의 사회적 접촉이라고 하겠다.

검색 시스템의 구축에 있어서 온라인 상에서의 타인과의 사회적 접촉은 모든 상호 작용이 전자 기기를 통한 디지털 세상에서 일어나기 때문에 언제 누구와 어떤 일이 있었는지를 쉽게 자동으로 수집할 수 있다. 반면 오프라인 상에서의 타인과의 사회적 접촉에 대한 정보는 온라인 상에 비해 자동으로 수집하는 것이 어렵고, 수집할 수 있는 데이터가 제한적이기 때문에 아직까지는 명확한 해답이 없다. 오프라인에서의 사회적 접촉을 기록하는 가장 원시적인 방법은 사용자가 모든 사건을 직접 수동으로 기록하는 방법이다. 하지만 이 방법은 노력을 많이 필요로 하는데다가, 기록이 불완전할 가능성이 높다는 문제점을 가지고 있다. 또 다른 방법은 사용자가 GPS 장치 등을 휴대함으로써, 자신의 시공간 정보를 자동으로 수집한 후 이를 다른 사용자와 공유하는 것이다[3]. 하지만 이는 타인의 사생활 침해 등 사회적 문제를 야기할 수 있다[4]. 최근에는 미리 등록된 사람에 한하여 신용카드 사용 내역을 공유함으로써 그 사람이 어디서 무엇을 샀는지 알려주는 [5]와 같은 서비스도 등장하였다. 하지만 이 서비스는 사용자의 사회적 접촉을 수집하는 것과는 근본적인 목적이 다르기 때문에, 이 데이터를 통해 사용자의 사회적 접촉을 알아내기에는 공유되는 정보가 매우 제한적이다.

본 논문은 사람들이 지속적으로 휴대하고 다니는 휴

대폰에 내장된 근거리 무선 통신 장치를 이용하여 오프라인에서 발생한 사회적 접촉 정보를 수집하고, 이를 이용하여 오프라인 상에서 만난 사람에 관한 라이프로그를 검색하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 사용자가 다른 사람과 블루투스 근거리 무선통신 범위인 10m 반경 이내에서 [6] 5분 이상 동시에 존재하는 것을 사회적 접촉이라고 가정하고 이를 '만남'이라고 부르도록 하겠다. 또한 문제를 간단하게 하기 위해 검색 대상이 되는 라이프로그는 '사진'이라고 가정한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 이루고자 하는 바를 위하여, 우선 휴대폰과 휴대폰 주인의 물리적 위치가 일치한다는 가정 하에 사용자 근처의 사람들 대신 근처 사람들의 휴대폰 장치를 근거리 통신 장치 검색을 통하여 알아낸다. 다음으로, 라이프로그 관리 시스템에 수집된 기존의 오프라인 만남 정보와 검색된 휴대폰 장치들을 시간에 따라 비교하여 그 빈도수를 이용하여 휴대폰 장치와 사용자간의 매핑 매트릭스를 계산한다. 기존의 오프라인 만남 정보는 사용자가 언제, 어디서, 누구와 어떤 약속이 있었는지를 기록한 스케줄 라이프로그로부터 수집하거나, 기존에 저장된 라이프로그의 생성 시각과 그에 부착된 인물 태그를 통해서 알아낼 수도 있다. 마지막으로, 어떤 라이프로그의 생성 시각에 사용자 주변에서 검색된 휴대폰들과 휴대폰-사람 관계의 확률 정보를 벡터 랭킹 검색 방법에 적용하여 라이프로그의 생성 시각에 사용자 주변에 있었던 인물들을 알아낸 후, 이를 통해 오프라인에서 만난 사람에 관한 라이프로그를 검색할 수 있도록 한다.

본 논문에서는 [7,8]에서 구현한 라이프로그 관리 시스템을 확장하여, 주어진 인물에 관계된 사진을 블루투스를 이용하여 검색할 수 있도록 하는, 본 논문에서 제안하는 방법을 사용하는 검색 엔진을 추가하였다. [7,8]의 라이프로그 관리 시스템은 크게 라이프로그 데이터를 저장하는 데이터베이스 서버와 사용자의 개인 컴퓨터에 설치되는 클라이언트로 이루어지며, 사진을 비롯하여 다양한 종류의 라이프로그 데이터가 수집되어 저장된다. 기존의 라이프로그 관리 시스템에서 질의로 주어진 인물과 관계된 라이프로그를 검색하는 방법은, 라이프로그 관리 시스템에 저장된 각 라이프로그 데이터에 <관련된 인물, 질의의 인물> 태그가 있다는 가정 하에 태그를 텍스트 매칭 방법으로 검색하는 것이다. 반면 본 논문에서는 블루투스 장치를 이용하여, 관련 인물이 태그되어 있지 않은 사진까지도 반환할 수 있도록 검색 기능을 확장한다.

2장에서는 블루투스 장치가 탑재된 휴대폰을 이용하여 오프라인 상에서 만난 사람들을 자동으로 인식하는 방법을 설명하고, 3장에서는 이를 기반으로 질의로 주어진 인물과 관계된 라이프로그의 사진 데이터를 검색하

는 방법을 제안한 뒤, 4장에서 그 성능을 평가하도록 하였다.

2. 블루투스 장치를 이용한 주변 인물 인식

본 논문에서는 휴대폰의 근거리 무선 통신 장치인 블루투스를 이용하여 오프라인 상에서 일정 거리 이내에 있었던 휴대폰 사용자들을 알아내고, 이를 이용하여 사용자의 오프라인 만남을 인지한다. [9]와 [10]에서는 하나의 휴대폰이 한 명의 사용자와 물리적 위치상 대응된다는 가정 하에 휴대폰의 근거리 무선 통신 장치의 통신 범위 내에 다른 휴대폰이 위치하는 것을 두 휴대폰 주인의 사회적 접촉으로 인식, [9]에서는 70명의 실험군의 사회 네트워크를 분석하고, [10]에서는 한 개인이 수집한 데이터를 시각화하였다. 본 논문은 [9,10]과 달리 실험군에 속하는 사람들만을 걸러낼 수 있도록 하는, 실험군이 소유한 무선 통신 장치에 관한 별도의 정보가 없으므로 실제로 수집되는 모든 근거리 무선 통신 장치 중 라이프로그에 저장할 장치와 그렇지 않은 장치로 구분할 수 있는 방법이 필요하다. 라이프로그로 저장할 블루투스 장치는 사용자의 주변 인물(知人)이 소유하고 있는 블루투스 장치들이다. 본 장에서는 사용자의 주변 인물들만을 구분할 수 있음을 실험적으로 보여준다.

블루투스 장치를 이용하여 사용자의 지인들을 실제로 인식할 수 있는지 확인해보기 위하여 4주간 블루투스 휴대폰을 휴대하고 다니면서 사용자 주위의 다른 블루투스 장치를 자동으로 주기적으로 스캔하여 저장하도록 하였다. 이를 위하여, 자체적으로 제작한 블루투스 장치 스캐닝 프로그램을 윈도우 모바일 5.0 환경의 스마트폰인 삼성 M6200에 탑재하고, 주기적으로 주변의 블루투스 장치를 검색하여 그 결과를 파일에 저장하도록 하였다. 지나친 전력 소모를 막기 위해 5분마다 한 번씩 검색을 하게 하였으며, 이 때 3일간 배터리가 지속되었다. 기존의 라이프로그 데이터베이스에 블루투스 스캔 결과를 저장하기 위한 테이블을 추가로 생성한 후, 수집된 블루투스 스캔 결과를 자동으로 데이터베이스에 저장하는 별도의 PC용 프로그램을 제작하여 라이프로그 관리 시스템의 클라이언트에 추가하였다. 이 프로그램은 휴대폰이 PC와 연결되면 자동으로 실행되어 블루투스 스캔 결과가 저장된 파일을 읽어 들인 후 이를 데이터베이스에 저장한다. 블루투스 장치 스캔 데이터는 <검색시간, 장치의 맥 주소, 장치 이름, 장치 종류> 4가지 값을 포함한 튜플로 저장된다.

4주간 블루투스 휴대폰을 이용하여 주변의 블루투스 장치를 스캔 및 수집한 결과 총 7022개의 스캔 데이터가 수집되었다. 블루투스 장치는 총 279개가 검색이 되었으며, 이 중 휴대폰은 235개였다. 어떤 블루투스 장치

가 휴대폰인지의 여부는 장치의 종류 정보를 통해 알 수 있다. 235개의 휴대폰 중 지인의 휴대폰은 12대가 있었는데, 235명 중 모르는 사람 223명의 정보는 사용자가 관심 있는 정보가 아니므로, 235명 중 12명의 지인의 휴대폰을 분리하기 위한 방법이 필요하다.

5분마다 주기적으로 주변의 블루투스 장치를 스캔하였으므로 어떤 장치가 연속으로 N번 스캔된 경우, 해당 장치의 소유자와 N×5분 동안 한 번의 만남을 지속했다고 볼 수 있다. 모든 휴대폰 장치와의 만남의 평균 지속시간과 일주일 동안의 평균 만남 횟수를 그래프로 그리면 그림 1과 같다. 이 그래프상에서 지인의 휴대폰과 모르는 사람의 휴대폰의 분포를 보면 두 그룹이 분리된다는 것을 알 수 있다. 이 분포를 이용하여 두 그룹을 분리한 결과, 지인 12명을 완벽히 분리할 수 있었다. 또한 그림 1과 같은 그래프를 1주, 2주, 3주, 4주치 데이터를 이용하여 반복하여 그린 결과, 그래프에서 비슷한 위치에 있는 사람이라도 어느 그룹에 속하느냐에 따라서 이동 방향이 전혀 다르고, 특히 지인 그룹의 경우 그룹의 중심방향으로 이동하는 경향을 보여 시간이 지남에 따라서 지인과 모르는 사람의 그룹이 점점 분리됨을 알 수 있었다.

두 그룹의 경계선에 위치한 사람은 실제로는 모르는 사람이지만 지인으로 분류될 가능성이 있는데 이 사람들은 그림 1에서 보듯 사용자와 같은 직장 건물에서 활동하지만 서로 소개되지 않는 사람들이거나 사용자가 도서관이나 술집과 같은 장소에 2~3시간 이상 머물 동안 우연히 같은 장소에 있던 사람들이다. 후자의 경우는 시간의 흐름에 따른 그래프 상에서의 위치 변화가 지인과는 확연히 달랐으며, 우연히 지인으로 분류된다고 해도 1주일 정도 시간이 흐르면 다시 지인이 아님을 알 수 있게 된다. 전자의 경우 사용자가 얼굴을 아는 사람일 가능성도 크고 또한 언젠가 소개될 가능성이 있으므로 지인으로 분류되어도 큰 문제가 되지 않는다.

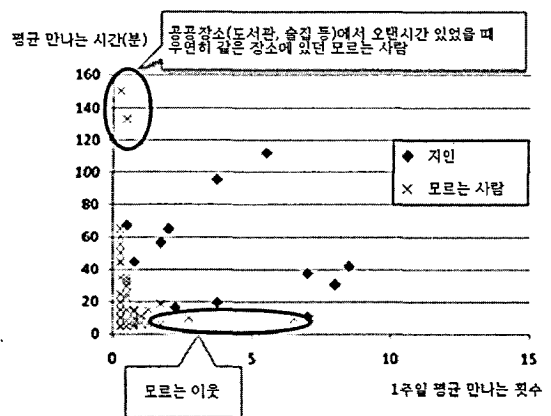


그림 1 지인과 모르는 사람의 블루투스 휴대폰

3. 등장 인물을 통한 라이프로그 사진 검색

이번 장에서는 특정 인물을 사용자 질의로 입력 받아서 이 인물과 관련된 라이프로그 사진을 검색하는 어플리케이션을 설명한다.

3.1 개요

본 논문에서는 기존의 태그 기반의 텍스트 매칭 검색 방법을 확장하여, 태그가 부착되어 있지 않더라도 질의로 입력 받은 인물과 관련성이 있다고 판단되는 사진을 추가로 검색할 수 있도록 하는 방법을 제안한다. 인물 태그가 부착되어 있지 않은 사진이라 하더라도, 저장된 블루투스 스캔 데이터를 이용하여 질의와의 유사도를 결정하고, 질의와의 유사도에 따라 검색 결과를 정렬한다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 블루투스 기반의 라이프로그 검색 시스템의 데이터 흐름을 보여준다. 기존의 태그 기반의 텍스트 매칭 검색 방법과 본 논문에서 제안하는 블루투스 스캔 데이터를 이용한 유사도 기반의 검색 방법이 각각 사용되고, 두 방법의 결과가 합쳐져서 최종 검색 결과가 된다.

기존의 태그 기반의 텍스트 매칭 검색은 질의로 인물들을 입력 받은 후 단순히 라이프로그 사진 데이터에 질의에 포함된 인물들이 모두 태깅되어 있느냐 없느냐

를 통하여 검색을 한다. 태그는 텍스트의 형태로 존재하므로 텍스트 매칭 알고리즘을 사용하게 된다. 라이프로그 데이터(사진)의 태그에 질의의 인물들이 모두 나타나면 질의와 검색 대상과의 유사도는 1이 되고, 그렇지 않으면 유사도는 0이 된다. 태그 기반의 텍스트 매칭 검색 방법은 사용자가 질의를 통해 찾고자 하는 라이프로그 데이터에 태그가 부착되어 있다는 가정 하에서 동작한다. 하지만 사용자가 원하는 데이터일지라도 사용자가 미리 태그를 부착하지 않은 데이터는 검색 결과로 반환되지 않는다는 단점이 있다. 따라서, 사용자가 사진에 태그를 부착해 놓지 않은 경우, 검색 결과로 반환되는 데이터의 양은 실제로 라이프로그 관리 시스템에 저장되어 있는 관련된 데이터의 양에 비해 적게 된다.

본 논문은 사람을 질의로 받는 검색에 대하여 기존의 검색 엔진을 확장, 블루투스 스캔 데이터를 이용한 유사도 기반의 라이프로그 데이터 검색 기능을 추가한다. 이에 따라 기존 방법에 따른 검색 결과뿐만 아니라, 태그는 없지만 질의 인물과 관련성이 있는 라이프로그 데이터(사진)까지 질의와의 유사도에 따라 정렬하여 사용자에게 보여준다. 본 논문에서는 질의에 포함된 인물이 태깅되어 있지는 않지만, 질의 인물과 관련이 있을 것으로 추정되는 라이프로그(사진)를 검색하기 위하여 블루투스

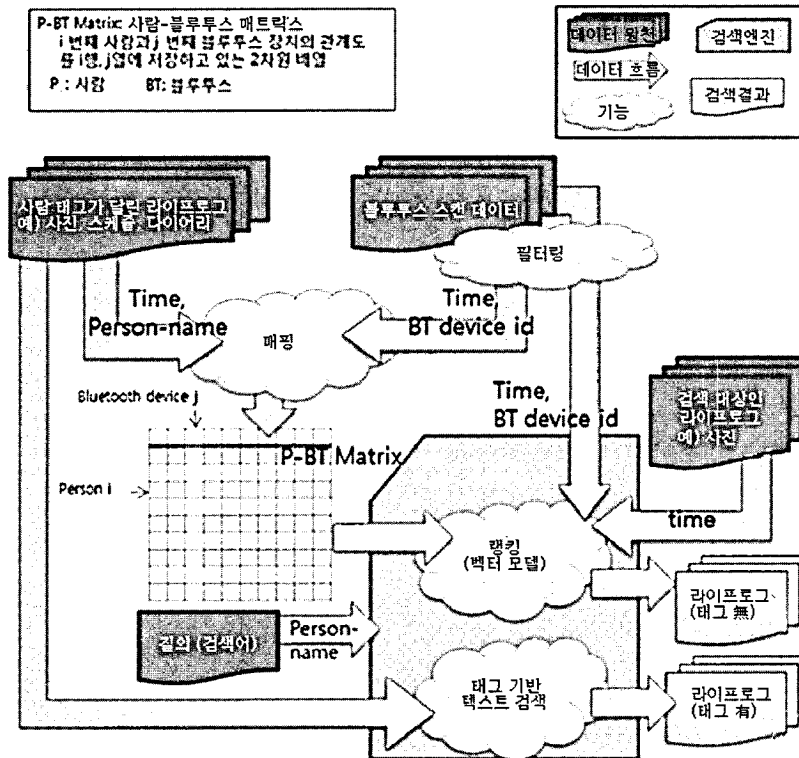


그림 2 블루투스 장치를 이용한 사람 검색 시스템

장치의 스캔 데이터를 이용한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 질의와 그의 검색 대상이 되는 사진을 모두 벡터로 표현한다. 본 논문에서 제안하는 검색 방법을 블루투스 기반 검색으로 부르도록 한다.

3.2 상세 구조

블루투스 기반 검색은 2장에서 설명한 블루투스 스캔 데이터를 이용하여 사용자가 질의에 포함된 인물과 언제 만났는지 알아내고, 이 인물과 만난 시점에 생성된 라이프로그(예: 촬영된 사진)를 모두 찾아서 질의와의 유사도를 계산한다. 그 후, 검색된 라이프로그를 유사도에 따라 정렬하여 사용자에게 반환한다. 이 방법은 사용자가 검색에 필요한 태그를 미리 데이터베이스에 저장해 놓을 필요가 없다는 장점을 가지지만, 검색의 정확도는 떨어지게 된다.

블루투스 스캔 데이터는 사용자 주변에 언제 어떤 블루투스 장치들이 있었는지를 알려준다. 이를 이용하여 사용자가 언제 누구와 만났는지 알기 위해서는 각 블루투스 장치에 대해 해당 장치의 소유자를 알아내야 한다. 그림 2에 표시된 '사람-블루투스 매트릭스(P-BT matrix)'는 각 블루투스 장치가 어떤 사람의 소유인지를 예측하기 위한 정보를 담고 있는 배열이다. 본 논문에서 제안하는 블루투스 기반 검색은 그림 2에서 '매핑(Mapping)'이라고 표현되어 있는 사람-블루투스 매트릭스의 값을 계산하는 단계와 '랭킹(Ranking)'이라고 표현되어 있는 검색 결과에 점수를 매기는 단계로 나뉜다.

그림 2의 사람-블루투스 매트릭스의 행과 열은 각각 사람과 블루투스 장치를 나타낸다. 매트릭스의 각 행은 라이프로그 관리 시스템에 저장되어 있는 각각의 사람들에 대응되고, 매트릭스의 각 열은 2장에서 지인 소유의 블루투스 장치일 가능성이 높은 것으로 분류된 블루투스 장치들에 대응된다. 따라서, 사람-블루투스 매트릭스의 행의 개수는 라이프로그 관리 시스템에 수집되어 저장되어 있는 사람들의 수와 같으며, 열의 개수는 2장에서 지인의 것일 거라고 분류된 블루투스 장치의 개수와 같다.

이제 블루투스 기반 검색의 매핑 단계를 설명한다. 매핑 단계에서는 지인 소유의 블루투스 장치일 가능성이 높은 것으로 분류된 각각의 블루투스 장치들에 대해, 라이프로그 관리 시스템에 저장되어 있는 각각의 사람들이 소유자인 가능성을 계산한다. 이를 위해 각 블루투스 장치들과 라이프로그 관리 시스템에 저장되어 있는 각 사람들이 사용자 주변에서 동시에 관찰된 빈도수를 계산하여 이를 사람-블루투스 매트릭스에 저장한다. 사람-블루투스 매트릭스의 (i, j) 번째 항은 사람 i 와 만나고 있는 동안 블루투스 장치 j 가 스캔된 빈도를 나타낸다. 사람-블루투스 매트릭스의 (i, j) 번째 항의 값을 $m(i, j)$

라고 하자. 사람과 블루투스 장치간의 소유 관계를 예측하기 위해서는 언제 어떤 블루투스 장치가 사용자 주변에 있었는지를 알려주는 블루투스 스캔 데이터와 언제 어떤 사람이 사용자 주변에 있었는지를 알려주는 데이터를 비교하여야 한다. 이를 위해 매핑 단계는 그림 2에서 보듯 블루투스 스캔 데이터와 인물 정보가 태깅된 라이프로그 데이터를 입력으로 받는다. 블루투스 스캔 데이터는 2장에서 구현한 블루투스 장치 스캔 및 수집 시스템에 의하여 자동으로 수집되어 저장된다. 이 때 스캔된 블루투스 장치 중 사용자의 지인일 가능성이 높은 블루투스 장치만이 매핑 단계에서 고려된다. 언제 누가 사용자 주변에 있었는지는 등장 인물과 촬영 시각이 함께 태깅된 사진, 함께한 사람의 정보가 담겨 있는 스케줄, 또는 일기 등의 라이프로그 데이터를 통해 알 수 있다. 4장의 실험에서는 전체 라이프로그 데이터에서 태깅된 라이프로그 데이터의 비율에 따른 검색 성능의 변화를 보여준다. $m(i, j)$ 의 값은 인물 i 가 라이프로그 데이터에 나타나는 시간 동안 블루투스 장치 j 가 스캔된 빈도를 나타내며, 이 값은 새로운 데이터가 들어올 때마다 변하게 된다. 예를 들어, 2008년 5월 1일 저녁 6시부터 8시까지 '갑'과의 저녁 약속이 스케줄러에 저장되어 있다고 하자('갑'의 번호는 i 라고 하자). 저녁 6시부터 8시 사이에 검색된 블루투스 장치가 A, B, C였다고 하면(각각 장치 번호는 x, y, z 라 하자), 사람-블루투스 매트릭스에서 $m(i, x), m(i, y), m(i, z)$ 의 값을 증가시킨다. 만약 블루투스 장치와 그 소유자가 같은 번호를 부여 받았다면, 이상적인 사람-블루투스 매트릭스는 대각 행렬의 모습을 가질 것이다. 이렇게 얻어진 사람-블루투스 매트릭스의 각 행은 그 행에 해당하는 사람이 사용자의 주변에 있었던 시간 동안 각각의 블루투스 장치가 검색된 빈도를 나타낸다.

랭킹 단계는 매핑 단계를 통해 얻어진 사람-블루투스 매트릭스를 사용하여 주어진 질의와 사진 사이의 유사도를 계산하는 단계이다. 랭킹 단계는 사진 검색을 위하여 인물들의 이름을 질의로 입력 받는데, 이 때 입력 받은 각 인물은 사람-블루투스 매트릭스에서 해당하는 인물에 대한 행으로 표현된다. 블루투스 기반의 검색 방법은 태그 기반의 텍스트 매칭 방법과 달리 질의와 관련이 있을 법한 사진을 검색하게 되며 심지어 질의와 관련 없는 사진이 검색 결과에 포함될 수도 있다. 따라서 검색의 결과를 질의와의 유사도가 높은 순서대로 정렬하여 사용자에게 반환하여야 한다. 본 논문에서는 블루투스 장치를 이용하여 사진과 질의 간의 유사도를 계산하기 위하여 벡터 정보 검색 모델을 사용한다. 정보 검색 모델은 검색 대상의 집합, 질의로 올 수 있는 단어의 집합, 검색 대상과 질의를 표현하고 그 관계를 모델링하

는 프레임워크, 임의의 질의와 임의의 검색 대상 사이의 관계를 매겨주는 랭킹 함수로 이루어지며[11], 다음에서 각각에 대해 설명한다.

블루투스 기반 검색에서 질의는 특정 인물 또는 인물들의 이름이다. 질의에 포함된 인물들과 만나고 있는 도중에 생성된 라이프로그 데이터(사진)들을 검색하는 것이 검색 목표가 된다. 블루투스 기반 검색에서 검색 대상은 개별 사진이 아니라, 라이프로그 시스템에 저장된 사진들을 촬영된 시간에 따라 묶은 사진의 클러스터이다. 예를 들어, 2009년 7월 1일 오후 2시에서 2시 30분 사이에 5장의 사진이 찍히고, 같은 날 3시 30분부터 4시 사이에 7장의 사진이 찍혔다고 하자. 이 경우, 5장과 7장의 사진은 각각 하나의 사진 클러스터를 형성할 수 있다. 사진의 클러스터는 클러스터 간의 최소한의 시간 간격을 줄으로써 자동으로 형성된다. 사진을 시간에 따라 클러스터링하면 유사한 사진을 묶어서 사용자에게 보여줌으로써 검색의 실용성을 높일 수 있고, 4장 성능 평가의 그림 4에서 설명할 바와 같이 검색 성능의 정확도 또한 높일 수 있다.

본 논문에서는 검색 대상이 되는 사진 클러스터와 질의를 모두 모든 블루투스 장치를 축으로 하는 공간 벡터로 표현한다. 이를 블루투스 벡터라고 하자. 하나의 사진은 사진이 찍힌 시간과 같은 시간대에 검색된 블루투스 장치를 나타내는 블루투스 벡터로 표현할 수 있다. 사진 클러스터는 사진의 집합이므로 사진 클러스터는 각 사진에 대한 블루투스 벡터를 모두 합친 합 벡터로 표현할 수 있다. 본 논문에서는 이 합 벡터의 각 원소를 해당 벡터에서 가장 큰 원소의 값으로 나누어 표준화된(normalized) 블루투스 벡터를 얻는다. 한편, 앞서 언급한 바와 같이 질의에 포함된 사람은 사람-블루투스 매트릭스에서 해당 인물에 대한 행으로 나타낼 수 있다. 여러 명의 인물이 질의로 들어오면 각각의 인물에 대한 질의 벡터를 모두 합친 합 벡터를 구한다. 여기에서도 합 벡터의 각 원소를 해당 벡터에서 가장 큰 원소의 값으로 나누어 최종적으로 표준화된 블루투스 벡터를 얻는다. 이를 통해 검색 대상(사진 클러스터)과 질의는 동일한 차원의 블루투스 벡터로 표현되며, 벡터의 i 번째 원소의 값은 해당 사진 클러스터가 생성되는 도중에(혹은 해당 인물이 사용자 주변에 있을 때) i 번째 블루투스 장치가 스캔된 빈도수에 비례한다.

질의와 검색 대상을 표현하는 두 벡터간의 유사성을 결정하기 위하여 두 벡터의 사이각의 코사인 값을 값으로 가지는 함수를 사용하였다. 이 방법은 두 벡터의 방향이 얼마나 유사한지를 두 벡터간의 유사도로 정의하며 벡터의 크기는 고려하지 않는데 그 이유는 두 벡터의 크기를 모두 표준화(normalize)시켰기 때문이다. 사

진 클러스터 c 와 질의 q 사이의 랭킹 함수 $R(c, q)$ 는 다음 수식과 같다.

$$R(\vec{c}, \vec{q}) = \frac{\vec{c} \cdot \vec{q}}{|\vec{c}| \times |\vec{q}|} = \frac{\sum_{i=1}^B w_{ic} \times w_{iq}}{\sqrt{\sum_{i=1}^B w_{ic}^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^B w_{iq}^2}}$$

클러스터 $c = (w_{1c}, w_{2c}, w_{3c}, \dots, w_{Bc})$

$$w_{ij} = \frac{f_{ij}}{\max_x f_{xj}}$$

f_{ij} = (클러스터 j 에서 블루투스 장치 i 가 나타난 빈도수)

질의 $q = (w_{1q}, w_{2q}, w_{3q}, \dots, w_{Bq})$

$$w_{ij} = \frac{m(q, i)}{\max_x m(q, x)}$$

$m(q, i)$ = (사람 - 블루투스 매트릭스의 q 행 i 열)

= (사람 q 와 있을 때 장치 i 가 나타난 빈도수)

B = 블루투스 장치의 갯수

4. 성능 평가

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 블루투스 장치를 이용한 사진 검색 기능을 구현한 후, 해당 검색 기능의 성능을 평가하였다. 검색 성능을 평가하기 위하여 응답률(recall)과 정확도-표준 응답률 그래프(precision-standard recall level curve)를 사용하였다.

4.1 데이터 수집

본 절에서는 실험 결과에 앞서 실험에 쓰인 데이터에 대해 설명한다. 검색 시스템을 구현하는데 필요한 데이터는 크게 3가지로 분류된다. 첫째는 검색의 대상인 사진 라이프로그 데이터, 둘째와 셋째는 각각 검색의 메타 데이터로 쓰이는 블루투스 스캔 데이터와 인물 태그가 부착된 라이프로그 데이터이다. 또한 검색 성능 평가를 위해서 검색 대상인 사진의 실제 등장인물을 추가로 알아야 한다. 정확도와 응답률은 검색의 결과를 정답과 비교하여 구하기 때문이다.

사진과 사진의 등장 인물은 실제 3년 동안의 라이프로그 데이터를 이용하였다. 2005년 9월 18일부터 2008년 5월 17일까지 찍은 1535장의 사진을 이용하여 실험을 진행하였으며 최소 클러스터 간의 간격을 5분으로 주고 총 305개의 클러스터를 얻을 수 있었다. 실험 결과의 확인을 위하여 모든 사진의 등장 인물을 태깅하였으며, 사진 데이터에는 총 90명의 인물이 등장하였다. 이 데이터에서 인물 태그를 제거함으로써 검색 대상을 얻을 수 있고, 메타데이터로 쓰이는 인물 태그가 부착된 라이프로그 데이터는 사진 라이프로그 데이터를 이용한다고 가정, 3년치 데이터에서 사진 데이터와 10~30%의 일부 인물 태그를 무작위로 추출하여 이용하였다.

하지만 이 기간 동안의 실제 블루투스 스캔 데이터는 수집되지 않았으므로 실험을 위하여 사진 데이터의 시

간 및 등장 인물과 대응되는 블루투스 데이터를 합성하였다. 하나의 블루투스 스캔 데이터는 검색 시각, 맥 주소, 블루투스의 종류, 세가지 값을 가지며 이 중 블루투스의 종류는 모두 휴대폰이다. 검색 시각의 경우 인물이 태깅된 라이프로그 데이터와의 매핑을 하기 위해서 라이프로그 데이터가 생성된 시각의 블루투스 스캔 데이터가 필요하므로, 3년 동안의 모든 블루투스 스캔 데이터가 아니라 라이프로그 데이터가 생성된 시각에 대응되는 블루투스 스캔 데이터만 합성하면 된다. 어떤 시각에 수집된 블루투스 장치의 맥 주소 데이터를 같은 시각에 사진에 찍힌 인물 태그로부터 합성하기 위하여 2장에서 수집한 블루투스 스캔 데이터를 같은 시기에 찍은 사진의 등장 인물과 비교한 결과 다음과 같은 특징을 발견할 수 있었고 이 특징을 이용하여 어떤 사진이 찍힌 시각에 수집된 블루투스 장치의 맥 주소 데이터를 합성하였다.

- 사진에 찍힌 모든 인물은 블루투스 스캔 데이터에 나타난다.
- 동일한 클러스터의 사진에 찍힌 인물은 블루투스 스캔 데이터에 나타날 확률이 높다.
- 클러스터에 없는 인물이 블루투스 데이터에 나타날 가능성은 존재하나 그 확률은 낮다.

평균 정확도-응답률 그래프를 그리려면 실험을 위한 질의의 집합이 필요하다. 본 논문에서는 다음과 같은 두 질의 집합을 정의하여 실험을 하였다. 어떤 질의의 정답이란 질의의 인물이 실제로 모두 등장하는 사진 클러스터를 말한다.

- 질의 집합 1: 검색 대상인 사진 데이터에 찍힌 모든 인물에 대하여 각각의 인물을 검색어로 하는 질의 중 질의의 정답인 클러스터의 개수가 최소 10 이상인 질의들의 집합이다. 검색 대상이 클러스터인 경우 집합의 크기는 31이다.
- 질의 집합 2: 검색 대상인 사진 데이터에 찍힌 모든 인물 중 최대 두 명의 인물을 검색하고자 할 때 가능한 모든 조합 중 질의의 정답인 클러스터의 개수가 최소 10 이상인 질의들의 집합이다. 질의 집합 1을 포함하며 검색 대상이 클러스터인 경우 집합의 크기는 76이다.

정답의 크기가 10개 이상의 클러스터인 경우인 질의만 질의 집합에 포함한 이유는 실제 응답률과 정확도가 아니라 11개의 표준 응답률에 따른 정확도에 대한 그래프를 이용하여 성능을 평가하기 때문에 결과의 크기가 작으면 성능이 정확히 평가되지 않기 때문이다.

4.2 실험 결과

본 절에서는 앞에서 수집한 데이터와 제안된 방법을 바탕으로 구현한 검색 방법의 성능을 평가한 결과를 보

여준다. 모든 실험은 기존의 태그 기반의 텍스트 매칭 검색 방법과 본 논문에서 제안하는 방법에 대하여 반복하였다. 본 절에서는 평균 정확도-표준 응답률 그래프와 전체 응답률을 이용하여 성능을 보인다.

그림 3은 질의 집합 1에 대하여 매핑에 쓰이는 태그의 양을 바꿔가며 실험을 반복한 결과로, 결과를 정확히 보여주기 위하여 본 논문에서 제안하는 방법보다 성능이 나쁜 블루투스 기반의 검색 방법만을 썼을 때의 정확도-응답률 그래프를 보여주고 있다. 매핑에 쓰이는 태그의 양을 바꾸면 사람-블루투스 매트릭스가 바뀌게 되며, 비교를 위하여 이상적인 사람-블루투스 매트릭스인 단위 행렬을 이용하여 검색을 했을 경우도 실험을 하였다. 태그의 양이 30%만 있어도 태그가 모두 있는 경우나 이상적인 사람-블루투스 관계를 아는 경우와 비슷한 검색 성능을 보여줄 수 있다.

그림 4는 기존 방법과 제안 방법을 이용하여 사진을 검색했을 경우와 사진 클러스터를 검색했을 경우의 성능을 비교한 정확도-표준 응답률 그래프이다. 태깅률은 30%이며 1535장의 사진을 검색하는 경우 질의 집합 1의 크기는 51이며 질의 집합 2의 크기는 244이다. 그림에서 왼쪽의 그래프는 질의 집합 1에 대하여 실험을 한 결과이고 오른쪽의 그래프는 질의 집합 2에 대하여 실험을 한 결과이다.

기존의 라이프로그 관리 시스템에서는 태그 기반의 텍스트 매칭 방법을 이용하여 사진을 검색하는 반면 본 논문에서는 태그 기반의 텍스트 매칭 방법과 블루투스 기반의 검색 방법을 모두 사용하여 클러스터를 검색한다. 이는 그림에서 각각 기존 방법으로 사진을 검색하는 경우(검은색 점선)와 제안된 방법으로 클러스터를 검색하는 경우(검은색 실선)이며, 제안된 방법으로 클러스터를 검색하는 경우 기존 방법으로 사진을 검색했을 때와 비교하여 검색 성능이 큰 향상을 보임을 알 수 있다. 여러 명의 인물을 검색하는 경우 성능의 차이는 더욱 커진다. 기존의 라이프로그 관리 시스템의 경우 여러 명을

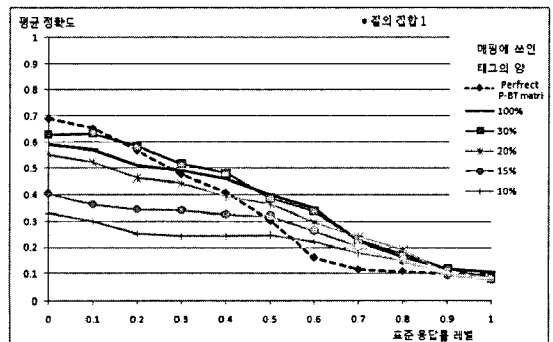


그림 3 태그의 양과 블루투스 기반의 검색 방법의 성능

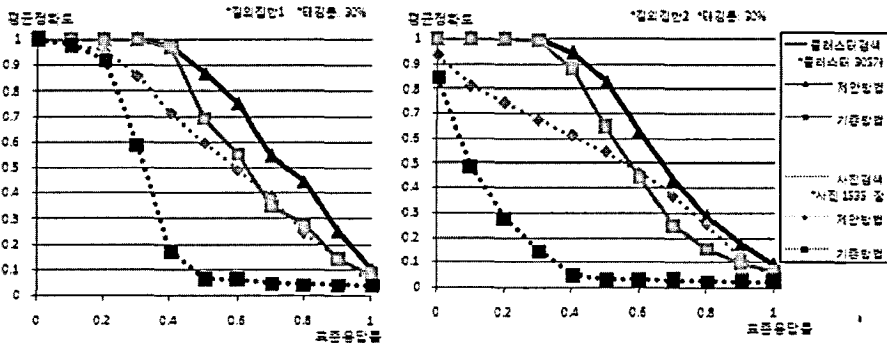


그림 4 클러스터의 검색과 사진 검색의 성능 비교

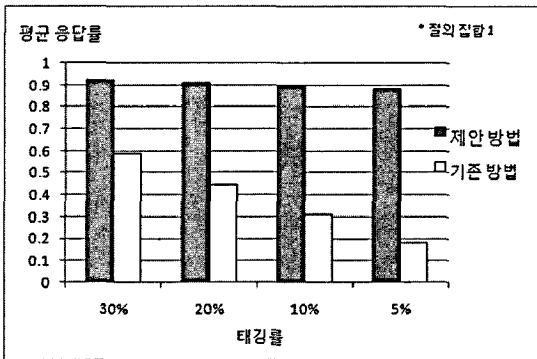


그림 5 기존 방법과 제안 방법의 응답률 비교

검색하는 경우 태깅률에 따른 성능 저하가 심한 반면, 제안하는 방법은 성능의 저하가 거의 없기 때문이다.

그림 5는 질의 집합 1을 검색한 결과의 그래프로 태깅률을 바꿔가며 실험을 반복하였으며 태그 기반의 텍스트 매칭 검색 방법으로 클러스터를 검색하는 경우와 제안된 방법의 성능을 비교할 수 있다. 기존의 라이프로그 관리 시스템에서 사진 클러스터를 검색하도록 하는 것은 간단하지만 그림 4에서 보듯 큰 성능의 향상을 가져오므로 기존 방법으로 사진을 검색하는 대신 클러스터를 검색하게 하였다. 기존의 방법의 경우 태깅률과 비례하여 응답률이 낮아지는 반면, 제안된 방법의 경우 응답률의 거의 낮아지지 않음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문은 라이프로그 관리 시스템에서 블루투스 장치를 이용하여 주어진 인물과 관련된 라이프로그를 검색하는 방법을 제안하였다. 근거리 무선통신 기능을 가지고 있는 휴대용 전자 기기는 그 소유자의 존재를 대변할 수 있으며, 사용자의 휴대폰에서 자동으로 다른 블루투스 휴대폰을 주기적으로 검색하게 함으로써 사용자가 언제 누구와 만났는지 파악할 수 있다. 이는 다시 사

진과 같이 오프라인 상에서 발생한 라이프로그 데이터의 검색에 쓰일 수 있다. 본 논문에서는 벡터 정보 검색 모델에 기반한 검색 방법을 기존의 태그 기반의 텍스트 검색 방법에 추가하여 검색 결과의 성능을 향상시켰다. 벡터 모델 기반의 검색 방법은 전체 관련된 인물의 10~20%만이 라이프로그의 사진 데이터에 태깅되어 있어도, 이를 스캔된 블루투스 장치의 소유자를 알아내는데 쓰으로써 인물 관련 사진 검색을 가능하게 한다. 또한 사진이 아닌 스케줄과 같은 라이프로그 데이터에 대한 인물 태그를 이용할 수도 있고 블루투스 장치의 소유자를 알아낸 후에는 더 이상 그 인물의 태그가 필요하지 않으므로, 실제로 요구되는 라이프로그 사진 데이터의 인물 태그의 양은 그 이하가 될 것이다.

참고 문헌

- [1] J. Gemmell, G. Bell, R. Lueder, S. Drucker, C. Wond, "MyLifeBits: Fulfilling the Memex Vision," *Proc. of ACM Multimedia*, pp.235-238, 2002.
- [2] S. Dumais, E. Cutrell, J. Cadiz, G. Jancke, R. Sarin, D. Robbins, "Stuff I've seen: a system for personal information retrieval and re-use," *Proc. of ACM Conference on Information Retrieval*, pp.72-79, 2003
- [3] iPhone Find-me service, <http://www.iphonefindme.com/>
- [4] 이정일, "경찰, 위성으로 휴대폰 위치 추적," *아시아경제*, 2009.2.26.
- [5] Blippy, Twitter for Credit Card Purchase service, <http://twitter.com/blippy>
- [6] Bluetooth SIG, "Bluetooth Specification," <http://www.bluetooth.com>
- [7] I. C. Song, J. E. Jung, T. H. Kwon, B. K. Kim, D. M. Haam and M. H. Kim, "Query Processing Based on SQL Transformations in Lifelog," *Proc. of the Korean Database Conference 2008*, pp.81-88, 2008. (in Korean)
- [8] H. K. Kim, J. H. Ha, J. H. Jeon, E. H. Chung, Y.

H. Roh and M. H. Kim, "Implementation of a Lifelog Tagging Tool Based on the Abstraction of Tag Types," *Proc. of the Korean Database Conference 2008*, pp.75-80, 2008. (in Korean)

- [9] N. Eagle, A. Pentland, "Reality Mining: Sensing Complex Social Systems," Springer, 2006.
- [10] M.Lambert, "Visualizing and Analyzing Human-Centered Data Streams," MIT, 2005.
- [11] R. Baeza-Yates, B. Ribeiro-Neto, "Modern Information Retrieval," Addison Wesley, 1999.



정 은 호

2006년 8월 KAIST 전산학과 학사. 2009년 2월 KAIST 전산학과 석사. 2009년 3월~현재 ㈜클라우드인사이트 선임연구원



이 기 용

1998년 2월 KAIST 전산학과 학사. 2000년 2월 KAIST 전산학과 석사. 2006년 2월 KAIST 전자전산학과 전산학전공 박사. 2006년 3월~2008년 2월 삼성전자 기술총괄 소프트웨어연구소 책임연구원. 2008년 3월~현재 KAIST 전산학과 연구조교수. 관심분야는 Data warehouse, OLAP, Embedded DB.



김 명 호

1982년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
1984년 서울대학교 컴퓨터공학과 석사
1989년 미국 Michigan State University 전산학과 박사. 현재 한국과학기술원 전산학과 교수. 관심분야는 데이터베이스 시스템, 분산 시스템, XML, 센서 네트워크 등