Vol.7, No.8 pp.195~202 pISSN: 2287-5891 https://doi.org/10.3745/KTCCS.2018.7.8.195

Enhanced Grid-Based Trajectory Cloaking Method for Efficiency Search and User Information Protection in Location-Based Services

Ji-Hye Youn† · Doo-Hee Song†† · Tian-Yuan Cai† · Kwang-Jin Park†††

ABSTRACT

With the development of location-based applications such as smart phones and GPS navigation, active research is being conducted to protect location and trajectory privacy. To receive location-related services, users must disclose their exact location to the server. However, disclosure of users' location exposes not only their locations but also their trajectory to the server, which can lead to concerns of privacy violation. Furthermore, users request from the server not only location information but also multimedia information (photographs, reviews, etc. of the location), and this increases the processing cost of the server and the information to be received by the user. To solve these problems, this study proposes the EGTC (Enhanced Grid-based Trajectory Cloaking) technique. As with the existing GTC (Grid-based Trajectory Cloaking) technique, EGTC method divides the user trajectory into grids at the user privacy level (UPL) and creates a cloaking region in which a random query sequence is determined. In the next step, the necessary information is received as index by considering the sub-grid cell corresponding to the path through which the user wishes to move as c(x,y). The proposed method ensures the trajectory privacy as with the existing GTC method while reducing the amount of information the user must listen to. The excellence of the proposed method has been proven through experimental results.

Keywords : Location-Bsed Services, Information Protection, Broadcast, Index

위치기반 서비스에서 효율적 검색과 사용자 정보보호를 위한 향상된 그리드 기반 궤적 클로킹 기법

윤 지 혜† · 송 두 희†† · 채 천 원† · 박 광 진†††

요 약

스마트폰, GPS 네비게이션과 같은 위치 응용프로그램이 발달함에 따라 위치 및 궤적 프라이버시를 보호하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 위치 관련 서비스를 제공받기 위해서는 자신의 정확한 위치를 서버에게 공개해야 한다. 그러나 사용자 위치의 공개는 서버에게 자신의 위치뿐만 아니라 궤적까지 노출하게 되어 사생활 침해의 우려가 있다. 또한 사용자가 서버에게 요청한 정보는 위치 정보뿐만 아니라 멀티미디어 정보(위치에 대한 사진, 리뷰 등)를 포함하고 있기 때문에 서버가 처리해야 하는 비용 및 사용자가 받아야하는 정보가 증가하게 된다. 따라서 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 EGTC (Enhanced Grid-based Trajectory Cloaking) 기법을 제안한다. EGTC 기법은 기존 GTC (Grid-based Trajectory Cloaking) 기법과 마찬가지로 사용자 궤적을 사용자가 원하는 프라이버시 레벨(UPL: User's desired Privacy Level) 수준으로 그리드를 분할하여 클로킹 영역을 생성 한 후, 랜덤한 질의 순서를 정한다. 다음 단계로 사용자가 이동하고자 하는 경로에 해당하는 서브 그리드 셀을 $c_{(x,y)}$로 간주해 필요한 정보를 색인으로 구성해 받는다. 제안 기법은 기존 GTC 기법과 같이 궤적 프라이버시를 보장하면서 사용자가 청취해야 하는 정보의 양을 줄였다. 실험 결과를 통하여 제안 기법의 우수성을 증명하였다.

키워드 : 위치기반서비스, 정보 보호, 브로드캐스트, 색인

1. 서 론

스마트폰, GPS 네비게이션과 같은 위치 응용프로그램의 발달에 따라 위치기반서비스(LBS: Location-Based Service)를 이용하는 모바일 사용자는 증가하고 있다. LBS란 모바일 사용자가 자신의 위치를 기반으로 필요한 정보를 얻기 위해

† 준 회 원 : 원광대학교 정보통신공학과 공학석사
†† 정 회 원 : 원광대학교 공업기술개발연구소 공학박사
††† 정 회 원 : 원광대학교 정보통신공학과 교수
Manuscript Received : April 17, 2018
Accepted : July 4, 2018
* Corresponding Author : Kwang-Jin Park(kjpark@wku.ac.kr)

※ This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/ licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

LBS 서버에게 자신의 위치 정보를 전송해 그 위치를 기반으로 요청한 정보를 제공받는 서비스를 말한다. 예를 들어, 사용자가 LBS 서버에게 자신의 위치 주변에 있는 호텔 정보를 원한다고 가정하자. 질의자가 자신의 위치 정보를 서버에게 전송하면 서버는 질의자의 위치를 기반으로 반경 내에 있는 모든 호텔 정보를 질의자에게 반환한다[1-2]. 최근 질의자에게 전송되는 정보는 호텔의 위치 정보뿐만 아니라 호텔에 대한 사진, 다녀온 경험 후기 등 멀티미디어 정보도 포함해 정보의 양이 증가 하고 있다. 또한, 사용자는 다른 장소로 이동하면서 계속적으로 위치기반서비스를 제공받기 원하기 때문에 모바일 기기에 저장되는 정보의 양은 더욱 증가한다. 또 다른 문제로 사용자는 자신의 위치 정보를 LBS 서버에게 공개하기 때문에 위치 및 궤적 프라이버시를 보장받지 못한다. 위치 및 궤적 정보는 장소와 시간 등의 정보를 이용해 사용자의 집이나 직장의 주소를 추적할 수 있으며, 자주 방문하는 POI (Point of Interest) 정보를 공격자가 악용해 사생활 침해의 문제가 발생한다. 따라서 사용자의 위치 및 궤적 정보를 보호하는 연구는 매우 중요하다[3]. 그러나 여전히 기존 연구들은 시간에 따라 순차적으로 서버에게 질의를 요청하는 방법을 사용하고 있다. 이는 공격자가 사용자의 출발지와 도착지를 쉽게 유추할 수 있게 하여 궤적 정보를 보장받을 수 없는 문제로 이어지게 한다. 이 문제를 해결하기 위해 기존의 GTC (Grid-based Trajectory Cloaking) 기법은 모바일 사용자가 목적지까지 이동하기 전에 예측 경로를 설정하고 이를 기반으로 해당 경로 영역을 그리드로 구성한다. 다음 단계로 사용자가 원하는 프라이버시 레벨에 따라 클로킹 영역(CR : Cloaking Region)을 설정한 뒤 질의 순서를 랜덤하게 구성한다. 따라서 사용자는 기존 궤적과 연관성이 없는 궤적으로 서버에게 질의를 요청함으로서 자신의 궤적을 보호한다. GTC 기법의 예는 다음과 같다. 그리드 분할은 Fig. 1과 같이 사용자가 원하는 그리드 분할 값 n값에 따라 $i=2^n$인 그리드로 계층적 분할한다. 프라이버시 레벨 선택폭은 n값에 따라 $L_1 \sim L_n$까지이며, 만약 사용자가 원하는 프라이버시 레벨(UPL : User's desired Privacy Level)을 L_2로 설정했다면 CR의 크기는 (2*2)로 질의 처리 순서를 랜덤하게 함으로서 사용자의 궤적 정보를 숨긴다[4]. 그러나 이 기법은 사용자의 궤적 정보 보호는 보장할 수 있지만, 사용자가 받는 정보의 양이 증가하는 문제가 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 기존 기법을 강화한 EGTC (Enhanced Grid-based Trajectory Cloaking) 기법을 제안한다. EGTC 기법은 기존 기법을 이용하여 궤적 정보를 보호한 후 CR 안에 사용자가 이동하고자 하는 경로의 서브 그리드 셀(cell)을 설정한 후 그 서브 그리드 한 칸을 한 개의 셀 $c_{(x,y)}$ 간주하여 좌표 기반으로 GTI (Grid-based Trajectory cloaking Index)를 구성한다. 예를 들어 Fig. 1과 같이 서브 그리드 선택 폭 $L_1 \le L_s < L_2$에서 L_s를 L_1단계로 서브 그리드를 설정한다면 서브 그리드 셀은 (1*1) 그리드 한 칸으로 설정된 후 GTI로 구성해 브로드캐스트 반경에 있는 사용자에게 브로드캐스트 한다. 사용자는 브로드캐스트 되는 정보 중 예측 경로에 해당하는 정보만 선별적으로 청취한다. 기존 기법과 동일하게 CR을 랜덤한 질의 순서로 생성된 궤적으로 질의 요청하기 때문에 사용자의 위치 및 궤적 정보 보호를 보장받을 수 있다. 그리고 CR 안에 필요한 셀의 정보만 선별적으로 청취하기 때문에 기존의 기법보다 받아야하는 정보의 양을 줄임으로서 사용자의 청취 시간을 줄인다.

본 논문의 주요 기여는 다음과 같다.

- CR의 크기를 사용자의 요구에 따라 설정하여 프라이버시를 보장해줌으로서 탐색시간을 줄이게 한다. 그러나 익명을 위한 그리드 크기가 작을 경우 궤적 유추의 문제가 발생하기 때문에 사용자의 질의 순서를 랜덤하게 요청함으로서 사용자의 전체적인 궤적 정보를 보호한다.
- 사용자는 서버에게 랜덤한 궤적의 전체 CR의 정보를 받음으로서 불필요한 질의 결과를 받는다. 따라서 사용자가 필요한 질의 결과를 청취하기 위한 랜덤한 궤적 CR을 색인 구조로 구성해줌으로서 사용자가 청취해야 하는 정보의 양을 줄였다.

우리는 실험을 통해 질의자의 궤적 정보를 보호하면서 사용자가 받아야 하는 정보의 양을 줄이는 제안기법의 우수성을 증명하였다.

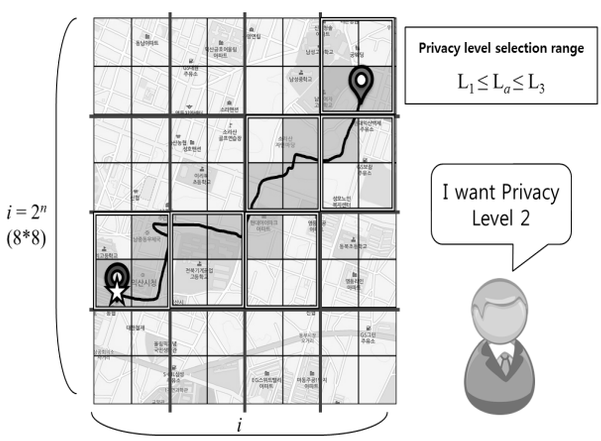


Fig. 1. Example of GTC Method

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 기법과 관련된 연구를 설명하고, 3장에서는 사용자의 궤적을 보장하면서 서버가 처리해야 하는 정보의 양을 줄이는 기법에 대해 서술한다. 4장은 기존기법과 제안 기법을 비교한 실험결과를 보여준다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 궤적 프라이버시 보호 기법

사용자의 개인 프라이버시를 보호하기 위해 사용자의 위치를 클로킹 영역으로 확장해 전송하는 연구가 활발히 진행되고 있다[5-7]. 그러나 사용자의 궤적 정보를 보호하기 위한 연구는 부족한 실정이다. 궤적 정보를 보호하기 위한 기존 기법은 다음과 같은 종류로 나눌 수 있다. 첫 번째로 가상의 궤적 정보를 공개하는 방법이다. 이 방법은 사용자가 가상의 궤적(Dummy)을 추가함으로서 실제 궤적 정보를 보호하는 기법이다[8-11]. 가상의 궤적은 실제 궤적의 움직임과 유사하게 생성되며, 궤적 간의 교차점을 가능한 한 많이 생성한다. 그러나 가상의 궤적을 생성하는 기법은 간단하지만 사용자는 원래 궤적 정보 보다 많은 양의 정보를 받아야하며, 서버가 처리해야 하는 정보의 양도 증가하게 된다. 두 번째로 정보 억제 기술은 서버가 특정 조건에 따라 일부의 정보만을 공개하는 것으로 사용자의 정보를 보호한다[12]. 사용자의 실제 궤적에서 질의 지점 사이의 일부 세그먼트 간격을 임의로 설정해 민감하거나 자주 방문한 사용자의 위치를 공개하지 않는다. 이러한 방법은 프라이버시 보호에는 좋지만 궤적의 세그먼트 간격을 실제 궤적의 질의 간격보다 크게 한다면 원래의 질의 간격에 포함되어 있는 정보를 받을 수 없기 때문에 사용자가 원하는 정보의 손실이 발생될 수 있다. 마지막으로 분할 방법은 궤적 보호를 위해 CR 안에 궤적의 샘플링 지점(Sampling point)을 생성하는 것이다[13, 14]. 예를 들어 경로가 비슷한 여러 개의 궤적에서 질의 구간이 유사한 것들 끼리 샘플링 지점을 설정해 샘플링 된 지점들을 묶어서 질의를 하는 방법이다. 이는 정보 손실과 정보 처리량 간에 더 나은 절충점을 제공하지만, 여전히 사용자에게 필요한 정보들이 묶이지 못하는 경우가 발생해 정보 손실을 초래하고, 만약 묶이지 못한 정보를 포함하기 위해서 CR을 증가시킨다면 사용자가 받아야하는 정보의 양이 증가하는 문제가 발생한다.

2.2 무선 방송 환경

일반적으로 서버가 클라이언트에게 정보를 전달하는 방식은 세 가지가 있다. 첫 번째로 요구 기반 방식(On-demand method)은 클라이언트가 서버에게 정보를 요청하면 서버는 클라이언트가 원하는 정보를 찾아내서 클라이언트에게 반환한다[15-21]. 두 번째로 브로드캐스트 방식(Broadcast method)은 정보를 하나 또는 다수의 무선 브로드캐스트 채널을 통해 전송 반경 내에 있는 사용자에게 전송해주는 방식이다. 마지막으로 하이브리드 방식(Hybrid method)은 두 가지를 결합한 방법이다.

브로드캐스트 스케줄은 Push 기반 브로드캐스트, Pull 기반 브로드캐스트, Hybrid 브로드캐스트 세 가지 방법이 있다. Push 기반 브로드캐스트는 서버가 주기/비주기적으로 사용자의 요청 없이 브로드캐스트 프로그램에 기반 한 정보를 전달한다. Pull 기반 브로드캐스트는 서버가 사용자의 요청에 따라 정보를 사용자에게 전달한다. Hybrid 브로드캐스트는 Push와 Pull을 둘 다 고려한 방식이다.

본 논문에서 우리는 사용자의 궤적 노출 확률을 줄이면서 Pull 기반 브로드캐스트 스케줄 방식을 통해 서버로부터 사용자가 원하는 정보만 받을 수 있는 기법을 제안하고자 한다.

3. 제안 기법

3.1 시스템 모델 및 색인 구조

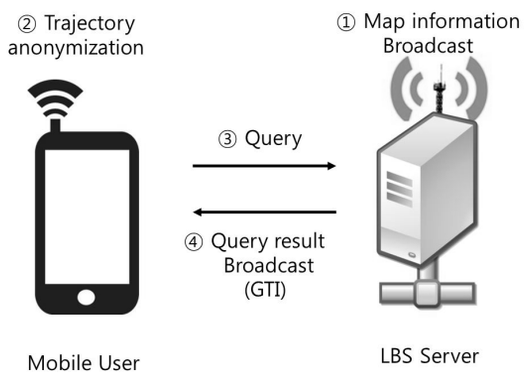
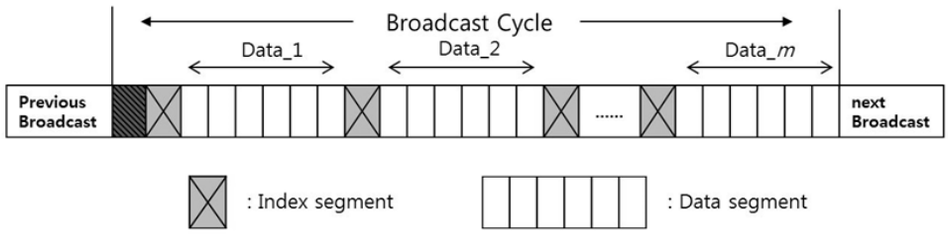


Fig. 2. System Structure

EGTC 기법의 시스템 모델은 기존 GTC 기법과 마찬가지로 Fig. 2와 같이 LBS 서버와 사용자간의 통신을 가정한다. 또한 LBS 서버는 브로드캐스트 반경 내에 있는 사용자에게 지도 정보를 브로드캐스트 방식으로 전달한다고 가정한다[22]. 브로드캐스트의 장점은 사용자 위치를 서버에게 노출하지 않고 정보를 획득할 수 있다는 점이다. 따라서 첫 번째 단계로 사용자는 LBS 서버에게 위치를 노출하지 않기 위해 브로드캐스트 방식을 통해 지도 정보를 획득한 후, 획득한 정보와 이전에 자주 갔던 경로 및 현재 위치를 고려해 목적지까지의 예측 경로를 설정한다[23]. 다음 단계로 사용자는 예측 경로를 설정한 후 UPL에 따른 CR으로 랜덤한 질의 순서를 정한 후 익명된 궤적으로 서버에게 질의한다. 서버는 질의 결과에 해당되는 서브 그리드 셀을 색인으로 구성해 사용자의 예측 경로에 해당하는 서브 그리드 셀을 선별적으로 청취한다. 브로드캐스트 환경에서 선택적인 청취를 위하여 GTI를 구성해 사용한다. 기존의 GTC 기법으로 익명된 궤적의 전체 정보를 공개하지만, EGTC 기법은 서버가 브로드캐스트 하는 익명된 궤적의 전체 정보 중 예측 경로에 해당하는 서브 그리드 셀을 색인으로 구성해 필요한 셀의 정보를 선택적으로 청취한다. 이는 사용자가 전체적으로 받아야 하는 객체의 수를 줄일 수 있다. GTI는 Fig. 3과 같이 구성한다. 색인의 헤더(Header)는 객체 정보($o_1 \sim o_y$)와 셀 도착시간($t_{c_{i,j}} \sim t_{c_{i,\alpha,\beta}}$)을



Header		
	object	object coordinate information (e.g., o_1~o_γ)
	$Tc_{(\alpha,\beta)}$	cell arrival time (e.g., $tc_{(\alpha,\beta)}$~$tc_{(\alpha,\beta)}$)

Fig. 3. Configuration of GTI

포함한다. 객체 정보(Data_1~Data_*m*)는 객체의 추가 정보를 의미한다. 예를 들어 객체가 호텔이라면 호텔에 대한 사진, 홍보 영상, 다녀온 후기 등 멀티미디어 정보가 포함되어 있다.

3.2 강화된 그리드 기반 궤적 클로킹 기법(EGTC Method)

EGTC 기법을 이용한 질의 처리 과정은 다음과 같다.

단계 1 : 그리드 기반의 CR 생성

첫 번째 단계로 사용자의 예측 경로를 포함하는 영역 에 사용자가 원하는 n값에 따라 $i=2^n$인 $(i*i)$그리드로 분할한다(알고리즘 1, 1~3줄). 이 과정에서 UPL은 n값에 의해 L_1~L_n까지의 선택폭으로 설정되며, CR의 크기는 $(2^{n-1}*2^{n-1})$으로 설정된다(알고리즘 1, 4~9줄). 예를 들어 n값이 3이라면 그리드는 (8*8)그리드로 분할하고, 프라이버시 레벨 선택 폭은 L_1 ~ L_3이며, CR은 (1*1) ~ (4*4)에서 결정한다. Fig. 4는 사용자의 출발지부터 목적지까지의 예측경로가 설정된 뒤, UPL을 L_2 단계인 (2*2) CR로 생성한 것을 보여준다.

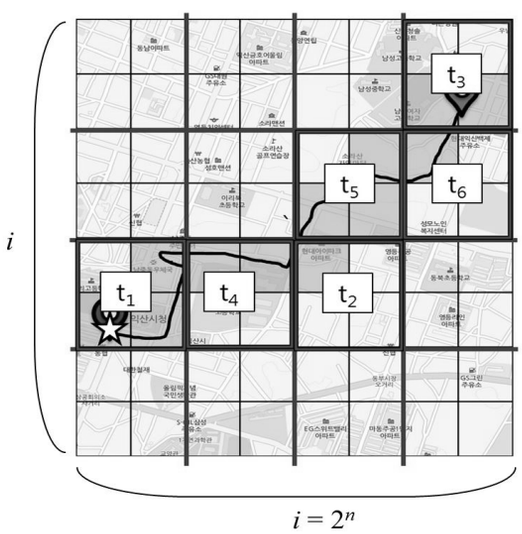


Fig. 4. Example of EGTC Method

정의 1 (그리드 분할). 그리드는 $i*i$ 그리드로 $i=2^n$으로 정의한다. 예를 들어 n 값이 3인 경우 8*8 그리드로 분할된다.

정의 2 (UPL). UPL은 n값에 의해 L_1~L_n까지의 선택폭이 설정되며, CR의 크기는 $(2^{n-1}*2^{n-1})$으로 설정된다. 예를 들어 n값이 3이라면 프라이버시 레벨 선택 폭은 L_1 ~ L_3이며, CR은 (1*1) ~ (4*4)에서 결정된다.

정의 3 (서브 그리드 셀). 사용자가 받을 서브 그리드 셀은 $L_1 \le L_s < L_a$ 범위에서 선택한다. 예를 들어 Fig. 5와 같이 UPL이 L_3라면, L_1~L_2 범위에서 선택할 수 있다. 따라서 UPL에 의해 설정된 CR에서 그리드 한 칸을 서브 그리드 셀이라 정의한다.

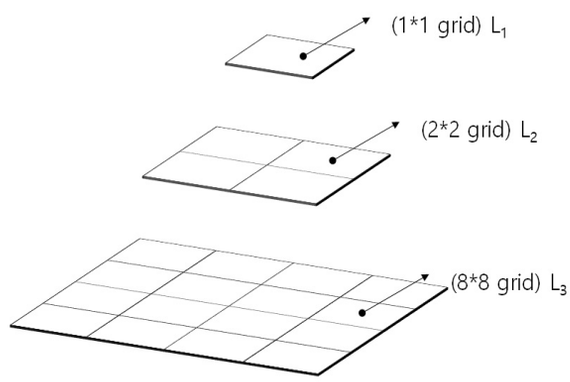


Fig. 5. Sub-gird Cell Selection Range

단계 2 : 랜덤한 질의 순서 설정

다음 단계로 사용자는 Fig. 4와 같이 질의 순서를 랜덤하게 설정한다(알고리즘 1, 10~15줄). 따라서 LBS 서버는 사용자의 이동 경로를 원래의 순차적인 궤적으로 인식하지 않고 연관성이 없는 개별질의로 인식하게 된다. 따라서 사용자는 LBS 서버로부터 목적지까지 이동하기 전에 자신의 궤적 프라이버시를 보장하면서 원하는 POI 및 멀티미디어 정보를 받는다.

단계 3 : GTI 브로드캐스트

단계 2에서 랜덤한 질의 순서로 인해 사용자의 궤적 정보는 보장하지만 질의를 요청한 CR이 Fig. 4와 같이 음영되지 않은 불필요한 셀과 함께 질의를 요청한다. 따라서 CR 안에 분할된 서브 그리드 셀에 $c_{(x,y)}$로 좌표를 표시해 실제 사용자가 이동하려는 경로에 해당하는 셀의 정보만 청취해 사용자가 필요한 정보만을 받는다. 이 때, 서브 그리드 셀은 정의 3에 의해 선택한다(알고리즘 1, 16~22줄). 자세한 예로 Fig. 6은 Fig. 4에 사용자의 예측 경로에 해당하는 CR의 서브 그리드를 셀 좌표 $c_{(x,y)}$로 재구성한 것이다. 좌표를 나타낸 셀에 기반해 GTI를 구성한 뒤 서버가 브로드캐스트 한다면 사용자는 셀의 x축 오름차순, y축 오름차순의 순서로 질의결과를 선별적으로 청취하게 된다(e.g., t_1 : $c_{(0,2)}$, $c_{(1,2)}$, $c_{(1,3)}$/ t_2 : $c_{(4,3)}$/ t_3 : $c_{(6,6)}$, $c_{(7,6)}$ … /t_6 : $c_{(6,5)}$).

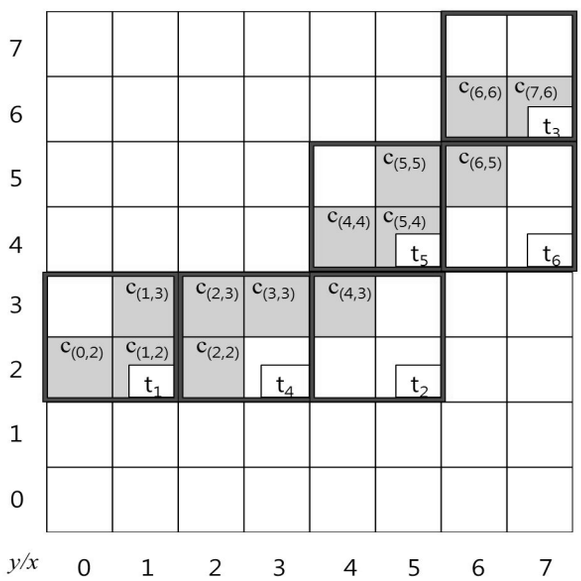


Fig. 6. Selective Listening - Tuning based on Sub-grid Cell

Table 1. Summary of Notations

Notation	Definition
n	grid division value
i	number of distributed grids
L_a	CR selection level
L_s	sub-grid cell selection level
$t_{c(i,j)} \sim t_{c(\alpha,\beta)}$	cell first arrival time ~ cell last arrival time
$o_1 \sim o_x$	object coordinate information
$c_{(x,y)}$	sub-grid cell

Algorithm 1. Enhanced Grid-based Trajectory Cloaking method

Input : n, L_a (Desired privacy level value), $t_1 \sim t_{max}$ (Query time)
Output : $c_{(x,y)}$ (The corresponding cell of the m-th query time)
01: Check map information received from LBS server;
02: Set the shortest predicted path to the destination;
03: grid(n)=$2^n * 2^n$; //$2^n * 2^n$ Split into grids
04: Privacy Level=($L_1 \le L_a \le L_n$) ;
05: UPL = L_a ; //Set your desired privacy level
06: for(k=1 ; $k \le t_{max}$; k++)
07: $CR_k = 2^{a-1} * 2^{a-1}$;
08: $CR_k = t_k$;
09: end for
10: for(k=1 ; $k \le t_{max}$; k++)
11: t_m = rand()%t_{max}+1 ;
12: if($t_{[1\sim m]} == t_{m+1}$)
13: t_{max}-- ;
14: end if
15: end for
16: for(x=0 ; $x < x_{max}$; x++)
17: for(y=0 ; $y < y_{max}$; y++)
18: sub-grid cell = $c_{(x,y)}$;
19: $c_{(x,y)} = 2^{a-2} * 2^{a-2}$;
20: end for
21: end for
22: return $c_{(x,y)}$;

4. 실 험

4.1 실험 환경

본 절에서는 기존 GTC 기법과 제안하는 기법의 성능을 비교하였다. 그리드 한 칸의 크기는 $100m^2$로 가정한다. 실험 환경은 Intel CPU G550 2.6GHz memory 4GB이고, visual C++ 6.0을 이용하여 실험을 실행하였다.

Table 2. Experimental Dataset Values

Parameter	Dataset values
grid	1024 * 1024 (n=10)
CR	4 * 4 (L_3)
sub-grid cell	L_1
number of index(m)	10
size of one object	8 bytes
size of cell coordinate arrival time	2 bytes
query section(t)	500, 1000, 1500, 2000
number of object	10000, 15000, 20000, 25000

4.2 실험 결과

Fig. 7은 질의 구간 증가에 따른 질의 처리량을 보여주고 있다. EGTC 기법은 정보를 선택적으로 청취해 실제 예측 경로에 해당하는 그리드만 청취한다. 따라서 사용자가 기존 기법의 예측 경로를 포함하는 CR로 그리드 전체 정보를 받는 것보다 EGTC 기법으로 평균 55.8% 이상 낮게 받는 것을 확인할 수 있다.

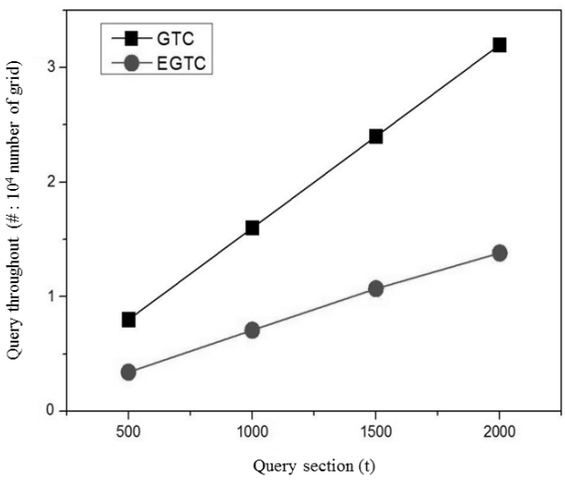


Fig. 7. Query Throughput According to the Query Section

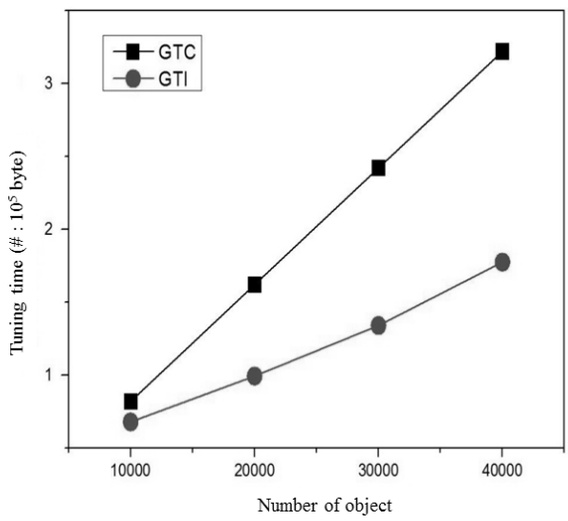


Fig. 8. Tuning Time According to the Number of Object

Fig. 8은 기존 GTC 기법에 색인을 구성한 후 사용자가 청취해야 하는 시간을 보여주고 있다. GTC 기법에서는 사용자가 CR의 전체 객체 정보를 청취해야하지만 EGTC 기법은 필요한 좌표 정보만 GTI로 구성해 예측 경로에 해당하는 객체의 정보만 선별적으로 청취한다. 예를 들어 GTC 기법의 검색해야하는 CR이 L_3단계에서 6구간 이라면 셀 도착 시간은 12 bytes가 된다. EGTC 기법은 서브 그리드 셀 레벨이 L_1일 때의 총 96개의 셀로 분할되어 셀 도착시간은 192 bytes이다. 그러나 검색해야 하는 객체의 수에서 GTC 기법은 총 셀의 수에 해당하는 객체의 배수로 증가하게 되고, EGTC 기법에서 사용자의 예측 경로 해당하는 그리드의 수에 따라 객체의 수를 측정한다. 측정 결과에 따라 GTC 기법과 EGTC 기법의 총 청취시간은 780 bytes, 512 bytes이다. 따라서 기존의 전체 정보를 청취하는 것에 비해 GTI로 구성하여 청취하는 것이 평균 35.8%이상 낮은 것을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서 우리는 사용자의 궤적 정보보호를 위해 사용자가 UPL 값에 따라 균일한 CR을 생성한 후 질의 순서를 랜덤하게 하여 익명된 궤적을 생성해 서버에게 질의를 요청하는 방식을 제안하였다. 서버는 익명된 궤적의 CR안에 사용자가 이동하고자하는 예측 경로를 GTI로 구성한 후 브로드캐스트 해주면 사용자는 필요한 정보를 선별적으로 청취해 기존에 사용자가 받아야 하는 정보의 양보다 적은 양의 정보를 받게 한다. 끝으로 실험 결과를 통해 제안기법이 기존 GTC 기법에 비해 사용자가 받아야하는 정보의 양 측면에서 성능이 개선됨을 검증하였다.

References

[1] D. Song, J. Sim, K. Park, and M. Song, “A Privacy-Preserving Continuous Location Monitoring System for Location-Based Services,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol.2015, pp.1-10, 2015.

[2] K. Park and P. Valduriez, “A Hierarchical Grid Index (HGI), spatial queries in wireless data broadcasting,” *Springer Distributed and Parallel Databases*, Vol.31, No.3, pp. 413-446, 2013.

[3] C. Y. Chow and M. F. Mokbel, “Trajectory Privacy in Location-based Services and Data Publication,” *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, Vol.13, No.1, pp.19-29, 2011.

[4] J. Youn, D. Song, T. Cai, and K. Park, “Grid-based Trajectory Cloaking Method for protecting Trajectory privacy in Location-based Services,” *Korean Society for Internet Information*, Vol.18, No.5, pp.1-6, 2017.

[5] D. Liao, H. Li, G. Sun, and V. Anand, “Protecting User Trajectory in Location-Based Services,” *IEEE Global*

Communications Conference, 2015.

[6] M. E. Nergiz, M. Atzori, Y. Saygın, and B. Guc, "Towards trajectory anonymization : a generalization-based approach," SIGSPATIAL ACM GIS Transactions on Data Privacy 2, pp. 47-75, 2008.

[7] R. H. Hwang, Y. L. Hsueh, and H. Chung, "A Novel Time-Obfuscated Algorithm for Trajectory Privacy Protection," *IEEE Transactions on Services Computing*, Vol. 7, No.2, pp.126-139, 2014.

[8] H. Zhao, J. Wan, and Z. Chen, "A Novel Dummy-Based KNN Query Anonymization Method in Mobile Services," *International Journal of Smart Home*, Vol.10, No.6, pp.137-154, 2016.

[9] P. R. Lei, W. C. Peng, I. J. Su, and C. P. Chang, "Dummy-Based Schemes for Protecting Movement Trajectories," *Journal of Information Science and Engineering*, Vol.28, No.2, pp.335-350, 2012.

[10] J. Dai and L. Hua, "A method for the trajectory privacy protection based on the segmented fake trajectory under road networks," *IEEE International Conference on Information Science and Control Engineering*, pp.13-17, 2015.

[11] P. P. Lindenberg, B. C. Cheng, and Y. L. Hsueh, "Novel Location Privacy protection strategies for location-based services," *IEEE International Conference on Ubiquitous and Future Networks*, pp.866-870, 2015.

[12] Z. Huo, X. Meng, H. Hu, and Y. Huang, "You Can Walk Alone Trajectory Privacy-preserving through Significant Stays Protection," *Springer International Conference on DASFAA*, Vol.7238, pp.351-366, 2012.

[13] V. Primault, S. B. Mokhtar, C. Lauradoux, and L. Brunie, "Time Distortion Anonymization for the Publication of Mobility Data with High Utility," *IEEE Turstcom/BigDataSE/ISPA*, pp.539-546, 2015.

[14] Y. Xin, Z. Q. Xie, and J. Yang, "The privacy preserving method for dynamic trajectory releasing based on adaptive clustering," *ELSEVIER Information Sciences*, Vol.378, pp. 131-143, 2017.

[15] T. lmielinski, S. Viswanathan, and B. R. Badrinath, "Data on air : organization and access," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol.9, No.3, pp.353-372, 1997.

[16] B. Zheng, W. C. Lee, and D. L. Lee, "Spatial queries in wireless broadcast systems," *ACM Jornal Wireless Networks-Special issue: Pervasive Computing and Communications*, Vol.10, No.6 pp.723-736. 2004.

[17] D. Song and K. Park, "A partial index for distributed broadcasting in wireless mobile networks," *ELSEVIER Information Sciences*, Vol.348, pp.142-152, 2016.

[18] W. Sun, C. Chen, B. Zheng, C. Chen, and P. Liu, "An Air Index for Spatial Query Processing in Road Networks," *IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering*, Vol.27, No.2, pp.382-395, 2015.

[19] Y. Ten, W. Wang, J. Wu, Q. Kou, Z. Song, and E. C.-H. Nagi, "Privacy-Preserving Social Tie Discovery Based on Cloaked Human Trajectories," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol.66, No.2, pp.1619-1630, 2017.

[20] H. Yin, W. Wang, H. Wang, L. Chen, and X. Zhou, "Spatial-Aware Hierarchical Collaborative Deep Learning for POI Recommendation," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol.29, No.11, pp.2537-2551, 2017.

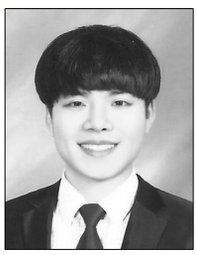
[22] M. Terroviti, G. Poulis, N. Mamoulis, and S. Skiadopoulos, "Local Suppression and Splitting Techniques for Privacy Preserving Publication of Trajectorie," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol.29, No.7, pp. 1466-1479, 2017.

[22] B. Niu, S. Gao, F. Li, H. Li, and Z. Lu, "Protection of location privacy in continuous LBSs against adversaries with background information," *IEEE International Conference on Computing Networking and Communications*, 2016.

[23] W. C. Hu, S. H. Mousavinezhad, N. Kaabouch, and H. J. Yang, "Privacy-Preserving Spatial Trajectory Prediction," *IEEE Conference Wireless Research Collaboration Symposium*, pp.69-73, 2014.

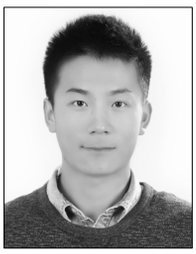
윤 지 혜

https://orcid.org/0000-0003-0132-996X
e-mail : yoonjh09@naver.com
2016년 원광대학교 정보통신공학과 (공학사)
2018년 원광대학교 정보통신공학과 (공학석사)
관심분야 : 위치기반 서비스, 정보보호



송 두 희

https://orcid.org/0000-0002-9802-7257
e-mail : songdoohee@naver.com
2010년 원광대학교 정보통신공학과(공학사)
2012년 원광대학교 정보통신공학과 (공학석사)
2016년 원광대학교 정보통신공학과 (공학박사)
2016년~2017년 원광대학교 공업기술개발연구소 연구교수
관심분야 : 공간질의처리, 위치정보보호



채 천 원

https://orcid.org/0000-0003-2419-7058
e-mail : midsky1000@naver.com
2015년 원광대학교 정보통신공학과 (공학사)
2017년 원광대학교 정보통신공학과 (공학석사)
관심분야 : 정보통신, 위치기반서비스

박 광 진

https://orcid.org/0000-0003-1806-577X
e-mail : kjpark@wku.ac.kr
2000년 고려대학교 컴퓨터학과(이학사)
2002년 고려대학교 컴퓨터학과(이학석사)
2006년 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)
2006년~2007년 프랑스 국립컴퓨터 과학연구소(INRIA) 박사 후 연구원
2008년~현 재 원광대학교 정보통신공학과 교수
관심분야 : 데이터베이스, 분산컴퓨팅