

# 연속적인 질의에서 사용자의 이동 경로를 보호하기 위한 연구

송두희\*

\*서울한양대학교 교양학과

dhsong@hytu.ac.kr

## A Study to Protect the User's Trajectory in Continuous Queries

Doo-Hee Song\*

\*Dept. of Liberal Studies, Seoul Hanyoung University

### 요 약

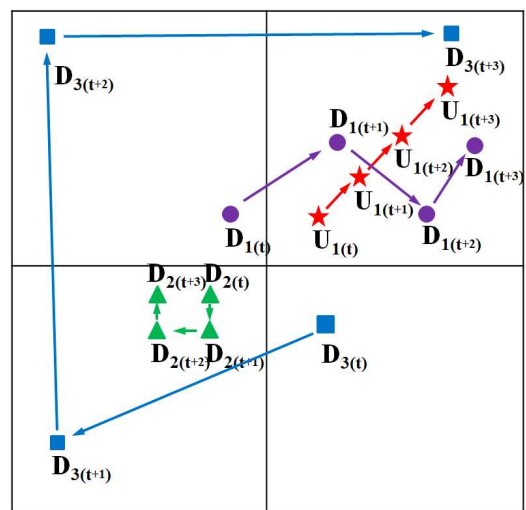
위치를 이용한 애플리케이션이 증가함에 따라 사용자의 위치를 보호하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 특히, 애플리케이션을 이용하기 위해서는 사용자가 서비스 제공자(서버)에게 자신의 위치 정보를 제공해야 하는 상황이다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 보호영역(cloaking; 클로킹)을 생성하거나 자신의 주변에 가상의 사용자(dummy; 더미)를 생성하는 연구 등이 존재한다. 기존 연구들은 사용자의 현재 위치를 보호하는 장점은 있지만 연속적인 질의를 요청할 경우 서버에게 사용자의 이동 경로가 예측될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 사용자가 연속적인 질의를 요청하더라도 이동 경로를 보호할 수 있는 기법을 제안한다. 실험 결과를 통하여 제안 기법의 우수성을 증명했다.

### 1. 서론

최근 위치를 활용한 다양한 애플리케이션이 개발됨에 따라 여러 문제들이 발생하고 있다. 문제의 근본적인 원인은 애플리케이션을 관리하는 서비스 제공자(서버)가 사용자의 개인정보를 관리하기 때문이다. 사용자가 개인정보(위치, 사진 등)에 대한 동의를 하지 않을 경우 애플리케이션 사용이 불가능한 서비스들도 다수 존재한다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 기존 연구에서는 사용자의 개인정보를 서버에게 제공하되 자신의 위치를 기준으로 보호영역(cloaking; 클로킹)을 생성하여 서버로부터 정확한 위치를 파악할 수 없게 하거나 가상의 사용자(dummy; 더미)를 활용하여 사용자가 어디 있는지 알 수 없게 만들었다[1-5]. 그러나 사용자가 연속적인 질의를 요청하는 과정에서 서버는 사용자의 위치 정보를 지속적으로 누적하여 관리한다면 사용자의 이동 경로를 유추할 수 있다.

그림 1은 사용자( $U_1$ )와 더미들( $D_1, D_2, D_3$ )이  $t$ 초부터  $t+3$ 초까지 연속적으로 질의를 요청한 결과를 보여주고 있다.  $D_1$ 은  $U_1$ 과 일정한 범위를 두고 따라가고 있으나 이동 경로가 노출될 수 있고,  $D_2$ 는 제

자리를 맴돌고 있으며  $D_3$ 는 사용자의 이동속도를 고려하지 않았다. 이처럼, 사용자가 더미를 이용하여 연속적으로 질의를 요청할 경우 시간 간격을 통해 더미를 파악하거나 사용자의 이동 방향 등을 예측할 수 있다.



(그림 1) 기존기법을 이용한 이동경로 보호

따라서 우리는 연속적인 질의를 요청하는 상황에서 사용자의 이동 경로를 보호할 수 있는 기법을 제안

한다.

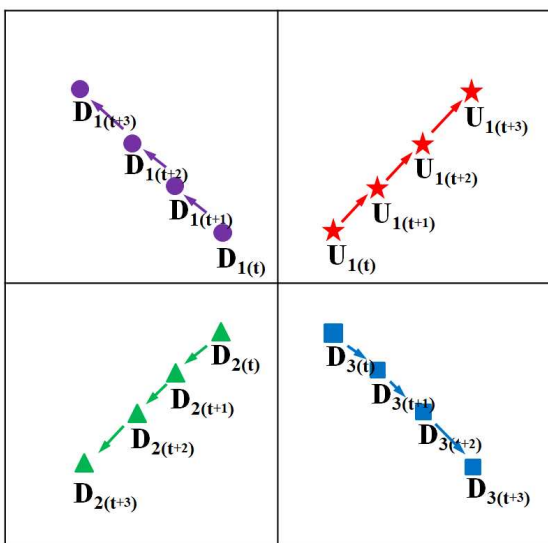
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 간단히 소개하고, 3장에서 제안기법에 대하여 설명한다. 마지막으로 4장에서 결론을 내린다.

## 2. 관련연구

클로킹 영역은 사용자의 위치를 기준으로 보호 범위를 생성하고, 범위 내에서 질의를 요청하는 방식이다[1, 2]. 그러나 클로킹 영역의 크기가 증가하면 서버가 확인해야 할 데이터의 양이 증가하고, 클로킹 영역이 감소하면 사용자의 위치가 노출될 확률이 증가한다.  $k$ -익명화 기법은 사용자를 제외한  $k-1$ 개의 더미를 생성함으로써 서버로부터 위치를 보호할 수 있는 대표적인 보호기법이다[3, 4]. 그러나 그림 1에서 소개했듯이 연속적인 질의를 요청하는 과정에서 임의로 생성된 더미의 위치가 이상하다면 서버는 더미를 예측할 수 있기 때문에  $k-1$ 개의 보호의 보장이 어렵다. 이를 해결하기 위해서 사용자의 이동 범위 안에서 더미를 임의로 생성하거나 사용자와 유사한 경로로 더미를 생성하는 기법이 제안되었으나 이 또한 클로킹 영역과 유사하게 이동경로가 노출되는 문제점이 발생한다[5]. 따라서 이러한 문제점을 개선할 수 있는 연구가 필요한 실정이다.

## 3. 제안기법

사용자는 속도와 방향성을 고려하여 이동하게 되면 제안기법은  $k-1$ 개의 더미 생성 시 동일한 속도로 이동하되 다음과 같은 규칙에 따라 방향성을 설정한다.



(그림 2) 제안기법을 이용한 이동경로 보호

제안기법에서 방향을 설정하는 것은 다양한 방법이 있으나 본 논문에서는 간단하게 3가지를 소개한다: (1) x축 대칭, (2) y축 대칭, (3) x축, y축 대칭.

그림 2에서  $U_1$ 은 실제 사용자이며,  $t$ 초부터  $t+3$ 초까지 1초마다 질의를 요청했다고 가정한다.  $t$ 초부터  $t+3$ 까지 각 지점을 연결한 것이 사용자의 이동 경로(빨간색 실선)이다. 사용자는 질의를 요청할 때 더미를 3개 추가하여 서버에게 전송한다. 그리고 1초마다 이동 속도와 방향을 고려하여 더미( $D_1, D_2, D_3$ )를 생성함으로써 각각 이동 경로를 다르게 설정했다.

<표 1> 기존기법과 제안기법의 노출확률 비교

기법 \ k	2	3	4	비고
기존기법	100	100	100	노출확률 (%)
제안기법	50	33	25	

표 1은 연속적인 질의를 요청하는 과정에서 기존기법과 제안기법을 이용하여 보호할 경우 서버에게 이동경로가 노출될 확률을 보여주고 있다. 기존기법은 사용자를 기준으로 클로킹영역을 생성하거나 사용자 인근에  $k-1$ 개의 더미를 생성하는 것을 의미한다. 확인 결과 기존기법에서  $k$ 가 증가하더라도 사용자의 이동경로는 노출되는 반면 제안기법은  $k$ 가 증가할수록 노출확률이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

## 4. 결론

본 논문에서는 연속적인 질의에서 사용자의 이동 경로를 보호할 수 있는 기법을 제안했다. 표 1에서 확인했듯이 기존기법에서 사용자의 이동경로는 서버에게 노출된 반면 제안기법을 이용할 경우 서버는 누적된 정보를 확인하더라도  $k$ 개의 가상의 이동경로가 확인해야하기 때문에 사용자의 이동경로를 노출 확률을 감소시켰다. 향후 연구에서는 사용자의 이동 경로의 노출확률을 감소시키기 위하여 사용자의 이동 속도와 방향을 고려한 다양한 더미 생성기법을 제안하고자 한다.

이 논문은 2019년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2019R1H1A1035598)

### 참고문헌

- [1] T. Allard, G. Hebrail, F. Massegia, and E. Pacitti, “A New Privacy-Preserving Solution for Clustering Massively Distributed Personal Times-Series”, in Proc. International Conference on Data Engineering, 1370-1373, 2016.
- [2] M. H. Afifi, K. Zhou, and J. Ren, “Privacy Characterization and Quantification in Data Publishing”, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 30, no. 9, pp. 1756-1769, 2018.
- [3] B. Niu, X. Zhu, X. Lei, et al., “Privacy-area aware dummy generation algorithms for location-based services”, in Proc. IEEE International Conference on Communications, pp. 957-962, 2014.
- [4] D. Wu, Y. Zhang, and Y. Liu, “Dummy Location Selection Scheme for K-anonymity in Location based Services”, in Proc. IEEE Trustcom/ BigDataSE/ICISS, pp. 441-448, 2017.
- [5] D. Song, M. Song, K. Park, “A Privacy-Preserving Spatial Index for Spatial Query Processing”, Wireless Communications and Mobile Computing, pp.1-10, 2018.