

# An Efficient Spatial Query Processing in Wireless Networks

Song Doo Hee<sup>†</sup> · Lee Hye Ri<sup>\*\*</sup> · Park Kwang Jin<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

In recent mobile environments, query processing costs have been rapidly increasing as users request large amounts of queries. In addition, the server's performance is increasing for many users to handle high-capacity queries, but the workload is increasing continuously. To solve these problems, we use the wireless broadcasting environment. However, in an existing wireless broadcasting environment, servers have a problem sending all the objects they manage to their clients. Therefore, we propose a new R-Bcast combining the advantages of demand-based and wireless broadcasting. R-Bcast is a technique that protects query information and reduces query processing time. Experiments have proved that R-Bcast is superior to conventional techniques.

**Keywords :** Scheduling Broadcast, Wireless Networks, Spatial Query Processing, Location Protection, Privacy

## 무선 네트워크 환경에서 효율적인 공간 질의 처리

송 두 희<sup>†</sup> · 이 혜 리<sup>\*\*</sup> · 박 광 진<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

최근 모바일 환경에서 사용자들이 대용량의 질의를 요청함에 따라 질의 처리 비용이 급격히 증가하고 있다. 서버는 대용량의 질의를 처리하기 위하여 서버의 성능이 향상되고 있지만 하드웨어 측면의 향상보다 작업 부하가 더욱 증가하고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 우리는 무선 방송환경을 활용한다. 그러나 기존의 무선방송 환경에서 서버는 자신이 관리하는 객체들을 모두 클라이언트에게 전송하는 문제점이 존재한다. 따라서 우리는 요구기반 방식과 무선방송 방식의 장점을 취합한 새로운 R-Bcast를 제안한다. R-Bcast는 질의자의 정보를 보호하면서 질의처리 시간을 줄일 수 있는 기법이다. 실험을 통해 R-Bcast가 기존 기법보다 우수함을 증명했다.

**키워드 :** 방송 스케줄링, 무선 네트워크, 공간 질의 처리, 위치 보호, 프라이버시

## 1. 서 론

최근 모바일 환경에서 사용자들이 대용량의 질의를 요청함에 따라 많은 질의 처리 비용이 발생하고 있다. 위치 기반 관련 기술 동향을 보면, 모바일 게임이나 소셜 네트워크 등 광범위한 데이터들을 관리하게 된다. 그 중에서 위치 요소는 새로운 시각으로 볼 수 있다. 위치를 기반으로 한 위치기반 서비스는 범지구 위치결정시스템(Global Positioning System: GPS)과 이동통신망에 의해 확보된 위치정보 및 디지털화된 지도를 결합하여 이용자에게 유용한 지리정보를 제공하고 있다[1-4]. 질의 정보와 위치 정보를 혼합한다면 사용자는 정확하고 다양한 결과들을 얻을 수 있기 때문에 LBS(Location-based service)는 더욱 조명 받고 있다. 예를 들어 google maps, foursquare 등이 LBS를 제공하고 있다.

최근 5G 통신이 상용화됨에 따라 사용자들은 과거에 비해 대용량의 데이터를 요구하고 있다. 따라서 사용자의 질의수와 비례하여 서버의 작업 부하는 증가되고 있는 실정이다. 따라서 우리는 서버의 작업 부하를 줄이기 위하여 효율적인 스케줄링 기법을 제안한다.

무선방송은 서버가 클라이언트들에게 정보를 전달하는 다운링크 정보전송만 가능한 1대 다 전달방식이다[5]. 무선방송의 특징은 서버 통신 반경 내에 존재하는 불특정 다수가 공통 이슈(e.g., 교통, 날씨 등)를 기반으로 질의를 요청할 경우 이를 효과적으로 처리할 수 있는 확장성을 가지고 있다. 따라서 클라이언트의 질의 요청 수와 상관없이 일정한 시간 내에 모든 클라이언트들에게 질의결과를 일괄적으로 전송할 수 있다. 클라이언트는 서버가 전송하는 전체 방송주기 중에서 자신의 질의와 관련된 데이터를 선별적으로 청취하여 질의를 처리할 수 있다.

기존의 서버는 자신이 관리하는 영역 내에 존재하는 모든 객체 정보를 불특정 다수에게 전송했다[6]. 그러나 서버 입장에서 모든 정보를 전송하기 때문에 통신비용이 발생할 것이고, 질의자들은 필요하지 않는 정보를 수신해야 하기 때문에

<sup>†</sup> 정 회 원 : 서울한영대학교 교양학과 교수  
<sup>\*\*</sup> 비 회 원 : 삼육대학교 산학협력단 연구과제 연구원  
<sup>\*\*\*</sup> 정 회 원 : 원광대학교 정보통신공학과 교수  
Manuscript Received : May 30, 2019  
First Revision : July 25, 2019  
Accepted : August 21, 2019  
\* Corresponding Author : Park Kwang Jin(kjpark@wku.ac.kr)

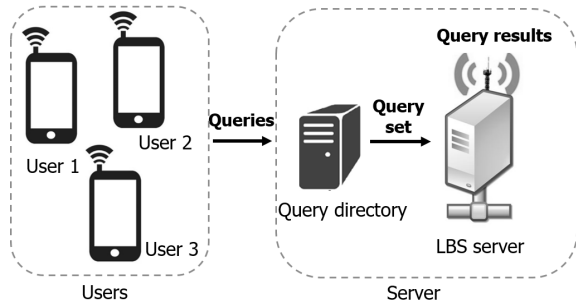


Fig. 1. System Model of R-Bcast

질의 처리 과정에서 효율성이 저하된다.

우리의 시스템 모델은 다음과 같이 가정한다. 첫 번째, 질의자는 서버에게 단일 객체만 요청한다고 가정한다. 단일객체는 주유소, 편의점, 대피소, 지역 날씨 등이 있다. 두 번째 모든 질의자는 서버에게 질의 요청 시 질의의 타입을 한가지로 고정한다. 질의의 타입은 범위 질의, kNN 질의 등을 예로 들 수 있다.

Fig. 1은 질의자가 서버에 질의를 요청하면 서버가 질의 결과를 질의자에게 제공하는 시스템 모델을 보여주고 있다. 사용자들이 서버에게 질의를 요청하면 서버는 모든 질의 내용을 취합한 후 일괄적으로 질의자들에게 질의 결과를 전송할 수 있다.

그러나 서버가 질의자들의 요청을 주기적으로 확인하게 되면 또 다른 작업 부하를 야기할 수 있다. 따라서 우리의 시스템 모델에서는 이러한 작업부하를 최소화하기 위하여 질의 디렉토리를 제안한다. 질의 디렉토리의 역할은 질의자가 요청한 익명화 영역을 취합하는 것이다. 질의 디렉토리가 계산한 통합된 익명화 영역과 질의 내용을 질의 집합이라고 가정한다. LBS 서버는 질의 집합을 확인하고 일괄적으로 질의 결과를 계산하기 때문에 작업부하를 최소화 할 수 있다.

우리의 시스템 모델을 이용한 시나리오는 다음과 같다. 특정지역에 지진이 발생하여 사용자들이 동시 다발적으로 가장 가까운 대피소를 찾고 있다고 가정한다. 만약 서버가 질의자에게 질의를 요청 받지 않고 데이터를 전송한다면 지진이 발생하지 않은 대피소까지 전송하기 때문에 비효율적일 수 있다. 따라서 질의자가 요청한 영역만을 통합하여 유효 영역 내에 대피소만 사용자에게 전송할 수 있다면 빠른 시간 내에 최적의 대피소를 찾을 수 있다. 그리고 서버는 유효한 대피소들만 전송하기 때문에 사용자들에게 전송하는 데이터의 크기를 줄일 수 있다.

본 논문의 주요 기여는 다음과 같다.

- 서버는 취합된 질의의 결과들 중에서 중복되는 값을 제거한 후 일괄적으로 전송하기 때문에 통신비용이 절감된다.
- 질의 요청 수가 많을수록 질의처리 시간의 효율성이 증가한다.
- 익명화를 이용한 질의처리를 지원하기 때문에 사용자의 위치가 보호된다.

- 전체 방송주기가 감소하기 때문에 갱신주기가 줄어들어 빠른 질의처리가 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 소개하고, 3장에서 R-Bcast를 설명한 후, 4장에서 R-Bcast와 기존 기법의 성능을 비교한다. 마지막으로 5장에서 결론을 내린다.

## 2. 관련 연구

공간질의 처리를 위한 다양한 인덱싱 구조가 개발 되었다 [5, 7, 8]. Euclidian space를 고려한 BGI(Bitmap lattice index in road networks) 기법은 무선 방송 환경에서 연속적인 공간질의처리를 지원한다[5]. BGI는 그리드 기반의 힐버트 커브를 이용하여 셀 단위로 객체를 분할하기 때문에 많은 그리드가 생성된다. 생성된 그리드를 정렬하고 이를 모든 패킷의 헤더에 셀의 객체 이동 여부를 나타내는 비트맵 기반의 더티 그리드 정보를 전송한다. 그러나 객체의 이동이 잦을 경우 모든 셀에 포함된 객체들이 이동하기 때문에 효율이 떨어지는 단점을 가진다.

이를 개선하기 위하여 다양한 연구들이 진행되었다. Dynamic Strip Indx(DSI)는 사용자 q를 중심으로 수직 또는 수평으로 공간을 분할한 형태로 q에 인접한 수직 또는 수평 범위를 선택하여 k-NN(Nearest Neighbor)질의를 효과적으로 처리하는 기법이다[7]. 그러나 DSI는 무선 방송 환경을 고려하지 않았다. 이를 개선하여 Distributed Grid Index(DGI)기법이 제안되었다. DGI는 무선 방송 환경에서 객체 공간 분포도를 고려한 인덱스 구조이다[8]. DGI는 BGI처럼 균일하게 그리드를 분할하지 않고, 객체의 분포에 따라서 그리드를 부분적으로 분할하여 클라이언트의 질의 검색시간을 줄인 기법이다. 그러나 위에서 언급한 기법들은 모두 서버가 관리하는 모든 객체를 전송해야하므로 전송정보의 크기가 증가하는 문제점을 가지고 있다.

### 2.1 사용자의 정보를 보호하기 위한 공간질의처리

기존의 k-익명화 기법은 익명 서버를 따로 생성한다. 그러나 3자가 익명 서버를 공격하거나 공모할 경우 클라이언트들의 정보가 노출되는 문제가 발생할 수 있다[9]. 이를 방지하기 위하여 2002년도에 IBM에 의해 Hippocratic database의 의료 기록 데이터 공유에 대한 사생활 보호가 꾸준히 연구되고 있다[10].

그러나 익명 서버는 여전히 신뢰할 수 없다고 최근 연구들에서 제기 되고 있다. 따라서 익명 서버를 제거하고 사용자가 직접 자신의 위치를 보호할 수 있는 기법들이 제안되었다[11].

사용자의 위치가 아닌 장소를 지정해서 질의를 요청하거나 자신의 위치를 클로킹해서 질의를 요청하는 방법들이 존재한다[12-14]. 그러나 서버는 질의자가 요청한 범위 내에 모든 객체들을 검색해야 하기 때문에 처리 비용이 증가하게 되고, 사용자는 질의결과의 집합을 전송 받기 때문에 통신 비용과 검색 비용이 증가하게 된다.

따라서 사용자가 직접 가상의 데이터를 생성하는 연구가 제안되었다[15-17]. 질의자는 가상의 데이터를 생성한 후 자신의 위치와 함께 서버에게 전송한다. 서버는 질의자와 데이터의 위치를 기준으로 주변에 있는 식당의 정보를 질의자에게 제공한다. 그러나 현재까지 정보보호 기법을 무선방송환경에 적용한 연구는 없다.

### 3. 제안된 R-Bcast 기법

이 장에서, 우리는 무선방송환경에서 기존 기법을 이용한 질의처리 과정과 R-Bcast를 이용한 질의처리 과정을 비교하여 설명한다.

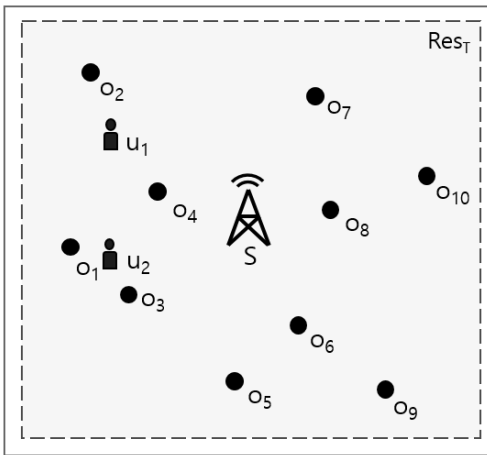


Fig. 2. Example of Existing Broadcast Query Processing (F-Bcast)

Fig. 2는 무선방송환경에서 서버(S)가 클라이언트에게 질의 결과를 브로드캐스트하는 과정을 보여주고 있다. 기존에 서버는 사용자(u<sub>i</sub>)의 질의 내용을 예측하고, 자신이 관리하는 범위 내에 객체(O<sub>i</sub>)들을 브로드캐스트한다.

Fig. 2에서 서버는 자신이 관리하는 음영된 영역(Res<sub>T</sub>) 내에서의 모든 객체 정보(O<sub>T</sub>)를 클라이언트에게 전송한다. 이 경우, 서버 입장에서 전송되는 객체들이 클라이언트에게 유효한 객체인지 아닌지 구분할 수 없다. 반대로 클라이언트 입장에서는 불필요한 객체가 방송 주기 내에 삽입될 경우 전체적인 방송 주기가 증가하게 된다. Figs. 3, 4에서 우리는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 R-Bcast를 적용한 질의 처리 과정을 보여 준다.

Fig. 3은 R-Bcast를 적용한 시스템 구조의 예로서 질의 디렉토리가 일정한 시간(t<sub>n</sub>) 동안 사용자의 질의를 취합한다. 질의를 요청한 질의자들의 집합 중 유효 범위(Res<sub>1</sub>; Res<sub>1,2</sub>) 내에 존재하는 유효 객체(O<sub>Eff</sub>; O<sub>1,2,3</sub>)만을 전송하는 예를 보여주고 있다. Res<sub>T</sub> ≡ {Res<sub>1</sub> ∩ Res<sub>2</sub> ∩ ... ∩ Res<sub>n</sub>}, O<sub>T</sub> = {O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, ..., O<sub>n</sub>}.

만약 질의 디렉토리의 질의 횟수 또는 용량의 제한이 있다면 다음과 같은 과정이 추가될 수 있다. 예를 들어 질의자는 50,000번의 질의를 요청했고, 질의 디렉토리는 최대 1,000번 질

의만을 수신할 수 있다고 가정한다. 질의 디렉토리는 1,000번까지 취합된 질의 영역을 LBS 서버에게 전송하면 LBS 서버는 질의 결과를 계산한다. 질의 디렉토리에 50번 질의를 요청받기 때문에 질의응답에 대한 횟수 또한 50번 전송한다. 이처럼, 요구기반 방식을 이용한 질의처리 방식은 질의 요청 수가 50,000번일 때 질의 응답 수 또한 50,000번인 반면에 R-Bcast를 이용한 질의처리 방식은 질의 요청 수가 50,050번일 때 질의 응답 수는 50번으로 그 수가 감소한 것을 확인할 수 있다.

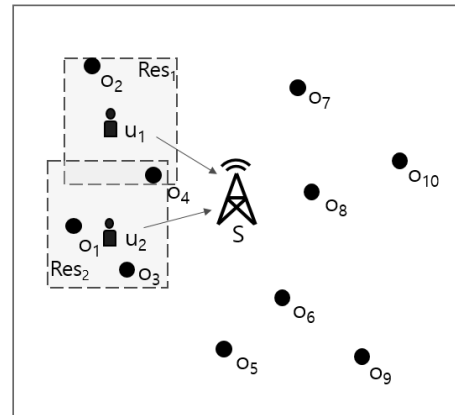


Fig. 3. Example of Query Processing using R-Bcast

Fig. 3에서 서버는 u<sub>1</sub>, u<sub>2</sub>의 요청을 확인한 후에 질의 범위 내에 존재하는 O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>을 방송 주기에 삽입한다. Fig. 2에서 F-Bcast를 이용할 경우 O<sub>1</sub>부터 O<sub>10</sub>까지 객체를 전송하는 것에 비해 R-Bcast는 방송주기에 보내야 하는 객체의 수를 줄일 수 있다. 방송 주기가 감소하는 Equation (1)은 다음과 같다.

$$\{Res_1 \cap Res_2 \cap \dots \cap Res_n\} \subset O_{EFF} \quad (1)$$

Equation (1)에서 Res<sub>i</sub>는 질의자가 요청한 범위를 의미하고, 질의를 요청한 n명의 질의자의 Res<sub>i</sub>는 교집합 함으로서 중복되는 값을 제거한다. 전체 객체(O<sub>T</sub>)들 중에서 통합한 영역 내에 존재하는 O<sub>EFF</sub>만을 방송주기에 삽입함으로써 전체적인 방송주기를 줄일 수 있다.

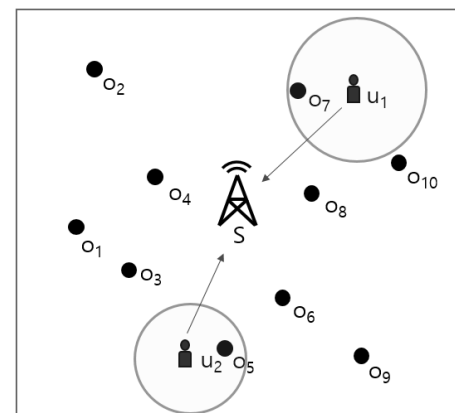


Fig. 4. Example of NN Query Processing using R-Bcast

Fig. 4는 R-BCast를 이용한 NN질의 처리과정을 예를 보여주고 있다. 서버는 전체 객체들 중에서 음영된 영역 내에 존재하는 객체( $O_{5,7}$ )만 방송 주기에 실어서 전송함으로써 방송주기를 줄일 수 있다.

서버와 사용자들의 질의처리 과정은 알고리즘 1과 같다.

```

Algorithm 1. Query process between server and users
-----
Users:
1: while(query request) do
    queriers create anonymous area ( $Res_1, \dots, Res_n$ );
Query directory:
2: while(up to a  $t_n$ ) do
3:   if( $Res_i \cap Res_{i+1} = 0$ ) then
4:      $Res_i += Res_{i+1}$ ;
5:   else if( $Res_i \cap Res_{i+1} \neq 0$ ) then
6:      $Res_i = Res_{i+1} - Res_i$ ;
7:   else
8:     continue;
9:    $I-Res_i = Res_i$ ;
LBS server:
10: if(range query) then
11:    $I-Res_i \supset O_{EFF}$  search
12: else if (kNN query) then
13:   Expand by the  $I-Res_i$  that satisfies  $k$ 
    around  $I-Res_i$  range
14: else if(other query) then
15: return  $O_{EFF}$ ;
    
```

### 4. 실험 결과

#### 4.1 실험환경

본 절에서 우리는 R-Bcast, F-Bcast, On-demand 기법을 비교한다. On-demand 기법은 하나의 서버가 각각의 질의자마다 질의 내용을 확인한 후 질의결과를 전송하는 기법이다. 실험 환경은 Intel i7-7700 CPU 3.6Ghz, memory 16GB이고, visual C++ 6.0을 이용하여 실험을 실행했다. 실험결과에서 결과 값은 10,000번을 반복한 평균값이다.

Table 1. Experimental Data Setting Value

Parameter	Data Settings Value
x-axis * y-axis	10,000 * 10,000
The number of objects	$x*y*30\%$
Anonymous area	$2*2, <3*3>, 4*4, 5*5$
The number of queries	50,000, <100,000>, 200,000, 300,000

우리는 실험결과를 도출하기 위하여 다음과 같은 실험환경을 가정한다. 서론에서 언급했듯이 질의자(사용자)는 자신에게 가까운 대피소를 설정한 후 서버에게 대피소에 대한 정보를 요청한다. 서버(서비스 제공자)는 요청 받은 지역의 대피소들만 방송주기에 실어서 질의자에게 전송한다. 시스템 모델에서 서버는 두 개의 채널을 갖는다고 가정한다. 첫 번째 채널은 클라이언트들에게 객체를 전송할 채널과 클라이언트

들의 질의 요청을 수신할 채널이다. 그리드 한 칸에 최대 1개의 객체만이 존재할 수 있으며, 한 칸의 크기는  $1m^2$ 로 가정한다. 익명화 범위의 크기는 질의자의 위치를 포함하고, 질의자의 위치는 중복될 수 없다고 가정했다. 각 실험에서 고정된 변수는 Table 1에서 괄호로 표시했다.

#### 4.2 실험결과

Fig. 5는 질의자의 수에 따라 서버가 질의자에게 전송해야 할 총 객체 수를 보여주고 있다. 질의자의 생성 위치는 균일하고 랜덤하게 생성된다. 실제 서비스를 예로 들면, 대피소를 검색하는 질의자가 증가함에 따라 익명화 영역이 증가하게 된다. 결과적으로, 서버는 검색해야 할 특정 지역이 증가하기 때문에 지역 내에 존재하는 모든 대피소의 수 또한 전반적으로 증가하게 된다.

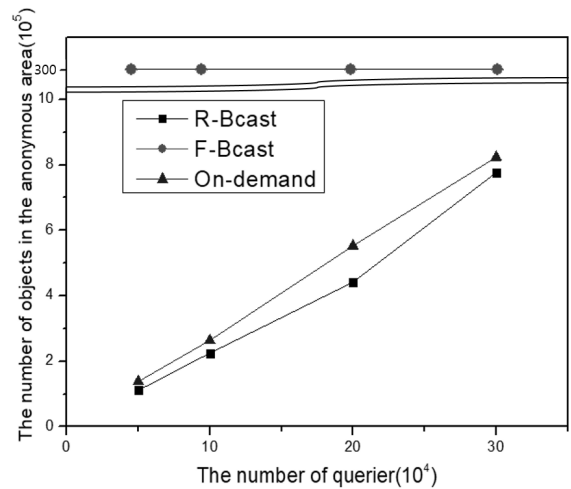


Fig. 5. The Number of Objects Broadcast According to the Number of Queries

Fig. 5에서 변수는 질의자 수이고, 그 외에 기본 설정 값은 Table 1과 같다. 질의자 수가 증가함에 따라 R-Bcast와 On-demand 기법을 비교한 결과 평균 12.6% 향상된 것을 확인할 수 있다. 반면에 F-Bcast는 서버가 관리하는 영역 내에 존재하는 모든 객체의 수를 전송해야 한다.

Fig. 6은 질의자가 자신의 위치를 보호하기 위해 익명화 영역을 설정할 때 서버가 질의자에게 전송해야 하는 총 객체의 수를 보여주고 있다. 질의자는 교통 수단에 따라 이동할 수 있는 반경(익명화 영역)을 증가시킬 수 있다. 예를 들어 가장 작은 익명화 영역인 동, 다음 작은 영역은 구, 도시 등으로 증가시키며 설정할 수 있다. Fig. 6을 보면, 질의자가 요청한 익명화 영역이 증가할수록 서버가 전송해야 하는 객체의 수가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 서버가 확인해야 하는 영역이 증가하기 때문에 익명화 영역 내에 존재하는 객체의 수도 평균적으로 증가하게 된다.

변수는 익명화 영역이고, 그 외에 기본 설정 값은 Table 1과 같다. 익명화 영역의 크기가 증가함에 따라 R-Bcast와 On-demand 기법을 비교한 결과 제안기법이 평균 17.2% 향



상된 것을 확인할 수 있다. R-Bcast 비해 On-demand 기법이 급격하게 증가하는 이유는 On-demand 기법은 중복되는 객체들을 지속적으로 전송하는 반면에 R-Bcast는 중복되는 영역에 포함되는 객체를 한번만 보내면 되기 때문에 익명화 영역의 크기가 증가할수록 성능이 증가하기 때문이다.

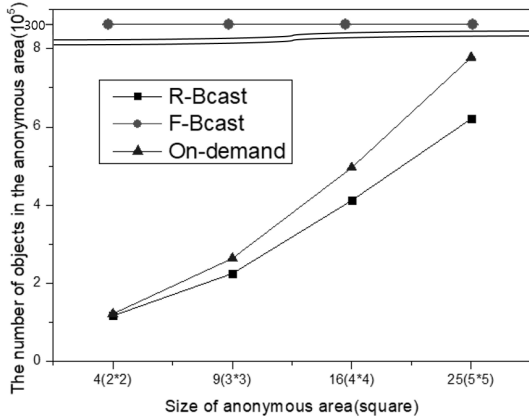


Fig. 6. The Number of Objects Broadcast According to the Size of the Anonymous Area

### 5. 결론

본 논문에서 우리는 요구기반 방식과 무선방송 방식의 장점을 취합한 새로운 R-Bcast를 제안했다. 실험 결과에서 보여지듯이 F-Bcast을 이용한 서버는 자신이 관리하는 모든 객체를 사용자에게 전송한다. 반면에 서버가 R-Bcast를 이용할 경우 서버가 관리하는 객체들 중 취합된 질의의 결과를 반영하여 스케줄링하기 때문에 방송 주기를 줄일 수 있었다. 방송 주기가 줄어들면 서버가 전송하는 데이터 전송량을 줄일 수 있기 때문에 통신비용이 절감된다. 그리고 질의자 입장에서 질의처리 시간을 감소시켰다. On-demand 기법과 R-Bcast를 비교한 결과 On-demand는 질의 요청 수만큼 응답하는 반면 R-Bcast는 질의 디렉토리를 통해 통합된 질의집합의 수만큼 응답하기 때문에 질의응답 횟수를 대폭 감소시키는 것을 확인했다. 향후 연구에서는 다중 객체와 다중 질의 등을 고려하여 좀 더 다양한 서비스제공이 가능한 통합형 질의처리 방안을 연구하고자 한다.

### References

[1] G. Chatzimilioudis, C. Costa, D. Zeinalipour-Yazti, W.-C. Lee, and E. Pitoura, "Distributed In-Memory Processing of All k Nearest Neighbor Queries," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol.28, No.4, 2016.

[2] B. Niu, X. Zhu, W. Li, H. Li, Y. Wang, and Z. Lu, "A personalized two-tier cloaking scheme for privacy-aware location-based services," in *Proc. IEEE International Conference on Computing, Networking and Communications*, pp.94-98, 2015.

[3] 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*, pp.1-10, 2015.

[4] X. He, R. Jin, and H. Dai, "Leveraging Spatial Diversity for Privacy-Aware Location-Based Services in Mobile Networks," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol.13, No.6, pp.1524-1534, 2018.

[5] K. Mouratidis, S. Bakiras, and D. Papadias, "Continuous Monitoring of Spatial Queries in Wireless Broadcast Environments," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol.8, No.10, pp.1297-1311, 2009.

[6] T. Imielinski, 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.

[7] Z. Yu, Y. Liu, X. Yu, and K. Q. Pu, "Scalable Distributed Processing of K Nearest Neighbor Queries over Moving Objects," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol.27, No.5, pp.1383-1396, 2015.

[8] J. Zhou, H. Teng, Z. Yu, D. Wang, and J. Wang, "Distributed processing of continuous range queries over moving objects," in *Proc. Information and Communications*, pp.800-810, 2017.

[9] G. Ghinita, P. Kalnis, A. Khoshgozaran, C. Shahabi, and K. -L. Tan, "Private queries in location based services: Anonymizers are not necessary," in *Proc. ACM SIGMOD International Conference on Management Data*, pp.121-132, 2008.

[10] R. Agrawal, J. Kiernan, R. Srikant, and Y. Xu, "Hippocratic databases," in *Proc. International Conference on Very Large Data Bases*, pp.143-154, 2002.

[11] C. -Y. Chow, M. F. Mokbel, and X. Liu, "A peer-to-peer spatial cloaking algorithm for anonymous location-based service," in *Proc. International Conference on ACM Advanced Geographic Information Systems*, pp.171-178, 2006.

[12] L. Sweeney, "K-anonymity: A model for protecting privacy," *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, Vol.10, No.5, pp.557-570, 2002.

[13] T. Allard, G. Hebrail, F. Masseglia, and E. Pacitti, "A New Privacy-Preserving Solution for Clustering Massively Distributed Personal Times-Series," in *Proc. International Conference on Data Engineering*, pp.1370-1373, 2016.

[14] 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.

[15] B. Niu, X. Zhu, X. Lei, and H. Li, "Privacy-area aware dummy generation algorithms for location-based services," in *Proc. IEEE International Conference on Communications*, pp. 957-962, 2014.

- [16] H. Liu, X. Li, H. Li, J. Ma, and X. Ma, "Spatiotemporal Correlation-Aware Dummy-Based Privacy Protection Scheme for Location-Based Services," in *Proc. IEEE Conference on Computer Communications*, pp.1-9, 2017.
- [17] D. Wu, Y. Zhang, and Y. Liu, "Dummy Location Selection Scheme for K-anonymity in Location based Services," in *Proc. IEEE Trustcom/BigDataSE/ICSS*, pp.441-448, 2017.



**이혜리**

<https://orcid.org/0000-0002-7559-4267>

e-mail : [hyelee0601@gmail.com](mailto:hyelee0601@gmail.com)

2003년 성신여자대학교 전산학과(학사)

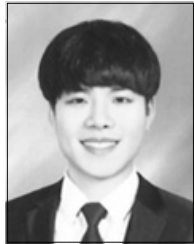
2006년 성신여자대학교 교육학과(석사)

2010년 성신여자대학교 컴퓨터학과  
(박사수료)

20010년~현 재 성신여자대학교 IT학부 및 융합보안공학과  
시간강사

20016년~현 재 삼육대학교 산학협력단 연구과제 연구원

관심분야 : Highly Reliable and Secure Software Development,  
etc.



**송두희**

<https://orcid.org/0000-0002-9802-7257>

e-mail : [dhsong@hytu.ac.kr](mailto:dhsong@hytu.ac.kr)

2010년 원광대학교 전기전자및정보공학부  
(학사)

2012년 원광대학교 정보통신공학과(석사)

2016년 원광대학교 정보통신공학과(박사)

2016년~2019년 원광대학교 정보통신공학과 시간강사 및  
초빙교수

2019년~현 재 서울한영대학교 교양학과 교수

관심분야 : Database, Privacy Protection, ect.



**박광진**

<https://orcid.org/0000-0003-1806-577X>

e-mail : [kjpark@wku.ac.kr](mailto:kjpark@wku.ac.kr)

2000년 고려대학교 컴퓨터학과(이학사)

2002년 고려대학교 컴퓨터학과(이학석사)

2006년 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)

2006년~2007년 프랑스 국립컴퓨터

과학연구소(INRIA) 박사후연구원

2008년~현 재 원광대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : Database, Distributed Computing, etc.