

# 모바일 환경을 위한 컨텍스트 기반 웹 서비스 탐색

심유석<sup>o</sup> 이경호

연세대학교 컴퓨터과학과

ysshim@icl.yonsei.ac.kr, khlee@cs.yonsei.ac.kr

## Context-based Web Service Discovery in Mobile Environments

Yoo-Seok Shim<sup>o</sup> Kyong-Ho Lee

Dept. of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

모바일 분산 환경은 네트워크의 행태가 시간에 따라서 동적으로 변화하는 특징을 가지고 있으며, 따라서 유연하고 정확한 서비스 탐색 방법은 매우 중요하다. 또한 사용자의 검색 조건에 가장 적절한 서비스를 제공하기 위해서, 컨텍스트 정보에 대한 고려는 필수적이다. 본 논문에서는 모바일 환경에서 보다 효율적으로 웹 서비스를 탐색할 수 있는 프로토콜을 제안한다. 서비스의 특성을 정의하기 위해서 사용되는 컨텍스트 항목들은 해당 서비스의 광고 속성을 적절하게 변경하기 위해서 사용된다. 본 프로토콜을 통해서 사용자는 컨텍스트에 기반하여 보다 정확히 서비스를 탐색할 수 있으며, 네트워크를 보다 효율적으로 사용할 수 있다.

### 1. 서 론

최근의 네트워크 환경의 급격한 발전과 디바이스의 성능 향상은 개별 디바이스들이 제공할 수 있는 서비스의 수준을 향상시켰다. 따라서 각각의 디바이스들은 다양한 형태의 서비스를 제공하게 되었으며, 이러한 다양한 서비스의 효율적인 사용을 위해서 각 디바이스들 간의 표준화된 접근 방법은 필수적이다. 이러한 측면에서, 표준화된 정의와 인터페이스(Interface)를 제공하는 웹 서비스 [1]는 자원의 효율적인 접근을 위해서 사용될 수 있다.

컨텍스트(Context)는 "주변 환경과 상황, 좁은 범위로 는 지역을 포함하는 사용자 또는 디바이스의 상태에 대한 지식" [2]으로 정의된다. 서비스 탐색 과정에서 이러한 컨텍스트 정보를 고려하기 위한 다양한 구조가 제안되었다. 하지만 이들은 Super Peer에 기반한 제한적 분산 환경을 대상으로 하거나 [3][4], 중앙화된 레지스트리를 통하여 컨텍스트 정보를 고려한다 [5]. 또한 에이전트 (Agent)를 이용하여 컨텍스트 정보를 고려하는 방법 [6]도 제안되었으나 모바일 분산 환경에서 실시간 서비스 탐색을 수행하기에 적합하지 않다.

유무선 네트워크 환경에서 서비스를 탐색하기 위한 프로토콜에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 대표적으로 Jini [7], Salutation and Salutation-lite [8], UPnP [9], UDDI 등을 예로 들 수 있다. 하지만, 기본적으로 유선 환경을 고려하고 있기 때문에, 모바일 분산 환경에는 적

용하기가 어렵다. 또한 서비스를 탐색하기 위해서 중앙화된 레지스트리를 이용하는 구조를 가지고 있기 때문에 모바일 분산 환경에 부적합하다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해, Chakraborty와 Finin에 의해서 GSD 프로토콜 [10]이 개발되었다. GSD 프로토콜은 중앙화된 탐색구조를 해결하기 위해서 각각의 개별 노드가 자신이 제공하는 서비스의 특징을 인접 노드에 광고하는 특징을 가지고 있다. 이러한 광고는 인접 노드의 캐쉬에 저장되어 서비스 탐색에 유용하게 사용된다 또한 서비스의 특징은 온톨로지를 통해서 기술되며 서비스 탐색에서 질의(Query) 메시지가 효율적으로 진행될 수 있도록 도와준다 [11]. 하지만 GSD 프로토콜도 컨텍스트 정보에 대한 고려는 이루어지지 않는다.

본 논문에서 제시하는 프로토콜은 기본적으로 이러한 GSD 프로토콜의 확장으로 개발되었다. GSD 프로토콜과는 달리 각 개별 노드는 자신의 상황에 맞는 컨텍스트 정보를 정해진 형식으로 광고하게 되며, 이러한 컨텍스트 정보는 서비스 탐색에 활용된다. 또한 광고의 범위 및 빈도가 일정하게 고정 되어 있지 않으며 자신의 상황에 맞게 동적으로 변화되어 효율적으로 네트워크를 사용할 수 있게 한다

### 2. 컨텍스트 기반 웹 서비스 탐색

본 논문에서 제안하는 방법은 앞서 언급한 GSD 프로토콜과 비교하여 다음과 같은 특징을 가진다. 1) 컨텍스트 정보를 활용하기 위해서 각각의 노드는 자신의 컨텍스트 정보를 CSCP(Comprehensive Structured Context Profiles) [12]를 통해서 제공한다; 2) 서비스를 분류하기 위해서 사용되는 온톨로지는 해당 분류에 속한 서비스

본 연구는 한국과학재단 특검기초연구 (R01-2006-000-10864-0(2007))지원으로 수행 되었음.

들이 충족해야 하는 컨텍스트 정보에 대한 참조를 포함하고 있다. 또한 컨텍스트 정보 중에서 지역 컨텍스트는 다른 컨텍스트에 비해서 중요하게 다루어진다 3) 각각의 노드는 자신이 보유하고 있는 서비스를 광고할 때 해당 서비스가 가지고 있는 컨텍스트 특성에 맞는 광고를 하게 된다. 이를 통해서 네트워크의 각 노드는 자신의 상황에 맞는 적절한 광고를 하게 되며 이를 통해 전체 네트워크 효율을 높일 수 있게 된다.

2.1 컨텍스트 모델과 & 광고 메시지

CSCP는 CC/PP를 확장하여 컨텍스트를 모델링한다. CSCP는 CC/PP와는 달리 어떠한 고정적인 계층 구조를 정의하지 않는다. 대신에 컨텍스트 정보를 표현하기 위해서 필요한 프로파일의 구조를 RDF/S를 통하여 유연하게 지원한다. 이러한 점 때문에 본 논문에서는 디바이스의 컨텍스트 정보를 정의하고 이를 이용하기 위하여 CSCP를 사용한다. 그림 1은 CSCP 프로파일의 예제를 보여준다.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:cscsp="context-aware.org/CSCP/CSCPPProfileSyntax#"
  xmlns:dev="context-aware.org/CSCP/DeviceProfileSyntax#"
  xmlns:net="context-aware.org/CSCP/NetworkProfileSyntax#"
  xmlns="context-aware.org/CSCP/SessionProfileSyntax#"
  <SessionProfile rdf:ID="Session">
    <cscsp:defaults rdf:resource=
      "http://localContext/CSCPProfile/previous#Session"/>
    <dev:device><dev:DeviceProfile>
      <dev:hardware><dev:Hardware>
        <dev:memory>9216</dev:memory>
      </dev:Hardware></dev:device></dev:DeviceProfile>
    </SessionProfile>
  </rdf:RDF>
```

그림 1. CSCP 프로파일 예제.

각각의 노드에서 광고하는 메시지는 자신의 컨텍스트 정보를 표현하기 위해서 위에서 설명하는 CSCP 정보를 담고 있다. 이러한 정보는 해당 노드의 광고 범위 내에 존재하는 이웃 노드의 캐쉬에 저장되게 되며, 후에 서비스 탐색의 요청이 실행될 때, 검색 결과에 컨텍스트 정보를 반영하기 위해서 사용된다.

2.2 서비스 분류 온톨로지의 확장

GSD 프로토콜에서는 각각의 노드에서 제공하는 서비스의 분류를 정의하고 원하는 서비스를 선택적으로 탐색하기 위해서 온톨로지 문서를 정의한다. 예를 들어, 프린트 관련 서비스의 경우에는, 입출력과 관련이 있는 하드웨어 서비스이므로, "Service/Hardware/Input\_Ouput/Printer"를 서비스 분류 정보로 갖게 된다.

본 논문에서는 이러한 서비스의 분류를 정의하기 위해 사용되는 온톨로지 문서에 해당 서비스 분류가 만족시켜야 할 컨텍스트 정보를 표현할 수 있도록 온톨로지 문서를 확

장한다. 시스템에서 고려해야 할 컨텍스트 항목은 온톨로지와는 별도의 파일로써 존재하며, 온톨로지 상의 각각의 노드는 파일에 존재하는 컨텍스트 항목에 대한 참조를 통해서 컨텍스트 정보를 정의하게 된다. 이를 통해서 해당 노드는 고유의 컨텍스트 속성을 갖게 된다 또한 각각의 컨텍스트는 그 중요도에 따라서 적절한 가중치를 부여 받게 된다 여기서 정의된 컨텍스트 정보는 서비스 탐색에서 뿐만 아니라 광고의 속성을 변화 시키는 데도 이용되게 된다 그림 2는 서비스 그룹에 대한 온톨로지와 컨텍스트 정의의 관계를 보여준다.

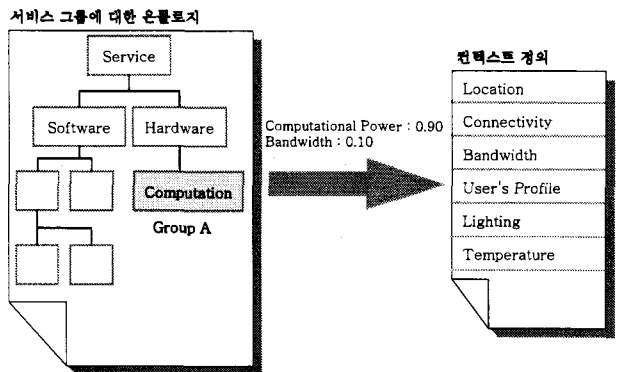


그림 2. 서비스 그룹에 대한 온톨로지와 컨텍스트 정의의 관계.

예를 들어, 위의 그림에서 Group A의 온톨로지 계층구조가 "Service/Hardware/Computation"라고 가정하면 컨텍스트 중에서 계산 능력이 서비스의 효율적인 사용을 위해서 중요한 요소가 되며, 따라서 해당 컨텍스트가 높은 가중치를 부여 받도록 정의된다. 이와 같이 온톨로지 상의 각각의 서비스 분류는 제공하는 서비스의 특성에 맞는 컨텍스트 속성을 적절한 가중치를 통하여 갖게 된다

2.3 컨텍스트에 따른 광고 속성의 변경

본 논문에서 네트워크를 구성하는 각각의 노드는 자신이 제공하는 서비스와 컨텍스트 정보를 주기적으로 인접 노드들에게 광고한다. 이러한 광고는 제공하는 서비스의 컨텍스트 속성에 따라서 광고 자체의 속성을 변경함으로써 보다 효율적으로 네트워크를 이용할 수 있다.

본 논문에서 광고의 속성은 광고가 이웃 노드로 전달되는 노드의 수를 의미하는 광고 반경(Advertisement Diameter)과 광고 메시지를 전송하는 시간 간격을 의미하는 광고 빈도(Advertisement Frequency)로 정의한다. 이를 통해 각각의 노드는 자신이 제공하는 서비스의 컨텍스트 속성에 맞는 광고 반경과 광고 빈도로 광고를 하게 된다. 예를 들어, 제공하는 서비스가 네트워크 대역폭(Bandwidth) 컨텍스트와 관련이 있는 서비스라면 변화의 주기가 비교적 짧은 대역폭의 속성상 짧은 주기의 광고 빈도로 광고하는 것이 효율적이다. 그와는 반대로 제공하는 서비스가 디바이스 주변 온도와 관련된 서비스라면 변화가

심하지 않은 온도의 특성상 비교적 긴 광고 빈도로 광고하는 것이 효율적이다.

또한 앞서 언급한 바와 같이 다양한 컨텍스트 정보들 중에서 위치(Location) 컨텍스트는 다른 컨텍스트에 비하여 훨씬 중요한 정보를 제공하게 된다. 따라서 위치 컨텍스트는 다른 컨텍스트에 비해서 높은 영향력을 가지고 처리하게 되며, 이는 광고 반경과 광고 빈도에 높은 영향을 미치게 된다. 즉, 해당 노드의 위치 컨텍스트가 변화하고 있다면, 큰 광고 반경과 짧은 주기의 광고 빈도로 광고하게 되며, 그를 통해서 해당 노드의 위치 이동을 먼 인접 노드까지 정보를 자주 전달하게 된다. 반대로, 해당 노드의 위치 컨텍스트가 일정 기간의 정지 상태를 유지하고 있다면, 이 먼 인접 노드에도 광고가 전달된 상황이므로, 작은 광고 반경과 긴 광고 빈도를 통해 광고를 수행한다.

표 1은 컨텍스트의 종류에 따른 광고 속성에 미치는 영향에 대해서 보여주고 있다. 위에서 언급한 바와 같이 지역 컨텍스트는 다른 컨텍스트에 비해서 광고의 속성에 미치는 영향이 크도록 특별하게 정의된다. 그 외의 컨텍스트들은 고유의 속성에 따라서 컴퓨팅 컨텍스트, 사용자 컨텍스트, 물리적 컨텍스트로 분류된다 [13].

표 1. 각 컨텍스트의 광고에 미치는 영향

컨텍스트 종류		반경	빈도
컴퓨팅 컨텍스트	Network Connectivity	2	4
	Communication Cost		
	Bandwidth		
사용자 컨텍스트	User's Profile	3	1
물리적 컨텍스트	Lighting	2	2
	Noise levels		
	Temperature		
	Location		

위의 표에서 알 수 있듯이 상대적으로 변화가 적은 사용자 컨텍스트(User Context)는 광고 빈도에 대한 매우 낮은 영향력을 가지고 있으며 변화가 심한 컴퓨팅 컨텍스트(Computing Context)는 광고 빈도에 대한 높은 영향력을 가지고 있다. 이를 통해서 각각의 노드는 보다 효율적으로 자신이 제공하는 서비스를 광고할 수 있게 된다.

또한 일반적으로 서비스는 각각의 기능에 따라서 다른 호출 빈도를 갖는다는 특징을 광고 반경에 적용하게 되면 서비스 탐색을 보다 효율적으로 할 수 있게 된다. 즉, 호출 빈도가 높은 서비스의 경우, 광고 반경을 보다 크게 설정함으로써, 서비스 탐색 시에 보다 적은 전달 노드의 수를 통해서 원하는 결과를 얻을 수 있게 한다. 이러한 서비스의 호출 빈도는 서비스를 제공하는 각 노드에서 관리하게 되며 시간에 따른 서비스의 호출 수에 대한 비율로서 계산할 수 있다.

2.4 광고 속성 변화 알고리즘

위에서 언급한 바와 같이 광고 속성은 광고 반경과 광고 빈도로 이루어지며, 각각의 값은 서비스의 컨텍스트 정보와 호출 빈도에 따라서 다른 값을 갖는다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

먼저 광고의 반경과 빈도가 가질 수 있는 범위는 상수로 설정되며, 각각의 값은 수식에서 광고 반경 최대값( $A_dMax$ ), 광고 반경 최소값( $A_dMin$ ), 광고 빈도 최대값( $A_fMax$ ), 광고 빈도 최소값( $A_fMin$ )으로 표현된다.

서비스의 호출 빈도는 서비스를 제공하는 각각의 노드에서 관리하며, 다음과 같은 수식을 통해서 얻을 수 있다.

$$\bullet \text{ 호출 빈도}(P) = \text{Max}(1, \text{초당 서비스 평균 호출 수})$$

만약 노드의 위치 컨텍스트가 변경되고 있다면 다른 컨텍스트의 반영은 무시되며, 이때 각각의 광고 반경과 빈도는 최대값으로 설정된다. 즉, 광고 반경은  $A_dMax$ 로 설정되며 광고 빈도는  $A_fMax$ 로 설정된다. 이를 통해서, 위치가 이동되는 노드는 멀리에 존재하는 노드까지 광고를 전달하게 된다.

만약 노드의 위치가 변화하지 않는다면, 그 외의 다른 컨텍스트 정보의 조합을 통해서 광고 속성을 구하게 되며 이때 각각의 광고 속성은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 광고 반경} = A_dMin + P \times \sum_{i=0}^n (Vd_i \times W_i \times C_i)$$

$$\bullet \text{ 광고 빈도} = \text{Min}(A_fMax,$$

$$A_fMin + (A_fMax - A_fMin) \times P \times \sum_{i=0}^n (Vf_i \times W_i \times C_i))$$

- $n$  : 서비스에 대한 컨텍스트 항목 수
- $Vd_i$  : 각 컨텍스트의 광고 반경에 미치는 영향
- $Vf_i$  : 각 컨텍스트의 광고 빈도에 미치는 영향
- $W_i$  : 각 컨텍스트에 대한 가중치
- $C_i$  : 측정된 컨텍스트의 값

2.5 탐색 과정

본 논문에서 제시된 프로토콜을 통한 웹 서비스의 탐색은 기본적으로 GSD 프로토콜의 탐색과정과 유사하다. 차이점은 사용자가 서비스 요청을 할 때 요청 질의에 필요로 하는 서비스가 만족시켜야 할 컨텍스트 정보가 추가 된다는 점이다. 이를 통해 기본적인 GSD 프로토콜의 서비스의 탐색을 통해서 원하는 서비스를 찾은 후, 탐색된 서비스가 사용자가 요청한 컨텍스트 정보를 만족하는 지를 비교하여 최종적으로 사용자에게 반환한다. 서비스 요청 시에 컨텍스트 정보의 기술은 위에서 언급한 바와 같이 CSCP를 통해서 이루어진다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제시한 프로토콜은 기존의 GSD 프로토콜에 비하여 서비스 탐색에 컨텍스트 정보를 반영한다는 점과

각 컨텍스트의 특징을 고려하여 효율적인 광고를 한다는 특징을 가지고 있다. 컨텍스트 정보의 사용은 사용자의 검색 요청에 대한 결과의 정확도를 높인다

따라서 컨텍스트 정보의 사용은 필수적이며 실험의 설계는 컨텍스트의 필요성보다는 컨텍스트를 사용하는 것이 네트워크에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 실험을 진행하였다. 먼저, 광고의 속성이 컨텍스트 속성에 맞게 변화할 때, 실제 네트워크의 광고 메시지 수를 측정하였다. 이를 통하여 광고 속성의 변화가 전체 네트워크의 효율에 미치는 영향을 측정할 수 있다. 또한 광고의 속성이 변화할 때, 실제 탐색에 필요한 홉(hop)수를 측정함으로써, 얼마나 효율적으로 검색이 이루어지는 지에 대해서도 실험하였다 또한 각각의 서비스의 호출 빈도를 광고 속성에 반영할 때의 변화도 측정하였다.

표 2. 실험에서 사용된 변수

항목	값
실험 시간	100 초
노드의 개수	50, 200
네트워크 환경	100, 300
광고 환경	8
광고 빈도	4초당 한번
컨텍스트에 따른 광고 환경	(6 ~ 10)
컨텍스트에 따른 광고 빈도	(2 ~ 6) 초당 한번
위치 컨텍스트 변경 빈도	초당 2%의 확률로 변화함
그 외의 컨텍스트 변경 빈도	각 컨텍스트 속성에 의존
서비스 탐색 호출 빈도	1초당 한번

먼저 컨텍스트 정의에 의한 광고 속성의 변경이 광고 메시지 수에 미치는 영향을 검증하기 위하여, 컨텍스트의 특징에 의하여 동적으로 변화하는 광고 속성을 갖고 있는 노드들과 컨텍스트에 변화에 무관하게 일정한 광고 속성을 갖고 있는 노드들을 가정했다. 예를 들어서, 위치 컨텍스트의 경우는 정해진 시간동안에 이동과 정지를 반복하도록 설정하였다. 또한 그 외의 컨텍스트는 표 1에서 분류항목 별로 하나를 설정하고 그 값을 일정하게 변경하였다. 이러한 환경에서, 각각의 노드가 자신의 컨텍스트에 맞는 광고 속성으로 광고를 할 때의 광고 메시지의 수를 일정한 광고 속성으로 광고 할 때의 광고 메시지 수와 비교를 하였다. 광고 속성이 일정할 때의 광고 환경은 8, 광고 빈도는 4초당 한번으로 설정하였다. 실험은 각각의 조건에 대해서 3번 진행하였으며, 각 값들의 평균값을 측정하였다.

그림 3은 컨텍스트 특성에 의한 광고 속성의 변경이 광고 메시지의 수에 미치는 영향을 보여준다. 그래프에서 보는 것과 같이 광고 속성의 변경은 전체 광고 메시지의 수를 다소 증가시키는 것을 알 수 있다. 이는 컨텍스트 변화에 따른 광고 메시지의 증가와 감소가 서로 상쇄되어 일정한 광고 속성을 갖는 환경과 동일하기 때문으로 생각할 수 있다. 광고 메시지의 증가는 위치 컨텍스트의 변화에 원인

이 있으며, 이는 서비스 탐색에 효율적으로 사용되므로 수용될 수 있다.

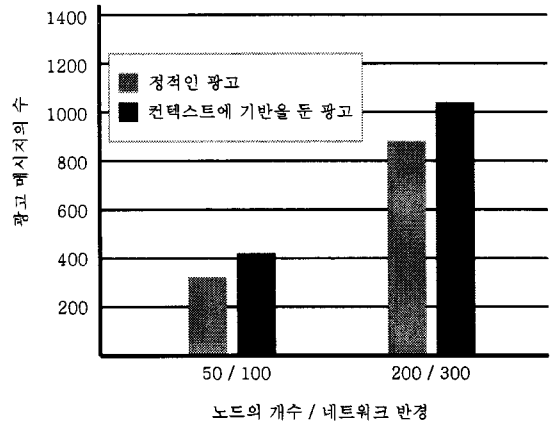


그림 3. 광고 속성의 변경이 광고 메시지 수에 미치는 영향.

또한 위의 실험 환경을 바탕으로 실제로 컨텍스트에 기반을 둔 서비스 탐색 질의(Query)를 보낼 때, 서비스 탐색에 필요한 홉(hop) 수를 측정함으로써, 서비스 탐색의 효율을 실험하였다. 표 1에서 제시된 것처럼, 서비스 탐색의 호출은 초당 1회 이루어지게 되며, 존재하는 서비스의 종류 별로 균일하게 호출하도록 설정하였다.

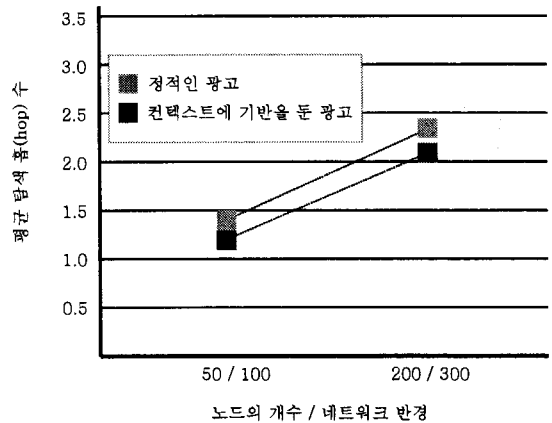


그림 4. 광고 속성의 변경이 서비스 탐색 홉(hop)수에 미치는 영향.

그림 4는 광고 속성의 변경에 따르는 실제 서비스 탐색에 필요한 홉(hop)수를 보여준다. 그래프에서 보는 것과 같이, 컨텍스트 속성에 따른 광고 속성의 변경은 실제 서비스 탐색에 필요한 홉(hop)수를 감소시킴을 알 수 있다. 이는 특히 서비스의 이동시에, 순간적인 광고 범위와 빈도의 증가와 같은 컨텍스트 정보의 반영에 원인을 두고 있다.

또한, 컨텍스트 정보뿐만 아니라, 특정 서비스의 호출 빈도가 광고 속성에 영향을 미칠 때의 서비스 탐색의 효율도와 위와 같은 실험 방법으로 측정 되었다. 존재하는 서비스 중에서 특정 서비스의 호출 빈도수를 높게 하는 방법으로 실험이 진행 되었으며, 이는 서비스 탐색에 필요한 홵(hop) 수를 보다 감소시키는 효과가 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구

GSD 프로토콜은 모바일 분산 환경에서 온톨로지에 의한 서비스의 분류와 서비스 정보의 광고를 통해서 효율적인 서비스 탐색을 지원한다. 이는 기존의 프로토콜이 갖고 있던 중앙화된 탐색구조가 갖는 문제를 해결한다.

본 논문에서는 이러한 GSD 프로토콜을 확장하여 서비스 탐색에서 유용하게 사용될 수 있는 컨텍스트 정보를 추가 하였으며, 컨텍스트에 기반을 둔 광고 속성의 정의를 통해서 보다 효율적으로 네트워크를 사용할 수 있게 한다 또한 실험을 통하여 본 논문에서 제시한 프로토콜이 실제 서비스 탐색에서 효율을 높일 수 있음을 입증 하였다.

향후 연구로는 동적으로 광고 속성이 변화할 때 이를 인접 노드에서 효율적으로 캐시에 저장하기 위한 전략과 컨텍스트 정보의 정확한 분류와 정의에 대해서 연구할 것이다.

#### 5. 참고 문헌

[1] World Wide Web Consortium, Web Services, <http://www.w3c.org/2005/ws>.  
 [2] Albrecht Schmidt, Kofi Asante Aidoo, Antti Takaluoma, Urpo Tuomela, Kristof Van Laerhoven, and Walter Van de Velde. "Advanced interaction in context", Proc. First International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, pp. 89-101, 1999.  
 [3] Christos Doukeridis, Vassilis Zafeiris, Kjetil Nørvg, Michalis Vazirgiannis and Emmanouel A. Giakoumakis, "Context-based caching and routing for P2P web service discovery," Distributed and Parallel Databases, Vol. 21 , Issue 1, pp. 59-84, 2007.  
 [4] E. Ayorak and A.B. Bener , "Super Peer Web Service Discovery Architecture," Proc. International Conference on Data Engineering, pp. 1360-1364, 2007.  
 [5] Christos Doukeridis, Efstratios Valavanis, Michalis Vazirgiannis, "Towards a Context-Aware Service Directory", In the Proceedings of the 4th VLDB Workshop on Technologies on E-Services (TES'03), pp. 54-65, 2003.  
 [6] M. Sheshagiri, N. Sadeh, F. Gandon, "Using Semantic Web Services for Context-Aware Mobile Applications," Proc. MobiSys Workshop on Context Awareness, 2004.

[7] K. Arnold, B.Osullivan, R.W.Scheifler, J.Waldo and A.Wollrath, The Jini Specification (The Jini Technology). Addison-Wesley, 1999.

[8] The Salutation Consortium Inc., Salutation Architecture Specification Part 1, Version 2.1 Edition, <http://www.salutation.org>, 1999.

[9] R. John, "UPnP, Jini and Salutation-A Look at Some Popular Coordination Frameworks for Future Network Devices," Technical Report of California Software Labs, 1999.

[10] Dipanjan Chakraborty and Tim Finin, "Toward Distributed Service Discovery in Pervasive Computing Environments," IEEE Transactions on Mobile Computing , Vol. 5 , Issue 2, pp. 97-112, 2006.

[11] D. Chakraborty, F. Perich, S. Avancha, and A. Joshi, "DReggie: A Smart Service Discovery Technique for E-Commerce Applications," Proc. Workshop in conjunction with 20th Symp. Reliable Distributed Systems, 2001.

[12] A. Held and S. Buchholz, and A. Schill, "Modeling of Context Information for Pervasive Computing Applications," Proc. of the 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, 2002.

[13] Bill Schilit, Norman Adams, and Roy Want, "Context-Aware Computing Applications," Proc. Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 85-90, 1994.