이동 애드 혹 네트워크를 위한 사회적 관계 인식 라우팅 프로토콜

(Social-relation Aware Routing Protocol in Mobile Ad hoc Networks)

안 지 선 † 고 양 우 †
(Jisun An) (Yangwoo Ko)

이 동 만 ††
(Dongman Lee)

요 약 본 논문에서는 컨텐츠 공유 응용에 관한 이동 애드 혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜에 대하여 제안한다. 응용에 참여하는 사용자들간의 사회적 관계를 라우팅 프로토콜에 적용하여 컨텐츠 공유를 돕도록 한다. 우리의 기법은 사회적 관계를 이용하여 사용자들의 컨텐츠 소비 패턴을 예측할 수 있는 상황에서 컨텐츠를 보다 빠르게 얻어오고 같은 컨텐츠에 대한 여러 요청으로 인해 생기는 네트워크의 부담이 줄게 하여 컨텐츠 공유와 같은 응용을 지원 할 수 있다. 제안된 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 위하여 네트워크 시뮬레이터 NS2를 사용하여 최단 경로 라우팅 알고리즘과 비교해 보았다.

키워드 : 사회적 관계, 애드 혹 네트워크, 라우팅 프로토콜

Abstract In this paper, we consider mobile ad hoc network routing protocols with respect to content sharing applications. We show that by utilizing social relations among participants, our routing protocols can improve its performance and efficiency of caching. Moreover, in certain situation which we can anticipate pattern of user's content consumption, our scheme can help such applications be more efficient in terms of access time and network overhead. Using NS2 simulator, we compare our scheme to DSDV and routing protocol using shortest path algorithm.

Key words : Social-relation, ad hoc network, routing protocol

· 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업 [2008-F-047-01, Urban Computing Middleware 기술 개발]과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업 [2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구]의 일환으로 수행되었습니다.
· 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 '이동 애드 혹 네트워크를 위한 사회적 관계 인식 라우팅 프로토콜'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 한국정보통신대학교 전산과
jisun@icu.ac.kr
newcat@icu.ac.kr
†† 종신회원 : 한국정보통신대학교 전산과 교수
dlee@icu.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 28일
심사완료 : 2008년 10월 20일

Copyright@2008 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 제14권 제8호(2008.11)

1. 서 론

모바일 사회적 소프트웨어(Mobile Social Software, 이후 MoSoSo)는 서로 근접한 사용자들 사이에서 그들의 관심사를 기반으로 사회적 네트워크를 찾고 컨텐츠 공유와 같은 자연적이고 자발적인 상호 작용을 통하여 사회적 관계를 형성하고 유지하는 것을 도와준다. 현재까지 이동 애드 혹 네트워크에서 동작하는 대부분의 컨텐츠 공유 응용들은 1-hop 거리 안에 있는 사용자들을 대상으로 동작한다. 즉 사용자가 지니고 있는 이동 장비(예를 들면 핸드폰이나 PDA)가 1-hop 거리 안에 있다고 가정하였다[1-4]. 이러한 통신 거리의 제한은 관심사가 비슷한 사람을 실제로 찾을 확률을 감소시킴으로써 MoSoSo의 가치를 저하시킨다[5]. 더욱이 이것은 관심사가 담긴 사용자의 프로파일을 낯선 사람과 얼굴을 마주보면서 교환해야 하는 상황을 만들어내므로 이를 꺼려하는 사용자들의 참여를 제한시킨다. 그러므로 MoSoSo와 같은 응용들의 실행 가능성을 증대시키기 위해서는 멀티 홉 통신이 필요하다.

MoSoSo 응용의 사용자들은 공동의 관심사에 따라 그룹을 형성하고 대개의 경우 그룹 내의 멤버들 사이에서 컨텐츠가 교환된다. 컨텐츠는 사용자들의 경험이나 관심사가 표출 되는 도구로써 이를 공유하는 것은 사회적 관계를 생성 및 유지하기 위한 대표적인 방법이다. 형성된 그룹에는 흔히 그룹 내 대부분의 사용자들로부터 요구되는 인기 있는 컨텐츠가 있다. 이러한 응용 수준의 특성(응용만이 알고 있는 정보)들은 라우팅에서 활용 되어 그 효능을 강화시킬 수 있다. 이전부터 응용의 요구를 라우팅 프로토콜에 반영하는 여러 기법들이 연구되어 왔다. 예를 들면, [6]에서는 중간 노드(node)의 QoS(Quality of service)를 라우팅 경로를 정하기 위한 주된 요소로 고려하였다. 그러나 기존 연구 중에는 지연 관대적 네트워킹(delay tolerant networking) 또는 기회주의적 네트워크(opportunistic networks)를 위한 라우팅 기법[7]을 제외하고 이동 애드혹 네트워크를 위한 라우팅 경로를 설정하기 위해 사회적 관계를 주된 요소로 고려한 사례

는 찾아볼 수 없다. 더욱이 [7]에서는 DTN의 환경에서 한 홉 너머에 정보를 전달 할 때 사회적 관계를 이용하는 것에 비하여 우리는 즉시적 상호 작용이 이루어지는 MANET 환경에서 라우팅 경로를 찾기 위해 사회적 관계를 이용함으로써 차별성을 갖는다.

MoSoSo의 시나리오에서 사용자의 컨텐츠는 그것에 관심이 있는 그룹 내의 다른 사용자들에 의하여 소비되고 이 소비자들은 컨텐츠 소유자와 공동의 관심사를 공유할 가능성이 높다. 따라서 사회적 관계[1]는 누구의 컨텐츠가 누구로부터 요청될 것인지를 예측하는 좋은 기준이 될 수 있다. 이러한 관찰을 바탕으로 우리는 이동 애드 혹 네트워크에서 컨텐츠 공유 MoSoSo 응용을 위한 사회적 관계 인식 라우팅 프로토콜을 제안한다.

우리의 기법은 사용자의 관심사를 이용한 캐싱과 경로 선택 방법을 포함한다. 컨텐츠를 공유하는 응용에서 컨텐츠를 캐싱하여 이용하면 성능을 높일 수 있다. 이 캐싱은 전달 된 컨텐츠에 대하여 사용자의 관심도에 따라 결정된다. 또한 캐싱의 효율성을 높이기 위해서는 사용자가 관심 있어 할 만한 컨텐츠를 캐싱해야 하고, 이것은 컨텐츠가 지나가는 경로에 의해 결정된다. 즉, 캐싱의 기준이 되는 사용자의 관심사(응용 레벨에서만 알 수 있는 정보)를 기반으로 사용자들 사이의 사회적 관계를 유추하여 라우팅 프로토콜에 적용함으로써 캐싱과 라우팅의 성능을 최대화 할 수 있다. 우리의 기법은 이웃 노드를 캐시로 간주하여 사용하고 사회적 관계를 이용하여 라우팅 테이블을 생성한다. 다음으로 우리의 기법을 좀 더 자세히 설명하기에 앞서 시나리오를 바탕으로 어떠한 기능이 필요한지에 대하여 알아보도록 한다.

2. 관련 연구 및 디자인 고려사항

이동 애드 혹 네트워크에서의 컨텐츠 공유 응용의 간단한 예로 사용자가 응용을 시작하면 네트워크 내에 사용자가 관심 있어 할 만한 컨텐츠를 사용자에게 보여주고 사용자가 선택해서 볼 수 있게 하는 것이 있다. 이를 위해 사용자가 특정 컨텐츠 요청하면 가져오는 기능이 필요하며 이 외의 다른 기능은 지원된다고 가정했을 때 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다. 요청된 컨텐츠를 소유한 노드가 멀리 있으면 가져오는데 시간이 많이 걸리고 같은 컨텐츠에 대한 중복된 요청으로 전송 량이 증가한다. 이것은 이웃 노드를 캐시(저장소)로 이용함으로써 해소 될 수 있으며 이 때에 사용자의 관심에 맞는 컨텐츠를 저장함으로써 그 효과를 증대시킬 수 있다. 이를 위해서 데이타의 요구/전송 시에 저장된 컨텐츠의 hit ratio를 높일 수 있어야 한다.

Active cache[8]는 인터넷 환경에서 데이타를 담고 있는 서버와의 접촉 없이 데이타를 동적으로 캐시 하는 것에 대해 제안하였다. PostCard[9]는 사용자의 이동성이 늘어남으로 인한 네트워크의 데이타 전송 량을 줄이기 위해 hop-by-hop 캐시 기법을 제안하였다. 예컨대 유명하거나 인기 있는 데이타에 대해서 미래에 사용자가 필요로 할 경우를 대비해 미리 캐싱을 해야 한다고 주장한다. 우리의 시나리오를 만족시키기 위해서는 사회적 관계를 이용하여 사용자가 관심 갖을 만한 컨텐츠를 캐시 할 수 있어야 한다. 두 연구 모두 캐시 기법을 제공하지만 사회적 관계를 고려하지 않으므로 두 연구 모두 요구사항을 만족시키기에는 부족하다.

MANET 환경에서 활용 가능한 데이타 전달 기법으로는 규모가 작은 그룹의 통신을 효율적으로 지원하기 위한 Small Group Multicast[10], 최단 거리를 찾아 데이타를 전송하는 MANET routing protocol (DSDV[11], AODV[12], DSR[13]), 컨텐츠에 ID를 붙이고 특정 컨텐츠를 요구했을 때 그것을 갖고 있는 노드를 알려주는 P2P protocol(Chord[14]), 사용자가 관심 있는 컨텐츠에 대해 구독 신청을 해 놓으면 관심 있는 주제에 대해 발간된 모든 컨텐츠가 사용자에게 전달되는 Publish/subscribe[15,16]등이 있다.

기존의 MANET 라우팅 프로토콜들은 컨텐츠에 대해 캐시을 하거나 캐시 되어 있는 컨텐츠를 가지고 오는 프로토콜을 포함하지 않고 있으므로 비효율적인 동작을 하게 된다. 예를 들면 중간 노드가 내가 요청한 컨텐츠를 가지고 있음에도 불구하고, 그 컨텐츠의 원본을 가진 노드에게 요청을 해서 가져와야 한다. P2P의 경우는 응용 레벨의 프로토콜이므로 사회 관계 기반의 캐시를 포함하게 구현할 수 있으나, 대개의 경우 다양한 컨텐트를 효율적으로 접근하는 방법에 관심을 두고 있을 뿐 사회적 관계, 캐시 가능성 등은 고려하지 않고 있다. Pubish/subscribe 기법의 경우 데이타를 전달하는 데 push(사용자의 특별한 요청 없이 컨텐츠를 가져다 주는)의 형태를 따르고 있다. 이것은 요청/응답의 기능을 제대로 뒷받침 하기 힘들다. 예를 들어 내가 구독 신청을 하지 않은 컨텐츠를 얻기 위해서는 발행자의 주소를 알아야 한다. 이것은 publish/subscribe의 구독자와 발행자의 분리 개념을 위반하며 요청을 위해서는 모든 발행자의 주소를 알고 있어야 한다는 것을 의미한다.

따라서 우리의 기법은 다음과 같은 사항들을 고려할 필요가 있다. 첫째, 사회적 관계를 고려하여 컨텐츠를 저장 할 수 있어야 한다. 둘째, cache hit ratio(CHR, 저장해 두었을 경우 미래에 누군가에 의해 소비되는 비율)를 예측하여 계산할 수 있어야 한다. 셋째, CHR을

1) 사용자 사이의 사회적 관계를 결정하는 여러 요소들 중 본 논문에서는 컨텐츠에 대한 공동 관심사 만을 고려한다. 그룹 이동성과 같은 부가적인 요소는 향후 연구로 남겨둔다.

알고 있다고 가정했을 때, 비용에 비하여 CHR의 효율이 좋은 경로를 선택할 수 있어야 한다.

다음 장에서는 위의 디자인을 고려한 우리의 기법을 소개한다.

3. 사회적 관계 인식 라우팅 프로토콜

우리의 기법에서 공동 관심사를 이용하여 계산된 사회적 관계는 여러 측면에서 사용 된다. 이 값은 컨텐츠의 캐시 여부를 결정 하는 척도가 됨과 동시에 라우팅 테이블을 형성하기 위해 경로를 선택하는 기준이 된다.

3.1 가정

우리는 다음과 같은 것을 가정한다.

- 사용자 프로파일에 기술되어 있는 사용자의 관심사는 사용자의 이동 장비에 저장되어 있다. [17]에 나타나있는 것과 같은 사용자의 프로파일이 다른 사용자들에게 분배되고 사회적으로 관계된 사용자를 찾는데 사용된다.
- 컨텐츠는 메타 정보와 함께 전달되며, 이것은 사용자의 관심사와 매치하기 위해 사용 된다.
- 요청을 하기 위해 필요한 컨텐츠 목록은 사용자들 사이에 교환된다.
- 컨텐츠의 특징과 사용자의 관심사는 실수로 표현될 수 있으며, 컨텐츠의 특징은 그것을 공급하는 사용자의 관심사에 의해 결정된다.
- 사용자의 프로파일과 컨텐츠에 담긴 메타 정보의 매치 여부를 결정하기 위한 방법은 주어진다고 가정하며 그 결과는 0과 1 사이의 실수로 표시된다. 사회적 관계를 계산하는 식은 정의되어 있다.

3.2 사회적 관계 인식 캐싱 기법

노드는 미래에 소비될 가능성이 있는 컨텐츠를 저장해 둔다. 누군가의 요청에 의해 응답된 컨텐츠가 전달되었을 때 노드는 그 컨텐츠에 대한 CHR을 계산하여 저장 여부를 결정한다. CHR은 다음과 같은 식에 의해 계산될 수 있다.

$$F(i,c) = 1 - |c - i| \quad (1)$$

여기서 c는 받은 컨텐츠의 특성을 표현하는 실수, i는 노드의 관심사를 표현하는 실수이다. F(i, c) 값이 클수록 사용자는 컨텐츠에 대하여 더 관심이 많다는 것을 의미한다.

3.3 사회적 관계 인지 라우팅 테이블 생성 및 유지

사회적 관계 인지 라우팅 테이블을 생성하기 위한 기본 알고리즘은 두 가지 측면을 제외하고 DSDV와 매우 유사하다. 첫 번째로 DSDV는 링크 에러가 생겼을 때 테이블을 교환하여 테이블의 정확성을 높이는 반면에 우리는 성능 평가를 쉽게 하기 위하여 위와 같은 업데이트 기법을 적용하지 않았다. 두 번째로 DSDV가 라우팅 경로를 선택하기 위한 기준으로 홉 수를 이용한 반면 우리는 효용성 값을 이용하였다. 우리의 기법에서는 각 경로마다 효용성 값을 갖게 되며, 사회적 관계는 효용성 값의 한 부분으로 활용된다. 높은 효용성 값은 그 경로에 속한 중간 노드들이 목적지 노드가 보낸 컨텐츠를 소비할 확률이 높다는 것을 의미한다. 그러므로 목적지를 향한 여러 경로들 중에서 가장 높은 효용성 값을 가진 경로가 선택된다.

중간 노드는 다른 노드로부터 라우팅 테이블을 받았을 때 목적지에 대한 CHR을 계산한다. 우리는 각 노드는 자신이 관심 갖고 있는 컨텐츠를 소유하고 있다고 가정한다. 즉 컨텐츠의 특성은 사용자의 관심사 값에 의해 결정된다. 그러므로 i가 중간 노드의 관심사 값이고 j가 목적지 노드의 관심사 값이라고 하면 F(i, j), 즉 식 (1)을 이용하여 CHR을 계산할 수 있다. 라우팅 테이블의 각 경로는 목적지 노드로부터 보내지는 컨텐츠를 그 경로에 있는 중간 노드들이 소비할 확률과 더불어 홉 수를 고려하여 효용성 값을 계산한다. 효용성 값은 아래의 식을 이용하여 계산될 수 있다.

$$U(d) = \sum_{i \in I} (1-e)^n F(i,d) \quad (2)$$

i는 중간 노드, d는 목적지 노드, e는 링크 에러율, n은 중간 노드로부터 목적지 노드까지의 홉 수를 의미한다. 이 식을 통해 두 경로의 CHR의 합이 같을 때 보다 홉 수가 적은 경로를 선택할 수 있다. 또한 링크 에러율에 따라 최단 거리가 아니더라도 충분히 큰 효용성 값을 가진 경로가 선택될 수 있다. 만약 링크 에러율이 매우 크다면 우리의 기법은 큰 효용성 값을 가진 경로대신 최단 거리를 가진 경로를 선택하게 된다.

4. 성능 평가

NS2 시뮬레이터를 이용하여 컨텐츠의 요청과 응답에 대해 DSDV, 프로액티브 최단 경로 라우팅 알고리즘과 우리의 기법을 비교하는 시뮬레이션을 하였다. 구현 환경은 표 1에 나타나 있다.

우리는 성능 평가를 위하여 간단한 요청/응답 응용을 구현하였다. 사용자가 컨텐츠를 요청하면 자신의 캐시를 먼저 확인하여 가지고 있지 않다면 원본을 가지고 있는 노드에게 요청한다. 요청 메시지는 원본을 가지고 있는 노드에게 도달하기 위한 경로를 따라 전달되고 요청된 컨텐츠를 가지고 있는 노드에 의해 바로 응답 메시지와

표 1 구현 환경

노드의 개수	40	1 홉 통신 범위	250m
총 요청 개수	160	총 실험 시간	550s
버퍼의 크기	20	컨텐츠의 크기	1000B
라우팅 테이블 광고 주기		15s	
면적	1×1(km^2)	링크 에러율	0.1

함께 컨텐츠가 전달될 수 있다. 응답되는 컨텐츠는 앞서 말한 캐싱 기법에 의해 중간 노드에 의해 저장될 수 있다. 40개의 노드 중 10개의 노드가 일정 시간 간격으로 관심사 값이 높은 순으로 16개의 컨텐츠를 요청한다. 160개의 요청 중에 받은 컨텐츠의 개수, 하나의 컨텐츠를 받아오는 데 걸리는 평균 시간, 하나의 컨텐츠를 전송받기 위해 드는 평균 바이트 수를 측정하였다. 또한 분석을 위하여 받아온 컨텐츠들을 각 출처 별로 나누어 보았다. 결과는 다음과 같다.

그림 1에서 우리의 기법인 social aware routing algorithm(SRRT)이 DSDV나 Routing Protocol using proactive Shortest Path algorithm(RPSP라 부르도록 하겠다.) 보다 자신 또는 중간 노드의 캐시에서 받은 컨텐츠의 수가 더 많은 것을 알 수 있다. 즉 사회적 관계를 고려한 라우팅 알고리즘을 통해 같은 경로에 있는 사용자들은 비슷한 관심도를 갖게 되고, 이 경로를 통해 컨텐츠를 전송함으로써 관심 있는 컨텐츠를 캐시하는 중간 노드들에게 캐시 기회를 제공한다. 이는 컨텐츠가 캐시에 저장되어 있을 확률을 높임으로써 보다 나은 전송률을 보이게 한다. 이 결과는 우리의 기법이 요청의 패턴이 컨텐츠의 제공자와 소비자 사이의 사회적 관계와 상관 관계가 있는 상황을 더 효율적으로 지원할 수 있다는 것을 알려 준다.

또한 이것은 [9,18]에서 제안된 것과 같은 미래의 사용을 위하여 정보를 미리 저장하고 필요할 때 접근하여 사용하는 형태 응용에서 사회적 관계가 유용하게 이용될 수 있다는 가능성을 보여준다.

그림 2의 결과는 160개의 요청 중에 응답을 받은 컨텐츠의 수를 나타낸다. 우리의 기법이 RPSP에 비해 더 많은 수의 컨텐츠를 받는다는 것을 알 수 있으며 그 차이는 사용자의 이동 속도가 증가함으로써 더 증가한다. 이동 속도가 증가할수록 전송률은 낮아졌다. 그렇지만 SRRT는 캐시에서 더 많은 컨텐츠를 가져오기 때문에 RPSP에 비하여 더 낮은 성능 저하를 보인다.

그림 2와 3을 보면, 우리 기법의 평균 접근 시간이 더 빠른 것을 알 수 있다. 이것 역시 우리의 기법이 캐시에서 가져오는 컨텐츠의 개수가 더 많기 때문에 생기는 결과이다.

그림 4는 하나의 컨텐츠를 받아오는데 드는 byte의 수를 나타낸다. 우리의 기법이 네트워크에 부담을 적게 준다는 것을 알 수 있다.

우리의 기법은 DSDV의 링크 에러로 인한 업데이트 기법을 적용하지 않았기 때문에 컨텐츠를 요청하여 받기 위해 네트워크에 주는 부담이 DSDV에 비하여 더

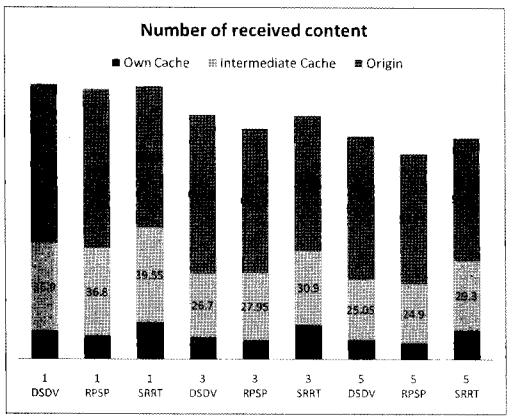

그림 1 노드의 최대 이동 속도 별 받은 컨텐츠의 수

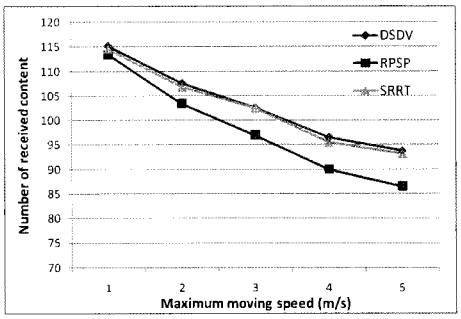

그림 2 노드의 최대 이동 속도 별 받은 컨텐츠의 수

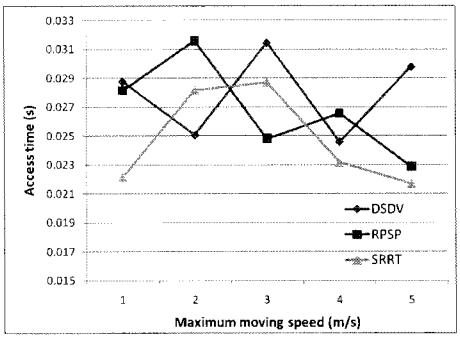

그림 3 노드의 최대 이동 속도 별 컨텐츠 평균 전송 시간

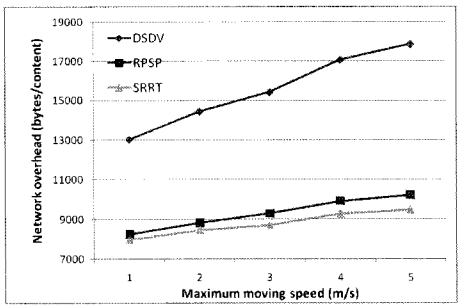

그림 4 노드의 최대 이동 속도 별 네트워크 오버헤드

적다. 그럼에도 불구하고 다른 두 가지 측면에서는 DSDV에 버금가는 성능을 보인다. 현재에는 컨텐츠의 크기를 1000bytes(1 패킷)로 가정하였기 때문에 그 차이가 크지 않다. 예를 들어 컨텐츠의 크기가 커서 한 패킷으로 전송되지 않고 여러 패킷으로 나뉘어 전송된다면 컨텐츠의 접근 시간이나 네트워크에 주는 부담이 더 커질 것이다. 우리의 기법은 사회적 관계를 이용하여 전송하고 캐시함으로써 이러한 상황에 효율적으로 대처할 수 있다. 시나리오를 현실적으로 개정함으로써 사회적 관계가 가져다주는 효과가 더 명확해 질 것이라고 기대한다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 이동 애드 혹 네트워크에서 컨텐츠 공유 MoSoSo를 위한 사회적 관계 인식 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 본 논문은 사회적 관계를 네트워크에 적용시키는 시작점이며 사회적 관계를 이용하는 것의 잠재적인 가능성에 대하여 밝힌 것으로 큰 의의가 있다.

우리는 많은 것을 향후 과제로 남겨 두고 있으며 그 중 두 가지가 가장 중요한 것으로 보인다. 먼저 사회적 관계를 이용하지 않는 응용을 포함한 다양한 종류의 응용들이 어우러져 있는 환경에서 우리의 SRRT의 실행 가능성과 성능을 평가해야 한다. 둘째로 우리는 컨텐츠의 특성과 사용자의 관심사가 측정될 수 있고 실수로 표현될 수 있다고 가정하였으나 컨텐츠를 소비하는 패턴에 영향을 미치는 요인 들이 많이 있기 때문에 이 가정이 현실에 비하여 단순하다는 것을 부정할 수 없다. 비록 본 논문에서는 우리의 연구 범위를 벗어나는 주제이기 때문에 간단한 과정으로 나타내었지만, 보다 현실적인 방법을 적용 시키는 시도가 필요한 것으로 보인다.

참 고 문 헌

[1] N. Eagle and A. Pentland, "Social serendipity: Mobilizing social software," IEEE Pervasive Computing, Vol.4, No.2, pp. 28-34, 2005.

[2] Younghee Jung, Jan Blom, Per Persson, "Scent field trial: understanding emerging social interaction," In Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services MobileHCI '06, Espoo, Finland, 2006.

[3] http://www.jambo.net

[4] Michimune Kohno, Jun Rekimoto, "Searching common experience: a social communication tool based on mobile ad-hoc networking," In Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services MobileHCI '05, Salzburg, Austria, 2005.

[5] Panayotis Antoniadis and Costas Courcoubetis, "The case of multi-hop peer-to-peer implementation of mobile social applications," In International Conference on Systems and Networks Communication (ICSNC'06), Tahiti, French Polynesia, 2006.

[6] C. Zhu and M. S. Corson, "QoS Routing for Mobile Ad Hoc Networks," INFOCOM 2002.

[7] C. Boldrini, M. Conti, I. Iacopini, and A. Passarella, "HiBOp: a History Based Routing Protocol for Opportunistic Networks," In Proc. IEEE WoWMoM 2007, Helsinki, Finland, June 2007.

[8] P. Cao, J. Zhang, and K. Beach, "Active Cache: Caching Dynamic Contents on the Web," In Proc. of Middleware Conference, 1998.

[9] Roy Yates, Dipankar Raychaudhuri, Sanjoy Paul, Jim, Kurose, "PostCards from the Edge: A Cache-and-Forward Architecture for the Future Internet Project Summary."

[10] R. Boivie, N. Feldman and C. Metz, "Small Group Multicast: A New Solution for Multicsting on the Internet," IEEE Internet Computing, May.June 2000.

[11] Charles E. Perkins and Pravin Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," In Proceedings of the SIGCOM '94 Conference on Communications Architecture, Protocols, and Applications, pages 234-244, August 1994.

[12] Charles E. Perkins and Elizabeth M. Royer, "Ad-hoc on demand distance vector routing," In 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA'99), 1999.

[13] David B. Johnson, David A. Maltz, and Yih-Chun Hu, "The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks (DSR)," Internet Draft, July 2004.

[14] Ion Stoica, Robert Morris, David Karger, M. Frans Kaashoek, and Hari Balakrishnan, "Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for internet applications," ACM SIGCOMM, 2001.

[15] Huang, Y., Garcia-Molina, "Publish/subscribe tree construction in wireless ad-hoc networks," In 4th International Conference on Mobile Data Management (MDM 2003), 122-140, 2003.

[16] Baldoni, R., Beraldi, R., Cugola, C., Migliavacca, M. and Querzoni, L., "Structure-less Content-Based Routing in Mobile Ad Hoc Networks," Proc. IEEE International Conference on Pervasive Services 2005 (ICPS'05), Santorini, Greece, 11-14 July 2005.

[17] D. Bottazzi, R. Montanari, and A. Toninelli, "Context-Aware Middleware for Anytime, Anywhere Social Networks," Intelligent Systems, IEEE, vol. 22, pp. 23-32, 2007.

[18] Jon Crowcroft, "Toward a network architecture that does everything," In Communications of the ACM, Vol.51, Issue 1, pages 74-77, 2008.