

# SIP에서의 효율적인 이동성 관리

## - 사전등록영역 구성과 알고리즘 중심 -

서혜숙<sup>1</sup>, 한상범<sup>2</sup>, 이근호<sup>3</sup>, 황종선<sup>4</sup>

고려대학교 정보통신대학원 컴퓨터학과

<sup>1</sup>suh@kida.re.kr, <sup>2</sup>hansb@kt.co.kr, <sup>3</sup>root1004@korea.ac.kr, <sup>4</sup>hwang@disys.korea.ac.kr

# Efficient Mobility Management in the SIP

## - Shadow Registration Region Organizing and Algorithm -

Heyi-Sook Suh<sup>1</sup>, Sang-Bum Han<sup>2</sup>, Guen-Ho Lee<sup>3</sup>, Chong-Sun Hwang<sup>4</sup>

Dept. of Computer Science, Korea University,

1, 5-ka, Anam-dong Sungbuk-ku, Seoul, 136-701, Korea

### 요 약

모바일 컴퓨팅 환경에서 이동성은 등록을 통해 이루어지고 있으며, 이음새 없는(seamless) 이동성을 제공하고자 많은 연구들이 진행되어 있으며, 그 중 방문하고자 하는 네트워크(Foreign Network)에 등록하는 시점을 언제로 하느냐에 따라 크게 다음의 2 가지 방법으로 대별된다. SIP-Registration 은 핸드오프가 발생한 이후 등록(AAAF)을 함으로써 통화하는 중에 끊김(disruption)이나 지연(delay)이 발생한다. 이를 개선한 SIP-Shadow-Registration 방법은 핸드오프가 발생하기 이전에 이웃한 모든 노드들(AAAF<sub>n</sub>)에게 모바일 노드(MN)의 관련 정보를 사전등록(Shadow Registration)하여 핸드오프 이후에 발생하는 끊김이나 지연을 방지하였다. 그러나 SIP-Shadow-Registration 은 실제 사용하지 않는 n-2 개의 MN 와 관련된 백본 네트워크에 불필요한 데이터 전달 및 관리라는 문제를 야기시킨다. 본 논문은 이러한 문제점들을 개선하고자 사전등록영역(SRR: Shadow Registration Region)을 구성하고 이의 알고리즘을 제안한다. 결과적으로 SIP 기반의 이동성이 필요할 때, 최소한의 사전등록영역을 통해 끊김이나 지연도 방지하고 추가적인 데이터 관리 문제도 해결할 수 있는 효과적인 방법이다.

### 1. 서론

최근 급속하게 발전하고 있는 mobile/wireless 컴퓨팅 환경은 크게 모바일 노드(MN: Mobile Node)와 무선망, 그리고 이동성이라는 기술로 이루어진다. MN 는 CPU 의 처리 능력이 낮고 저장 용량이 적으며, 전지 수명이 짧으므로 이를 해결하기 위해 wireless I/O and wired computation 방식을 쓰고 있다. 무선망은 유선망에 비해 낮은 대역폭, 낮은 데이터 전송률 그리고 높은 전송 지연시간 등의 특징들을 갖고 있으므로 이를 해결하고자 하는 기술들이 연구되고 있다. 이동성 측면에서 제일 먼저 해결되어야 할 것은 사용 중에 발생할 수 있는 끊김이나 지연을 방지하여 이음새 없는(seamless) 이동성을 제공하는 것일 것이다.

이동성은 방문하고자 하는 네트워크(Foreign Network)에 해당 MN 의 관련 정보를 등록(registration) 함으로써 이루어진다. 기존의 등록 방법은 이웃하는 노드들의 이동할 확률이 동일하다는 Random-walk model 을 일반적으로 사용함으로써 이웃한 모든 노드들에게 정보를 전달함으로써 불필요한 트래픽 발생 및 추가적

인 데이터 관리가 필요해진다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선한 사전등록영역(SRR: Shadow Registration Region) 구성과 알고리즘에 대해 연구한다.

제 2 장에서는 본 연구와 관련된 기존 연구의 내용으로서 일반적인 이동성 관리의 문제, SIP(Session Initiation Protocol)의 개요 및 Shadow Registration 의 개념 등을 살펴보고, 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 SIP-SRR 의 SRR 구성 과정과 이의 알고리즘에 대해 설명한 후 기존 방법과의 결과를 분석한다. 4 장에서는 결론과 향후 연구방향을 제시한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 이동성 관리

효율적으로 이동 서비스를 지원하기 위한 대표적인 프로토콜에는 다음의 2 가지 방법이 있다. 하나는 네트워크 계층에서 이동성을 해결하는 Mobile IP[1,2]이며, 다른 하나는 응용 계층에서 이동성을 해결하는 SIP[3,4,5,6,7,8,9] 프로토콜이다. 무선 환경을 지원하는 이동성은 통신 서비스에서 예외사항이라기 보다는 오히

려 규칙이다. 이러한 이음새 없는 서비스를 제공해야 하는 이동성은 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 끊김이나 지연 시간을 최소화하는 것이 무엇보다 중요하다. 사용 중에 끊김이나 지연이 생긴다면 MN 사용자들은 많은 불편을 느끼게 될 것이다. 결과적으로 미흡한 이동성 지원은 Mobile/Wireless 컴퓨팅 환경의 신뢰도 감소 및 성능 저하를 초래하게 될 것이다. 그러므로 Mobile IP 나 SIP의 특징과 가능성을 활용한 이동성 관리 방법을 발전시키는 것이 중요하다.

**2.2 Session Initiation Protocol (SIP)**

SIP[2,3,4,5]은 멀티미디어와 인터넷 전화의 시그널링 프로토콜로서 회의나 전화 통화에 상대방을 쉽게 초대할 수 있는 응용 계층의 프로토콜이다. 또한 둘 이상의 참가자들이 다수의 미디어 스트림(오디오, 비디오, 분산 게임, 공유된 어플리케이션 및 문자 편집기 등의 인터넷 기반 통신 매체)으로 이루어지는 세션을 구축하도록 해준다. SIP는 IETF(Internet Engineering Task Force)에 의해서 표준화되었으며, 최근 들어 위치 확인, 이벤트 통지 및 인스턴트 메시지 서비스까지 확장되고 있다[6,7]. SIP는 무선 멀티미디어 서비스 환경에 적합한 프로토콜이다.

그림 1은 SIP의 일반적인 구조와 노드 간에 발생하는 지연 시간을 계산하기 위해 노드와 노드 사이의 메시지 교환 시간을 첨가한 것이다.

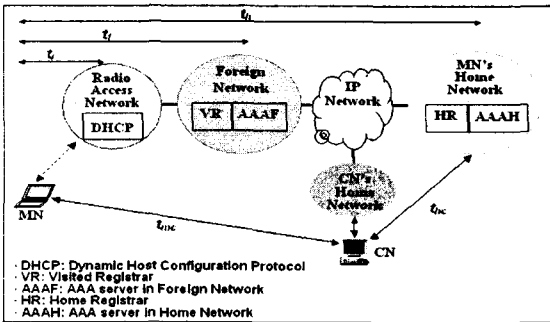


그림 1. SIP 구조 및 노드간 지연 시간

먼저, SIP 구조를 살펴보면, MN는 무선 접속망(RAN: Radio Access Network)을 통해 방문 네트워크와 연결되어 있으며, 방문 네트워크와 홈 네트워크, 상대 노드(CN: Correspondent Node)의 홈 네트워크는 IP 망을 통해 서로 연결되어 있다. SIP 사용자의 이동성을 지원하기 위해 SIP, DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol), 그리고 AAA(Authentication, Authorization, Accounting) 등을 조합한 구조를 사용하고 있다. MN가 사용자 에이전트 클라이언트(UAC: User Agent Client)이며, MN와 방문 네트워크(Foreign Network)간에 DHCP 서버를 사용하고 있다. 레지스트라는 방문 네트워크(VR: Visited Registrar)와 홈 네트워크(HR: Home Registrar)에 각각 존재하며 SIP 플록시 서버(Proxy server), 위치 서버(Location Server), 사용자 에이전트 서버(User Agent Server) 등이 결합되어 있

다. AAA 서버는 방문 네트워크(AAAF)와 홈 네트워크(AAAH)에 각각 위치해 있다.

또한 지연 시간을 계산하기 위해 노드 간의 메시지 교환을 위해 걸리는 시간  $T$ 를 가정하여 그림 1에 나타내었다. 본 연구에서는 이동 시스템에 영향을 미치는 QoS 나 기타 다른 영향 요소들은 없는 것으로 가정하고, 단지 시그널링 지연과 관련된 시간에만 초점을 두었다.

- $T_s$  : MN와 DHCP 서버 간 메시지 교환 시간
- $T_f$  : MN와 AAAF 서버 간 메시지 교환 시간
- $T_h$  : MN와 홈 네트워크 간 메시지 교환 시간
- $T_{mc}$  : MN와 CN 간 메시지 교환 시간
- $T_{hc}$  : MN의 홈 네트워크와 CN 간 메시지 교환 시간

MN와 DHCP 서버간 새로운 IP 주소를 할당 받기 위한 메시지 교환은 다음과 같다. MN가 DHCP 서버에게 *DHCP\_DISCOVER* 메시지를 브로드캐스트하면, 해당 서버들은 *DHCP\_OFFER* 메시지를 통해 MN에게 새로운 주소를 요구한다. 그러면 MN는 선택된 서버에게 *DHCP\_REQUEST* 메시지를 보내면 DHCP 서버는 MN에게 *DHCP\_ACK*로 답한다, 이때 걸리는 MN와 DHCP 서버간의 메시지 교환 시간은  $4T_s$ 이다.

새로운 IP 주소를 할당 받은 후, MN는 방문 네트워크의 레지스트라(VR)에 SIP 등록을 하기 위해 자신의 홈 네트워크 레지스트라(HR)에 *SIP Request* 및 *Answer* 메시지를 주고 받게 되는 데 이때 걸리는 시간이  $2T_h$ 이다. 또한 MN는 CN에게 *Invite* 메시지를 보내어 초대하게 되는 데 이때  $2T_{mc}$ 라는 시간이 걸린다. 그러므로 SIP Interdomain 핸드오프시 총 끊김 시간  $T_{sp}$ 은 아래의 수식 (1)과 같다.

$$T_{sp} = 4T_s + 2T_h + 2T_{mc} \quad (1)$$

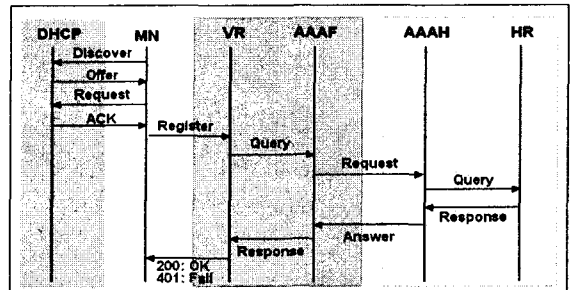


그림 2. SIP 시그널링 흐름

**2.3 Shadow Registration**

[10]에서는 Macromobility(또는 Interdomain) 핸드오프시 끊김 시간을 줄일 수 있는 방안으로 Shadow Registration을 소개하였다. Macromobility는 사용자가 특정 도메인에서 다른 도메인으로 이동할 때 핸드오프와 같은 작업을 동반한다. 이때마다 MN 사용자는 반드시 자신의 홈 네트워크에 있는 AAA 서버에 의해 인식되거나 인증되어야 한다. AAA 솔루션은 MN가 서로 다른 도메인 간의 핸드오프마다 해결되어야 한다.

Shadow Registration 방법에서 제안된 핵심내용은 실제 핸드오프가 일어나기 전에 MN와 이웃하는 셀 간

에 Security Association(SA)을 설립해 두는 것이다. 그러므로 MN 가 이웃 셀에 핸드오프할 때 AAAH (홈 네트워크의 AAA 서버)를 경유하지 않고 그 셀 내에서 지역적으로 처리할 수 있다. 즉, SA 를 사전에 확립하여 지연 및 끊김을 없애자는 것이다.

SIP 에서의 Shadow Registration 을 위한 기본적인 시그널링 흐름은 그림 3 과 같다. MN 가 방문 네트워크에서 자신을 등록하고자 할 때, AAAF 서버는 AAAH 서버에게 Request 메시지를 보내게 된다. 이때, AAAF 는 Request 메시지에 모든 이웃한 AAA 서버나 혹은 이웃한 관리 도메인들에 대한 정보를 추가한다. AAAH 가 이러한 Request 메시지를 받으면 그 추가된 정보를 유지하고 있다가 홈 에이전트(HA)가 이웃한 AAA 서버들이 MN 을 사용할 수 있는 지를 검사하여 AAAH 에게 응답할 때 Shadow Registration 을 위한 Answer 메시지를 이웃한 AAA 서버들에게 보낸다. Shadow Registration 을 위해 추가되는 메시지는 AAAH 에서 AAAF 로 보내지는 Answer 메시지로써 이웃한 모든 서버(AAAF<sub>n</sub>)에게 보내지게 된다.

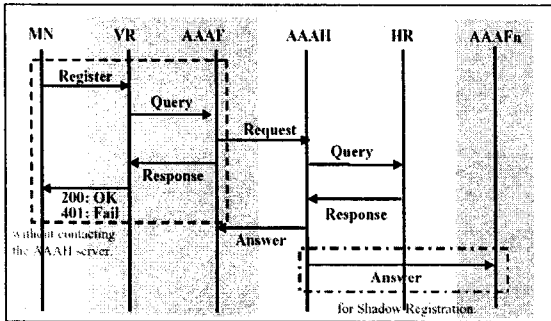


그림 3. Shadow Registration 이 포함된 SIP 의 시그널링 흐름

Shadow Registration 의 경우에도 앞의 SIP-Registration 과 마찬가지로 MN 와 DHCP 간 IP 주소 할당하는 시간은  $4T_s$  가 걸린다. Register 메시지가 지역적인 AAAF 와 VR 에서 해결되므로 이때 걸리는 시간은  $2T_f$  이다. 또한 MN 가 CN 를 다시 초대할 때 걸리는 시간은 SIP-Registration 방법과 마찬가지로  $2T_{nc}$  이다. SIP-Shadow-Registration 의 총 끊김 시간  $T_{sip-shadow}$  는 수식 (2)와 같다.

$$T_{sip-shadow} = 4T_s + 2T_f + 2T_{nc} \quad (2)$$

앞의 식 (1)과 (2)의 차이는 AAA 메시지 교환을 위한 목적이 홈 네트워크에서 방문 네트워크로 바뀐 점이다. 즉  $T_{sip}$  에서의  $2T_h$  가  $T_{sip-shadow}$  에서  $2T_f$  로 바뀌었으므로 MN 가 자신의 홈 네트워크와 멀리 떨어져있을 때 아주 효과적인 방법이다.

그러나, Shadow Registration 은 n 개의 예상되는 방문 네트워크에 사전 등록을 함으로써 필요하지 않은 이웃 노드 n-1 개의 백본 네트워크에서 메시지 교환 및 데이터 관리가 이루어져야 한다. 따라서 우리들은 이러한 불필요한 네트워크 트래픽과 데이터 관리 문제를 없애는 방법에 대해 연구한다.

### 3. 사전등록영역(SRR) 구성과 결과 분석

이동성은 이동통신망에게 특정 MN 및 그것과 관련된 사용자의 존재와 위치를 알려주는 방법인 등록을 통하여 제공된다. 핸드오프 이후 등록을 하는 방법(SIP-Registration)은 핸드오프 시간동안 끊김이나 지연으로 인해 사용중인 서비스에 지장을 초래할 수 있다. Shadow Registration(SIP-Shadow-Registration)은 핸드오프가 발생하기 이전에 이웃한 모든 노드들에게 홈 네트워크의 AAA 관련내용을 알려둠으로써 핸드오프시의 끊김 시간을 없애는 방법이다. 본 절에서는 이웃 노드 수를 결정하기 위해 사전등록 트리거 영역(STR: Shadow Trigger Region)을 설정한 후, MN 가 STR 범위 내에 위치할 때 사전등록을 수행할 영역(SRR: Shadow Registration Region)을 추출하는 새로운 방법인 SIP-SRR 을 제안하고 기존의 방법과의 우위성을 살펴본다.

#### 3.1 사전등록 트리거 영역(STR) 설정

본 논문의 이동통신시스템은 각 기지국(Base Station)에 의해서 관리되는 지리적 단위로 분할된 육각형 셀 모델을 사용한다. 임의의 한 셀을 원점으로 선택하고 이 셀을 기준으로 X 축과 Y 축이 120°의 각으로 교차되게 하며, 이 기준 셀을 중심으로 X 축과 Y 축의 각 방향으로 셀 하나마다 좌표를 1 씩 증가시키거나 또는 감소시킨다[11]. STR 을 설정하고 방향 벡터를 추출하기 위해 육각형 셀 하나를 대상으로 모델링하면 그림 4 와 같다. 육각형 셀의 중심점을  $(X_c, Y_c)$ 라 하고, 인접 셀들은 X 축과 Y 축을 중심으로 각각 1씩 증가 또는 감소된 좌표 값으로서 각 셀의 식별 값으로 사용한다. 6 개의 셀 좌표 값은 위에서부터 시계방향으로  $(X_c, Y_c+1)$ ,  $(X_c+1, Y_c+1)$ ,  $(X_c+1, Y_c)$ ,  $(X_c, Y_c-1)$ ,  $(X_c-1, Y_c-1)$ ,  $(X_c-1, Y_c)$  이 된다.

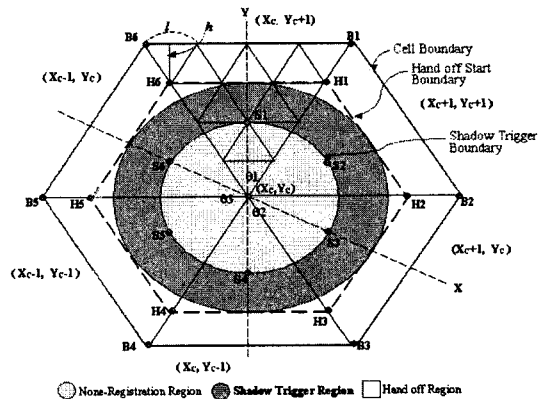


그림 4. 육각형 셀을 이용한 STR 설정

그림 4 는 셀 경계선과 핸드오프 시작 경계선으로부터 핸드오프영역(HR: Handoff Region) 및 사전등록 트리거 영역(STR: Shadow Trigger Region)을 찾는 예를 보여주고 있다. 핸드오프 시작 경계선은 MN 가 이웃 셀로부터 받는 신호세기가 일정 임계치(threshold) 이상이 되는 지점(핸드오프 시작 경계선과 셀 경계선의 최단 거리

$h$ )으로부터 구할 수 있다. 즉, 그림 4에서는 높이가  $h$ 인 정삼각형(*Triangle unit*( $\Delta$ ))라 함) 7 개가 HR 을 구성하게 된다. 이러한 *Triangle unit* 를 중심까지 확대하면 육각형 셀의 한 면을 구성하게 되고 이것 또한 정삼각형을 알 수 있다. 육각형 셀은 *Triangle unit* 들의 부분집합으로 이루어진 형태를 나타낸다. 그림 4의 예에서는 정삼각형의 한 변의 길이( $l$ )가 반지름( $d$ )의 1/4 임을 알 수 있다. HR 을 이루는 *Triangle unit* 의 크기 정도에 따라(한 변의 길이에 따라) 반지름의 등분 정도( $d/l$ )가 달라질 수 있다. 용어를 정리하면 다음과 같다.

**- Triangle unit( $\Delta$ )**

HR 을 구성하는 하나의 정삼각형으로서 이러한 *Triangle unit* 가 모여 하나의 육각형 셀을 구성한다.

**- 핸드오프 시작 경계선(Hand off Start Boundary)**

셀 경계면으로부터  $h$  만큼 떨어진 즉, 중심으로부터 X 축은  $l*3$  만큼 떨어진 지점인  $Xc \pm (l*3)$ 과 Y 축은  $h*3$  만큼 떨어진  $Yc \pm (h*3)$ 에서 만나는 6 개의 꼭지점 H1, H2, H3, H4, H5, H6 을 각각 이은 선이다.

**- 사전등록 트리거 경계선(Shadow Trigger Boundary)**

핸드오프 시작 경계선으로부터 *Triangle unit*( $\Delta$ )의 높이( $h$ )만큼 중심 쪽으로 이동해서 만나는 6 개의 꼭지점 S1, S2, S3, S4, S5, S6 을 이은 원이다. 즉, 반지름이  $(d-h*2)$ 인 원을 이루는 선을 말한다.

**- 핸드오프영역(HR: Hand off Region)**

셀 경계면과 핸드오프 시작 경계선까지의 영역을 말한다.

**- 사전등록 트리거 영역(STR: Shadow Trigger Region)**

핸드오프 시작 경계선의 내접 원으로부터 사전등록 시작 경계선까지의 영역을 말하며, MN 가 이 영역에 위치할 때 등록영역을 결정하게 된다.

**- 등록 불필요 영역(NRR: None-Registration Region)**

사전등록 트리거 경계선으로부터 중심까지의 영역으로서 MN 가 이 위치에 있을 때는 사전등록이 필요없다.

**3.2 사전등록 영역(SRR) 결정**

MN 의 위치는 기지국의 방향성 안테나를 이용하여 육각형 셀을 120 씩 분할( $0 \leq \theta_1 < 120$ ,  $121 \leq \theta_2 < 240$ ,  $241 \leq \theta_3 < 360$ )한 값을 사용한다. 이는 경비가 저렴하고 기존의 시스템을 그대로 사용할 수 있는 이점을 이용하기 위한 것이다. 위치기반서비스(LBS: Location Based Service)나 GPS(Global Positioning System), 또는 적외선 센서 등을 이용하면 더 정확한 위치 검출 및 1 개의 SRR 만 추출하는 것도 가능할 것이다. 표 1 은 MN 의 위치와 방향 벡터에 따라 결정되는 SRR 값이며, SRR 결정 알고리즘은 그림 5 와 같다.

표 1. SRR 결정값

MN의 현 위치	MN의 이전위치	방향 벡터	SRR-1	SRR-1
(X, Y) ∈ STR	(X', Y') ∈ HR	01	(Xc, Yc+1)	(Xc+1, Yc+1)
		02	(Xc+1, Yc)	(Xc, Yc-1)
		03	(Xc-1, Yc-1)	(Xc-1, Yc)

```

Procedure SRR0
// (Xc, Yc): MN이 위치한 셀의 중심점, 셀 식별 값
// (X, Y): 새롭게 이동한 현 위치
// (X', Y'): 이전 위치
// R: 육각형 셀의 반지름
// h: 핸드오프영역간 최단거리, Triangle unit (Δ)의 높이
// l: Triangle unit (Δ)의 한 변의 길이
// c: R/L 육각형의 등분 정도
// Handoff_Start: 반지름이 h*(c-1)인 핸드오프 경계선
// Shadow_Trigger: 반지름이 h*(c-2)인 사전등록시작경계선
// STR: Shadow Registration Trigger Region, Handoff Start와 Shadow Trigger 사이의 영역
// HR: 셀 경계선과 Handoff 사이의 영역
// SRR: Shadow Registration Region
// Theta: 육각형 셀을 120도씩 3등분한 영역

Begin
d-before = 0.0 // 중심에서 이전 위치까지의 거리
Whenever a new position is received do
d = (X, Y)의 중심점으로부터의 거리
if d < Shadow_Start then d-before = d // 사전등록 미수행
if d > Handoff_Start then d-before = d // 핸드오프영역에 위치
if Shadow_Start ≤ d < Handoff_Start and d-before < Handoff_Start
//MN가 현재 STR에 처하면서 이전 위치가 HR이 아닌 경우 사전등록 수행
then if Theta=1 then SRR-1=(Xc, Yc+1)
SRR-2=(Xc+1, Yc+1)
if Theta=2 then SRR-1=(Xc, Yc-1)
SRR-2=(Xc-1, Yc-1)
if Theta=3 then SRR-1=(Xc-1, Yc-1)
SRR-2=(Xc-1, Yc)
    
```

그림 5. SRR 결정 알고리즘

**3.3 결과 분석**

기존의 방법인 SIP-Registration 은 핸드오프 이후에 해당되는 1 개의 이웃 노드(AAAF)에게만 등록을 하지만, 이때 끊김과 지연이 발생된다. SIP-Shadow - Registration 방법은 최대 n 개의 이웃노드(AAAF<sub>n</sub>)에게 사전등록을 요청하고 n 개의 이웃노드에서 관련 데이터를 관리해야 한다. 그러나 본 논문에서 제안한 SIP-SRR 은 사전등록영역으로 설정된 최대 2 개의 이웃노드(AAAF<sub>2</sub>)에게만 사전등록과 데이터 관리가 이루어진다. 즉, 기존의 방법에 비해 최대  $\sum(n-2)$ 번의 사전등록 횟수를 줄이면서 끊김과 지연도 방지할 수 있다.

**4. 결론 및 향후 연구과제**

본 논문에서는 Macromobility 핸드오프시 끊김이나 지연을 방지하고 불필요한 네트워크 트래픽이나 데이터 관리를 줄이는 동적인 이동성 관리 방법으로서 사전등록 트리거영역(STR)을 구성하여 최소한의 사전등록영역(SRR)을 결정하는 방법을 제안하였다. 이러한 영역 구성방법은 저렴한 비용으로 이동통신시스템을 구축하고자 할 때 유용할 것이다. 또한 향후 STR 및 SRR 을 적용한 동적인 핸드오프 방향 예측 및 위치관리기법도 계속적으로 연구될 분야라고 판단된다.

**참고문헌**

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support," IETF RFC 2002, 1996
- [2] E. Gustafsson, A. Jonsson, and C. Perkins, "Mobile IP Regional Registration," Internet Draft, Sept. 2001, work in progress.
- [3] M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, and J. Rosenberg, "SIP: session initiation protocol," IETF RFC 2543, Mar. 1999.
- [4] H. Schulzrinne and J. Rosenberg, "The session initiation protocol: Internet-centric signaling," *IEEE Communications Magazine*, Vol.38, Oct. 2000.
- [5] J. Rosenberg et al., "SIP extensions for presence," Internet Draft, Internet Engineering Task Force, June 2000.
- [6] H. Schulzrinne, "DHCP Option for SIP Servers," Internet Draft, draft-ietf-sip-dhcp-05.txt, Nov. 2001, work in progress.
- [7] E. Wedlund, H. Schulzrinne, "Mobility Support using SIP," VON Eurpoe Sping 2000, June 2000.
- [8] H. Schulzrinne, "SIP registration," Internet Draft, Internet Engineering Task Force, October 2000.
- [9] F. Vakil et al., "Mobility Management in SIP Environment," Internet Draft, Internet Engineering Task Force, December 2000.
- [10] Ted Tackyoung Kwon, Mario Gerla, and Sajal Das, Subir Das, "Mobility Management for VoIP service: Mobile IP and SIP," *IEEE Wireless Communication*, Oct. 2002.
- [11] J. Zhang, "A Cell ID Assignment Scheme and It's Applications," Proc. of 2000 Int. Workshop on Parallel Processing, pp. 507-512, 2000.