

HPi망에서의 착신서비스를 위한 IP페이징 기법

정 태 의^{*} · 나 지 현^{**} · 김 영 진^{***} · 송 병 권^{****}

요 약

최근 무선망 수요가 급증함에 따라 무선 단말기의 전원 효율을 높이고 망의 오버헤드를 줄여야 하는 문제가 대두 되었다. 이를 위해 국내의 차세대 IP 패킷 무선망으로써 연구되고 있는 HPi(High Speed Portable Internet) 망에서의 페이징 기법 및 공유 AP를 갖는 페이징 영역 구조를 제안한다. HPi 망에서의 페이징 기법 적용은 dormant 상태 단말의 지역적 이동에 따른 등록 절차 비용 감소 및 공유 AP 설치로 인한 단말의 위치보고 비용의 감소라는 이점을 얻을 수 있다. 본 논문에서 제안한 기법은 단말 사용자 측면에서의 전원 효율을 높이는 장점과 관리자 측면에서의 망 오버헤드 감소 및 단말 이동패턴 변경에 따른 공유 AP의 손쉬운 재설정이라는 이점을 가져 온다.

IP Paging for Data-receiving Service in HPi Network

Tae Eui Jeong[†] · Jee Hyeon Na^{**} · Yeong Jin Kim^{***} · Byung Kwon Song^{****}

ABSTRACT

As the demands in a wireless network are recently increasing, it is necessary to promote the power efficiency of a wireless terminal, and to reduce the overhead of a network. To resolve such problems, we propose the paging technology and the structure of paging area with the joint access point in HPi (High-speed Portable internet) network, which is being studied as the domestic next-generation IP packet data network. The application of the paging technology to the HPi network possesses the advantage of reducing the registration cost while a terminal in dormant state moves around, and the reporting cost of the terminal's location by the joint access point. The technology suggested in this paper causes the advantages that it promotes the power efficiency in user's point of view while it reduces the network overhead and makes the easy rearrangement of joint APs according to the changes of users' moving pattern in the network manager's point of view.

키워드: HPi(High-speed Portable Internet), IP 페이징(IP Paging), 페이징 영역(Paging Area), 페이징 프로토콜(Paging Protocol), Joint AP

1. 서 론

최근 무선 인터넷 수요는 단말기의 휴대성이 강조됨에 따라 급증하고 있는 추세이며, 서비스 사용자들은 단말의 이동성 보장 및 IP 패킷의 착신 서비스, 고품질의 비디오 및 음성 서비스, 고용량 데이터 서비스, 실시간 스트리밍 서비스 등 기존의 고속 유선망에서 제공하는 서비스를 포함하여 무선 단말의 이동성을 요구하고 있다. 사용자들이 무선망의 고속 및 낮은 지연(low-latency) 특성과 더불어 단말의 이동성을 요구하고 있는데 반해, 무선랜 및 CDMA는 이에 대한 지원이 전무하기 때문에 그러한 요구 사항들을 지원할 수 있는 고속 무선망을 위한 새로운 인프라가 필요하게 되었다. 또한, 새로운 인프라를 구축하기 위하여, 기존의 고속 광통신 유선망 및 셀룰러 전화망을 최대한 활용하여 새로운 인

프라 구축의 개발 기한을 앞당기고 저비용을 실현하는 것이 무선 인터넷 서비스 업체들의 당면 과제이다. 국내에서 현재 차세대 무선 인터넷 시스템으로써 개발하고 있는 HPi(High-speed Portable Internet)의 경우 위에서 언급한 같은 과제들을 안고 있으며, 기존 IP무선망에서 구현되지 못했던 착신 서비스까지 지원하는 것을 목표로 한다. 따라서, 우리는 본 논문을 통해 HPi망의 착신 서비스를 위하여 IP페이징 기법을 응용한 무선 단말의 위치 추적 및 위치 관리 기술을 제안한다.

HPi 망은 거시적 이동성을 위하여 Mobile IP[3,4,5]를 사용하고, 미시적 이동성을 위해서는 IEEE802.16e[1,2]를 사용할 예정이다. 현재 Mobile IP는 페이징을 지원하지 않고 있으며, IEEE802.16e는 현재 표준화 진행 중이기 때문에 페이징에 대한 언급만이 있을 뿐이다. Mobile IP에서 HA(Home Agent)와 MH(Mobile Host)는 주기적으로 등록을 수행하며, MH의 FA(Foreign Agent)가 변경되었을 때에도 등록을 수행한다. 이 등록의 주기가 너무 짧으면 등록 메시

[†] 종신회원: 서경대학교 컴퓨터과학과 교수

^{**} 정 회 원: 한국전자통신연구원 IP이동성연구팀 연구원

^{***} 정 회 원: 한국전자통신연구원 무선액세스연구그룹장

^{****} 종신회원: 서경대학교 정보통신공학과 부교수

논문접수: 2003년 12월 20일, 심사완료: 2005년 2월 22일

지를 송수신 하기 위해 MH의 전원관리의 효율이 떨어지게 되며, 네트워크의 오버헤드가 커지게 된다. 반면에, 주기가 너무 길어지면 MH의 핸드오프에 지연이 발생하게 되며 dormant상태의 MH의 이동탐지가 어려워진다. 또한, FA가 직접 라디오 셀을 가지는 BS(Base Station)이 아니며 동시에 FA의 하위에 여러 개의 링크 및 L2/L3라우터, BS등을 가질 경우, MH에 대한 위치 추적은 Mobile IP만으로는 가능하지 않다. MH에 대한 효율적인 위치 추적은, 차후 서비스 망에서 착신 서비스를 필요로 하게 될 경우 필수적인 요소이다. 페이징은 패킷 송수신 상태가 아닌 dormant상태의 MH에 대한 이동탐지를 통해 최소한의 지연으로 MH가 패킷 송수신을 할 수 있도록 제안된 메시지 프로토콜이다. 따라서, 페이징 기법은 착신 서비스를 위한 발판이 된다.

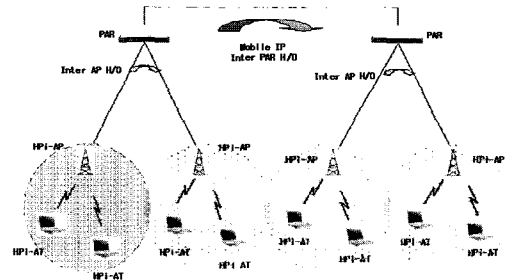
본 논문은 HPI망에 착신 서비스를 지원하기 위하여 무선 단말의 위치 관리 방법으로써의 IP페이징 기법을 정의하고, IP페이징 기법에 수반되는 페이징 프로토콜 및 PA(Paging Area) 설계를 정의한다. 2장에서 HPI페이징 네트워크 구조, 3장에서 IP페이징의 정의 및 필요성, 4장에서 페이징 영역 구조 및 페이징 절차, 5장에서 HPI페이징 프로토콜, 6장에서 시뮬레이션 및 성능 평가를 언급하고, 마지막으로 7장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

HPI 시스템은 2.3GHz 주파수 대역에서 스펙트럼 사용효율을 보장하는 무선전송기술을 사용하여 셀룰러 형태의 망 구성이 가능하며, IP기반 무선 데이터 서비스의 상/하향 비대칭 전송 특성에 효과적으로 적용할 수 있는 구조를 가지도록 제안되어 있다. 또한, 옥내의 환경에서 약 1Km내외의 최대 반경 및 60Km/h내외의 단말기 이동성을 지원하는 구조를 가진다. HPI시스템의 프로토콜은 유선 인터넷에서 제공하는 다양한 형태의 IP기반 무선데이터 서비스등의 영상 및 고속 패킷 데이터 전송에 적합한 낮은 지연, 무선 자원을 효율적으로 사용하기 위하여 사전 예약제를 사용하는 연결 지향 형태의 MAC구조를 가진다. 또한, 서비스의 중단 없이 셀간 이동성을 보장하는 구조, 휴대형 단말기에 IP를 동적 또는 정적으로 할당할 수 있는 구조, 허락되지 않은 사용자의 시스템 접근을 보다 효율적으로 방지하는 인증 기능을 수행하는 구조를 가진다.

HPI시스템은 위와 같은 요구사항들을 충족시키기 위해 Mobile IP표준과 IEEE802.16 및 IEEE802.16e권고안을 따르고 있다. HPI페이징 네트워크 구조는 (그림 1)과 같이 HPI-AP와 HPI-AP의 게이트웨이 라우터인 PAR로 구성되어 있다. 이외에도 HA 및 백본망이 존재하나 페이징과는 관계 없으므로 (그림 1)에는 제외했다. HPI-AP간의 연결 및 HPI-AP와 PAR과의 연결은 스위치 허브를 통해 연결된다. 그러므로 HPI-AP들로 도메인을 구성하더라도 Cellular IP와 같은 path setup기능은 필요치 않게 된다. 또한 HPI의 이러한 망 구성은 HPI-AP들이 도메인을 구성하게 되며, PAR가

고정적으로 페이징을 담당하는 형태가 된다.



(그림 1) HPI 페이징 네트워크 구조

무수히 많은 무선 단말기가 존재하는 무선 네트워크에서 무선 단말기들은 코어(core) 네트워크의 제한된 시그널링 용량을 효율적으로 사용하기 위한 위치 추적 메커니즘을 제공해야만 한다. 기존의 Mobile IP 상에서는 MH가 dormant 상태이거나 active 상태인 경우에 관계없이 MH 이동 시 HA에 등록을 해야 한다. 이러한 등록은 현재 혹은 추후에 MH에게 착신될 데이터의 목적지 주소를 정확히 알고자 함에 있다. 하지만 수 많은 무선 단말기들이 이동 할 때 마다 HA에 등록을 한다는 것은 엄청난 시그널링 로드를 발생 시키기 때문에, 네트워크 상에서 한정된 시그널을 효율적으로 사용하기 위해서는 등록을 최대한 줄여야만 했다. 이를 해결하기 위해 MH의 정확한 위치를 찾아 내기 위한 방법들이 고려되었으며, 이러한 문제의 해결은 dormant 상태에서 MH의 현재 위치를 찾는 페이징 방법을 추가 함으로써 풀어 나가고 있다. 이는 한정된 시그널 사용 문제를 해결 할 뿐만 아니라 MH의 이동을 탐지하여 데이터 착신을 보장한다.

이와 같은 문제 해결 방법이 네트워크 상에서 시그널링 프로토콜의 사용 효율을 극대화 시킬 수 있는 것은 무선 단말기가 active 상태 일 때 보다 dormant 상태 인 경우가 많기 때문이다. MH가 active 상태이거나 다른 PA로 이동 시에는 기존의 Mobile IP와 같은 등록 절차를 거쳐야 한다. 즉, 페이징은 네트워크 상에서 시그널링 부하를 최소화 하기 위해, dormant 상태의 등록을 최대한 줄여 MH 이동탐지 문제를 해결하기 위해 제안된 개념이다. 따라서, 시스템의 최적화를 위해서는 페이징과 등록의 균형을 맞추는 것이 중요한 문제이다.

3. 페이징 영역 구조 및 페이징 절차

기존의 페이징 기법 중 잘 알려진 것은 P-MIP[7]와 Cellular IP[6]등이 있다. P-MIP는 FA페이징 기법으로서, FA가 터널의 출구이면서 동시에 라디오 셀(cell)을 가지는 경우에 해당한다. P-MIP는 Mobile IP와의 호환이 가장 큰 목적이며, 따라서 Mobile IP의 Agent메시지를 그대로 사용한다. Cellular IP는 새로운 라우팅 및 페이징 프로토콜을 제안한다. Cellular IP는 도메인 페이징 기법으로써 도메인 루

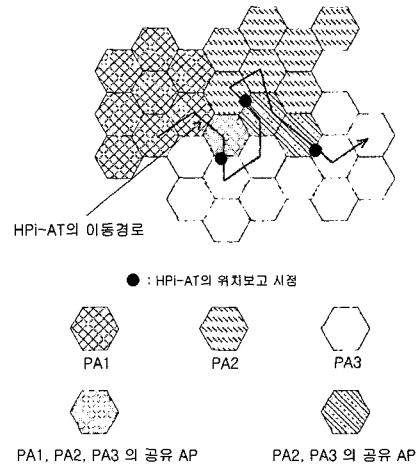
트 라우터와 하위 여러 개의 중간 라우터 또는 브릿지들로 도메인을 구성하며, 도메인 내의 호 연결을 위해 path setup 알고리즘이 필요하다. Cellular IP는 Mobile IP와는 관계없이 독자적인 라우팅 및 페이징 프로토콜을 사용한다. P-MIP는 Mobile IP의 프로토콜들을 그대로 사용한다는 장점이 있는 반면, FA가 직접 셀을 가지는 환경에서만 유효하다는 단점을 가지고 있다. P-MIP를 HPI망에 적용할 경우, PAR의 하위인 HPI-AP로 구성된 서브네트워크에 대한 고려가 이루어지지 않아 정상적인 페이징을 기대할 수 없게 된다. 또한 Cellular IP는 서브네트워크만을 고려한 Micro Mobility 지원 기법으로써, 페이징과 라우팅이 연동되어 적용되기 때문에 HPI-AP사이가 스위치허브로 연결 구성되어 특별한 라우팅이 필요 없는 HPI환경에 그대로 적용하는 것은 적절치 않다. 따라서 본 논문은 검증된 서브네트워크를 위한 페이징 기법인 Cellular IP의 페이징 부분을 참고로 하여 HPI망에 맞도록 적절한 수정을 가하고 HPI-AT에 대한 위치추적 및 착신서비스 제공이라는 목적에 맞도록 페이징 영역 구조 및 프로토콜을 정의하고자 한다[15].

하나의 PAR에 연결되어 있는 HPI-AP는 약 20개 내외이다. PA는 HPI-AP의 설치 시에 정의되며, PA에 대한 정보는 PAR에서 관리한다. PA의 성형에는 지형적인 요소, 전파 공학적 요소 등의 물리적 요소[12] 이외에 PAI분배와 HPI-AT의 방향성을 예측하는 것과 같은 논리적인 요소도 고려해야 한다. 여기서 제안하는 PA성형 방법은 지형적인 요소에 가장 중점을 두었다. 실제로 가장 유력시 되는 HPI-AT의 이동경로 상에 PA를 확장, 중첩하여 페이징 비용을 줄이는 것이 제안하는 PA성형 방법의 핵심이다. PA내의 HPI-AP의 위치가 이웃 PA와의 경계에 해당할 때, 해당 HPI-AP는 이웃 PA와의 공유AP로써 중첩될 수 있다. 공유AP는 인접한 PA의 PAI를 모두 가지게 되며 이를 Beacon Signal을 통해 HPI-AT에 알리게 된다.

PAI는 각 PA를 구분하는 요소이다. PAI는 도메인 설계 시에 PA의 성형과 함께 각 PA에 할당되며, HPI-AP에는 자신이 속한 PAI가 입력되어 Beacon Signal에 사용된다. PAI와 이에 속한 HPI-AP의 정보는 PAR에서 관리된다. PAI는 Beacon Signal을 통해 HPI-AT에 알려지며, HPI-AT는 PAI를 보고 현재 위치하고 있는 PA를 알 수 있다. 이 때 수신된 PAI가 변경되면, HPI-AT가 다른 PA로 이동했음을 알고 페이징을 수행한다. PA의 경계는 실제로 분명하지 않기 때문에 PAI의 변경 시점이 모호하다. 따라서 HPI-AT가 PA의 경계에서 미동(微動)하거나, 경계를 자주 넘나드는 경우 페이징 비용이 증가 하게 된다.

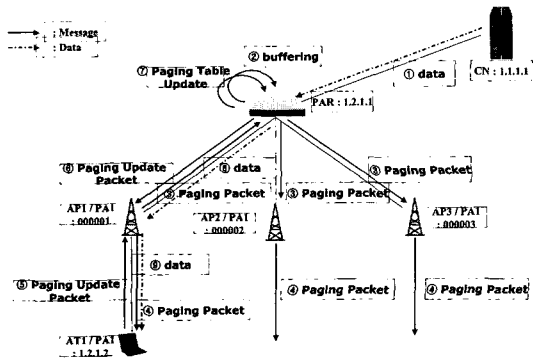
공유AP는 이와 같은 문제에 대안을 제시한다. 공유AP는 인접한 PA들의 PAI를 모두 가진다. 이들 PAI는 공유AP의 Beacon Signal을 통해 HPI-AT에 알려지게 되고, HPI-AT는 자신이 가지고 있던 PAI와 공유AP의 Beacon Signal로부터 받은 PAI들을 비교하여 그 중 하나라도 같은 것이 있으면 HPI-AT는 위치보고를 수행하지 않는다. 여러 개의 PAI중 관리자가 부여하는 하나의 PAI가 공유AP의 기본

PAI값으로 설정되며 Beacon Signal의 default PAI가 된다. HPI-AT가 공유AP를 지나 다른 PAI를 수신 한 경우엔 위치보고를 한다. 그러나 HPI-AT가 다시 방향을 바꿔 공유AP에 들어왔을 때는 위치보고를 하지 않는다. 즉, PA는 HPI-AP의 셀 하나의 영역만큼 확장된다. PAR이 HPI-AT를 찾기 위해 Paging Packet을 발송 할 경우, HPI-AT가 마지막으로 위치보고 한 PA 및 이 PA와 관련된 공유AP를 하나의 PA로 보고 페이징을 수행한다.



(그림 2) 공유AP를 통한 HPI-AT의 이동과 위치보고

Inactive상태의 HPI-AT가 공유AP에서 단말의 전원을 켜는 경우, 마찬가지로 위치보고를 수행하며, 공유AP를 벗어나서 일반 PA에 진입하는 경우 다시 위치보고를 한다. 이것은 이제 막 inactive상태에서 dormant상태로 전환한 HPI-AT에 캐쉬된 PA 기록이 전혀 없기 때문이다. HPI-AT는 HPI-AP의 Beacon Signal을 수신하여 현재의 PA, HPI-AP 및 PAR의 주소등 위치정보를 확인하고 위치보고를 수행할 것 인지를 결정한다. 현재 PA와 이전 PA가 다른 경우, 즉 Inter-PA 페이징의 경우, HPI-AT는 PAR에 Paging Update Packet을 보내 위치보고를 수행한다. 단, HPI-AT가 공유AP에서 최초로 위치보고를 수행하는 경우를 제외하고 공유AP의 선지정 PAI를 수신했을 때 위치보고를 수행하지 않는다. HPI-AT는 Beacon Signal의 PAR주소 부분으로 현재 도메인의 PAR를 알게 된다. 현재 받은 PAR주소가 이전에 캐쉬된 PAR주소와 다를 경우, 즉 Inter-Domain 페이징의 경우, HPI-AT는 현재 위치의 도메인이 바뀐 것으로 인식한다. 도메인이 바뀐 경우 HPI-AT는 곧바로 Beacon Signal을 통해 알게 된 새로운 PAR주소로 Paging Update Packet을 발신하여 위치보고를 수행한다. PAR은 Paging Update Packet을 수신하여 이전 PAR주소를 확인하고, 이전 PAR에 대해 해당 HPI-AT의 Paging Table 정보를 삭제할 것을 요청하는 PAR간 컨트롤 메시지를 보낸다. 이후 Paging Table에 새로운 HPI-AT에 대한 정보가 생성되어 페이징이 완료된다. HPI-AT는 페이징과 별도로 HA와 등록을 수행한다.



(그림 3) 데이터 착신 흐름도

(그림 3)은 HPi-AT의 데이터 착신을 위한 페이징 메시지들의 흐름 순서를 나타낸다. 데이터 및 페이징 메시지의 흐름은 다음과 같다. ① CN은 목적지 주소를 HPi-AT로 하는 데이터를 보낸다. ② PAR는 데이터를 버퍼링 한다. ③ 데이터의 목적지 주소를 보고 AT_PAi_table에서 PAI를 찾는다. 검색된 PAI를 기초로 PAI_AP_table상에서 해당 PAI에 속한 HPi-AP 리스트를 찾아낸다. HPi-AT가 속한 PAI의 모든 HPi-AP들에게 Paging Packet을 보낸다. ④ 각 HPi-AP는 자신의 셀 안에 Paging Packet을 브로드캐스트한다. ⑤ 각 HPi-AT는 Paging Packet을 받아 그 응답으로 Paging Update Packet을 보낸다. ⑥ HPi-AP는 Paging Update Packet을 PAR로 전달한다. ⑦ PAR는 Paging Update Packet을 받아 AT_PAi_table의 HPi-AP 주소, PAI를 갱신한다. ⑧ HPi-AT가 속해 있는 HPi-AP로 데이터를 보낸다. ⑨ 데이터를 받은 HPi-AP는 해당 HPi-AT로 데이터를 전달한다.

HPi-AT가 데이터를 보내기 위해 active상태로 전환할 경우, HPi-AT는 active상태전환과 동시에 Paging Update Packet을 PAR에 전송하여 위치보고를 수행한다. 이후 일반적인 라우팅을 통해 PAR을 거쳐 목적지로 데이터를 발신한다.

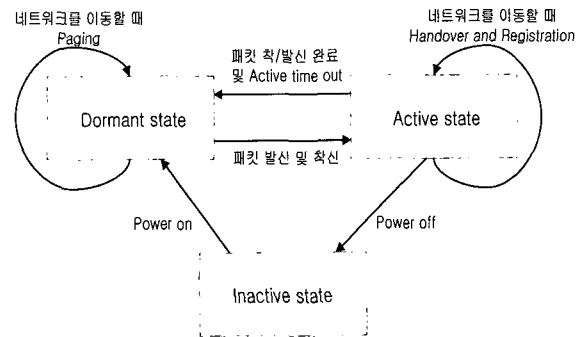
4. HPi 페이징 프로토콜

HPi의 PAR은 페이징 처리를 위해 추가 모듈이 추가되어야 한다. PAR에 추가될 부분은 크게, i)Paging Table을 위한 데이터베이스 캐쉬, ii)착신 데이터의 첫번째 패킷을 임시 보관할 버퍼 메모리, iii)페이징 프로토콜 생성 및 처리를 위한 소프트웨어 및 iv)HPi-AT의 dormant상태 모니터링 모듈 등이다. 또한 페이징을 위한 PAR은 셀룰러 전화망에서의 HLR(Home Location Register) 및 VLR(Visitor Location Register)의 일부 기능이 추가되어야 하며, 이 기능은 Paging Table의 HPi-AT 및 HPi-AP 바인딩 정보와 연동된다. Paging Table은 HPi-AT의 홈 주소 및 HPi-AT가 위치 보고를 한 시점에 사용된 HPi-AP, PAI정보가 바인딩되어 저장, 관리된다. HPi-AP는 PAR에서 PAI 및 Beacon Signal 발신을 위한 정보를 얻어야 하며, 셀 내에 Beacon Signal

및 Paging Packet을 브로드캐스트 할 수 있어야 한다. HPi-AT는 현재의 PAI 및 PAR의 주소를 저장하고, Beacon Signal 및 Paging Packet을 수신하여 분석이 가능해야 하며, 분석 결과에 따라 Paging Update Packet을 발신할 수 있어야 한다.

본문에서 언급되는 모든 HPi-AT는 특별한 언급이 없는 이상 dormant 상태의 HPi-AT를 지칭한다. Dormant 상태의 HPi-AT는 상태를 전환하지 않고 Beacon Signal과 Paging Packet의 수신이 가능해야 한다. Dormant 상태는 HPi-AT에 착신 패킷이 도달했을 때, 또는 사용자가 수동으로 패킷을 발송할 때 active상태로 전환된다. HPi-AT는 일반적으로 Dormant -> Active -> Dormant 의 차례로 상태를 전환하며 별도로 HPi-AT의 전원이 끊긴 상태인 inactive상태가 존재한다.

- Dormant: HPi-AT가 대기상태임을 뜻한다. 예를 들어, 셀룰러 전화망에서의 무선 전화 단말기가 전화를 받기 위해 대기하고 있는 상태와 같다. Dormant상태의 HPi-AT는 상태전환 없이 Beacon Signal 및 Paging Packet의 수신이 가능해야 한다. Paging Update Packet 발신 시에 active상태로 전환한다. HPi-AT에 착신하려는 데이터 패킷이 있는 경우, HPi-AT는 상태를 active상태로 전환하여 HPi-AT사용자의 자동/수동 착신허가를 위한 HPi-AT조작을 기다린다.
- Active: HPi-AT가 HPi 네트워크와 통신중임을 의미한다. 즉, 데이터의 발신 및 수신중인 상태이다. 이 때 HPi-AT의 이동으로 인한 페이징은 네트워크의 핸드오버 기능 및 HA에 대한 등록이 대신한다. Active 상태는 일정 시간이 지나면 자동으로 dormant상태로 전환된다.
- Inactive: HPi-AT의 전원이 끊긴 상태를 의미한다. HPi-AT의 전원을 켜고 동시에 HPi-AT는 Inactive상태가 해제되며 Dormant상태로 전환된다.



(그림 4) HPi-AT의 상태전환

페이징에 있어서 HPi-AT의 dormant상태를 제외한 다른 상태는 고려 대상이 아니다. 따라서 외부요인에 의해 HPi-AT상태는 언제든지 inactive상태로 전환될 수 있다. 또한 HPi-AT제조업체가 의도적으로 상태전환의 흐름을 바꾸거나 HPi-AT의 상태를 추가/제거 하는 것이 가능하다. RFC3132[14]에 따르면 dormant 상태는 "MH가 모니터링 하

는 라디오 채널 수를 줄여서 일반적인 IP패킷 수신을 제한한 상태로써 MH의 전원을 절약하고 네트워크의 시그널링 부하를 감소시킨다.” 라고 정의되어있다. 우리가 제안한 페이징 모델에서의 dormant상태는 active 상태인 HPi-AT의 전체 라디오 채널 중 Beacon Signal을 수신하기 위한 채널만을 남겨두고 나머지 채널을 모두 닫아 놓은 상태를 말한다. 그러나 별도로 HPi-AT의 상태 제어를 위한 메시지가 정의 될 경우 이러한 메시지의 송수신을 위한 채널 또한 활성화 된다. 즉, dormant상태의 HPi-AT는 Beacon Signal과 상태 제어 메시지를 수신하여 각각의 메시지에 대한 연산만을 수행 할 뿐이며 다른 채널을 통한 메시지 및 패킷의 송수신이 제한된다.

Beacon Signal은 연속된 비트열로써 HPi-AP에서 지속적으로 쉘 내에 브로드 캐스팅 되는 L2프레임의 단순 정보 신호이다. 이것은 발신하는 HPi-AP의 주소, PAR의 IP주소 및 PAI로 구성된다. HPi망 설계에 있어 HPi-AP와 HPi-AT와의 연결에 L2연결 파라미터가 필요할 경우, L2연결 파라미터 또한 Beacon Signal에 포함된다. HPi-AT는 dormant 상태에서 Beacon Signal을 수신하여 현재 위치를 확인한다. HPi-AT가 Beacon Signal을 받지 못하는 경우는 HPi 네트워크 밖에 있을 경우이거나 HPi-AT의 전원이 켜진 상태이다. 따라서 HPi네트워크에 접속해 있는 모든 HPi-AT들은 지속적으로 Beacon Signal을 받아 HPi네트워크의 접속 정보를 얻을 수 있으며 HPi-AT 스스로 현재 위치를 확인할 수가 있다. Beacon Signal의 구조는 다음과 같다.

```

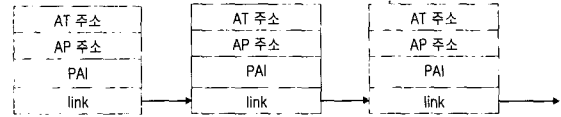
struct BEACON{
    u_char type; // 패킷 타입
    u_long par_addr; // PAR 주소
    u_long ap_addr; // HPi-AP 주소
    u_short flag; // FLAG, 공유 AP이면 1, 아니면 0
    char pai1[3]; // HPi-AP의 PAI 및 공유AP의 default PAI
    char pai2[3]; // 공유 AP의 두 번째 PAI, 일반 AP는 NULL
    char pai3[3]; // 공유 AP의 세 번째 PAI, 일반 AP는 NULL
};
    
```

PAR는 하위 도메인에 대한 정보, 즉 HPi-AP주소와 공유AP관리, PAI 와 함께 HPi-AT의 위치정보를 관리하기 위해 Paging Table이라는 데이터 베이스 모듈을 내장한다. Paging Table은 크게 두 개의 작은 테이블로 이루어져 있다. PAI와 HPi-AP list의 필드를 가진 테이블인 AT_PAITable은 네트워크 관리자가 직접 갱신하며 같은 PAI를 갖는 HPi-AP 목록을 저장하는 것이 목적이다. 다른 하나의 테이블인 PAI_APTable은 PAR가 Paging Update Packet을 수신했을 때 해당 HPi-AT에 대한 위치 정보를 저장한다. Paging Table의 작동 방식은 특정 HPi-AT를 목적으로 하는 데이터 패킷이 PAR에 도착했을 때, PAR는 해당 HPi-AT의 주소를 테이블의 HPi-AT리스트에서 찾아 PAI를 발견하게 된다. 그 다음으로 해당 PAI를 구성하는 HPi-AP list를 찾아 이들 HPi-AP에 해당 HPi-AT의 위치 검색을 위한 Paging Packet을 발신하게 된다.

▪ AT_PAITable

```

typedef struct AT_PAITable{
    char AT_address[15]; // HPi-AT 주소
    char AP_address[7]; // HPi-AP 주소
    char PAI[3]; // HPi-AT가 현재 위치한 PAI
    struct AT_PAITable* link; // link
}AT_PAIT;
    
```

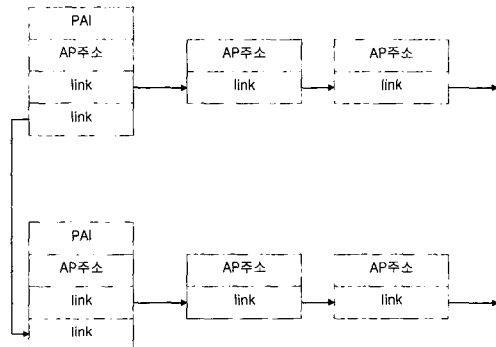


(그림 5) AT_PAITable의 기본구조

▪ PAI_APTable

```

typedef struct AP_ADDRESS{
    char apAddress[7]; // HPi-AP 주소
    struct AP_ADDRESS* link; // link
}APADDRESS;
typedef struct PAI_APTable{
    char PAI[3]; // PAI
    APADDRESS* AP_address; // HPi-AP 주소 리스트
    struct PAI_APTable* next; // link
}PAI_AP;
    
```



(그림 6) PAI_APTable의 기본구조

HPi-AT는 PAR에 위치보고를 수행하기 위해 Paging Update Packet을 발신한다. PAR은 Paging Update Packet의 정보에 따라 Paging Table을 갱신하며, HPi-AT의 현재 위치를 확인한다. Paging Update Packet에는 HPi-AT의 홈 주소 및 현재 위치한 PAI와 HPi-AP의 주소가 포함된다. Paging Update Packet의 구조는 다음과 같다.

```

struct PAGING_UPDATE{
    u_char type; // 패킷 타입
    u_long source_addr; // HPi-AP 주소
    u_long dest_addr; // PAR 주소
    char ap_addr[7]; // HPi-AP 주소
    char pai[3]; // PAI
};
    
```

PAR는 HPi-AT의 현재 위치를 질의, 즉 페이징 하기 위해 Paging Packet을 해당 HPi-AT에 발송한다. HPi-AT는 Paging Packet을 수신하여 dormant상태에서 active상태로

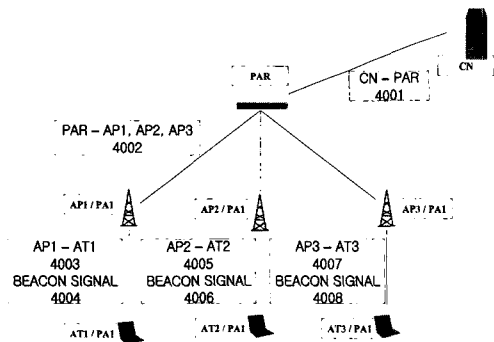
전환하며, 위치보고 응답으로써 **Paging Update Packet**을 PAR에 발송한다. **Paging Packet**의 발송은 Paging Table에서 해당 HPi-AT가 마지막으로 위치 보고 한 시점의 PAI를 기준으로 PAI및 관련 공유AP에 발송되며 HPi-AP는 셀 내에 브로드캐스트 한다. 다음은 **Paging Packet**의 구조이다.

```

struct PAGING_PACKET{
    u_char type;           // 타입
    u_long source_addr;   // PAR 주소
    u_long dest_addr;     // HPi-AT 주소
    char reserved[20];
};
    
```

5. 시뮬레이션 및 성능 평가

시뮬레이션에서의 편의를 위해 HPi-AP는 AP로, HPi-AT는 AT로 표기했다. (그림 7)은 각 AP및 PAI와 AT의 기본 구성을 보이며 시뮬레이션 시나리오에 따라 AP및 AT의 개수와 구성이 변경된다. 번호 4001부터 4008까지는 소켓의 통신포트를 지칭하며 AP와 AT간의 데이터 및 메시지를 위한 포트와 **Beacon Signal**을 위한 포트는 별도로 분리되어 있다. 포트 4001은 CN에서 PAR로 데이터를 보내기 위한 포트이며, 포트 4002는 PAR와 AP사이에 데이터 및 페이징 관련 메시지들을 위한 포트이다. 포트 4003은 AP와 AT사이에 데이터 및 페이징 관련 메시지들을 주고받기 위한 포트이며, 포트 4004는 AP에서 AT에 **Beacon Signal**을 보내기 위한 포트이다. 각 AP들은 AT와의 연결을 위해 이와 같은 두 개의 포트 번호를 갖는다. AT의 이동은 AP와의 연결 포트를 변경하여 연결하는 것으로 구현한다.



(그림 7) 시뮬레이션 네트워크 구성도

- 시뮬레이션을 위한 가정
- 모든 AT의 기본 상태는 dormant상태이다. AT의 상태변경을 모니터링 하기 위한 모듈 및 상태 변경 메시지는 시뮬레이션에서 제외하였다. 이것은 언제나 정상적으로 동작한다고 가정하며, AP와 AT간의 데이터 및 메시지 전송 포트가 활성화 되었을 때 AT가 active상태로 전환되었다고 가정한다.
- PAR프로세스는 하나만 존재한다. 만일 두 개 이상이 있어서 AT가 도메인을 이동할 경우 페이징 환경만으로는

- AT의 이동성을 보장하지 못한다. 따라서 하나의 PAR와 하나의 도메인이 존재하는 구성을 지닌다.
- PAR에서 PAI및 AP구성을 조작하여 AP에 알려주기 위한 컨트롤 메시지가 존재한다고 가정한다.
- Mobile IP와 관련된 등록 및 터널링과 같은 요소는 시뮬레이션에서 배제한다. 본 시뮬레이션은 Mobile IP관련 요소가 정상적으로 동작하고 있다고 가정한다.
- 시뮬레이션 구동 중에 AP의 주소 및 PAI구성 AT의 주소는 변경되지 않는다.
- 각 AP및 PA간에 전파간섭이 존재하지 않으며 통신 불가 영역인 hole이 존재하지 않는다.

시뮬레이션은 데이터 착신과 AT의 이동에 따른 위치보고에 중점을 두고 수행하였다. 가정에 따라 실제 시뮬레이션에서는 PAR와 AP간의 컨트롤 메시지나 HA와 인터넷과 같은 구조체는 구현하지 않는다. 구성 프로세스는 다음과 같다.

(1) CN 프로세스

PAR로 데이터를 보내는 기능을 한다. 데이터 내용은 20byte의 text로 한다.

(2) PAR 프로세스

AT를 목적으로 하는 데이터가 도착 시 버퍼링하고 AT의 정확한 위치를 찾아내기 위하여 페이징을 담당하며, PAR에 위치하는 Paging Table은 AT_PAI_TABLE과 PAI_AP_TABLE로 구성되어 있다. AT_PAI_TABLE은 AT 주소, AP주소, PAI로 구성되며, PAI_AP_TABLE은 각 PAI의 AP 주소 리스트로 구성된다. 데이터가 도착하면 AT_PAI_TABLE에서 현재 AT가 위치한 PAI를 찾으며, PAI_AP_TABLE에서 해당 PAI 모든 AP들을 검색하고, 이 AP들에게 **Paging Packet**을 발송, 이후에 각 AP들은 자신의 셀에 **Paging Packet**을 브로드캐스트한다. **Paging Packet**에 대한 응답으로 **Paging Update Packet**을 받아 AT_PAI_TABLE의 AP주소와 PAI를 갱신하고 해당 AT로 데이터를 발송한다. 또한 AT가 PAR로 진입하거나 다른 PA로 진입하였을 때 AT는 PAR에 **Paging Update Packet**을 보내게 되고 PAR는 이 메시지를 보고 AT_PAI_TABLE에 해당 AT의 레코드를 생성하거나 혹은 갱신한다. 즉, 새로운 AT가 현재 PAR가 관리하는 영역으로 진입 하였을 때는 AT_PAI_TABLE에 해당 AT의 레코드를 생성하게 되며, 다른 PAI로 진입하였을 때는 AT_PAI_TABLE의 AP 주소와 PAI를 갱신하게 된다.

(3) AP 프로세스

AP는 주기적으로 PAR 주소, AP 주소, 공유AP flag, PAI 정보를 포함하는 **Beacon Signal**을 통해서 AT로 브로드캐스트 하며, 이 **Beacon Signal**은 AT 자신이 이동했음을 감지하도록 알려주는 역할을 하게 된다. 또한 **Beacon Signal**의 AP 주소와 PAI 정보는 **Paging Update Packet**에 포함해서 보내지게 된다. PAR에서 내려오는 **Paging Packet**의 경우 자신의 셀 내로 브로드캐스트 하며, AT를 목적으로 하는 데이터가 오면 전달한다.

(4) AT 프로세스

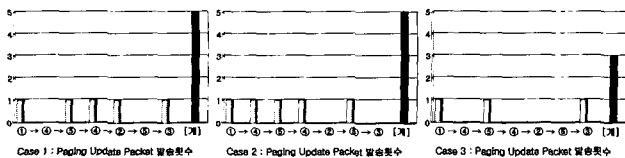
주기적으로 AP로부터 보내어 지는 Beacon Signal에서 PAR 주소와 PAI 받아 현재 자신의 위치를 파악하며, 자신이 알고 있는 PAR 주소와 PAI가 Beacon Signal로부터 받은 PAR 주소와 PAI와 다른지 확인한다. 만약 다를 경우에 Paging Update Packet을 발송한다. 또한 Paging Packet을 받을 경우, 현재 PAR에서 현재 AT로 오는 데이터가 있음을 확인하고 Paging Update Packet을 발송하게 된다. Beacon Signal의 AP 주소와 PAI 정보를 Paging Update Packet에 포함해서 보내게 된다.

제한한 페이징 기법에 대한 성능평가는 AT의 이동에 따른 위치보고 비용이 공유AP의 설치에 의해 어느 정도의 비용절감효과가 있는가에 대해 평가했다. 위치보고 비용, 즉 Paging Update Packet의 발송횟수를 평가의 기준으로 삼은 이유는 PAR와 AP와 같은 망의 기간(基幹)장치는 외부로부터 전력을 공급 받아 동작하기 때문에 무선기기의 특성상 한정된 전력으로 동작하는 AT에 비해 무한정의 전력을 보유하고 있기 때문이다. 즉, AT는 제한된 전력으로 최소한의 메시지 처리를 수행하는 것으로 이에 드는 전력을 보존하고 AT의 휴대 효율성을 증대시키는 효과를 얻게 되는 것이다. 성능평가에 앞서 제약조건으로써 성능평가 과정에서 순수하게 이동에 따른 메시지 발송 횟수를 측정하기 위해 메시지의 유효시간 만료로 인한 메시지 전송은 배제한다.



(그림 8) 성능평가를 위한 AP 구조

(그림 8)과 같이 5개의 AP들과 형태로써 각각의 AP셀에 PAI와 공유AP여부를 적용하여 3가지의 구성을 정의하고, 각각 독립적인 3가지 구성에서 AT가 동일한 움직임을 보일 경우 나타나는 Paging Update Packet의 발송 횟수를 측정했다. 각 3가지의 구성은 다음과 같다.



(그림 9) Case 1, Case 2, Case 3의 Paging Update Packet 발송 횟수

- Case 1 : [① = PAI. 1], [② = PAI. 2], [③ = PAI. 3], [④ = PAI. 1], [⑤ = PAI. 2]
- Case 2 : [① = PAI. 1], [② = PAI. 2], [③ = PAI. 3], [④ = PAI. 2], [⑤ = PAI. 3]
- Case 3 : [① = PAI. 1], [② = PAI. 2], [③ = PAI. 3], [④ = (공유AP)PAI. 1(default), 2], [⑤ = (공유AP)PAI. 2(default), 3]

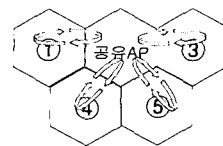
공유AP의 설정은 Beacon Signal에서 flag를 활성화 시키고 공유AP에 연관된 PAI를 적재하여 발송하는 것으로 완료된다. 이 외에 공유AP와 일반 AP를 구분 짓는 다른 요소는 존재하지 않는다.

다음으로 AT의 이동패턴은 아래와 같다.

- AT의 이동패턴 : ① → ④ → ⑤ → ④ → ② → ⑤ → ③

이러한 구성을 보인 이유는 AT의 이동이 크게 (일반PA)->(일반PA), (일반PA)->(공유AP), (공유AP)->(공유AP), (공유AP)->(일반PA)로 나눌 수 있으며, (그림 8)과 각 Case들을 통한 AT의 이동패턴이 이를 모두 보여주고 있기 때문이다. 다음 그림들은 각 Case들에 대해 어느 시점에서 위치보고를 수행하는가와 총 몇 회의 위치보고를 수행하는가를 보여주고 있다.

(그림 9)는 먼저 제시한 각 Case에 대해 동일한 AT의 이동패턴으로부터 몇 회의 Paging Update Packet발송이 발생하는가를 보여준다. 맨 처음의 ①에서 발생하는 한 번의 위치보고는 AT가 망에 최초 접속함으로써 발생하는 위치보고를 나타낸다. Case1, Case 2 및 Case 3의 Paging Update Packet발송 횟수를 비교해 보면 5회, 5회, 3회로써 절반에 약간 못 미치는 수준의 Paging Update Packet발송횟수 절감을 보인다. Case 3의 경우 총 7회의 AT이동 중 4회가 공유AP를 지나는 것이다. 이는 의도적으로 공유AP접근 횟수를 늘린 것이다. 다시 말해서 공유AP의 설치 의의는 설치 그 자체보다 사용자의 동선에 따라 가장 많은 접근이 예상되는 지역에 공유AP를 설치함으로써 위치보고 비용을 줄일 수 있다는 것을 나타낸다.



(그림 10) 공유AP를 통한 AT의 극단적 움직임

(그림 10)과 같이 AP ②가 공유AP이며 AT들의 움직임이 본래 위치한 PA와 공유AP간을 왕복 하는 이동패턴만을 보일 때, 모든 AT들의 위치보고 비용은 왕복횟수가 많아질수록 상대적으로 줄어든다. 본 성능평가에서 나타난 결과로, 공유AP의 적절한 설치에 따른 AT의 위치보고 비용의 감소와 Beacon Signal의 flag 활성화/비활성화만으로 공유AP의 설치/제거가 간단히 이루어진다는 것을 알 수 있다. 즉, 사용자들의 이동패턴이 변경될 경우에도 위치보고 비용 절감을 위한 공유AP의 재설정이 쉽다는 것을 알 수 있다.

6. 결론

본 논문은 HPI망에서 착신 서비스를 제공하기 위한 방법으로 IP 페이징 기법을 제시하였으며 이에 따라 HPI망을 위

한 IP 페이징 프로토콜 및 페이징 망 구조를 제안하였다. 페이징 프로토콜은 최소한의 필요정보만을 주고 받을 수 있으면서도 위치추적 및 위치보고라는 주어진 역할에 충실하도록 설계했으며, 페이징 망 구조는 한정된 전력을 가지고 있는 무선 단말의 전원 효율을 높이는 방향으로 제안했다. 이에 제안된 페이징 프로토콜을 실제 시뮬레이션 하고 성능평가를 수행하였다. 시뮬레이션을 통해 제안한 페이징 기법에 따라 프로토콜이 동작함을 보이고, HPI-AT의 위치관리와 데이터 착신이 이루어짐을 보였다. 성능평가에서는 페이징 망 구조에 따라 제안한 페이징 망 구조와 공유AP가 어떠한 장점을 가지고 있는지 HPI-AT의 위치보고 횟수를 통해 분석하였다. 분석한 결과에 의해 공유AP를 사용함으로써 HPI-AT의 위치보고 비용이 감소하며, 추가 비용 없이 Beacon Signal에 대한 간단한 조작만으로 일반AP와 공유AP의 전환이 자유롭게 이루어지는 장점을 보였다.

참 고 문 헌

[1] IEEE std 802.16-2001, "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", IEEE-SA, April, 2002.

[2] IEEE std 802.16.2-2001, "Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems", IEEE-SA, September, 2001.

[3] IEEE 802.16 TGe Working Document, "IEEE 802.16e-03/07r2 Part 16 Amendment 4: Mobility Enhancements", IEEE 802.16 TGe, May, 2003.

[4] Dean S.K. Chang,, "IEEE 802.16-02/12r, IEEE 802.16 Technical Backgrounder", IEEE 802.16 BWA Working Group, May, 2002.

[5] Mark Klerer, "Introduction to IEEE 802.20", IEEE 802.20 Working Group, March, 2003.

[6] James D. Solomon, "Mobile IP: The Internet Unplugged", Prentice Hall PTR, 1998.

[7] C. E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", RFC3344, August, 2002.

[8] Karim El Malki, Pat R. Calhoun, "Low Latency Handoffs in Mobile IPv4", IETF internet draft, <draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs-v4-05.txt>, June, 2003.

[9] A. Campbell, J. Gomez, "Cellular IP", IETF internet draft <draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt>, June, 2000.

[10] X. Zhang, J. Gomez, "P-MIP: Paging Extensions for Mobile IP", Mobile Networks and Applications, July 2002

[11] R. Ramjee, T. Laporta, L. Li, S. Kasera, "IP Paging Service for Mobile Hosts", Wireless Networks, August, 2002.

[12] C. Castelluccia, P. Mutaf, "An Adaptive Per-Host IP Paging Architecture", Computer Communication Review, ACM SIGCOMM, October, 2001.

[13] J. Kempf, C. Castelluccia, P. Mutaf, "Requirements and Functional Architecture for an IP Host Alerting Protocol", RFC3154, August, 2001.

[14] J. Kempf, "Dormant Mode Host Alerting("IP Paging") Problem statement", RFC3132, June, 2001.

[15] 나지현, 김영진, 이재현, 정태의, 송병권, "Mobile IP기반 무선 IP패킷 데이터 망에서의 페이징 기법," 한국정보과학회 제32회 추계학술발표논문집 III, pp.97-99, 2003.10.



정 태 의

e-mail : tejeong@skuniv.ac.kr

1979년 고려대학교 전자공학과(학사)

1982년 오하이오주립대 전기공학과(석사)

1989년 오를라호마대학 전산학과(석사)

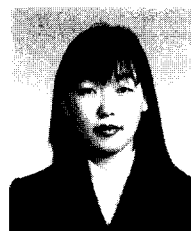
1994년 오를라호마대학 전산학과(박사)

1983년~1986년 금성반도체 연구소 컴퓨터부문 선임연구원

1986년~1987년 United Microtek, Inc. (San Jose, CA) Engineering Manager

1995년~현재 서경대학교 컴퓨터과학과 교수

관심분야 : 알고리즘, 계산이론, 이동통신



나 지 현

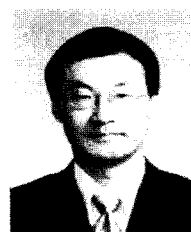
e-mail : jhna@etri.re.kr

1989년 전남대학교 전산통계학과(학사)

2000년 충남대학교 컴퓨터과학과(석사)

1989년~현재 한국전자통신연구원 IP이동성연구팀

관심분야 : IP 기반 이동통신 네트워크, Mobile IP 기술, IP Paging, Ad-hoc Network



김 영 진

e-mail : yjkim@etri.re.kr

1981년 고려대학교 전자공학과(학사)

1983년 고려대학교 전자공학과(석사)

1989년~1991년 벨기에 BTM 방문연구원

1983년~현재 한국전자통신연구원 무선액세스연구그룹장

관심분야 : 무선액세스망, IP기반 이동통신 시스템, MIP기술, 인증 기술



송 병 권

e-mail : bksong@skuniv.ac.kr

1984년 고려대학교 전자공학과(학사)

1986년 고려대학교 전자공학과(석사)

1995년 고려대학교 전자공학과(박사)

1984년~1991년 삼성종합기술원 선임연구원

1995년~현재 서경대학교 정보통신공학과 부교수

관심분야 : 고속망 프로토콜, 분산처리 시스템, 이동 컴퓨팅