

論文97-34S-3-1

# Pager 내장형 PCS 단말기를 이용한 location tracking 기법

## (A Location Tracking Scheme using Embedded-pager PCS Terminals)

張景訓\*, 沈哉廷\*, 朴正植\*, 金惠鎮\*

(Kyunghun Jang, Jaejeong Shim, Jeongsik Park, and Duckjin Kim)

### 요 약

차세대 개인 휴대 통신인 PCS 서비스는 제한된 무선망 자원으로 멀티미디어 트래픽을 수용하기 위해 마이크로셀 환경에서 이루어지게 될 것이다. 이는 단말의 통화시 이동으로 생기는 핸드오프와 착신 대기시 이동으로 인한 location update의 빈번한 발생을 유발시킨다. 본 논문에서는 이 중 location update로 인한 망의 부하를 현저히 감소시킬 수 있는 방안으로서, Pager를 내장한 PCS 단말기와 이를 이용한 위치 추적 기법을 제안한다. 제안된 위치 추적 기법은 이동 통신 서비스의 가장 큰 장애 중의 하나인 이동단말의 배터리 사용시간에 관한 제약을 근본적으로 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 이동단말의 호착신율도 상당히 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 제안된 위치 추적 기법을 위한 망요소간의 시그널링 절차를 제안하였다. 이는 기존의 망구조는 물론 앞으로의 ATM 근간망의 구조에서도 수용 가능할 것이다. 그리고, 본 위치 추적 기법을 위한 시그널링 절차를 검증하기 위하여 이를 페트리 넷(Petri-Net)로 모델링하고 도달성 트리를 구해 봄으로써 정상적인 상태 천이가 이루어짐을 확인하였다.

### Abstract

Since the radio spectrum is limited, future wireless system will have micro cellular architecture in order to provide multimedia traffic services on personal communications network. The small coverage area of micro cellular systems results in frequent handoffs and location updates. We focus on network load and terminal power due to frequent location updates and propose a location tracking scheme using embedded-pager PCS terminals. The proposed scheme is expected to minimize the consumption of PCS terminal power and improve the receiving rate of callee because of the power saving mechanism and the embedded-pager PCS terminal. This paper proposes signaling flows among the network elements for the proposed location tracking scheme. The signaling flows are accommodated to not only the existed network architectures but also the ATM backbone network architecture. To verify the signaling flows, we used Petri-Net model. The results show that the signaling flows are suitable to our proposed location tracking scheme.

### I. 서 론

우리 나라의 개인휴대통신서비스는 AMPS (Advanced Mobile Phone System)라 불리는 아날

로그 셀룰라 시스템에서 더 많은 가입자를 수용할 수 있는 디지털 셀룰라로, 다시 최근에는 보행자 중심의 발신전용전화기인 CT-2(Cordless Telephone-2, 일명 '시티폰') 서비스를 개시하는 단계에 이르고 있다. CT-2는 우리가 흔히 무선 전화기라 부르는 현재 널리 보급되어 있는 CT-1에서 telepoint 서비스 기능이 부가된 것이다. 즉, 기존의 CT-1(무선전화기)이 집이나 사무실 등의 장소에 하나의 기지국(인입 전화선이 연결

\* 正會員, 高麗大學校 電子工學科 B-ISDN 研究室  
(B-ISDN Lab., Korea Univ)

接受日字: 1996年12月20日, 수정완료일: 1997年3月12日

된 전화기 본체)을 놓고 그 근처에서 착발신을 할 수 있는데 반해, CT-2는 이러한 CT-1의 기능에 무선 단말을 가지고 집이나 사무실에서 멀리 떨어진 곳에 가서도 그 주변에 있는 기지국을 통해 전화를 걸 수 있는 기능이 추가된 것이다. 하지만, CT 2는 보행자 중심의 서비스이기 때문에 아날로그 및 디지털 셀룰라폰과 같은 핸드오프 기능은 제공하지 않으므로 최초로 호를 개시한 기지국의 통화반경을 벗어나면 호가 끊기게 된다<sup>11) 12) 14)</sup>.

CT-2는 비록 telepoint(무선 기지국)를 통한 착신 기능을 가지고 있지 않지만, 착신을 하지 않음으로써 위치 등록 및 갱신(location update), 페이징(paging) 등의 기능들이 필요하지 않게 되므로 단말의 가격이나 서비스 비용이 셀룰라폰에 비해서 훨씬 저렴해지게 되고 착신을 위해 전원을 켜 놓을 필요가 없으므로 주어진 배터리를 훨씬 장시간 사용할 수 있는 이점도 가지게 된다.

CT-2 서비스가 telepoint를 통한 착신 기능이 제공되지 않음에도 불구하고 아날로그 및 디지털 셀룰라 서비스에 대해 경쟁력을 가질 수 있는 것은, 저렴한 단말 가격과 서비스 사용료라는 이유도 있지만 기존의 셀룰라폰은 착신 기능을 위해서 통화를 하지 않을 때에도 기지국과 신호를 주고받기 위해 단말의 적지 않은 전력을 사용한다는 데 있다. 셀룰라폰의 기지국 통화반경은 CT-2 기지국에 비해 대단히 크기 때문에 착신 대기 시에 사용하는 전력은 셀룰라폰의 최대 사용시간에 큰 제약을 가하게 된다. 이 때문에 상당수의 셀룰라폰의 사용자들은 비통화 시에 셀룰라폰의 전원을 꺼 놓은 상태로 다니거나 페이저를 별도로 휴대하고 있다. 이는 곧 셀룰라폰의 호착신율이 그다지 높지 않음을 의미한다.

보행자 중심의 멀티미디어 이동통신 서비스를 지향하는 PCS 단말의 경우에도 위와 같은 문제점들은 여전히 존재한다. 비록 PCS가 마이크로셀 환경 하에서 이루어진다 하더라도 PCS 단말이 멀티미디어 어플리케이션을 수용하기 위해서는 단순한 음성통신에 비해 더 많은 전력을 필요로 하게 될 것이다. 이를 위해서는 단말을 보다 저전력에서 동작할 수 있게 만들기 위한 제반 기술의 개발과 함께 소형·고용량 배터리의 발명이 절실하다. 하지만 이러한 접근은 물리적인 한계점을 가지고 있으며 완전한 해결책이 되지는 못한다.

따라서 본 논문에서는 보다 근본적인 대안으로, 내장

Pager를 이용함으로써 단말의 착신율과 배터리 사용시간을 현저히 개선하고 망의 부하도 감소시킬 수 있는 PCS에서의 새로운 location tracking 기법을 제안한다. II장에서는 내장 Pager를 포함하는 PCS 단말기 및 이를 위한 망의 기능에 대해 소개하고 이와 함께 제안한 위치 추적 기법을 설명한다. 다음으로, 제안한 기법을 위해서 필요한 시그널링 절차에 대해서 III장에서 기술하고, IV장에서는 우리가 제안한 location tracking 기법을 위한 시그널링 절차를 Petri-Net으로 모델링하여 검증한다. 그리고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 내장 Pager를 포함한 PCS 단말기와 망의 구조 및 기능

본 논문에서 제안하는 위치 추적 기법을 위한 내장 Pager를 가진 PCS 단말기의 간략한 구조가 그림 1에 나타나 있다. 현재 상용화를 준비중에 있는 CT-2(발신전용전화기)와 비교하여 보면, 제안한 PCS 단말기는 CT-2 단말의 장점인 저렴한 단말기 가격, 저출력, 저전력소모 등의 장점을 그대로 가지면서도 CT-2가 발신 전용인 것에 비해 수신까지도 가능하게 하여 단말 기간에도 통화할 수 있다.

단말기 구조를 보면, 그림 1에서와 같이 PCS 단말에 Pager가 포함되어 있어서 발신 시에는 단말의 전원을 켜고 상대방의 번호를 눌러 송신함으로써 연결의 설정을 요청하여 통화가 가능하다. 수신 시에는 단말에 내장된 Pager로 수신된 전화번호가 단말의 번호와 일치하면 Pager가 PCS 단말의 주전원을 켜서 단말이 위치 등록을 하게 되고, 발신측은 HLR(Home Location Register)에 등록된 이 정보를 이용하여 단말로의 연결을 설정하게 된다. 여기서, 주시할 점은 상대적으로 대단히 저전력인 내장 Pager의 전원은 항상 켜져 있으나, PCS 단말의 주전원은 단말이 통화를 시도하는 시점에서 통화를 마치거나 통화 시도를 포기하는 시점까지, 그리고 단말로의 연결 요청으로 내장 Pager가 단말의 주전원을 켜는 시점에서 통화를 마치거나 발신자가 연결 요청을 포기하는 시점까지만 켜져 있다는 것이다. 이는 현재의 아날로그 및 디지털 셀룰라나 향후의 PCS 단말에 이르는 모든 이동 단말에 가장 큰 장애요인 중의 하나가 되고 있는 배터리 사용시간을 획기적으로 개선할 수 있다는 점에서 큰 의미

가 있다.

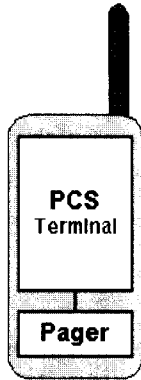


그림 1. 내장 Pager를 가진 PCS 단말기의 구조  
Fig. 1. The architecture of PCS terminal with embedded pager.

제한한 위치 추적 기법을 위한 PCS 단말에서, 내장 Pager는 일반 Pager와 동일한 기능을 수행하지만 수신된 번호가 단말의 번호와 일치할 경우 단말의 주전원을 켜주고 단말로의 연결 요청이 왔음을 알려주는 기능을 한다. 이 연결 요청을 받은 단말은 인접 기지국을 통해 위치 등록을 요청하게 된다. 이러한 방식은 기존에 생각되었던 CT2와 Pager의 결합에서 한 차원 진보한 것이다. CT2와 Pager의 결합에서는 Pager가 그 고유 기능만을 수행하며 수신된 번호를 단지 저장하여 단말에서 하나의 버튼을 누름으로써 새로운 연결을 요청하는, 즉 Pager 수신과 새로운 호의 발신이라는 이원화된 메커니즘을 가지고 있다. 그러나, 앞으로 CT2의 보급이 대중화가 될 경우, 기존의 CT2와 pager의 단순한 결합은 CT2 가입자간의 착·발신이 불가능하다는 새로운 문제점을 야기시킨다.

제한한 위치 추적 기법은 이러한 문제에 대한 근원적인 해결책을 제시하고 있으며, CT-2의 장점을 이어받으면서도 수신까지 가능하게 함은 물론 PCS 단말간의 착·발신을 가능하게 함으로써 향후 이러한 방식을 사용하게 된다면 엄청난 경제적 이익이 기대된다.

제한한 위치 추적 기법에 의한 Pager 내장형 PCS 단말로의 호설정 과정을 요약해 보면 다음과 같다. 그림 2에 이 과정이 도시되어 있다.

①, ② : 발신측 PCS 단말로부터의 호설정 요청 메시지가 기지국을 거쳐 관련 MSC로 전달된다.

- ③ : 호설정 요청 메시지를 받은 MSC는 무선호 출국으로 착신단 번호를 전달하고 동시에 HLR로 발신단 및 착신단에 대한 정보를 보내 준다.
- ④ : MSC로부터 호출 메시지를 받은 무선호출국은 전달된 번호를 페이징한다.
- ⑤~⑦ : 착신측 PCS단말은 내장 Pager로부터의 호설정을 요청하는 내부 메시지를 전달받고 위치정보를 갱신한다.
- ⑧ : HLR에 등록된 착신단의 위치정보가 발신단 MSC로 전달된다.
- ⑨~⑪ : 발신단 MSC는 HLR로부터 전달된 착신단 위치정보에 따라 착신 PCS단말로 호설정 요청 메시지를 보낸다.
- ⑫~⑬ : 착신 PCS단말로부터 연결확인 메시지가 발신 PCS단말로 전달되어 호설정이 완료된다.

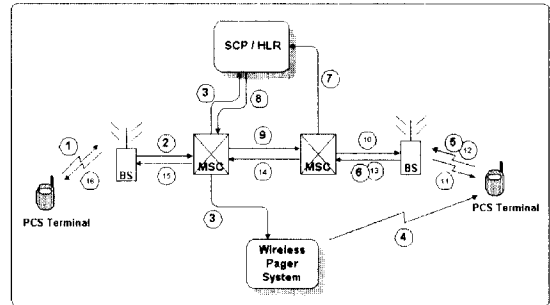


그림 2. 내장 Pager를 가진 PCS 단말기로의 착신 절차  
Fig. 2. The incoming call setup of PCS terminal with embedded pager.

내장 Pager를 이용한 위치 추적 기법은 망의 측면에서도 여러 가지 이점이 있다. 기존의 경우, PCS 단말로의 호설정, 즉 PCS 단말의 착신을 위해서는 단말의 위치 정보를 저장하기 위한 location update(위치 갱신)와 호설정 요청이 있을 때 해당 단말이 위치하는 셀 ID를 알아내기 위한 paging이라는 주요 절차가 필요하다. 이는 망에 상당한 부담이 될 것이며, PCS 단말의 호착신을 위한 주된 비용요소이기도 하다. 하지만, 제한한 위치 추적 기법을 사용하게 된다면 이러한 비용들을 최소화 할 수 있다. 제안된 기법이 가지는 장점들을 이 두 가지 점에서 고려해보면 다음과 같다.

먼저, location update 측면에서 비교해본다. 향후의 PCS망은 마이크로셀 환경이 될 것이므로, 현재의 아날

로그 및 디지털 셀룰라폰에서보다 핸드오프 및 로밍의 빈도가 훨씬 높아질 것으로 예상된다. 따라서, LA(Location Area)간의 핸드오프나 로밍 시마다 수반되는 location update를 위한 비용이 지금보다 상승하게 될 것이다.

하지만, 제안한 위치 추적 기법에서는 단말의 로밍(roaming) 시에는 별도의 location update가 필요하지 않으며, 단지 다음의 세 가지 경우에만 location update가 이루어진다. 첫 번째는 단말에서 발신할 경우로써, 단말의 주전원을 켜 때 location update가 수행된다. 두 번째는 PCS 단말이 통화중 핸드오프 하는 경우이다. 세 번째는 단말로의 연결이 요청되어 착신할 경우로써, 즉 단말에 내장된 Pager로 단말 자신의 번호가 수신된 경우에 단말의 주전원이 켜지고 location update가 일어난다. 그러므로, 제안한 위치 추적을 사용하게 되면 location update로 인한 망의 부하를 최소화할 수 있으며, 이는 곧 저렴한 서비스 비용으로 이어지게 될 것이다.

다음은, paging 측면에서의 장점이다. 기존의 일반적인 셀룰라 및 PCS에서는 이동 단말로의 착신 시에 HLR, VLR과 같은 Location Register로부터 착신 단말의 위치 정보를 얻고, 해당 Location Area내의 모든 셀에서 단말을 페이징(paging)한다. 이에 반해, 제안한 위치 추적 기법에서는 단말로의 호설정 요청이 발생하면, 즉 PCS 단말에 내장된 Pager에 단말 자신의 번호가 수신될 때에만 location update가 일어나는데, 이 location update 메시지에 착신 단말이 있는 근접 기지국의 ID가 포함되어 전송된다. 그리고 이 정보는 해당 기지국을 관장하는 MSC에서 테이블로 만들어져 관리된다. 따라서, 페이징을 위한 별도의 비용이 전혀 필요하지 않게 되는 것이다. 만일, 이동 단말의 착신 시에 location update가 일어난 뒤 단말로의 연결이 설정되기까지의 지연 시간동안 단말이 다른 셀로 이동할 가능성이 있는 경우에는 저장된 ID의 기지국이 담당하는 셀과 그 주변의 인접셀들만을 페이징하여 페이징 비용을 최소화하는 방안도 생각해 볼 수 있다.

이러한 위치 추적 기법은 장래 PCS에서뿐만 아니라 현재의 개인 이동통신 서비스에도 적용 가능하며, 망의 부하를 근본적으로 최소화하여 서비스의 질을 향상시키고 서비스 비용을 저렴하게 할 것이다.

서비스 측면에서, 제안된 위치 추적 기법은 저렴한 서비스 비용 외에도 이동 단말로의 호착신율을 획기적

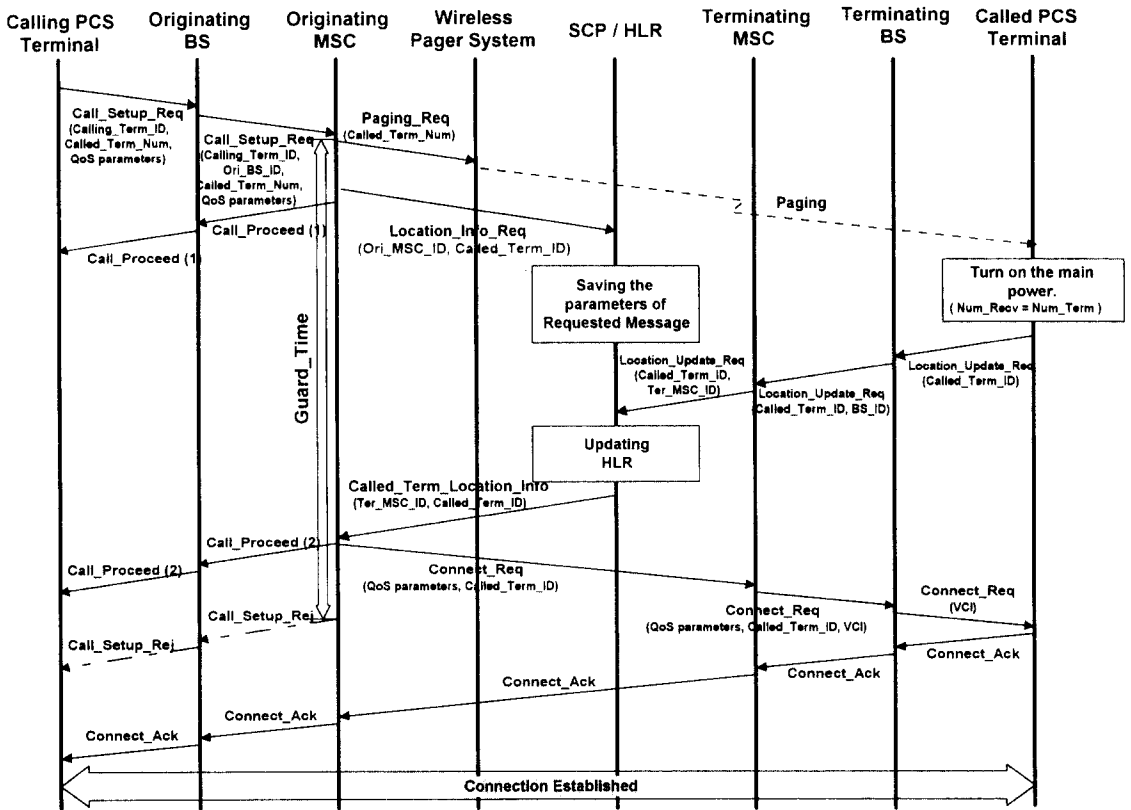
으로 개선할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이는 현재 널리 사용되고 있는 Pager의 경우 모든 지역에서 거의 100%에 달하는 착신율을 나타내고 있다는 사실에서 기인한다. 제안된 PCS 단말의 경우, 호착신 시에는 내장 Pager를 이용하므로 단말이 통화불능지역, 또는 Pager 수신불능지역 내에 있거나 호에 할당될 유·무선 망자원이 고갈된 상태만 아니라면 location update와 이에 따른 일련의 호설정 절차를 통한 안정된 호착신이 가능해질 것이다.

### Ⅲ. 제안된 location tracking 기법을 위한 시그널링 절차

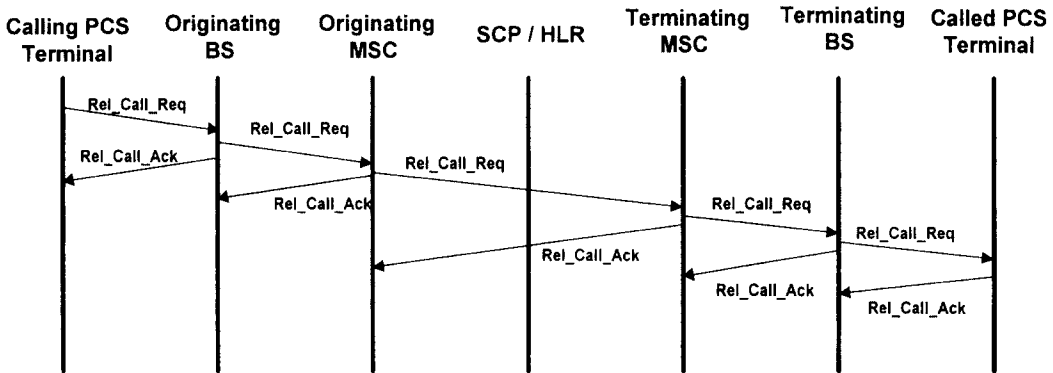
본 장에서는 II장에서 설명된 Pager 내장형 PCS 단말을 이용한 위치 추적 기법을 위해 필요한 시그널링 절차와 이 시그널링 절차에 따른 MSC, 기지국, PCS단말 각각에 대한 상태 천이 절차에 대해 기술한다. 단말에서의 발신시에는 기존의 아날로그 및 디지털 셀룰라와 유사하므로, 여기서는 제안한 위치 추적 기법의 주된 관심이 되는 내장 Pager를 이용한 단말의 착신시의 절차만을 고려한다.

그림 3은 이에 해당하는 시그널링 절차이다. 이 시그널링 절차 중에서 (a)는 PCS 단말에서 다른 PCS 단말로의 호설정을 보여주고 있다. 먼저, 발신측(여기서는 PCS 단말)으로부터의 호설정 메시지(Call\_Setup\_Req)는 해당 기지국을 거쳐서 관련 MSC(Mobile Switching Center)로 전달된다. 이에 MSC는 해당 호를 홀딩시키고, 착신 번호를 무선 호출국으로 넘겨준다. 홀딩된 호와 관련된 정보들(Ori\_Term\_ID, Ori\_BS\_ID, Called\_Term\_ID, QoS parameters)은 MSC에서 일정 시간(guard time)동안 관리된다. 여기서, 제한 시간(guard time)은 상대방의 응답이 없을 경우를 위해 필요하다. 즉, guard time내에 HLR로부터의 상대방 위치 정보가 전달되지 않으면 호설정을 거절하게 된다. MSC는 HLR로 착신측 PCS 단말의 위치 정보를 요구하는 메시지를 보낸다. 이에 발신측 MSC\_ID와 함께 착신 단말의 ID가 포함된다. Location update가 이루어지면 HLR은 이 착신측 MSC\_ID를 발신측 MSC로 보내준다.

MSC로부터 착신 PCS 단말번호를 실은 호출 메시지를 전달받은 무선 호출국(현재 사용되고 있는 것에서 추가되는 기능이 필요없음)은 주어진 번호의 Pager를



(a) 호 설정의 경우



(b) 호 해제의 경우

그림 3. 제안된 location tracking 기법을 위한 시그널링 절차  
 Fig. 3. The signaling flow of proposed location tracking scheme.

호출한다. PCS 단말에 내장된 Pager는 이 호출 신호를 수신하고 이 번호가 자기 단말의 번호임을 인지하여 PCS 단말의 주전원을 켜고 단말로의 호설정 요구가 들어왔음을 알려주게 된다. 다음으로 PCS 단말은 현재의 위치 정보(MSC\_ID, BS\_ID)를 포함하는

location update 메시지를 HLR로 전달한다. 이를 받은 HLR은 위치 정보를 갱신하고 발신측의 교환기로 해당 착신측 위치정보를 전달한다. 이러한 HLR의 일련의 동작은 HLR과 연결되어 있는 SCP에 의해서 수행된다. 이 때, 착신 단말이 통화불능지역에 있거나 또

는 다른 이유로 인해서 주어진 시간 한도(guard time, or time limit)내에 location update가 이루어지지 않으면 MSC는 발신측으로 현재 통화가 가능하지 않음을 알려주는 적절한 메시지를 전달한다.

발신측의 교환기(MSC, 혹은 MSC)는 착신측의 위치 정보를 전달받고 나서 착신 PCS 단말로의 연결을 요청하며, 이어지는 제반의 호설정절차에 따라서 발신측 단말과 착신측 단말간의 호가 설정된다.

그림 3(b)는 호해제 시의 시그널링 절차를 보여주고 있다. 호해제 시에는 발신 단말에서의 호 해제 요청이 착신단말까지 전달되면서 호에 할당된 자원들을 해제하는 절차를 밟게 된다. 그림에서는 발신단에서 호 해

제를 시작하는 경우만이 나타나 있으나, 착신단에서 호 해제를 요청하는 경우도 이와 유사하다. 이 때에는 메시지 전달의 방향만 다를 뿐, 동일한 절차를 거쳐 호 해제가 진행된다.

이와 같은 시그널링 절차에 의한 MSC, BS, 단말 각각의 상태 천이도를 그림 4, 5, 6에 도시하였다. 여기서 상태는 원으로 표시하며, 상태간의 천이는 직선이나 곡선의 화살표로써 나타낸다. 상태 천이를 나타내는 화살표에는 천이를 일으키는 입력 메시지와 그 결과 발생되는 출력 메시지를 표시하였으며, 혼동을 피하기 위해 필요한 경우에는 박스 안에 메시지들을 표시하고 상태 천이 화살표를 가리키도록 하였다.

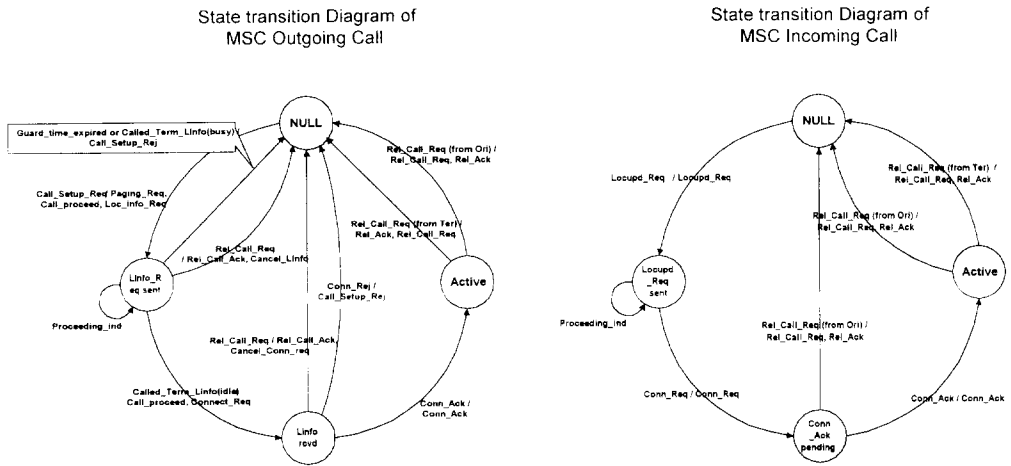


그림 4. MSC 발신호 및 착신호의 상태천이도  
Fig. 4. The State Transition diagrams of MSC outgoing call & MSC incoming call.

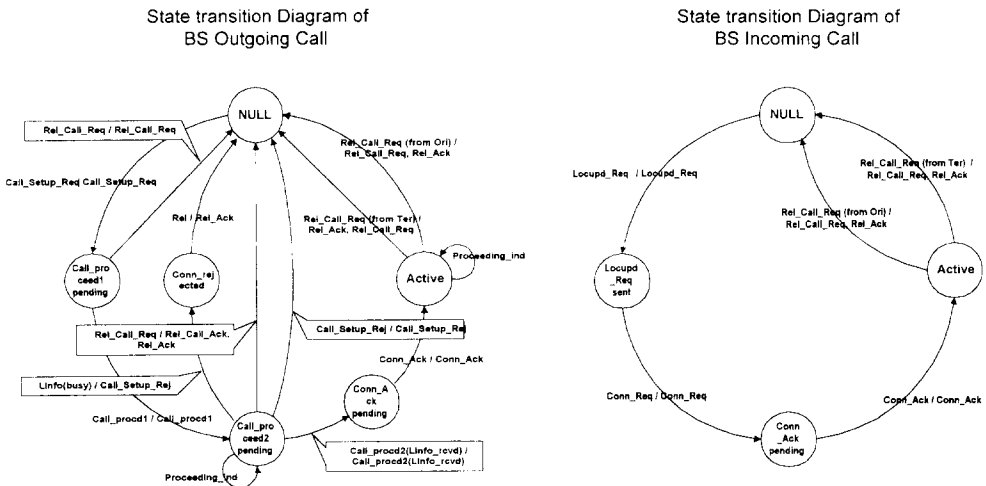
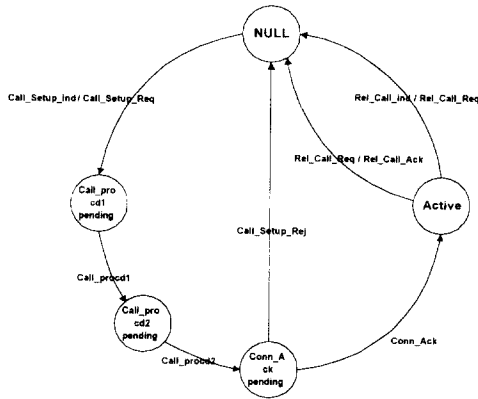


그림 5. BS 발신호 및 착신호의 상태천이도  
Fig. 5. The State Transition diagrams of BS outgoing call & BS incoming call.

State transition Diagram of Terminal Outgoing Call



State transition Diagram of Terminal Incoming Call

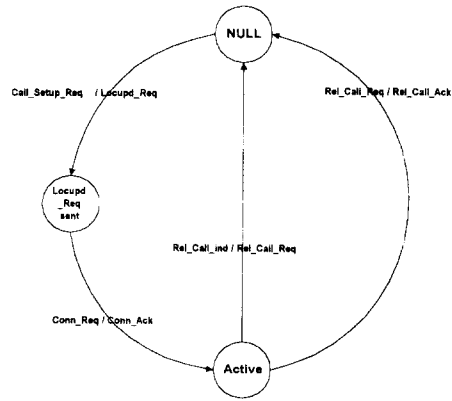


그림 6. 단말 발신호 및 착신호의 상태천이도

Fig. 6. The State Transition diagrams of Terminal outgoing call & Terminal incoming call.

상태 천이도에서 기본 상태는 <Null> 상태, 즉 호의 진행이나 요청이 없는 상태이다. 모든 상태 천이도는 이 <Null> 상태에서 시작하며, 호 설정 요청(Call\_Setup\_Req 또는 Call\_Setup\_ind)을 받으면서 상태 천이를 시작하고 적절한 메시지를 주고받으면서 호 설정이 완료된 상태(<Active> 상태)로 천이한다. 이 <Active> 상태에서 진행 호의 해제가 요청되면 다시 <Null> 상태로 천이하여 원래의 상태가 된다. 이에 대한 자세한 천이 과정은 다음과 같다. 그림 4는 발신단 MSC와 착신단 MSC에서의 상태 천이를 보여주며, 그림 5는 기지국에서의 상태 천이를, 그리고 그림 6은 단말에서의 상태 천이 과정을 나타내고 있다.

상호 메시지 전달 절차에 이상이 없음을 확인한다.

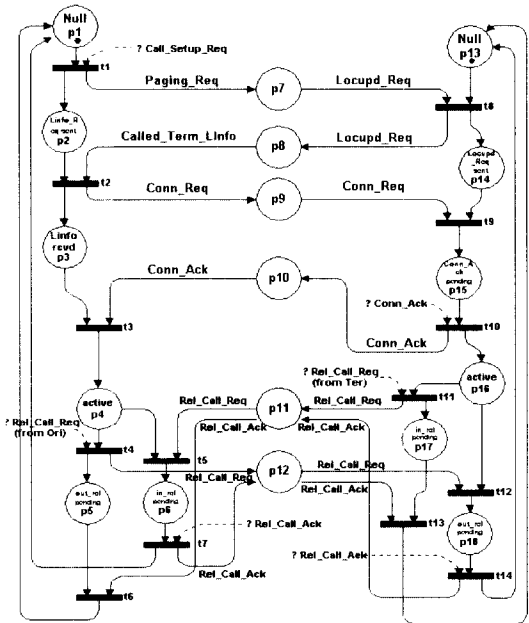


그림 7. MSC 착신호와 MSC 발신호에 대한 페트리 넷 모델

Fig. 7. The Petri Net model of MSC outgoing call & MSC incoming call.

IV. Petri-Net을 이용한 시그널링 절차 검증

본 논문에서는 제안한 위치 추적 기법을 지원하기 위한 시그널링 절차가 정상적으로 동작함을 확인하기 위하여 MSC, BS, PCS단말의 상태 천이 절차를 페트리 넷(Petri-Net)<sup>[6] [7] [8] [9]</sup>를 이용하여 모델링하고 검증하였다. 페트리 넷은 병행 처리 시스템의 검증에 널리 사용되고 있으며, 특히 통신 프로토콜의 검증에 적합하다. 이번 장에서는 앞에서 도식된 MSC, 기지국, PCS단말 각각의 상태 천이 절차를 페트리 넷으로 모델링한 다음 각 페트리 넷 모델의 도달성 트리(reachability tree)를 구하여 발신단과 착신단간의

그림 7, 8, 9에 세 가지 상태 천이 절차에 대한 각각의 페트리 넷 모델을 도식하였다. 페트리 넷은 표지소(Place, ○로 표시함) P, 천이(Transition, -로 표

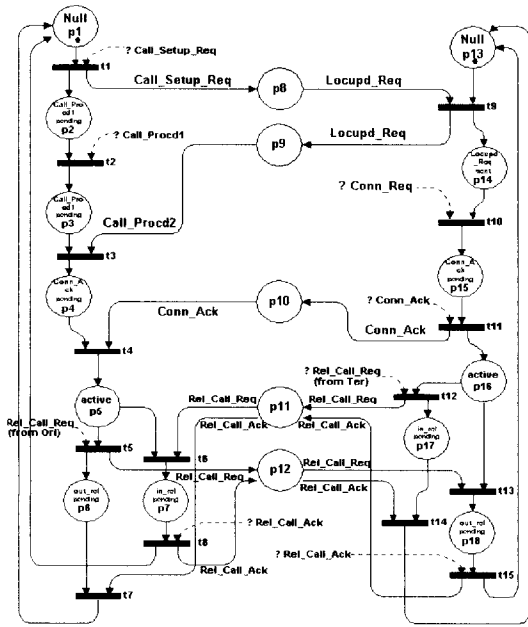


그림 8. BS 착신호와 BS 발신호에 대한 페트리 넷 모델

Fig. 8. The Petri-Net model of BS outgoing call & BS incoming call.

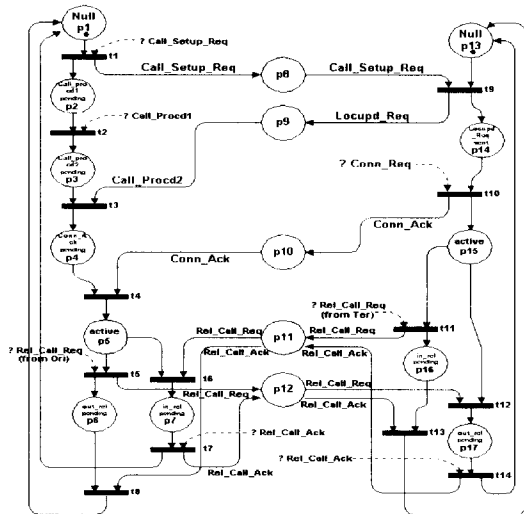


그림 9. 단말 착신호와 단말 발신호에 대한 페트리 넷 모델

Fig. 9. The Petri-Net model of Terminal outgoing call & Terminal incoming call.

시함 T, 그리고 호(Arc, →로 표시함) A로 나타내어진다. 초기 표지소(⊙)에 있는 검은 점은 토큰(token)을 나타내며, 천이의 점화(firing)를 가능하게 한다<sup>[5]</sup>. 도시된 모델에서 보는 바와 같이 초기 표지소에서 상

태 천이를 시작하여 다시 초기 표지소로 토큰이 순환함을 알 수 있다. 이는 곧 상태의 순환을 말한다. 이것을 확인하기 위하여 각 페트리 넷 모델에 대한 도달성 트리(reachability tree)를 구성하였다.

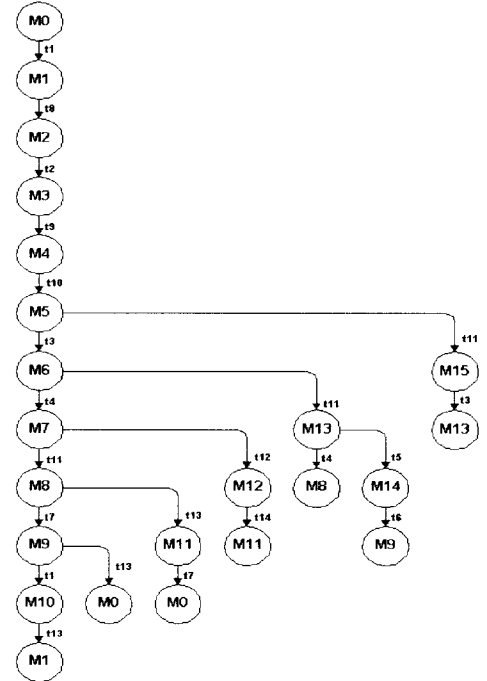


그림 10. MSC 페트리 넷 모델의 도달성 트리  
Fig. 10. The reachability tree of MSC Petri-Net model.

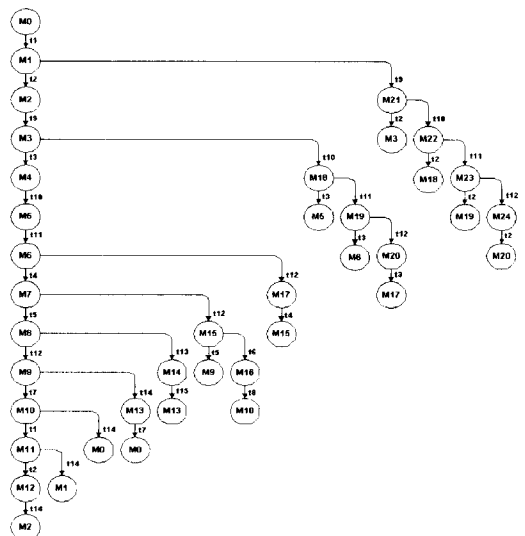


그림 11. BS 페트리 넷 모델의 도달성 트리  
Fig. 11. The reachability tree of BS Petri-Net model.



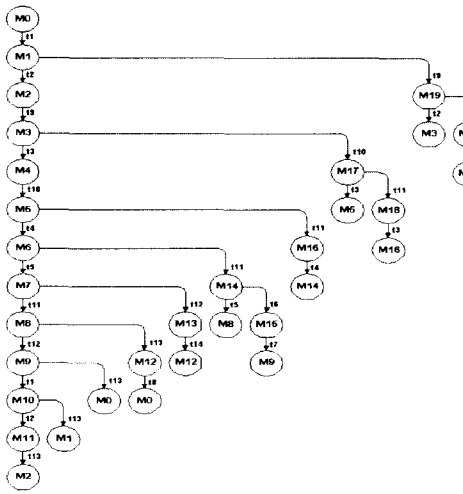


그림 12. 단말 페트리 넷 모델의 도달성 트리  
Fig. 12. The reachability tree of Terminal Petri-Net model.

그림 10, 11, 12는 세 가지 페트리 넷 모델에 대한 도달성 트리를 나타내고 있다. 도달성 트리는 초기 토큰이 존재하는 표지소의 집합인 M0에서부터 시작하여 점화(firing) 가능한 천이를 따라가면서 트리 모양으로 구성되는 것으로, 더 이상 새로운 표지(marking) 상태가 나타나지 않을 때까지 트리가 이어진다. 동시에 두 가지의 천이가 가능할 때에는 가지가 갈라지게 되며, 각각의 가지에 대해서 동일한 방법으로 트리를 연결해 간다<sup>15)</sup>.

그림에서 보는 바와 같이 MSC 페트리 넷의 도달성 트리는 상태 M15까지 도달 가능하고, BS 페트리 넷의 도리는 상태 M24, 단말 페트리 넷의 도달성 트리는 상태 M21까지 천이하여 트리가 완성된다. 여기서, 표지 상태 Mn은 토큰이 존재하는 표지소들의 집합이며 유한한 개수를 가진다. 세 가지 도달성 트리들을 살펴보면 모두 초기 표지 상태(M0)에서 시작하여 다시 초기 표지 상태로 천이할 수 있음을 알 수 있는데, 이러한 경우를 생존성(liveness)이 있다고 말하며 이는 제안한 위치 추적 기법을 위한 시그널링 절차가 고착 상태(deadlock)가 없이 정상적으로 동작함을 의미한다.

표 1, 2, 3은 세 가지 도달성 트리 각각에 대한 모든 표지 상태의 집합을 나타내고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 각 표지 상태(Mn)는 토큰을 가진 표지소들의 집합을 나타낸다. 예를 들면, 표 1에서 M0는 표지소 p1과 p13을 나타내며 M1은 표지소 p2, p7, p13을 나타내고 있다. 표에 기입된 숫자는 각 표지 상태에서 표

지소가 가지는 토큰의 수를 의미하며, 토큰이 있는 표지소들 모두가 K(유한한 정수)개 이하의 토큰을 가지면 K-bounded 되었다고 한다. 이 경우를 제한성(boundness)이 있다고 말하며, 특히 표 1, 2, 3에 나타난 것과 같이 토큰이 있는 표지소들이 모두 1 개의 토큰을 가지고 있는 경우를 안전(safe)하다고 말한다.

이상과 같은 결과로부터, 제안된 위치 추적 기법을 위한 시그널링 절차가 고착상태가 없이 정상적인 메시지 전달을 수행하고 있음을 확인할 수 있다.

표 1. MSC 페트리 넷 모델의 도달성 트리에 대한 모든 표지 상태 집합  
Table 1. All marking set for reachability tree of MSC Petri-Net model.

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18
M0	1												1					
M1		1					1							1				
M2			1					1										
M3				1						1					1			
M4					1											1		
M5						1					1							1
M6							1											1
M7								1										1
M8									1			1						1
M9										1			1					1
M10											1							1
M11												1		1				
M12													1					1
M13														1				1
M14															1			1
M15												1	1					1

표 2. BS 페트리 넷 모델의 도달성 트리에 대한 모든 표지 상태 집합  
Table 2. All marking set for reachability tree of BS Petri-Net model.

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18
M0	1																	
M1		1						1										
M2			1						1									
M3				1						1								
M4					1													
M5						1												
M6							1				1							
M7								1										
M8									1			1						
M9										1			1					
M10											1							
M11												1						
M12													1					
M13														1				
M14															1			
M15																1		
M16																	1	
M17																		1
M18																		
M19																		
M20																		
M21																		
M22																		
M23																		
M24																		

표 3. 단말 페트리 넷 모델의 도달성 트리에 대한 모든 표시 상태 집합

Table 3. All marking set for reachability tree of Terminal Petri-Net model.

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17
M0	1																
M1		1						1									
M2			1						1								
M3				1						1							
M4					1										1		
M5						1					1						
M6							1									1	
M7								1				1					1
M8									1								1
M9	1																1
M10		1															1
M11			1														1
M12																	1
M13																	1
M14																	1
M15																	1
M16																	1
M17																	1
M18																	1
M19																	1
M20																	1
M21																	1

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 Pager 내장형 PCS 단말기를 이용한 위치 추적 기법을 제안하였다. 아울러 이를 지원하기 위한 시그널링 절차를 제안하였으며, 이 절차에 따른 상태 전이 과정을 페트리 넷을 통해 모델링하고 도달성 트리를 작성함으로써 제안한 위치 추적 기법을 위한 시그널링 절차가 고착상태가 없이 정상적으로 동작함을 검증하였다.

제안한 위치 추적 기법은 이동 단말의 배터리 사용 시간에 관한 문제를 근원적으로 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 단말의 이동으로 인한 망의 부하도 현저히 감소시킬 수 있으며, 또한 이동 단말로의 호착신율을 획기적으로 개선할 수 있다. 제안한 기법의 이러한 장점들은 저렴한 개인 무선 통신 서비스를 가능하게 할 것이다.

제안한 위치 추적 기법은 현재의 아날로그/디지털 셀룰라폰이나 서비스 개시가 준비 중인 시티폰(CT2:발신 전용전화기) 서비스와 같은 개인 이동통신 서비스에도 쉽게 적용할 수 있다. 단, 한 가지 고려해야 할 점은 기존의 방식에 비해 이동 단말로의 호착신 시에 호설정 처리 시간이 상대적으로 길 수 있다는 것이다. 현재의 무선 호출 서비스에서, 일반 서비스인 경우에는 약 5

~6초, 음성 사서함 서비스가 추가된 경우는 약 8~9초의 지연(잠복 시간, 발신후 Pager 수신까지의 시간)이 발생한다. Pager 수신후 위치 등록과 제반의 호 설정 절차에 걸리는 시간까지 고려할 때, 이 정도의 시간 지연은 발신자의 입장에서 보면 상당히 길게 느껴질 수 있다. 따라서, Pager 내장형 단말로의 호인 경우에는 우선권(priority)을 부여하여 먼저 paging함으로써 잠복 시간을 적정한 수준까지 끌어내리는 방안을 생각해 볼 수 있다. 향후 이러한 실제적인 문제들에 대한 구체적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Vijay K. Garg and Joseph E. Wilkes, *WIRELESS AND PERSONAL COMMUNICATIONS SYSTEMS*, Prentice-Hall, 1996.
- [2] Kaveh Pahlavan and Allen H. Levesque, *WIRELESS INFORMATION NETWORKS*, Wiley-Interscience Publication, 1995.
- [3] Tsong-Ho Wu and Li Fung Chang, "Architecture for PCS Mobility Management on ATM Transport Networks", *IEEE ICUPC*, pp763-768, 1995.
- [4] Uyles Black, *MOBILE AND WIRELESS NETWORKS*, Prentice-Hall, 1996.
- [5] 이성근, "多重連結을 支援하는 廣帶域 ISDN 信號 프로토콜의 具現 및 性能評價", 고려대학교 박사학위 논문, 1995. 6.
- [6] G. Bethelot and R. Terrat, "Petri Nets Theory for the Correctness Protocols," *IEEE Trans. Communications*, Vol. Com-30, No. 12, Dec. 1982.
- [7] T. Murata, "Petri Nets : Properties, Analysis and Applications," in *Proc. of the IEEE*, Vol. 77, No 4, Apr. 1989.
- [8] M. Diaz, "Modelling and Analysis of communication and cooperation protocols using Petri net based models," *IEEE Computer Network*, vol 6, No. 6, Dec. 1982.
- [9] J. Peterson, *Petri Net Theory and the Modelling of Systems*, Prentice-Hall, 1981.

저 자 소 개



張 景 訓(正會員)

1993년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1995년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1997년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 1997년 3월~현재 고려대학교 부설 정보

·통신기술공동연구소 연구원. 주관심 분야는 개인이동통신망, FPLMTS, AIN, B-ISDN/ATM



沈 哉 廷(正會員)

1995년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1995년 9월~현재 고려대학교 대학원 전자공학과 석사과정. 주관심 분야는 개인이동통신망, FPLMTS, B-ISDN/ATM



朴 正 植(正會員)

1986년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1989년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1997년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 1997년 3월~현재 고려대학교 부설 정보

·통신기술공동연구소 연구원. 주관심 분야는 초고속통신망, ATM LAN, Multimedia

金 惠 鎮(正會員)

第 30卷 A編 第 12號 參照

현재 고려대학교 전자공학과 교수