

이동망에서 서비스 보장을 위한 대응방안

박상준*

A Reaction Scheme supporting the Reliable Service in Mobile Networks

Sang-joon Park

Abstract

The capability to provide the network service must survive even if a significant network system element is disrupted. To sustain the network service under the system failure, network survivability mechanisms minimizing the impact of failures are needed. Also, since the mobile network has its unique characteristic, the survivability scheme for the vulnerability of the mobile network is required. This paper proposes a survivability scheme to support the reliable service of the wireless access point level (BS-base station system). By the survivability scheme, the mobile network can use an overlap BS of the cellular network architecture after a BS system failure. We analyze the performance of the proposed scheme using Markov model. Also, a computer simulation is used for the scheme analysis. The proposed scheme shows that the service of the mobile network can be provided under the BS system failure.

Key Words : UMTS, 네트워크 생존성, 이동망 보안, 네트워크 취약성

1. 서론

네트워크 생존성 개념은 침해 사고에 의한 서비스 지속을 위하여 요구가 증대되고 있다. 네트워크 오류를 극복하기 위한 생존성 기능 제공은 중요시 되고 있으며 이는 보안 공격 혹은 시스템 오류로 인하여 발생할 수 있는 중요한 물리적/논리적 손실을 줄임으로서 네트워크 신뢰성을 높이는 데에 있다. 네트워크 생존성이란 시스템의 침해 하에서도 기본적인 네트워크 서비스를 지속적으로 제공하는 능력을 의미한다. 기본적인 네트워크 서비스는 시스템의 치명적인 오류에서도 제공되어야 할 최소의 서비스이다[1][8]. 생존성 기법의 예로, RACE 프로젝트에서의 IMMUNE 프로젝트는 광대역 네트워크상에서 컴퓨터 사용자 간의 통신 서비스 지속을 위한 생존성 방안을 제시하였다[2]. 이동망에서는 BS, BSC와 MSC 등의 기반구조 요소들이 사용되고 있으며 이들 중의 운영중단 발생은 부분적 혹은 전체적인 네트워크 서비스에 영향을 미치게 된다. 또한 무선 이동망의 고유 특성으로 인하여 기존의 유선 네트워크에서 사용되는 생존성 기법과는 다른 방안이 요구된다[3]. 따라서 무선 네트워크 생존성 전략은 무선 시스템 요소의 가용성을 높이기 위하여 설계되어야 한다[4, 5]. [4]에서는 네트워크 시스템의 침해사고에 대한 특성을 나타내기 위하여 3가지 (오류율, 오류인한 피해자의 규모, 정상적인 서비스를 재개하는 데에 걸리는 시간)를 제시하였다. 생존성 기법을 사용하기 위해서는 먼저 오류율에 대한 MTBF (Mean-Time-Between-Failure)가 현장의 경험을 통하여 추출되어야 한다. 두 번째로, 침해 규모를 파악하기 위하여 네트워크 요소 오류에 의해 영향을 받는 사용자의 수를 측정하여야 한다. 세 번째로 오류에 대한 고립, 복구와 테스트 시간 등을 의미하는 MTTR (Mean-Time-To-Restore)이 측정되어야 한다. [5]에서는 각 네트워크 계층 별로 발생하는 시스템 오류에 대해 가능한 생존성

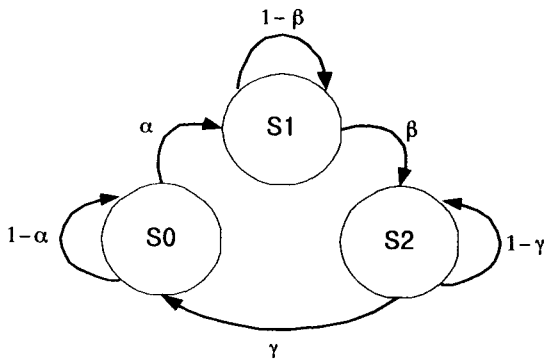
기법을 소개하였다. 생존성 전략은 크게 3가지로 나누어진다. 첫 번째, 네트워크 시스템의 보안강화를 위한 방어 전략, 두 번째로 시스템의 오류를 줄이기 위한 네트워크 시스템 관리, 마지막으로 시스템 오류를 최소화하기 위한 복구 방안이 고려되어야 한다. [5]에서는 또한 각 네트워크 계층의 오류에 대해 가능한 생존성 기법의 예를 제시하기도 하였다. [6, 7]에서도 네트워크 시스템에 대한 생존성 전략과 보안 방안들이 제시되었다. [6]에서는 네트워크 시스템의 생존성 문제에 대해 mixed-integer 프로그래밍과 cutting plane 알고리즘으로 해결방안을 제시하였다. [7]에서는 hot-spot 문제 혹은 오류모드에서 셀 구조의 특성을 이용하여 부가적인 주파수 공용 기법을 이용하여 서비스의 지속성을 높이는 방안을 제시하였는데, 이는 중첩 구역을 이용하여 네트워크 경로 수정을 통하여 네트워크 오류에 대한 피해를 줄이는 것이다. 섹션 II에서는 본 논문에서 제안하는 생존성 기법인 강제적 핸드오버 방안을 설명한다. 섹션 III에서는 강제 핸드오버 기법에 대해 마르코프 모델과 시그널링 시간을 이용하여 분석을 한다. 섹션 IV에서 분석 결과에 대한 토론과 마지막 섹션에서 결론을 기술한다.

2. 이동망 생존성 기법

본 논문에서는 BS 시스템의 침해사고에 대한 네트워크 서비스 지속을 위하여 강제적 핸드오버 기법을 제안한다. 강제적 핸드오버는 매크로 셀, 마이크로 셀로 구성된 이기종 이동망에서 지원되며 중첩적 네트워크를 이용한 핸드오버 기법이다. BS 시스템에 부분적 혹은 전체적으로 더 이상 정상적인 기능을 제공하지 못할 경우 해당 셀 내에 있는 이동 단말기들에 대해 강제적으로 핸드오버를 실시한다. 강제적 핸드오버가 실시되면 이동 단말기는 다른 중첩 셀로 새로운 채널을 받기 위한 시도를 하는 것이다.

2.1 BS의 시스템 상태

<그림 1>은 BS 시스템의 상태를 마르코프 모델로 나타낸 것이다. 상태 0(정상상태: S0)에서는 BS가 정상적으로 담당 BSC 혹은 RNC에 대해 네트워크 서비스를 제공하는 상태를 나타낸다. 만약 BS 시스템 혹은 BS와 BSC 간의 연결 상태 문제로 인하여 오류가 발생한다면, 정상적인 서비스 제공이 이루어지지 않음으로 시스템의 상태는 1로 전이(오류 상태: S1)한다. BS 시스템의 오류로 더 이상 정상적인 서비스 제공이 불가능할 경우 이에 대응하기 위하여 시스템 상태는 오류에 대한 대응 상태로 전이(대응 상태: S2)한다.



<그림 1> BS의 상태전이

만약 시간 T_s 에서 시스템의 상태가 $S_i (i = 0,1,2)$ 이고 시간 T_{s+1} 에서 시스템의 오류로 인한 상태가 S1일 경우의 확률은 $P_r = \{s(T_{s+1}) = S1 | s(T_s) = Si\}, i = 0,1,2$ 이다. 다음은 시스템의 세 가지 상태에 대한 자세한 설명이다.

2.1.1 정상상태

정상상태에서는 이동 단말기와 BS 간의 시그널 전송이 정상적으로 이루어진다. 만약 이동 단말기가 새로운 호 연결 혹은 핸드오버를 시도할 경우 가용채널을 할당하게 된다.

2.1.2 오류상태

BS 시스템의 치명적인 침해사고로 인하여 더 이상 이동 단말기에 정상적인 서비스를 제공하지 못하는 상태이다. 여기서 치명적인 침해사고에 대한 원인의 예로 보안공격, 시스템 오류 혹은 사고 등이 고려될 수 있다. 본 논문에서는 BS와 BSC (혹은 RNC) 사이의 유선링크에 대한 침해사고로 발생하는 통신두절 또한 BS 시스템의 오류범주로 포함한다. 침해사고에 따른 시스템의 오류는 보안요구에 대한 세 가지의 분류기준(기밀성, 가용성, 무결성)에 의한다.

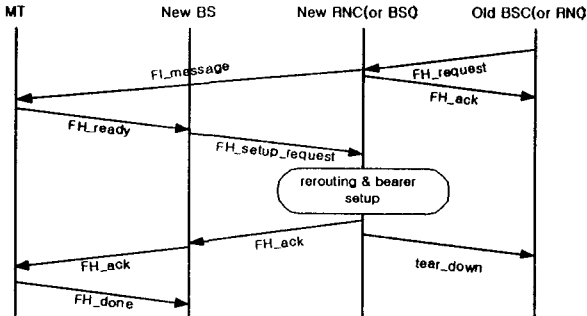
2.1.3 대응상태

대응상태는 오류인식과 시스템 대응의 2개 하위 기능으로 나누어진다. 오류인식은 이동망에서 주기적으로 망 내부의 BS에 대한 이상여부를 파악하기 위하여 주기적으로 BS 상태에 대한 탐지를 실시한다. BSC (혹은 RNC)는 BS로부터 주기적으로 alive_message를 받고 그에 대한 ack_message를 전송한다. 만일 주어진 시간($y1$) 안에 BS로부터 alive_message 받지 못할 경우 BSC (혹은 RNC)는 해당 BS에게 response_request 메시지를 전송한다. 만일 대기시간 ($w1$) 이내에도 응답이 없을 경우 BSC (혹은 RNC)는 BS의 오류로 인하여 정상적인 서비스 제공이 이루어질 수 없다고 판단한다. 따라서 오류인식을 통하여 시스템은 침해사고에 대한 판단을 하며 서비스 지속을 위하여 대응상태로 전환된다.

2.2. 강제적 핸드오버를 위한 제어신호

본 논문에서는 시스템 대응상태에서 강제적 핸드오버를 위한 새로운 제어신호를 제시한다. 강제적 핸드오버는 이동 단말기와 이동망의 측면에서 이루어진다. 먼저 이동 단말기는 BS에 대한 상태를 주기적으로 파악하며, BS에 오류가 감지되면 강제적 핸드오버 실시를 위한 이기종 모드전환을 실시한다. 이동 단말기는 BS로부터 주기적으로 beacon 신호를 받게 된다. 이

동 단말기가 이기종 모드전환을 실시하는 동안 침해사고가 발생한 BS와 유선백본망으로 연결된 BSC (혹은 RNC)는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 강제적 핸드오버를 초기화한다.



<그림 2> 강제적 핸드오버 제어신호

먼저 Old BSC (혹은 RNC)는 이기종 핸드오버를 위하여 New RNC (혹은 BSC)로 Forced Handover_Request (FH_request) 메시지를 전송한다. FH_request 메시지에는 오류 상태인 BS와 이동 단말기의 정보가 있으며, 제어신호는 MSC의 셀 관계 테이블을 참조하여 전송된다. New RNC (혹은 BSC)는 Old BSC (혹은 RNC)에게 FH_request에 대한 FH_ack 신호를 전송한다. 이동 단말기는 이기종 모드전환 완료시에 강제적 핸드오버 실시를 위하여 새로운 BS에 FH_ready 메시지를 전달하는데, 이전에 새로운 BS로부터 강제적 핸드오버 실시에 대한 확인을 위하여 FailureIdentification_message (FI_message) 메시지를 수신한다. 또한 New RNC (혹은 BSC)는 강제적 핸드오버 기능을 실시하고, 강제적 핸드오버를 위한 채널할당 및 경로 배정에 대한 FH_ack 신호를 이동 단말기에 전달한다. 따라서 FH_ack 신호를 수신한 이동 단말기는 강제적 핸드오버에 대한 완료 메시지를 전달하고 새로운 BS와 서비스를 지속한다.

3. 시스템 분석

BS 침해사고 시에 실시되는 강제적 핸드오버

의 경우 해당 BS 시스템이 더 이상 정상적인 서비스 제공이 이루어지지 못하므로, 이동 단말기는 중첩 이기종 이동망에 가용채널을 요구하게 된다. 만일 이기종 이동망의 셀에 가용채널이 있을 경우 강제적 핸드오버를 실시하는 이동 단말기는 해당 채널을 할당받을 수 있으며, 그렇지 못할 경우 호는 블로킹된다. 또한 강제적 핸드오버를 위한 제어신호 처리의 시간이 이동 단말기가 해당 정상적인 셀 내에 머무르는 시간보다 클 경우 이동 단말기의 호는 블로킹된다[9].

3.1 채널할당

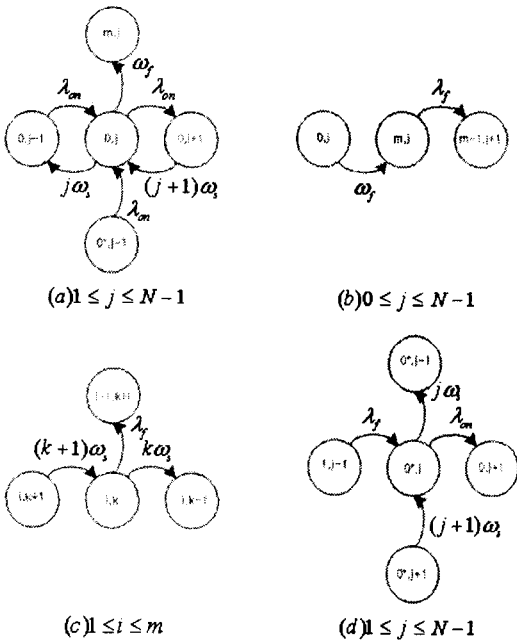
이동 단말기의 호는 정상적인 셀에서 발생하는 핸드오버 호와 새로운 호, 그리고 침해사고가 발생한 셀로부터 전달되는 강제적 핸드오버 호로 구분된다. 이동망에서 이루어지는 채널할당은 다음과 같이 세단계로 구분된다.

- 1 단계: 정상상태에서는 이동 단말기의 호(핸드오버 호와 새로운 호)에 대해 정상적인 서비스를 제공한다.
- 2 단계: 대응상태에서 강제적 핸드오버 호는 중첩 셀에 대한 정상적인 가용채널을 받기 위해 채널요청을 실시한다.
- 3 단계: 모든 강제적 핸드오버 호들의 처리가 끝나게 되면 정상 셀의 서비스가 이루어진다.

만일 정상 셀의 가용채널이 부족할 경우 강제적 핸드오버 호와 정상셀 내에서 발생한 호는 강제 종료된다.

<그림 3>은 전체적인 시스템 상태를 보이고 있다. 호 발생은 포아송 분포를 따르며 정상 셀의 핸드오버 호와 새로운 호의 발생율은 λ_m , λ_n 이며 강제적 핸드오버 호의 경우 λ_p 이다. 채널 점유시간($=1/\omega_s$)과 침해사고 발생간격 시간($=1/\omega_d$)은 지수분포를 따른다고 가정한다. 또한 각 호에 대한 파라미터는 다음과 같이 나타낸다. 정상 셀에서 가용채널의 총 수는 N 으로

나타내며 강제적 핸드오버 호는 $m(0 \leq m \leq N)$ 으로 가정한다. 따라서 시스템 상태는 $(i, j)(0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq N)$ 인 연속적 마르코프 모델로 표현되며, 강제적 핸드오버 호에 대한 우선순위와 가용채널 범위에 넘어서는 강제적 핸드오버 호에 대한 강제종료 실시에 대해 가정한다.



<그림 3> 세부 시스템 상태

그림에서 시스템 상태 $(0^*, k+m)(0 \leq m \leq N-k)$ 는 모든 강제적 핸드오버 호가 성공적으로 채널을 점유한 것을 보이고 있다. 따라서 전체 시스템 상태는 $S = \{(0, j) : 0 \leq j \leq N\} \cup \{(i, j) : 1 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq N\} \cup \{(0^*, j) : 0 \leq j \leq N\}$ 로 나타낸다. <그림 3.a>는 정상 셀에서 핸드오버 호와 새로운 호 도착 [$\lambda_{on} (= \lambda_{nn} + \lambda_{nh})$] 을 보이고 있다.

만일 BS에 침해사고 발생할 경우 시스템 상태는 $(0, j)$ 에서 (m, j) 이동하며 이동확률은 $P_{(0, j)(m, j)} = \omega_f$ 이다. 또한 모든 강제적인 핸드

오버 호 처리 후에 정상적인 호 처리에 대한 시스템 상태전이 확률은 $P_{(0^*, j-1)(0, j)} = \lambda_{on}$ 이다. <그림 3.b>는 강제적 핸드오버 호가 가용채널을 할당받는 것을 보이고 있다. <그림 3.c>는 강제적 핸드오버호의 채널해제에 대한 것을 보이고 있으며 시스템 상태전이 확률은 $P_{(i, k)(i, k-1)}$ ($1 \leq i \leq m$) 이다. <그림 3.d>는 모든 강제적인 호 처리 지점에 대한 시스템 상태를 보이고 있다. 따라서 가용채널 부족으로 발생하는 블로킹 확률 P_f 는 다음과 같다. 그러므로 호에 대한 최종적인 손실율을 다음과 같이 나타낸다.

$$P_f = \sum_{i=1}^{m-1} \gamma \gamma_{i, N} + \frac{\lambda_{on}}{N! \omega_s} \prod_{h=1}^{N-1} (\lambda_{on} + h \omega_s) \gamma \gamma_{0^*, 0} - \sum_{k=1}^{N-1} \frac{\lambda_f k! \prod_{h=k+1}^{N-1} (\lambda_{on} + h \omega_s)}{N! \omega_f^{N-k}} \gamma \gamma_{1, k-1} \quad (1)$$

3.2 핸드오버 처리시간

본 논문에서는 강제적 핸드오버 처리 시간을 두 가지로 구분한다. 첫 번째는 이동 단말기가 BS 침해사고 이후에 FI_message를 받을 때까지 걸리는 응답시간 (T_p)이며, 두 번째는 이동 단말기에 대해 강제적 핸드오버 처리에 걸리는 처리시간 (T_s)이다. 본 논문에서는 응답시간 ($1/\tau_p$)과 처리시간 ($1/\tau_s$)에 대해 지수분포를 가정한다. 응답시간에 대한 평균 시그널링 시간 $T_{st} (= 1/\tau_p)$ 는 다음과 같이 나타낸다.

$$T_{st} = T_{iden} + T_{t_res} \quad (2)$$

여기서 T_{iden} 는 이동망이 BS 상태를 감지하는 시간이며 T_{t_res} 는 이동 단말기가 FI_message를 수신하는데 시간이다.

$T_{hpt} (= 1/\tau_s)$ 을 평균 핸드오버 처리시간이라 하면 다음과 같이 나타낸다.

$$T_{hpt} = T_{rbl} + T_{st(MT \leftrightarrow BS)} + T_{st(BS \leftrightarrow RNC \text{ or } BSC)} \quad (3)$$

여기서 T_{rbl} 는 재라우팅과 배어러 지정 시간이며 $T_{st(MT \leftrightarrow BS)}$ 는 이동 단말기와 BS 사이의 시그널링 시간이고 $T_{st(BS \leftrightarrow RNC \text{ or } BSC)}$ 는 BS와 BSC (혹은 RNC) 사이의 시그널링 시간이다.

T_{st} 와 T_{hpt} 는 네트워크 구성원 사이에서 전달되는 시그널링 지연시간 (T_{sdt})을 통해 얻어지며 시그널링 지연시간은 다음과 같다.

$$T_{sdt} = T_{trans} + T_{prop} + T_{proc} \quad (4)$$

여기서 T_{trans} 는 전송시간이며 T_{prop} 는 전달시간, T_{proc} 는 시그널링 처리시간을 의미한다.

또한 BS와 BSC (혹은 RNC) 사이의 시그널링 지연시간은 다음과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} T_{sdt(BS \rightarrow BSC \text{ or } RNC)} &= L_s / D_r + T_{prop(BS \rightarrow BSC \text{ or } RNC)} \\ &+ T_{BS_proc} \\ T_{sdt(BSC \text{ or } RNC \rightarrow BS)} &= L_s / D_r + T_{prop(BSC \text{ or } RNC \rightarrow BS)} \\ &+ T_{BSC \text{ or } RNC_proc} \end{aligned} \quad (5)$$

강제적 핸드오버 처리시간에 대해 핸드오버 처리 시간뿐만 아니라 고려되어야 할 사항은 이동 단말기의 셀 내 머무르는 시간이다. 이동 단말기가 한 셀에 머무르는 시간을 T_r 이라하고 평균 $1/\tau_r$ 의 지수분포에 따른다고 가정한다. 따라서 이동망의 응답시간 및 강제적 핸드오버 처리시간 모두를 고려하였을 경우($T_p + T_s$) 이에 대한 처리시간 지연으로 인하여 발생하는 블로킹 확

률 p_i 는 다음과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} p_i &= \Pr\{T_p + T_s > T_r\} \\ &= \int_0^\infty (1 - F_{T_p+T_s}(t))\tau_r e^{-\tau_r t} dt \\ &= \frac{\tau_r}{\tau_r + \tau_p + \tau_s} \end{aligned} \quad (6)$$

그러므로 가용채널의 부족과 처리시간 지연으로 인한 강제적 핸드오버 호에 대한 강제적 종료의 전체적인 확률 f_p 는 다음과 같다.

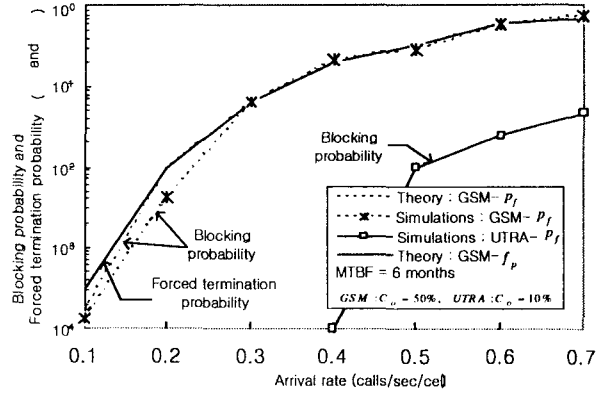
$$f_p = p_f + p_i - p_f p_i \quad (7)$$

4. 성능분석

앞에서 언급한 바와 같이 전체적인 강제종료 확률은 p_f 와 p_i 에 의해 구해진다. 하나의 매크로 셀은 하나의 마이크로 셀 클러스터를 포함한다. 본 논문에서는 매크로 셀에 대한 이동 시스템으로 GSM, 마이크로 셀에 대해서는 UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA) 시스템을 가정한다. 또한 매크로 셀에서 전체적인 시스템 용량은 140 음성채널/셀이며 마이크로 셀에 대한 시스템 용량은 1000 음성채널/셀이다. 이동 단말기에 대한 시스템 파라미터는 <표 1>와 같다[10]. 이동 단말기는 2 세대 GSM 시스템 및 3 세대 UTRA 시스템 모드를 지원한다. <표 2>는 강제적 핸드오버 호에 대한 시스템 파라미터이다. 이동망에서 BS에 대한 MTBF는 6개월과 3년 사이로 한다. <표 3>은 시스템 분석 파라미터를 보이고 있다. 먼저 각 셀에서 호의 자유로운 발생을 통하여 초기 시뮬레이션 환경을 구성하고 특정 셀에 대한 손실을 발생하여 최종적으로 강제종료율을 측정한다.

<표 1> 이동 단말기에 대한 시스템 파라미터

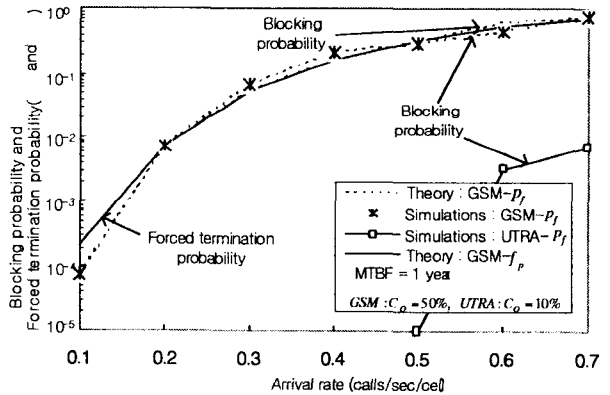
MT 속도	
Pedestrian	0 - 5 km/h
Vehicular	5 - 100 km/h
셀 크기	
microcell	100 - 500 m
macrocell	0.5 - 3 km
호 점유시간	
$1 / \omega_s$	180 sec



(a)

<표 2> 강제적 핸드오버호에 대한 시스템 파라미터

공중파 전달지연	0.12 ms
유선망 전달지연	50 μ s
시그널링율	15kbits/s



(b)

<표 3> 분석 파라미터

파라미터	정의
MTBF	BS의 침해사고 발생간격
C_o	정상셀에 대한 강제적 핸드오버호의 채널 점유율
λ_{om}	정상셀의 전체적인 호 도착율
p_f	가용채널 부족으로 인한 강제적 핸드오버 호에 대한 블록킹율
p_t	강제적 핸드오버 호 처리시간 지연으로 발생하는 블록킹율
f_p	p_f 와 p_t 에 대한 전체적인 rk강제종료율

<그림 4> 호 도착율에 따른 블록킹을 p_f 와

강제종료율 f_p

(a) MTBF = 6 개월 (b) MTBF = 1

<그림 4>는 호 도착율에 따른 블록킹을 p_f 와 강제 종료율 f_p 을 보이고 있다. 그림에서는 MTBF의 변화에 따라 GSM 시스템과 UTRA 시스템의 시뮬레이션 결과를 보이고 있다. 호 도착율이 증가할수록 시스템의 블록킹율과 강제 종료율이 증가함을 보이고 있다. 또한 UTRA 시스템의 성능이 GSM 시스템의 성능 보다 높은 것을 보이고 있는데 이는 UTRA 시스템의 용량이 크기 때문이다.

5. 결론

본 논문에서는 BS 시스템 레벨에 대한 생존성 전략을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 강제적 핸드오버 방식은 BS 침해사고 후에 이기종 중첩 이동망을 이용하여 서비스의 지속을 위하여 이동 단말기들에 대해 강제적으로 핸드오버를 실시하는 것이다. 성능분석을 통하여 BS 시스템의 침해사고에서도 이동 단말기들에 대한 지속적인 서비스를 제공함으로써 이동망의 생존성을 높일 수 있음을 보았다. 물론 시스템의 물리적인 복구를 통하여 완전한 서비스 복구에 대한 신뢰성을 제공하겠지만, 시스템 오류 하에서도 서비스 생존이라는 생존성 개념을 기반으로 하는 방안이 제공되어야 한다. 따라서 본 논문에서 제안한 강제적 핸드오버 방식은 이러한 생존성 개념을 바탕으로 이동망에 대해 적용될 수 있다고 기대된다.

참고문헌

- [1] Robert J. Ellison., et al., "A Case Study in Survivable Network System Analysis," Technical Report CMU/SEI-98-TR-014 ESC-TR-98-014, September 1998
<http://www.cert.org/archive/pdf/network-analysis.pdf>
- [2] Leo Nederlof., et al., "End-to-End Survivable Broadband Networks," IEEE Commun. Mag., pp. 63-70, September 1995.
- [3] Joseph Kabara, Prashant Krishnamurthy, and David Tipper, "Information Assurance in Wireless Networks," IEEE DIREN'02, June 2002.
- [4] Upkar Varshney, Andrew P. Snow, and Alisha D. Malloy, "Designing Survivable Wireless and Mobile Networks," in Proc. IEEE WCNC'99, September 1999, pp. 30-34.
- [5] D. Tipper, S. Ramaswamy, and T. Dahlberg, "PCS Network Survivability," In Proc. Mobile and Wireless Communication Networks Conf., September 1999, invited paper.
- [6] D. Alevras., et al., "Survivable Mobile Phone Network Architecture: Model and Solution Methods," IEEE Commun. Mag., pp. 88-93, March 1998.
- [7] T. A. Dahlberg and J. Jung, "Load sharing protocols for radio-level resilience," In Proc. IEEE ITC'99, June 1999, 125-134.
- [8] Fred Cohen, "Resource Consumption Attacks," <http://www.all.net>
- [9] Yi-Bing Lin and Ai-Chun Pang, "Comparing Soft and Hard Handoffs," IEEE Trans. on Veh. Technol., vol. 49, no.3, pp.792-798, May 2000.
- [10] M. Zend, A. Annamalai, and Vijay K. Bharagava, "Recent Advances in Cellular Wireless Communications," IEEE Commun. Mag., pp. 128-138, September 1999.

주 작 성 자 : 박 상 준

논문투고일 : 2003. 12. 05

논문심사일 : 2004. 06. 01(1차), 2004. 06. 04(2차),
2004. 06. 14(3차), 2004. 06. 22(4차),
2004. 06. 22(5차)

심사판정일 : 2004. 06. 22

● 저자소개 ●



박상준

1996년 동국대학교 전자계산학과 학사

1998년 숭실대학교 컴퓨터학과 석사

2002년 숭실대학교 컴퓨터학과 박사

2000년 ~ 2002년 한국정보보호진흥원 시스템기술팀 연구원

2002년 ~ 2003년 런던대 ISG 박사후과정

2003년 ~ 현재 숭실대학교 정보미디어기술연구소 전임연구원

연구분야: 4세대 이동통신, Ad hoc 네트워크, 생존성기반 네트워크 시스템