

핸드오프 구조를 갖는 이동통신망에서의 통신 구조 가용도 계정

이 준 혁, 오 영 환*

한국정보통신기술대학 정보통신설비과, *광운대학교 전자통신공학과

Communication Scheme Availability Evaluation for Hand off Scheme in Mobile Communication Networks

Jun-Hyuk Lee, Young-hwan Oh*

Department of Information & Communication, Korea Information & Communication Polytechnic
College

*Department of Electronics & Communications Engineering, Kwangwoon University

Abstract

In this paper, we proposed availability evaluation of network in mobile communication network that have hand off structure. Radio mobile communication network is essential hand off action to keep communication that is no discontinuance by transfer of terminal. Part by state and hand off state ago hand off by transfer of terminal and communication network is estimated performance according to the hand off rate and hand off completion rate of system. we applied MS, SM, MM communication structure in radio CORBA for network availability evaluate. System availability in mobile communication network that can repair that propose in this study uses the hand off rate and hand off completion rate of system by transfer of terminal and availability of whole system did evaluate.

Key words : CORBA, MS, SM, MM scheme, Availability

1. 서 론

통신망의 성능지표(Performance)의 하나로 이용되는 신뢰도(Reliability)의 대한 연구는

일반적으로 유선망(Wired Network)에 대한 영역이었다[1]–[5]. 유선망에서는 통신국과 통신국간 또는 단말(Terminal)과 단말간의 통신이 이루어 질 때 통신망의 성능을 신뢰도로 평가하게 된다. 그러나 통신망을 구성하는 부품 또는 시스템은 고장이 발생하면, 부품을 교체하거나 수리 등의 방법으로 정비를 통하여 고장 이전의 정상상태(steady state)를 유지하고 있다. 그러므로 실제 수리 가능한 통신망에 대한 성능평가는 신뢰도보다 가용도(Availability)가 지표로 사용된다. 또한 최근에는 무선통신 기술의 발전에 따라 많은 응용 분야에서 무선통신망이 적용되고 있으며[6], 그에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다[7][8]. 사용자는 전통적인 유선망을 사용할 때와 동일한 서비스와 성능 및 가용도가 무선망에서도 보장되기를 기대하고 있다. 특히, 무선 네트워크에서는 단말의 로밍(Roaming) 보장과 지속적인 RF신호 유지가 성능과 가용도에 중요한 영향을 미친다[9]. 또한 무선망은 기존 유선망과는 달리 접속손실이나 전송전력, 지형, 간섭 등의 영향으로 인한 시스템의 고장이 나기가 쉽다. 그러므로 무선망에서의 가용도는 시스템의 성능에 많은 영향을 미치므로 정확한 계정과 분석이 이루어져야한다.

가용도(Availability)는 수리 가능한 부품 또는 시스템이 특정한 환경에서 주어진 일정 시간동안 요구되어지는 기능 또는 동작을 수행할 확률을 말한다. 지금까지 전통적인 단일 구성품 또는 단일 시스템에 대한 가용도 계정 방법에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있는데 몇 가지 방법론에 따라서 분류하면 다음과 같다.

먼저, 단일 시스템의 구성품이 갖는 고장률과 수리률을 이용하여 네트워크에 대한 가용도 계정이 제안되었고[10], 클러스터링을 기반으로 하는 무선 센서 네트워크의 가용도를 계정하는 알고리즘이 제안되었다[11]. 핸드오프(Hand off)를 구조를 갖는 이동무선 통신망에서 변화되는 통신망의 구조에서 구성품의 고장률과 수리률을 이용한 네트워크 가용도 계정이 제안되었다[12]. 통신하는 두 단말이 이동단말일 경우 통신구조가 복잡해지고, 통신에 포함되는 구성품의 수량이 증가하여 신뢰도 계정이 복잡하다는 단점이 있다.

본 본문에서는 핸드오프 구조를 갖는 이동통신망에서 시스템이 갖는 핸드오프율과 핸드오프 완료율을 이용하여 통신 구조별 가용도 계정을 제안하였다.

2장에서는 가용도 계정의 이론을 설명하고 3장에서는 네트워크모델과 가용도 계정을 제안하고 4장에서는 계정 예를 들고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련이론

2.1 수리 가능한 시스템

신뢰도를 계정할 때는 시스템이 처음 고장이 발생한 컴퍼넌트는 폐기하는 것으로 가정하였다. 이 가정은 수학적으로 계산이 편리하고 간단하여 흔히 사용되었다[13].

그러나 실제로는 컴퍼넌트와 시스템은 고장이 발생하면 일반적으로 교체하거나 수리가 되었다. 일반적인 정비의 형태는 두 가지 형태로 구분하는데, 고장정비와 예방정비가 있다.

1) 고장정비(corrective maintenance)

고장정비는 흔히 수리라고 불리며, 컴퍼넌트가 고장이 난 후에 수행된다.

고장정비의 목적은 컴퍼넌트나 시스템을 가능한 빨리 고장이전의 상태로 복구시키는 것이다. 어떤 경우에는 고장정비는 한개 또는 그 이상의 컴퍼넌트를 교체하는 것을 의미하기도 한다.

2) 예방정비(preventive maintenance)

예방정비는 컴퍼넌트의 고장 날 확률을 줄이기 위해 노력하는 것이다. 예방정비는 매끄럽게 하기위한 윤활유를 바르거나, 미세한 수정(조정) 또는 마모되기 시작하는 컴퍼넌트의 일부 또는 컴퍼넌트를 교체하는 것을 의미하기도 한다. 주기적인 테스트와 상태 모니터링을 기초로 하는 정비 또한 예방정비로 간주한다.

본 논문에서는 가장 간단한 정비모델로 제한을 둘 것이다. 즉, 고장후의 교체와 주기적인 테스트와 교체의 형태로 단순화 한다.

2.2 가용도의 유도

수리 가능한 시스템에 대하여 다음과 같은 가정을 둔다.

- 1) 시스템의 상태는 정상상태이든가 핸드오프상태이든가 둘 중 하나이다.
- 2) 시스템의 상태는 시간에 따라 변한다.
- 3) 한 상태에서 다른 상태로의 시스템의 변이는 순간적으로 일어난다.
- 4) 시스템의 핸드오프율 ρ 과 핸드오프완료율 η 은 상수이다.

[가정 1]

시스템은 시간 $t=0$ 에서 작동과 함께 정상상태에서 핸드오프가 발생하면 즉시 핸드오프동작을 완료하여 정상상태가 된다.

[가정 2]

핸드오프 완료시간(handoff completion time) T_1, T_2, \dots 은 독립적이고 일정한 분포를 갖는다. 분포함수 $F_T(t) = P(T_i \leq t), i = 1, 2, \dots$, 이며, 동 작시간(Uptime)라고 한다.

즉, 동작시간이 독립적이고, 핸드오프율(handoff rate) ρ 와 지수분포를 갖는 시스템의 핸드오프완료 시간은 다음과 같이 표현한다.

$$Uptime = \frac{1}{\rho}$$

[가정 3]

단말이 이동하면 시스템은 핸드오프동작을 한다. 이것을 시스템의 핸드오프시간(handoff time) 이라고 한다. 핸드오프시간(handoff time) D_1, D_2, \dots 은 독립적이고 일정한 분포를 갖는다. 분포함수 $F_D(t) = P(D_i \leq t), i = 1, 2, \dots$, 이며, 고장시간(Downtime)라고 한다.

즉, 동작시간이 독립적이고, 핸드오프 완료율(handoff completion rate) η 와 지수분포를 갖는 시스템의 핸드오프시간은 다음과 같이 표현한다.

$$Downtime = \frac{1}{\eta}$$

[정의 1]

시간 t 에서 핸드오프 구조를 갖는 시스템의 Availability $A(t)$ 는 시간 t 에서 시스템이 동작할 확률과 같다.

즉,

$$A(t) = P(X(t) = 1)$$

[정의 2]

시스템이 $(t + \Delta t)$ 시점에서 정상 가동하고 있을 확률 $A(t + \Delta t)$ 는 다음과 같다.

$$A(t + \Delta t) = A(t)(1 - \rho\Delta t) + (1 - A(t))\eta\Delta t = A(t) - A(t)\rho\Delta t + \eta\Delta t - A(t)\eta\Delta t$$

여기서,

$$P_r\{\Delta t \text{ 시간중 시스템이 핸드오프}\} = \rho\Delta t$$

$$P_r\{\Delta t \text{ 시간중 핸드오프완료|핸드오프}\} = \eta\Delta t$$

즉, 핸드오프가 발생한 시스템이 Δt 중에 핸드오프가 완료될 확률

$A(t)$ 를 구하기 위해

$$\frac{[A(t + \Delta t) - A(t)]}{\Delta t} = -A(t)\rho + \eta - A(t)\eta = -(\rho + \eta)A(t) + \eta$$

이므로

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{A(t + \Delta t) - A(t)}{\Delta t} = -(\rho + \eta)A(t) + \eta$$

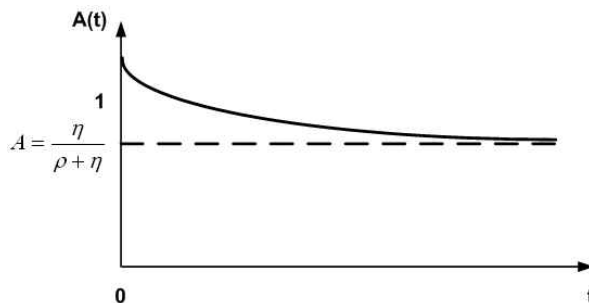
즉, 다음과 같은 미분방정식이 얻어진다.

$$A'(t) + (\rho + \eta)A(t) - \eta = 0$$

따라서,

$$A(t) = \frac{\eta}{\rho + \eta} + \frac{\rho}{\rho + \eta} e^{-(\rho + \eta)t}$$

Availability $A(t)$ 는 그림 1과 같이 나타낸다.



<그림 1> 핸드오프율(ρ)과 핸드오프완료율(η)을 갖는 시스템의 Availability $A(t)$

[정의 3]

시간간격 $(0, T)$ 에서의 구간가용도 $A(0, T)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$A(0, T) = \frac{1}{T} \int_0^T A(t)dt = \frac{\eta}{\eta + \rho} + \frac{\rho}{(\eta + \rho)^2 T} - \frac{\rho}{(\eta + \rho)^2 T} e^{-(\rho + \eta)T}$$

여기서

$T \rightarrow \infty$ 로 두면, 시스템의 무한 시간동안의 평균가용도를 얻을 수 있다.

$$A(\infty) = \lim_{T \rightarrow \infty} A(T) = \frac{\eta}{\eta + \rho}$$

[정의 4]

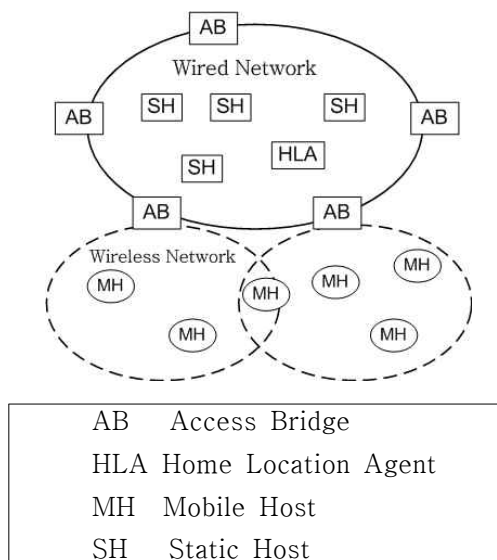
정상상태 가용도 A 는 다음과 같이 정의한다.

$$A = \lim_{t \rightarrow \infty} A(t) = \frac{\eta}{\rho + \eta} + \frac{\frac{1}{\rho}}{\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\eta}} = \frac{Uptime}{Uptime + Downtime}$$

3. 네트워크모델 및 제안하는 가용도 계정

3.1 네트워크 모델

본 논문에서 핸드오프 구조를 갖는 이동통신망의 네트워크 가용도 계정을 위해 CORBA 기반의 통신 구조를 이용하였다. CORBA 기반의 무선네트워크는 다음과 같다[14].



<그림 2> CORBA 기반 무선 네트워크

1) MH (Mobile Host)

무선 인터페이스를 가진 이동단말로서, 무선 네트워크에서 로밍(Roaming)간 네트워크의 연결을 유지한다.

2) SH(Static Host)

일반적인 단말로서, 유선네트워크에 고정되어 있다.

3) AB(Access Bridge)

MH와 SH사이에 위치하며, MH의 메시지를 SH로 중계한다.

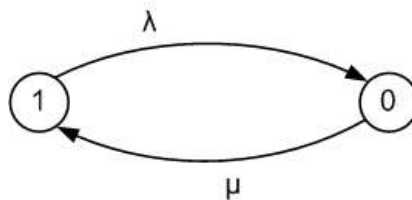
4) HLA(Home Location Agent)

등록된 MH의 위치를 추적하고, MH의 위치문의에 대한 정보를 제공한다

CORBA구조는 직접 통신을 수행하는 이동단말과 고정단말간의 구성형태에 따라 SS(Static-Static), MS(Mobile-Static), SM (Static-Mobile), MM(Mobile-Mobile) 통신 구조를 갖는다.

3.2 제안하는 가용도 계정

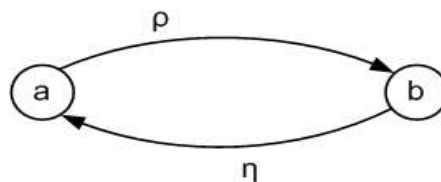
컴퍼넌트의 상태변수를 마코프모델을 적용하여 다음과 같이 표현한다. 컴퍼넌트가 동작상태에서 고장이 나면 ($1 \Rightarrow 0$) 수리를 하고 수리가 완료되면 다시 동작상태가 된다($0 \Rightarrow 1$).



<그림 3> 수리 가능한 컴퍼넌트의 Markov모델

3.2.1 MS구조 가용도 계정

MS구조에서는 정상상태와 핸드오프상태를 고려한다.



<그림 4> MS 구조의 Markov모델

따라서 MS 시스템이 갖는 핸드오프율과 핸드오프완료율을 이용하여 다음과 같이 제안한다.

$$A_{MS} = \frac{\eta}{\eta + \rho}$$

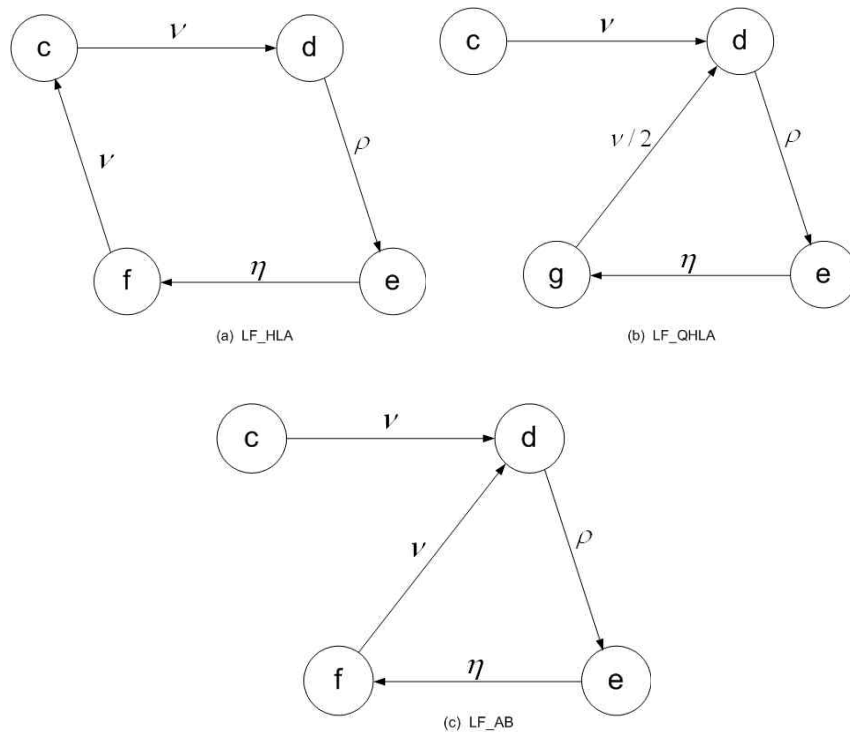
여기서,

ρ : MS구조에서 시스템의 핸드오프율

η : MS구조에서 시스템의 핸드오프 완료율

3.2.2 SM구조 가용도 계정

그림 5에서 보는 것처럼 SM구조는 각각의 통신상태에 따라 포함되는 구성품과 수량이 서로 다르다. 그리고 MH의 위치정보 전달 방법에 따라 3가지 구조를 갖는다. SM구조를 마코프모델로 나타내면 다음과 같다.



<그림 5> SM 구조의 Markov모델

각각의 상태에서 구성되어 있는 구성품이 다르고, 고장률이 변하기 때문에 기존의 고정 부품 또는 시스템에서의 가용도 계정은 적용할 수 없다.

따라서 SM 시스템이 갖는 핸드오프율과 핸드오프완료율을 이용하여 다음과 같이 제안한다.

$$A_{SM} = \frac{\eta}{\eta + \rho}$$

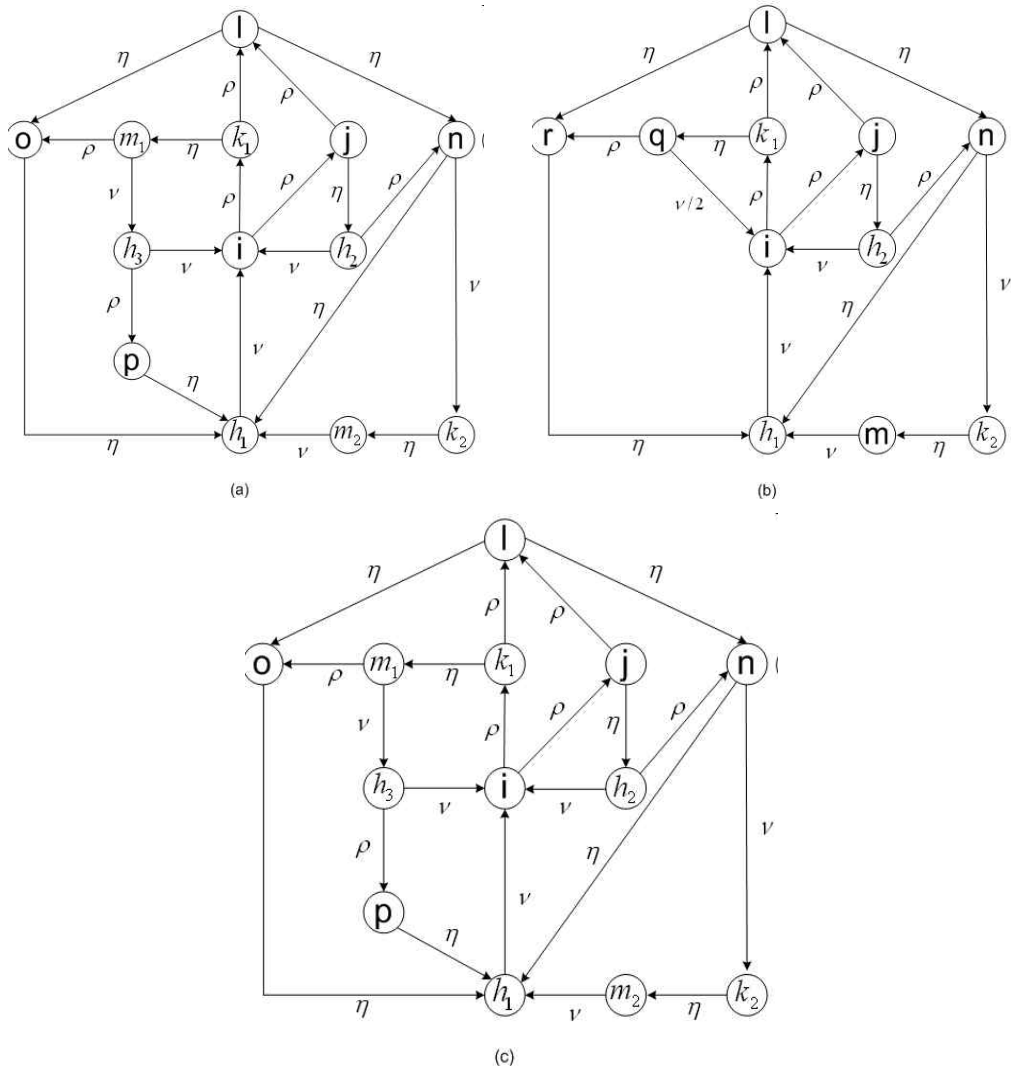
여기서,

ρ : SM구조에서 시스템의 핸드오프율

η : SM구조에서 시스템의 핸드오프 완료율

3.2.3 MM구조 가용도 계정

그림 6에서 보는 것처럼 MM구조는 각각의 통신상태에 따라 포함되는 구성품과 수량이 서로 다르다. 그리고 MH의 위치정보 전달 방법에 따라 3가지 구조를 갖는다. MM구조를 마코프모델로 나타내면 다음과 같다.



<그림 6> MM 구조의 Markov모델

MM구조에서는 통신형태가 그림 5에서 보는바와 같이 11개의 상태를 가진다. 그리고 MH의 정보전송방법에 따라 3가지 형태의 마코프모델을 갖는다. 따라서 각각의 상태에서 구성되어 있는 구성품이 다르고, 고장률이 변하기 때문에 기존의 고정 부품 또는 시스템에서의 가용도 계정은 적용할 수 없다. 따라서 MM 시스템이 갖는 핸드오프율과 핸드오프완료율을 이용하여 다음과 같이 제안한다.

$$A_{MM} = \frac{\eta}{\eta + \rho}$$

여기서,

ρ : MM구조에서 시스템의 핸드오프율

η : MM구조에서 시스템의 핸드오프 완료율

4. 가용도 계정 예

제안하는 가용도 계정의 계산을 위해 CORBA 논문에서 사용된 시스템의 핸드오프율과 핸드오프 완료율을 적용하였다.

4.1 핸드오프율과 핸드오프 완료율 고정

따라서 가용도 계정을 위해 사용된 시스템의 핸드오프율과 핸드오프 완료율은 다음과 같다

<표 1> 핸드오프율과 핸드오프 완료율

구 분	핸드오프율(ρ)	핸드오프 완료율(η)
적용값	10^{-2}	10^{-1}

제안하는 가용도 계정에 위의 값을 적용하면

$$A_{MS} = A_{SM} = A_{MM} = \frac{\eta}{\eta + \rho} = \frac{10^{-1}}{10^{-1} + 10^{-2}} = 0.90909090909$$

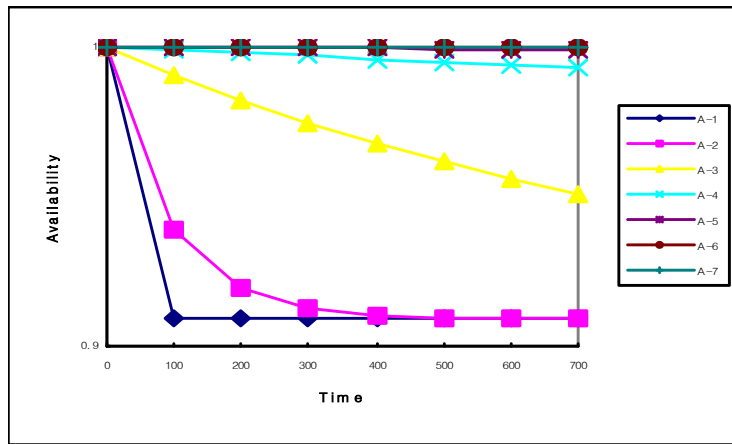
4.2 핸드오프율과 핸드오프 완료율 가변

제안하는 가용도 계정 계산을 위해 다음과 같이 값을 적용하였다.

- 1) 핸드오프율 및 핸드오프 완료율 변화(A)
- 2) 핸드오프율 변화(B)
- 3) 핸드오프 완료율 변화(C)

<표 2> 핸드오프율과 핸드오프 완료율 변화값

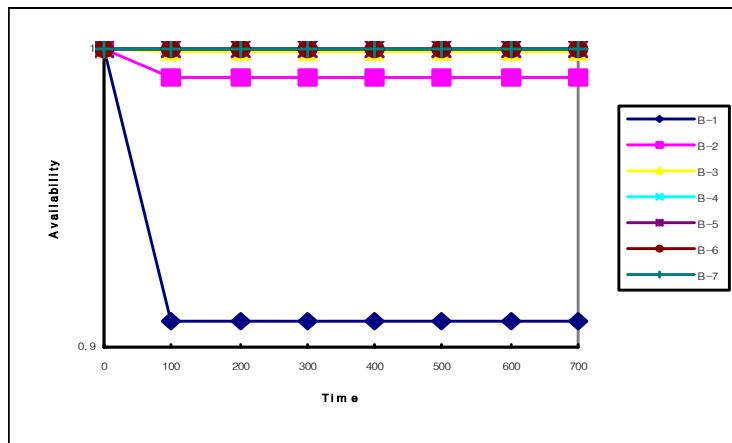
구분	핸드오프율, 핸드오프 완료율 변화(A)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
ρ	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
η	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}



<그림 7> 가용도 분석(A)

<표 3> 핸드오프율 변화값

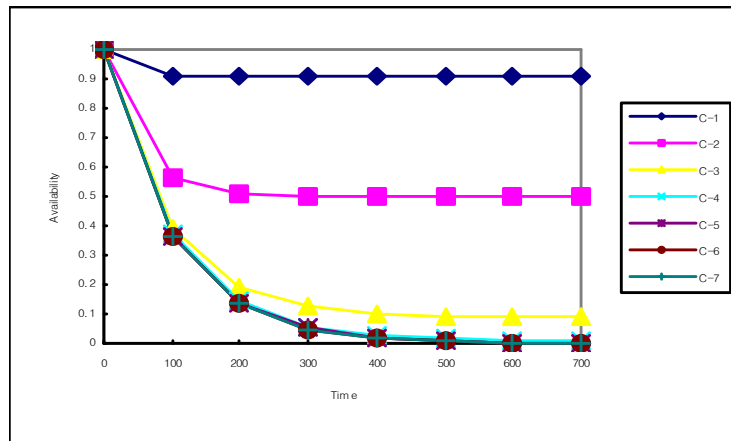
구분	핸드오프율변화(B)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
ρ	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
η	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}



<그림 8> 가용도 분석(B)

<표 4> 핸드오프 완료율 변화값

구분	핸드오프 완료율변화(C)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
ρ	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}
η	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}



<그림 9> 가용도 분석(C)

5. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 핸드오프구조를 갖는 이동통신망에서의 네트워크 가용도 계정을 제안하였다. 기존의 논문에서는 망의 평가척도를 신뢰도에 중점을 두어 연구되었다. 그러나 실제 수리 가능한 시스템에 대해서는 신뢰도 보다는 가용도가 더 현실적이고 믿을만한 신뢰도 척도로 보아야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 무선 COBRA에서 MS, SM, MM통신구조를 갖는 네트워크를 이용하였다. 각각의 구조는 단말의 이동으로 인한 핸드오프 동작으로 핸드오프이전의 정상상태와 핸드오프상태로 구분되어진다. 그리고 각각의 상태에서 통신에 포함하는 구성품의 종류와 수량이 서로 달라지게 된다. 따라서 기존의 가용도 계정은 단일 구성품과 단일상태에 대한 계정으로 더 이상 적용할 수가 없으며 새로운 가용도 계정이 필요하다. 본 논문에서는 핸드오프이전의 정상상태와 핸드오프상태를 갖는 시스템에 대하여 핸드오프율과 핸드오프완료율을 이용하여 통신 구조별 가용도를 계정하는 방안을 제안하였다.

향후과제로는 통신 구조뿐만 아니라 구조별 상태확률을 포함한 전체 시스템의 가용도 계정이 연구 되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] K. K. Aggarwal, J. S. Gupta, and K. B. Misra, "A simple method for reliability evaluation of a communication system," IEEE Trans. Commun., vol. 23, no. 5, pp. 563-566, May 1975.
- [2] W. J. Ke and S.-D. Wang, "Reliability evaluation for distributed computing networks with imperfect nodes," IEEE Trans. Rel., vol. 46, no. 3, pp. 342-349, Sept. 1997.

- [3] P. Kubat, "Estimation of reliability for communication/computer networks simulation/analytic approach," IEEE Trans. Commun., vol. 37, no. 9, pp. 927-933, Sept. 1989.
- [4] S. M. Lee and D. H. Park, "An efficient method for evaluating network reliability with variable link capacities," IEEE Trans. Rel., vol. 50, no. 4, pp. 374-451, Dec. 2001.
- [5] J. Shaio, "A family of algorithms for network reliability problems," in Proc. of 2002 IEEE Int. Conf. Communications, vol. 4, New York, Apr. 2002, pp. 2167-2173.
- [6] R. B. Marks, I. C. Gifford, and B. O' Hara, "Standards in IEEE 802 unleash the wireless Internet," IEEE Microwave Magazine, vol. 2, no. 20, pp. 46-56, June 2001.
- [7] 이준혁, 김경목, 오영환, "RBN과 MANET에서의 터미널간 신뢰도 평가", 한국신뢰성학회지, 신뢰성응용연구 제6권2호, pp. 187-194, 2006
- [8] 이준혁, 오영환, "클러스터 기반의 무선 분산 센서 네트워크에서의 터미널 간 신뢰도 평가", 한국신뢰성학회지, 신뢰성응용연구, 제6권4호, pp.297-306, 2006
- [9] Yue Ma and James J.Han and Kishor S.Trivedi, "Composite Performance and Availability Analysis of Wireless Communication Networks", IEEE Trans. Vehicular Technology vol. 50, no. 5, pp. 1216, Sept. 2001
- [10] Fabien Houe'to and Aamuel Pierre, "Reliability and Cost Evaluation of Thrid-Generation Wireless Access Network Topologies: A Case Study", IEEE Trans. Rel, vol. 51, no.2, June 2002 EPCglobal, 23 Feb 2003
- [11] 이준혁, 오영환 "계층적 클러스터링을 기반으로 하는 무선 센서네트워크의 Throughput과 Availability평가", 한국신뢰성학회지, 신뢰성응용연구, 제5권4호, pp.465-486, 2005
- [12] 이준혁, 오영환 "핸드오프구조를 갖는 이동통신망의 네트워크 가용도 계정(I), 통신학회지,
- [13] W. Kuo and M. J. Zuo, Optimal Reliability Modeling: Principles and Applications, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2003.
- [14] X. Chen and M. R. Lyu, "Reliability Analysis for Various Communication Scheme in wireless CORBA" IEEE Trans. Rel., Vol. 54, no. 2 June 2005