

# 네트워크 사용자 측면의 통신망 가용도 계정

정회원 이준혁\*, 오영환\*\*

## Network Availability Evaluation in user's point of view

Jun-Hyuk Lee\*, Young-hwan Oh\*\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 통신 구조의 변화를 갖는 네트워크를 이용하는 사용자 측면에서 가용도 계정을 제안하였다. 최근 무선 통신 기술의 눈부신 발전과 함께 사용자가 요구하는 통신 서비스의 증가로 통신망 가용도의 중요성이 점점 증대하고 있다. 이동 통신망은 단말이 이동하는 특성으로 인해 수시로 통신망의 구조가 변한다. 사용자 입장에서는 망의 구조 변화에도 불구하고 계속해서 서비스를 사용할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 WCDMA 네트워크에서 실시간 서비스가 중요시되는 음성 서비스 영역에 대한 네트워크 모델을 제안하고, 이를 그래프 모델화 하여 통신 구조별 상태를 통화 실패율과 통화 성공률에 따라 나누고 Markov Process를 적용하여 상태 전이를 구하였다. 그리고 조건부 확률로 상태 가용도를 계정하여 다양한 통신 구조를 갖는 시스템에 대한 전체 가용도를 계정하였다.

**Key Words** : User Availability, Total Probability law, Markov Process

### ABSTRACT

In this paper, we proposed availability evaluation in network service user aspect for mobile communication network that have change of communication scheme. Provider of communication service that is no discontinuance for system user of mobile communication system provider is basis. Mobile communication network changes into form that communication network is various continuously from special quality moving user. we must be able to use service in structure change of some network in user standpoint. In this paper, real-time service proposes network model for weighed voice service area in WCDMA network, and whole availability for system that this analyzed state transition probability evaluating to the Handover rate and Handover completion rate of terminal because uses Markov Process by communication structure because analyze graph model, and applies total probability law including conditional probability by state evaluate do and has various communication scheme did evaluate.

### I. 서론

최근 무선통신 기술이 발전하고 이에 따라 많은 응용분야에서 적용되고 있으며<sup>[1]</sup>, 그에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다<sup>[2-3]</sup>. 특히, 무선 네트워크에서는 유선망과는 달리 단말의 이동성은 통신망의 성능에 많은 영향을 미친다<sup>[4]</sup>. 또한 무선링크의 접속 손실이나 기지국의 전송전력, 지형, 간섭 등의 영향

으로 인한 시스템의 고장이 나기가 쉽다. 그러므로 무선망에서의 가용도는 정확한 계정과 분석이 이루어져야한다. 가용도란 수리 가능한 부품 또는 시스템이 특정한 환경에서 주어진 일정 시간동안 요구되어지는 기능 또는 동작을 수행할 확률을 말한다<sup>[5]</sup>. 지금까지 전통적인 단일 구성품 또는 단일 시스템에 대한 가용도 계정 방법에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있는데 몇 가지 방법론에 따라서 분류

\* 한국정보통신기술대학 정보통신설비과(jhlee@icpc.ac.kr), \*\* 광운대학교 전자통신공학과(yhoh@daisy.kw.ac.kr)  
논문번호 : 09019-0405, 접수일자 : 2009년 4월 5일

하면 다음과 같다.

먼저, 단일 시스템의 구성품이 갖는 고장률과 수리률을 이용하여 네트워크에 대한 가용도 계정이 제안되었고<sup>6)</sup>, 클러스터링을 기반으로 하는 무선 센서 네트워크의 가용도를 계정하는 알고리즘이 제안되었다<sup>7)</sup>. 또한, 다양한 통신 구조를 갖는 경우 무선 CORBA에 대한 신뢰도를 분석하는 계정이 연구되었다<sup>8)</sup>. 기존 유선망은 고정된 시스템으로서 망의 변화가 없는 반면, 무선망은 단말의 이동전 상태와 이동에 따른 핸드오버(Handover)상태로 나누어지고, 각각의 상태에서 포함되는 구성품은 달라진다. 따라서 전통적인 가용도 계정을 더 이상 적용할 수 없는 어려움이 있다. 본 논문에서는 통신망 구성장비의 통화 실패율과 통화 성공률을 이용하여 네트워크 가용도 계정을 제안하였다.

2장에서는 관련이론을 설명하고 3장에서는 가용도 계정을 위한 네트워크 모델의 그래프 성질과 구조를 분석하고 4장에서는 사용자 측면의 가용도 계정을 제안하고 5장에서는 제안한 모델에 대한 가용도 계정의 실예를 들고 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련이론

### 2.1 가용도 가정 및 정의

수리 가능한 시스템에 대하여 다음과 같은 가정 및 정의를 둔다<sup>9)</sup>.

- 1) 시스템의 상태는 통화 실패 상태 또는 통화 성공 상태 둘 중 하나이다.
- 2) 시스템의 상태는 시간에 따라 변한다.
- 3) 한 상태에서 다른 상태로의 시스템의 변이는 순간적으로 일어난다.
- 4) 시스템의 통화 실패율( $\rho$ )과 통화 성공률( $\eta$ )은 상수이다.

[정의 1]

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

즉,

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

[정의 2]

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

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

$$= A(t) - A(t)\rho\Delta t + \eta\Delta t - A(t)\eta\Delta t \quad (2)$$

여기서,

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

$$P_r\{\Delta t \text{ 시간중 시스템이 통화 성공}\} = \eta\Delta t$$

즉, 통화 실패가 발생한 시스템이  $\Delta t$ 중에 통화 성공이 될 확률  $A(t)$ 를 구하기 위해

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

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

$$A(t) = \frac{\eta}{\rho + \eta} + \frac{\rho}{\rho + \eta} e^{-(\rho + \eta)t} \quad (3)$$

$$A(t = \infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\eta}{\rho + \eta} + \frac{\rho}{\rho + \eta} e^{-(\rho + \eta)t} = \frac{\eta}{\rho + \eta} \quad (4)$$

Availability  $A(t)$ 는 그림 1과 같이 나타낸다.

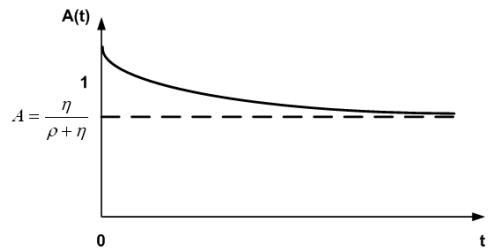


그림 1. 통화 실패율( $\rho$ )과 통화 성공률( $\eta$ )을 갖는 시스템의 가용도

### 2.2 전 확률 법칙(Law of total probability)

표본 공간  $S$ 에서 정의되는 어떤 사건  $A$ 의 확률  $P(A)$ 는 조건부 확률들로 표현할 수 있다.  $N$  개의 상호 배반적인 사건  $B_n, n = 1, 2, \dots, N$ 이 있으며, 그림 2에서와 같이 이들의 합집합은  $S$ 와 같다고 가정한다. 이 사건들은 다음 식을 만족하며,

$$B_m \cap B_n = \emptyset, \quad m \neq n = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

$$\bigcup_{n=1}^N B_n = S \quad (6)$$

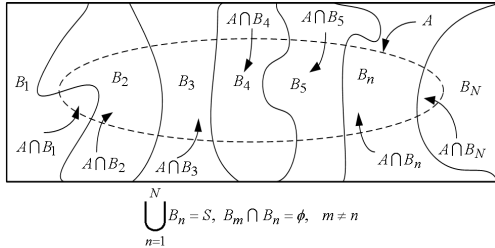


그림 2. N개의 상호 배타적인 사건  $B_n$ 과 다른 사건 A의 벤 다이어그램

사건 A의 전 확률을 다음과 같이 정의한다<sup>[10]</sup>.

$$P(A) = \sum_{n=1}^N P(A|B_n)P(B_n) \quad (7)$$

### Ⅲ. 네트워크 모델 및 통신 구조

#### 3.1 네트워크 모델

본 논문에서 이동통신망의 네트워크 가용도 계정을 위해 현재 서비스되고 있는 WCDMA 네트워크 모델을 제안하였다. WCDMA 네트워크 시스템에서 실시간 서비스를 요구하는 음성 영역은 패킷 영역에 비해 데이터의 지연 등에 매우 민감한 반면, 패킷 영역은 지연보다는 데이터의 에러에 민감하다<sup>[11]</sup>. 따라서 본 논문에서는 음성 서비스영역에 대한 시스템 모델을 제안하였다.

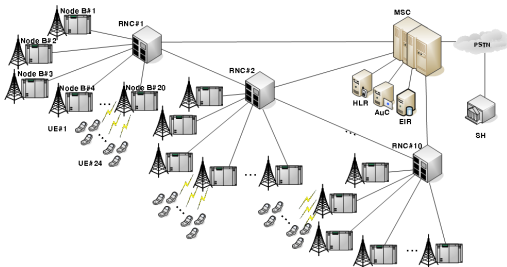


그림 3. 네트워크의 물리적 모델

#### 3.2 그래프 모델

물리적 모델에 대한 상태와 상태 천이를 구하기 위해 그림 4와 같이 그래프 모델로 표현하였다.

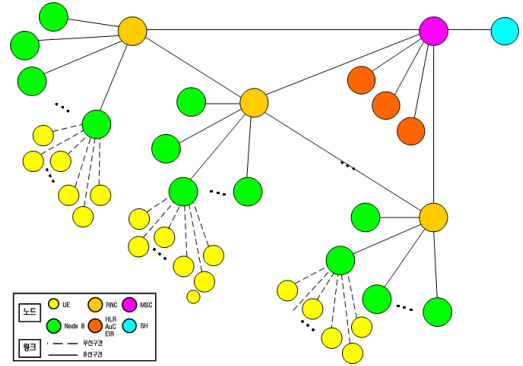


그림 4. 네트워크의 그래프 모델

#### 3.3 통신구조

사용자 관점에서의 통신 구조는 MS(UE-Static Host), SM(Static Host-UE), MM(UE-UE) 구조로 나누어진다. 각 구조별 통신 상태는 그림 5와 같다.

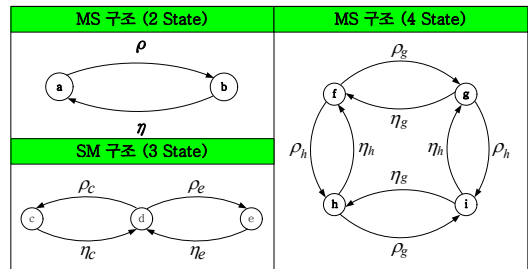


그림 5. 통신 구조

##### 3.3.1 MS 구조

MS 구조는 UE와 SH 간의 통신 구조로서 UE가 이동하지 않은 일반적인 상태와 이동하는 상태로 나눈다.

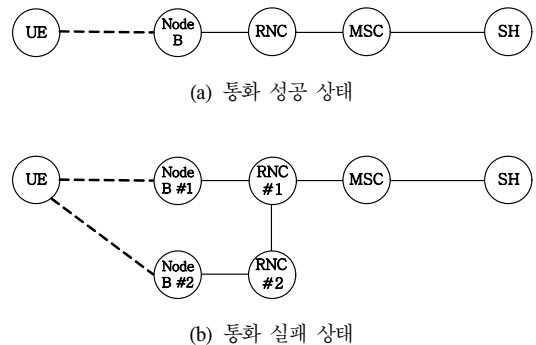


그림 6. MS 구조의 상태

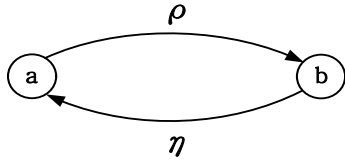
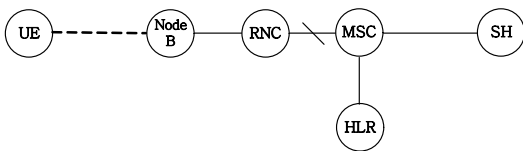


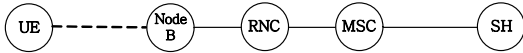
그림 7. MS 구조의 상태 천이 Diagram

### 3.3.2 SM 구조

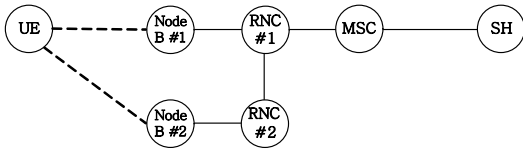
SM 구조는 SH와 UE 간의 통신 구조로서 위치문의 상태, UE가 이동하지 않은 일반적인 상태, 이동 상태로 나눈다.



(c) 통화 실패 상태



(d) 통화 성공 상태



(e) 통화 실패 상태

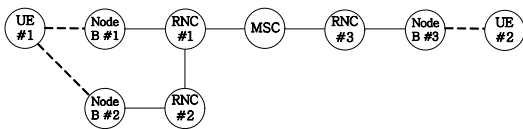
그림 8. SM 구조의 상태

### 3.3.3 MM 구조

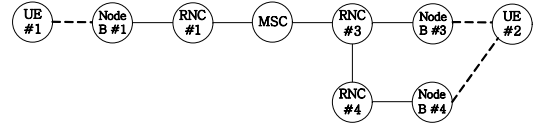
MM 구조는 UE와 UE 간의 통신 구조로서 UE가 이동하지 않은 일반적인 상태, 하나의 단말이 이동하는 상태, 두 개의 단말이 이동하는 상태로 나눈다.



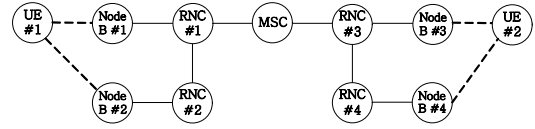
(f) 통화 성공 상태



(g) 통화 실패 상태



(h) 통화 실패 상태



(i) 통화 실패 상태

그림 9. MM 구조의 상태

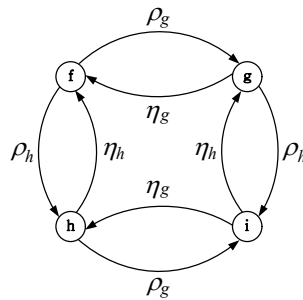


그림 10. MM 구조의 상태 천이 Diagram

## IV. 네트워크의 가용도 계정

### 4.1 MS 구조

MS 구조는 통신 상태가 그림 6과 같이 (a), (b) 두 가지이다. 따라서, 전 확률 공식을 이용하여 MS 구조의 가용도를 구하면 다음과 같다.

$$A_{ums} = \sum_n A_{ums|\theta_n} \cdot \theta_n$$

$A_{ums}$  : MS 구조 가용도

$A_{ums|\theta_n}$  : 상태 가용도,  $n = \{a, b\}$

$\theta_n$  : 상태 확률,  $n = \{a, b\}$

통화 성공 상태 확률을  $\theta_a$ , 통화 실패 상태 확률을  $\theta_b$ 라고 하고 Markov Process를 이용하여 구하면 다음과 같다.

$$\theta_a = \frac{\eta_b}{\eta_b + \rho_b} + \frac{\rho_b}{\eta_b + \rho_b} e^{-(\eta_b + \rho_b)t}$$

$$\theta_b = \frac{\rho_b}{\eta_b + \rho_b} - \frac{\rho_b}{\eta_b + \rho_b} e^{-(\eta_b + \rho_b)t}$$

$\theta_a, \theta_b$  : a, b 상태 확률

두 가지 상태 확률의 합은 1이다. 즉,  $\theta_a + \theta_b = 1$

통화 성공률과 통화 실패율의 합은 다음과 같다.

$$\rho_b = \rho_{UE} + 2\rho_{Node\ B} + 2\rho_{RNC} + \rho_{MSC} + \rho_{SH}$$

$$\eta_b = \eta_{UE} + 2\eta_{Node\ B} + 2\eta_{RNC} + \eta_{MSC} + 2\eta_{SH}$$

$\rho_b, \eta_b$  : b 상태 통화 실패율 합, 통화 성공률 합

그리고 조건부 확률에 의하여 각각의 상태 확률이 발생한 조건에서 상태 가용도  $A_{ums|\theta_a}, A_{ums|\theta_b}$  을 구하면 다음과 같다.

$$A_{ums|\theta_a} = A_{UE} \cdot A_{Node\ B} \cdot A_{RNC} \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH}$$

$$A_{ums|\theta_b} = A_{UE} \cdot A_{Node\ B}^2 \cdot A_{RNC}^2 \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH}$$

$A_{UE}, A_{Node\ B}, A_{RNC}, A_{MSC}, A_{SH}$  : 구성품의 가용도

구성품의 가용도는 통화 성공률과 통화 실패율을 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$A_{UE} = \frac{\eta_{UE}}{\eta_{UE} + \rho_{UE}}$$

$$A_{Node\ B} = \frac{\eta_{Node\ B}}{\eta_{Node\ B} + \rho_{Node\ B}}$$

$$A_{RNC} = \frac{\eta_{RNC}}{\eta_{RNC} + \rho_{RNC}}$$

$$A_{MSC} = \frac{\eta_{MSC}}{\eta_{MSC} + \rho_{MSC}}$$

$$A_{SH} = \frac{\eta_{SH}}{\eta_{SH} + \rho_{SH}}$$

위의 식을 대입하여 정리하면,

$$\begin{aligned} A_{ums} &= \sum_{n=a,b} A_{ums|\theta_n} \cdot \theta_n \\ &= A_{ums|\theta_a} \cdot \theta_a + A_{ums|\theta_b} \cdot \theta_b \\ &= (A_{UE} \cdot A_{Node\ B} \cdot A_{RNC} \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH}) \\ &\quad \cdot \left( \frac{\eta_b}{\eta_b + \rho_b} + \frac{\rho_b}{\eta_b + \rho_b} e^{-(\eta_b + \rho_b)t} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ (A_{UE} \cdot A_{Node\ B}^2 \cdot A_{RNC}^2 \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH}) \\ &\quad \cdot \left( \frac{\rho_b}{\eta_b + \rho_b} - \frac{\rho_b}{\eta_b + \rho_b} e^{-(\eta_b + \rho_b)t} \right) \end{aligned}$$

## 4.2 SM 구조

SM 구조는 통신 상태가 그림 7과 같이 (c), (d), (e) 세 가지 이다. 따라서, 전 확률 공식을 이용하여 SM 구조의 가용도를 구하면 다음과 같다.

$$A_{usm} = \sum_n A_{usm|\theta_n} \cdot \theta_n$$

$A_{usm}$  : SM 구조 가용도

$A_{usm|\theta_n}$  : 상태 가용도,  $n = \{c, d, e\}$

$\theta_n$  : 상태 확률,  $n = \{c, d, e\}$

통화 성공 상태 확률을  $\theta_d$ , 통화 실패 확률을 각각  $\theta_c, \theta_e$  라고 하고 Markov Process를 이용하여 구하면 다음과 같다.

$$\theta_c = \frac{\rho_c}{\eta_c} \theta_d$$

$$\theta_d = \frac{\eta_d \eta_e}{\rho_d \eta_e + \rho_e \eta_c + \eta_d \eta_e} = \frac{1}{1 + (\rho_c/\eta_c) + (\rho_e/\eta_e)}$$

$$\theta_e = \frac{\rho_e}{\eta_c} \theta_d$$

$\theta_c, \theta_d, \theta_e$  : c, d, e 상태 확률

세 가지 상태 확률의 합은 1이다.

즉,  $\theta_c + \theta_d + \theta_e = 1$

통화 실패율과 통화 성공률의 합은 다음과 같다.

$$\rho_c = \rho_{HLR} + \rho_{MSC} + \rho_{SH}$$

$$\rho_e = \rho_{UE} + 2\rho_{Node\ B} + 2\rho_{RNC} + \rho_{MSC} + \rho_{SH}$$

$$\eta_c = \eta_{HLR} + \eta_{MSC} + \eta_{SH}$$

$$\eta_e = \eta_{UE} + 2\eta_{Node\ B} + 2\eta_{RNC} + \eta_{MSC} + \eta_{SH}$$

$\rho_c, \rho_e$  : c, e 상태 통화 실패율 합,

$\eta_c, \eta_e$  : c, e 상태 통화 성공률 합

그리고 조건부 확률에 의하여 각각의 상태 확률이 발생한 조건에서의 상태 가용도  $A_{usm|\theta_c}, A_{usm|\theta_d}, A_{usm|\theta_e}$  을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 A_{usm|\theta_c} &= A_{HLR} \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH} \\
 A_{usm|\theta_d} &= A_{UE} \cdot A_{Node\ B} \cdot A_{RNC} \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH} \\
 A_{usm|\theta_e} &= A_{UE} \cdot A_{Node\ B}^2 \cdot A_{RNC}^2 \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH} \\
 A_{UE}, A_{Node\ B}, A_{RNC}, A_{HLR}, A_{MSC}, A_{SH} &: \text{구성품의 가용도}
 \end{aligned}$$

구성품의 가용도는 통화 실패율과 통화 성공률을 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned}
 A_{UE} &= \frac{\eta_{UE}}{\eta_{UE} + \rho_{UE}} \\
 A_{Node\ B} &= \frac{\eta_{Node\ B}}{\eta_{Node\ B} + \rho_{Node\ B}} \\
 A_{RNC} &= \frac{\eta_{RNC}}{\eta_{RNC} + \rho_{RNC}} \\
 A_{HLR} &= \frac{\eta_{HLR}}{\eta_{HLR} + \rho_{HLR}} \\
 A_{MSC} &= \frac{\eta_{MSC}}{\eta_{MSC} + \rho_{MSC}} \\
 A_{SH} &= \frac{\eta_{SH}}{\eta_{SH} + \rho_{SH}}
 \end{aligned}$$

위의 식을 대입하여 정리하면,

$$\begin{aligned}
 A_{usm} &= \sum_{n=c,d,e} A_{usm|\theta_n} \cdot \theta_n \\
 &= A_{usm|\theta_c} \cdot \theta_c + A_{usm|\theta_d} \cdot \theta_d + A_{usm|\theta_e} \cdot \theta_e \\
 &= (A_{HLR} \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH}) \cdot \left( \frac{\rho_c}{\eta_c} \theta_d \right) \\
 &+ (A_{UE} \cdot A_{Node\ B} \cdot A_{RNC} \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH}) \\
 &\cdot \left( \frac{1}{1 + (\rho_c/\eta_c) + (\rho_e/\eta_e)} \right) \\
 &+ (A_{UE} \cdot A_{Node\ B}^2 \cdot A_{RNC}^2 \cdot A_{MSC} \cdot A_{SH}) \\
 &\cdot \left( \frac{\rho_e}{\eta_e} \theta_d \right)
 \end{aligned}$$

### 4.3 MM 구조

MM 구조는 통신 상태가 그림 9과 같이 (f), (g), (h), (i) 네 가지이다. 따라서 전 확률 공식을 이용하여 MM 구조의 가용도를 다음과 같이 구한다.

$$A_{umm} = \sum_n A_{umm|\theta_n} \cdot \theta_n$$

$A_{umm}$  : MM 구조 가용도  
 $A_{umm|\theta_n}$  : 상태 가용도,  $n = \{f, g, h, i\}$   
 $\theta_n$  : 상태 확률,  $n = \{f, g, h, i\}$

통화 성공 상태 확률을  $\theta_f$ , 통화 실패 상태 확률을 각각  $\theta_g, \theta_h, \theta_i$ 라고 하고, Markov Process를 이용하여 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \theta_f &= \frac{\eta_h \eta_g}{(\rho_h + \eta_h)(\rho_g + \eta_g)} \\
 \theta_g &= \frac{\eta_h \rho_g}{(\rho_h + \eta_h)(\rho_g + \eta_g)} \\
 \theta_h &= \frac{\rho_h \eta_g}{(\rho_h + \eta_h)(\rho_g + \eta_g)} \\
 \theta_i &= \frac{\rho_h \rho_g}{(\rho_h + \eta_h)(\rho_g + \eta_g)}
 \end{aligned}$$

$\theta_f$  : f 상태 확률,  $\theta_g$  : g 상태 확률  
 $\theta_h$  : h 상태 확률,  $\theta_i$  : i 상태 확률  
 네 가지 상태 확률의 합은 1이다.  
 즉,  $\theta_f + \theta_g + \theta_h + \theta_i = 1$

통화 성공률과 통화 실패율의 합은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \rho_g &= 2\rho_{UE} + 3\rho_{RNC} + \rho_{MSC} \\
 \rho_h &= 2\rho_{UE} + 3\rho_{RNC} + \rho_{MSC} \\
 \eta_g &= 2\eta_{UE} + 3\eta_{RNC} + \eta_{MSC} \\
 \eta_h &= 2\eta_{UE} + 3\eta_{RNC} + \eta_{MSC} \\
 \rho_g, \rho_h &: \text{g, h 상태 통화실패율 합} \\
 \eta_g, \eta_h &: \text{g, h 상태 통화 성공률 합}
 \end{aligned}$$

그리고 조건부 확률에 의하여 각각의 상태 확률이 발생한 조건에서 상태 가용도  $A_{umm|\theta_f}, A_{umm|\theta_g}, A_{umm|\theta_h}, A_{umm|\theta_i}$ 을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 A_{umm|\theta_f} &= A_{UE}^2 \cdot A_{Node\ B}^2 \cdot A_{RNC}^2 \cdot A_{MSC} \\
 A_{umm|\theta_g} &= A_{UE}^2 \cdot A_{Node\ B}^3 \cdot A_{RNC}^3 \cdot A_{MSC} \\
 A_{umm|\theta_h} &= A_{UE}^2 \cdot A_{Node\ B}^3 \cdot A_{RNC}^3 \cdot A_{MSC} \\
 A_{umm|\theta_i} &= A_{UE}^2 \cdot A_{Node\ B}^4 \cdot A_{RNC}^4 \cdot A_{MSC}
 \end{aligned}$$

$A_{UE}, A_{Node\ B}, A_{RNC}, A_{MSC}$  : 구성품의 가용도

구성품의 가용도는 통화 성공률과 통화 실패율을 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$A_{UE} = \frac{\eta_{UE}}{\eta_{UE} + \rho_{UE}}$$

$$A_{Node\ B} = \frac{\eta_{Node\ B}}{\eta_{Node\ B} + \rho_{Node\ B}}$$

$$A_{RNC} = \frac{\eta_{RNC}}{\eta_{RNC} + \rho_{RNC}}$$

$$A_{MSC} = \frac{\eta_{MSC}}{\eta_{MSC} + \rho_{MSC}}$$

위의 식을 대입하여 정리하면,

$$A_{umm} = \sum_{n=f,g,h,i} A_{umm|\theta_n} \cdot \theta_n$$

$$= A_{umm|\theta_f} \cdot \theta_f + A_{umm|\theta_g} \cdot \theta_g$$

$$+ A_{umm|\theta_h} \cdot \theta_h + A_{umm|\theta_i} \cdot \theta_i$$

$$= (A_{UE}^2 \cdot A_{Node\ B}^2 \cdot A_{RNC}^2 \cdot A_{MSC})$$

$$\cdot \left( \frac{\eta_h \eta_g}{(\rho_h + \eta_h)(\rho_g + \eta_g)} \right)$$

$$+ (A_{UE}^2 \cdot A_{Node\ B}^3 \cdot A_{RNC}^3 \cdot A_{MSC})$$

$$\cdot \left( \frac{\eta_h \rho_g}{(\rho_h + \eta_h)(\rho_g + \eta_g)} \right)$$

$$+ (A_{UE}^2 \cdot A_{Node\ B}^3 \cdot A_{RNC}^3 \cdot A_{MSC})$$

$$\cdot \left( \frac{\rho_h \eta_g}{(\rho_h + \eta_h)(\rho_g + \eta_g)} \right)$$

$$+ (A_{UE}^2 \cdot A_{Node\ B}^4 \cdot A_{RNC}^4 \cdot A_{MSC})$$

$$\cdot \left( \frac{\rho_h \rho_g}{(\rho_h + \eta_h)(\rho_g + \eta_g)} \right)$$

### V. 네트워크의 가용도 계정 계산 예

수치 계산을 위한 구성 장비의 통화 실패율과 통화 성공률과 상태별 통화 성공률의 합과 실패율의 합은 다음과 같다.

표 1. 구성 장비의 통화 실패율과 통화 성공률

구 분	통화 실패율 ( $\rho$ )	통화 성공률 ( $\eta$ )
UE	$2 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-1}$
Node B	$2 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-1}$
RNC	$2 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-1}$
HLR	$2 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-1}$
MSC	$2 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-1}$

표 2. 상태별 통화 실패율 및 통화 성공률의 합

구 분	통화 실패율 합 ( $\rho_{a,b,c,d,e,f,g,h,i}$ )	통화 성공률 합 ( $\eta_{a,b,c,d,e,f,g,h,i}$ )
a 상태	$9 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^0$
b 상태	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^0$
c 상태	$5 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^0$
d 상태	$9 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^0$
e 상태	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^0$
f 상태	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^0$
g 상태	$2 \times 10^{-2}$	$6 \times 10^0$
h 상태	$2 \times 10^{-2}$	$6 \times 10^0$
i 상태	$2 \times 10^{-2}$	$8 \times 10^0$

### 5.1 MS 구조

MS 구조의 상태 확률, 상태 가용도는 4장에서 제안한 가용도 계정 계산에 의하여 다음과 같이 구해진다.

표 3. MS 구조의 시간 변화에 따른 상태 확률

구 분	a 상태 확률 ( $\theta_a$ )	b 상태 확률 ( $\theta_b$ )
0	1.00000000000000	0.00000000000000
50	0.99742866465696	0.00257133534304
100	0.99742866465696	0.00257133534304
150	0.99742866465696	0.00257133534304
200	0.99742866465696	0.00257133534304
250	0.99742866465696	0.00257133534304
300	0.99742866465696	0.00257133534304
350	0.99742866465696	0.00257133534304
400	0.99742866465696	0.00257133534304
450	0.99742866465696	0.00257133534304
500	0.99742866465696	0.00257133534304
550	0.99742866465696	0.00257133534304
600	0.99742866465696	0.00257133534304

표 4. MS 구조의 상태 가용도

구 분	상태 가용도 ( $A_{ums \theta_{a,b}}$ )
a 상태	0.98975426125996
b 상태	0.98467082505717

표 5. MS 구조의 가용도

구분	MS 구조 가용도 ( $A_{um,s}$ )
0	0.98975426125996
50	0.98974119004078
100	0.98974119004078
150	0.98974119004078
200	0.98974119004078
250	0.98974119004078
300	0.98974119004078
350	0.98974119004078
400	0.98974119004078
450	0.98974119004078
500	0.98974119004078
550	0.98974119004078
600	0.98974119004078

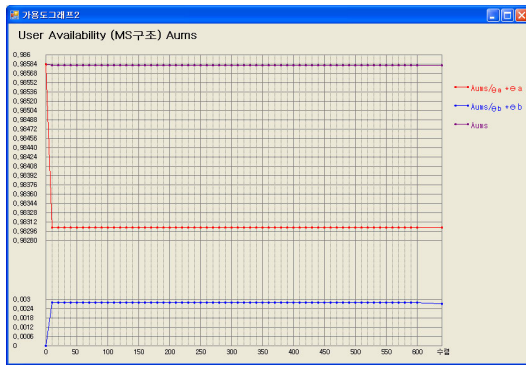


그림 11. MS 구조의 가용도

### 5.2 SM 구조

SM 구조의 상태 확률, 상태 가용도는 4장에서 제안한 가용도 계정 계산에 의하여 다음과 같이 구해진다.

표 6. SM 구조의 상태 확률 및 상태 가용도

구분	상태 확률 ( $\theta_{c,d,e}$ )	상태 가용도 ( $A_{usm\theta_{c,d,e}}$ )
c 상태	0.00256474053506	0.992305812266142
d 상태	0.99487051892988	0.987209271147049
e 상태	0.00256474053506	0.982138906163435

표 7. SM 구조의 가용도

구분	SM 구조 가용도
$A_{usm}$	0.987209338282045

그림 12는 SM 구조의 통화 실패율과 통화 성공률을 변화에 따른 가용도를 나타낸다.

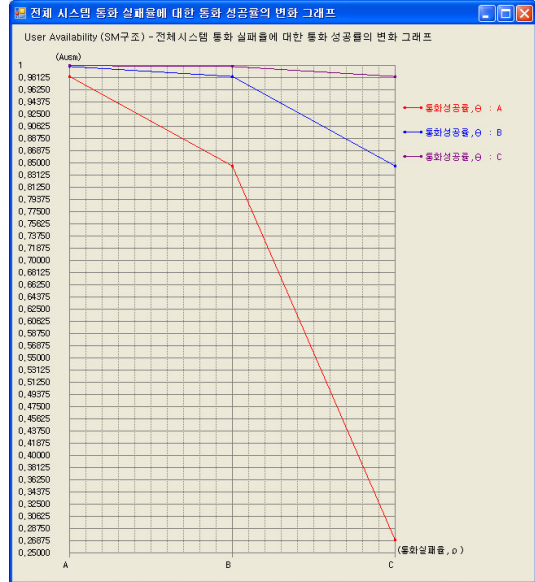


그림 12. SM 구조의 가용도

### 5.3 MM 구조

MM 구조의 상태별 통화 실패율과 통화 성공률의 합, 상태 확률 그리고 상태 가용도는 4장에서 제안한 가용도 계정 계산에 의하여 다음과 같이 구해진다.

표 8. MM 구조의 상태 확률 및 상태 가용도

구분	상태 확률 ( $\theta_{f,g,h,i}$ )	상태 가용도 ( $A_{ummm\theta_{f,g,h,i}}$ )
f 상태	0.99486394107936	0.98213890616344
g 상태	0.00256472357760	0.97709458287313
h 상태	0.00256472357760	0.97709458287313
i 상태	0.00000661176545	0.97207616752445

표 9. MM 구조의 가용도

구분	MM 구조 가용도
$A_{ummm}$	0.98211296504122

그림 13은 MM 구조의 통화 실패율과 통화 성공률 변화에 따른 가용도를 나타낸다.



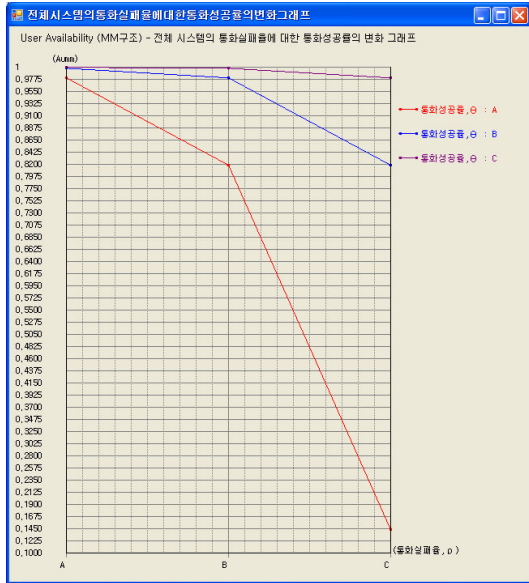


그림 13. MM 구조의 가용도

### VI. 결론 및 향후과제

무선 네트워크에서는 유선과는 달리 이동 단말의 의해 통신 구조가 변하고, 통신 구조에 포함되는 구성품이 달라진다. 따라서 기존의 가용도 계정 방법을 더 이상 적용할 수 없는 제한성이 있다. 본 연구에서는 단말의 이동성을 고려하는 통신망에 대하여 전 확률 공식을 이용하여 사용자 측면에서의 가용도를 계정하였다. 단말의 이동에 의해 MS 구조, SM 구조, MM 구조로 나누고, 각각의 구조에서 상태의 천이와 상태 가용도는 장비의 통화 실패율과 통화 성공률을 적용하였다. 제안한 계정은 서비스를 사용하고 있는 사용자 측면에서 서비스의 가용도를 평가해 볼 수 있는 이점이 있고, 그에 따라 서비스 향상을 위한 품질 향상 정책을 수립할 수 있는 이점이 있다. 앞으로 더 연구하여할 과제로서는 통신망의 통신용량이 고려된 경우의 통신망과 각 경로가 독립적이 아닌 상호 종속적인 경우의 가용도를 계정하는 알고리즘을 구하는 문제에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

### 참고 문헌

[1] 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.

[2] 이준혁, 김경복, 오영환, "RBN과 MANET에서의 터미널간 신뢰도 평가", 한국신뢰성학회지, 신뢰성응용연구 제6권2호, pp. 187-194, 2006.

[3] 이준혁, 오영환, "클러스터 기반의 무선 분산 센서 네트워크에서의 터미널 간 신뢰도 평가", 한국신뢰성학회지, 신뢰성응용연구, 제6권4호, pp.297-306, 2006.

[4] 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.

[5] Marvin Rausand and Arnljot Høyland, System Reliability Theory Models, Statistical Methods, and Applications, Second Edition A John Wiley & Sons, Inc., 2004.

[6] Fabien Houé'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.

[7] 이준혁, 오영환 "계층적 클러스터링을 기반으로 하는 무선 센서네트워크의 Throughput과 Availability평가", 한국신뢰성학회지, 신뢰성응용연구, 제5권4호, pp.465-486, 2005.

[8] X. Chen and M. R. Lyu, "Reliability Analysis for Various Communication Scheme in wireless CORBA" IEEE Trans. Rel., Vol. 54, no. 2 June 2005.

[9] W. Kuo and M. J. Zuo, Optimal Reliability Modeling: Principles and Applications, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2003.

[10] 김종호, 김주환, 이기성 "확률론 입문", 교우사 1999년.

[11] 이상근, 조봉열, 여운영 "쉽게 설명한 3G/4G 이동통신시스템(HSDPA, HSUPA, WiMAX 중심)", 흥릉과학출판사 2008년.

이 준 혁 (Jun-Hyuk Lee) 정회원  
한국통신학회논문지 제34권 제2호 참조

오 영 환 (Young-Hwan Oh) 정회원  
한국통신학회논문지 제34권 제2호 참조