

무선 이동 통신망의 신뢰도 계정

정회원 이준혁*, 오영환**

Network Reliability Evaluation for Mobile Communication Networks

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

요약

무선 통신기술의 발전과 이동통신 가입자가 증가함에 따라 무선 이동 통신망의 성능향상과 품질 보장이 큰 문제점으로 대두 되고 있다. 특히, 가입자가 수시로 이동하는 단말의 특성으로 통신망에 대한 신뢰도는 고정된 유선 망에 비하여 더 중요하게 평가되어야 한다. 본 논문에서는 통신구조가 수시로 변하는 네트워크에 대한 신뢰도 계정식을 제안하였다. 제안한 계정식은 WCDMA 망에서 음성 서비스 영역의 네트워크를 적용하여, 이를 그래프 모델로 분석하고 Markov Process를 이용하여 상태 전이 확률을 분석하였고, 전 확률 이론을 이용하여 상태별 신뢰도를 계정하여 다양한 통신 구조를 갖는 네트워크에 대한 전체 신뢰도를 계정하였다. 제안한 계정식은 통신망의 구조변화가 빈번한 이동 통신망에 대한 신뢰도를 정확하게 평가할 수 있는 이점이 있다.

Key words : Reliability, Markov Process, Total Probability

ABSTRACT

With the improvement of wireless network technology and the increasing number of subscribers in mobile network, the improvement of performance and the quality of service have become the most important elements. Especially, the reliability of network where the users are moving should be evaluated more importantly than the fixed network. In this paper, we proposed a reliability account for the networks where the communication structure changes frequently. This account applied to the circuit domain in WCDMA network. First, we analyzed state transition rate using Markov Process after the analysis of using graph model. Next, using the total probability, we accounted reliability about each state. Finally, using the proposed account, we accounted whole reliability about the networks with diverse communication structures. This account has an benefit which is the accurate reliability evaluation of the mobile network in spite of its frequent variation in structures and states.

1. 서론

단말의 이동성을 지닌 무선 네트워크에서는 유선 망과는 달리 단말의 이동으로 인하여 통신망의 성능에 많은 영향을 미친다^[1]. 그러므로 무선망에서의 성능 평가는 기존의 유선망에서 보다 더 정확한 계정과 분석이 이루어져야 한다. 통신망의 성능지표

(Performance)의 하나로 신뢰도(Reliability)를 사용한다. 최근 무선통신 기술이 발전함에 따라 많은 응용 분야에서 적용되고 있으며^[2], 최근 이동 통신 가입자의 급격한 증가로 인하여 서비스 제공자는 그에 대한 시스템의 성능향상과 안정된 Qos 품질의 제공이 최우선 과제로 대두되고 있다. 따라서 그에 대한 무선 통신망에 대한 신뢰도 분석도 활발히 진

* 한국정보통신기술대학 정보통신설비과(jhlee@icpc.ac.kr), ** 광운대학교 전자통신공학과(yhoh@daisy.kw.ac.kr)
논문번호 09068-1130 접수일자 2009년 11월 30일

행되고 있는데 몇 가지를 분류하면 다음과 같다. 먼저, RBN과 MANET에서의 터미널 간 신뢰도를 계정하는 알고리즘과^[3], 클러스터 기반의 무선 분산 센서 네트워크에서의 터미널 간 신뢰도를 계정하는 알고리즘이 제안되었고^[4], 무선 CORBA에 대한 신뢰도를 분석하는 계정이 연구되었다^[5]. 본 연구에서는 사용자의 형태에 따라 통신구조 달라지고, 가입자 단말기의 이동에 따라 통신 상태가 수시로 변화하는 이동 통신망에서의 신뢰도를 계정하기 위한 계정식을 제안하였다. 제안한 계정식을 적용하기 위해 현재 서비스 되고 있는 WCDMA망을 이용하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 이론을 설명하고 3장에서는 신뢰도 계정을 위한 네트워크 모델의 통신구조를 분석하고 4장에서는 통신망의 신뢰도 계정식을 제안하고 5장에서는 신뢰도 계정의 실례를 들고 6장에서 결론을 맺는다.

II. 관련이론

2.1 신뢰도

신뢰도란 부품이나 시스템의 성능이 지닌 시간적 만족도로서, 주어진 조건하에 규정된 기간 중 요구되는 기능을 수행하는 확률이라 정의된다. 신뢰도를 나타내는 몇 가지 중요한 개념들을 설명한다.

2.1.1 신뢰도 함수

부품이나 시스템의 수명 또는 고장 시간을 나타내는 확률변수를 T 라 하고 수명의 분포함수를 $F(t) = P_r(T \leq t)$ 이라고 하면 신뢰도 함수 $R(t)$ 는 시스템의 가동 시간이 t 이상인 확률로 다음과 같다^[6].

$$R(t) = P_r(T > t) = 1 - F(t) \quad (2.1)$$

여기서, $F(t)$ 는 누적분포함수(c. d. f) 또는 불신뢰도 함수로서 $t \leq 0$ 일 때 $F(t) = 0$ 이다.

2.1.2 고장밀도 함수

고장밀도 함수(Failure Density Function)는 단위 시간당 고장 발생 비율을 나타내는 함수

$$f(t) = \frac{d}{dt}F(t) = -\frac{d}{dt}R(t) \quad (2.2)$$

로 표시된다.

신뢰도 함수 R(t)와 불신뢰도 함수 F(t)를 확률변수 T의 고장밀도 함수 f(t)로 표현하면 다음과 같다^[7].

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \int_t^\infty f(t)dt \quad (2.3)$$

$$F(t) = P\{T \leq t\} = \int_0^t f(t)dt \quad (2.4)$$

2.1.3 순간 고장률

가동 중인 부품이나 시스템의 단위 시간당 고장 수를 순간 고장률(Instantaneous Failure Rate, Hazard Rate) 또는 간단히 고장률(Failure Rate)이라 하고, 그 값을 신뢰도 척도와 마찬가지로 사용개시 후 경과시간 t에 의해 변하기 때문에 t의 함수로 하여 고장률함수 $\lambda(t)$ 라고 한다.

고장률함수 $\lambda(t)$ 는 어떤 시점 t에서 가동 중인 구성품에 대해 몇 개가 순간적으로 고장이 날것인가를 나타내는 척도로서 다음과 같이 표현된다.

시점 t 이후 가동 중인 구성품에 대해 시간 구간 $[t, t + \Delta t]$ 사이에 고장이 나는 확률은

$$\begin{aligned} &P\{t < T \leq t + \Delta t | T > t\} \\ &= \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{P(T > t)} = \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} \quad (2.5) \end{aligned}$$

이고, 시간 구간을 $\Delta t \rightarrow 0$ 이라 두면, 이 시간 구간 동안의 변화율은

$$\begin{aligned} &\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T < t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} \\ &= \frac{1}{R(t)} \frac{d}{dt}F(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda(t) \quad (2.6) \end{aligned}$$

따라서,

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{1}{R(t)} \frac{-dR(t)}{dt} = -\frac{R'(t)}{R(t)} \quad (2.7)$$

양변에 적분을 취하면

$$\int_0^t \lambda(t)dt = -\int_0^t \frac{R'(t)}{R(t)}dt = -[\ln R(t)]_0^t$$

따라서,

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (2.8)$$

을 신뢰도 함수(Reliability Function)로 정의한다.

고장률이 지수분포에 따르는 경우 고장률 $\lambda(t) = \lambda$ 이므로, 이 신뢰도 함수는

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda dt} = e^{-\lambda t} \quad (2.9)$$

가 된다.

III. 네트워크 모델 및 통신 구조

3.1 네트워크 모델

본 논문에서 이동통신망의 네트워크 신뢰도 계정을 위해 현재 서비스되고 있는 WCDMA 네트워크 모델을 적용하였다⁸⁾.

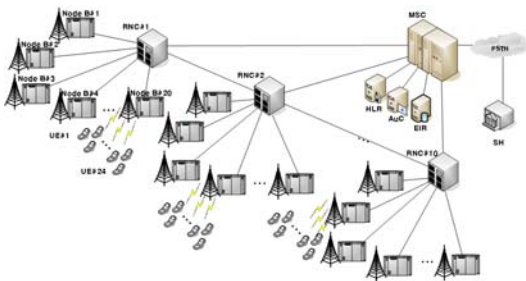


그림 1. 네트워크의 물리적 모델

3.2 그래프 모델

물리적 모델에 대한 상태와 상태 천이를 구하기 위해 그림 2와 같이 그래프 모델로 표현하였다.

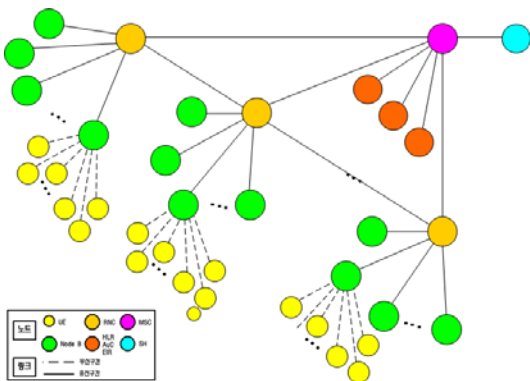


그림 2. 네트워크의 그래프 모델

3.2.1 MS 구조

UE와 SH 간의 통신 구조로서 UE가 이동하지 않은 일반적인 상태와 이동하는 상태로 나눈다. 그림 3은 MS 구조의 통신 상태를 나타내고, 그림 4는 상태 천이 Diagram을 나타내었다. 표 1은 상태별 포함되는 구성품과 수량이다.

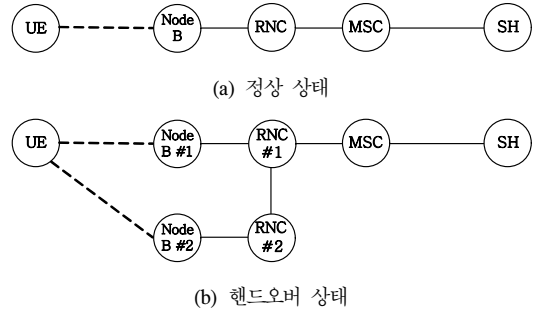


그림 3. MS 구조 상태

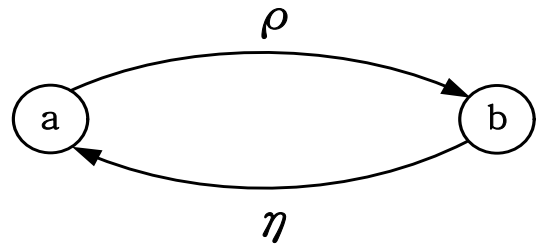


그림 4. MS 구조의 상태 천이 Diagram

표 1. 상태별 구성품 및 수량

| 상태 \ 구성품 | UE | Node B | RNC | MSC | SH |
|----------|----|--------|-----|-----|----|
| a 상태 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| b 상태 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |

3.2.2 SM 구조

SH와 UE 간의 통신 구조로서 위치 문의 상태, UE가 이동하지 않은 일반적인 상태, 이동 상태로 나눈다. 그림 5는 SM 구조의 통신 상태를 나타내고, 그림 6은 상태 천이 Diagram을 나타내었다. 표 2는 상태별 포함되는 구성품과 수량이다.

표 2. SM 구조의 상태별 구성품 및 수량

| 상태 \ 구성품 | UE | Node B | RNC | HLR | MSC | SH |
|----------|----|--------|-----|-----|-----|----|
| c 상태 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| a 상태 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| b 상태 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 |

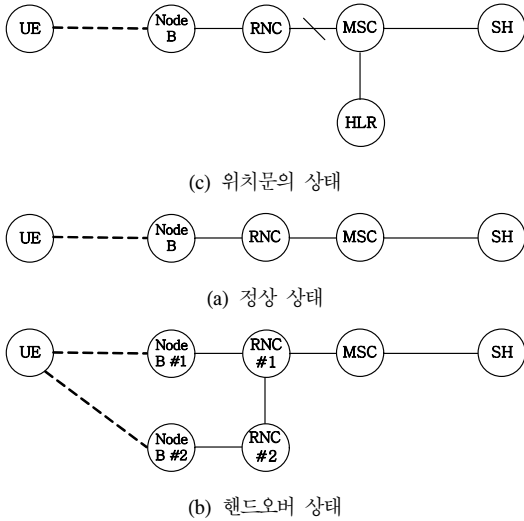


그림 5. SM 구조 상태

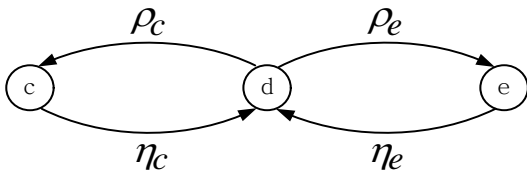


그림 6. SM 구조의 상태 천이 Diagram

3.2.3 MM 구조

UE와 UE 간의 통신 구조로서 UE가 이동하지 않은 일반적인 상태, 하나의 단말이 이동하는 상태, 두 개의 단말이 이동하는 상태로 나눈다. 그림 7은 MM 구조의 통신 상태를 나타내고, 그림 8은 상태 천이 Diagram을 나타내었다. 표 3은 상태별 포함되는 구성품과 수량이다.

표 3. MM 구조의 상태별 구성품 및 수량

| 구성품 상태 | UE | Node B | RNC | MSC |
|-----------|----|--------|-----|-----|
| d 상태 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| e 상태 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| f 상태 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| g 상태 | 2 | 4 | 4 | 1 |

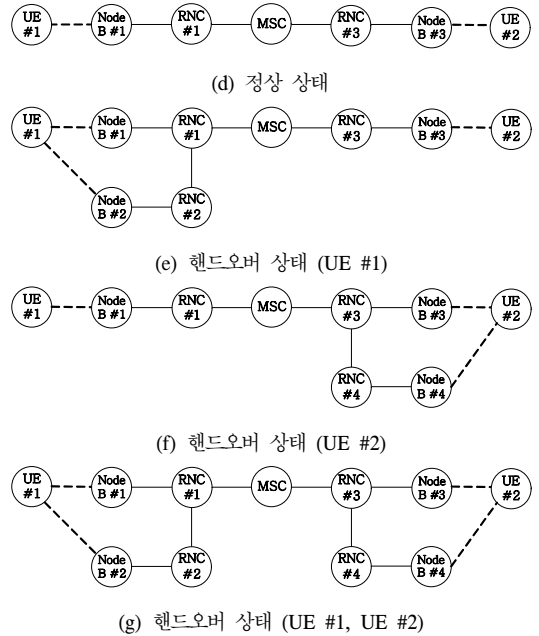


그림 7. MM 구조 상태

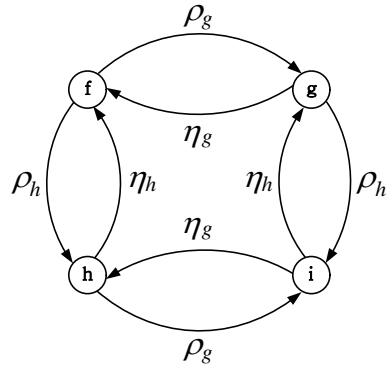


그림 8. MM 구조의 상태 천이 Diagram

IV. 제안한 신뢰도 계정

진 확률 공식을 이용하여 통신망의 신뢰도를 다음과 같이 제안한다.

변화하는 구조를 갖는 통신망의 신뢰도는 통신 구조에서 포함하는 상태의 확률과 상태 신뢰도의 곱으로 표현한다.

즉,

$$R_s = \sum_n R_{s|\theta_n} \cdot \theta_n \quad (4.1)$$

여기서,

R_s : 통신망 신뢰도, $s = \{MS, SM, MM\}$

$R_{s|\theta_n}$: 상태 신뢰도

θ_n : 상태 확률, $n = \{a, b, c, d, e, f, g\}$

4.1 MS 구조

MS 구조의 신뢰도 R_{MS} 는 정상 상태 확률과 상태 신뢰도의 곱 그리고 핸드오버 상태 확률과 상태 신뢰도의 곱을 더한 것과 같다.

$$R_{MS} = \sum R_{MS|\theta_n} \cdot \theta_n \quad (4.2)$$

여기서,

R_{MS} : MS 구조 신뢰도

$R_{MS|\theta_n}$: 상태 신뢰도

θ_n : 상태 확률, $n = \{a, b\}$

MS 구조는 통신 상태가 그림 3과 같이 (a), (b) 두 가지 이므로, 정상 상태 확률을 θ_a , 핸드오버 상태 확률을 θ_b 라고 하고 Markov 이론을 이용하여 구하면 다음과 같다.

$$\theta_a = \frac{\eta}{\eta + \rho} + \frac{\rho}{\eta + \rho} e^{-(\eta + \rho)t} \quad (4.3a)$$

$$\theta_b = \frac{\rho}{\eta + \rho} - \frac{\rho}{\eta + \rho} e^{-(\eta + \rho)t} \quad (4.3b)$$

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

θ_a, θ_b : 상태 확률 (a, b 상태)

ρ : 상태 천이율 (a 상태 \rightarrow b 상태)

η : 상태 천이율 (b 상태 \rightarrow a 상태)

그리고 조건부 확률에 의하여 각각의 상태가 발생한 조건에서의 상태 신뢰도 $R_{MS|\theta_a}$, $R_{MS|\theta_b}$ 을 구하면 다음과 같다.

$$R_{MS|\theta_a} = R_{UE} \cdot R_{Node\ B} \cdot R_{RNC} \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH} \quad (4.4a)$$

$$R_{MS|\theta_b} = R_{UE} \cdot R_{Node\ B}^2 \cdot R_{RNC}^2 \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH} \quad (4.4b)$$

여기서

$R_{UE}, R_{Node\ B}, R_{RNC}, R_{MSC}, R_{SH}$: 구성품의 신뢰도

(4.2)에 위의 값을 대입하여 정리하면,

$$\begin{aligned} R_{MS} &= \sum_{n=a,b} R_{MS|\theta_n} \cdot \theta_n = R_{MS|\theta_a} \cdot \theta_a + R_{MS|\theta_b} \cdot \theta_b \\ &= (R_{UE} \cdot R_{Node\ B} \cdot R_{RNC} \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH}) \\ &\quad \cdot \left(\frac{\eta}{\eta + \rho} + \frac{\rho}{\eta + \rho} e^{-(\eta + \rho)t} \right) \\ &\quad + (R_{UE} \cdot R_{Node\ B}^2 \cdot R_{RNC}^2 \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH}) \\ &\quad \cdot \left(\frac{\rho}{\eta + \rho} - \frac{\rho}{\eta + \rho} e^{-(\eta + \rho)t} \right) \end{aligned} \quad (4.5)$$

(4.5)에서 장비의 고장률을 대입하면

$$\begin{aligned} R_{MS} &= e^{-(\alpha + \beta + \gamma + \epsilon + \zeta)t} \cdot \left(\frac{\eta}{\eta + \rho} + \frac{\rho}{\eta + \rho} e^{-(\eta + \rho)t} \right) \\ &\quad + e^{-(\alpha + 2\beta + 2\gamma + \epsilon + \zeta)t} \cdot \left(\frac{\rho}{\eta + \rho} - \frac{\rho}{\eta + \rho} e^{-(\eta + \rho)t} \right) \end{aligned} \quad (4.6)$$

여기서 $\alpha, \beta, \gamma, \epsilon, \zeta$: 장비의 고장률

4.2 SM 구조

SM 구조의 신뢰도 R_{SM} 은 정상 상태 확률과 상태 신뢰도의 곱, 핸드오버 상태 확률과 상태 신뢰도의 곱 그리고 위치문의 상태 확률과 상태 신뢰도의 곱을 더한 것과 같다.

$$R_{SM} = \sum R_{SM|\theta_n} \cdot \theta_n \quad (4.7)$$

여기서,

R_{SM} : SM 구조 신뢰도

$R_{SM|\theta_n}$: 상태 신뢰도

θ_n : 상태 확률, $n = \{a, b, c\}$

SM 구조는 통신 상태가 그림 5와 같이 (a), (b), (c) 세 가지 이므로, 정상 상태 확률을 θ_a , 핸드오버 상태를 θ_b , 위치문의 상태 확률을 θ_c 라고 하고 Markov 이론을 이용하여 구하면 다음과 같다.

$$\theta_a = \frac{1}{1 + (\rho_c/\eta_c) + (\rho_b/\eta_b)} \quad (4.8a)$$

$$\theta_b = \frac{\rho_b}{\eta_b} \theta_a \quad (4.8b)$$

$$\theta_c = \frac{\rho_c}{\eta_c} \theta_a \quad (4.8c)$$

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

여기서,

$\theta_a, \theta_b, \theta_c$: 상태 확률 (a, b, c 상태)

ρ_c : 상태 천이율 (a 상태 → c 상태)

ρ_b : 상태 천이율 (a 상태 → b 상태)

η_c : 상태 천이율 (c 상태 → a 상태)

η_b : 상태 천이율 (b 상태 → a 상태)

그리고 조건부 확률에 의하여 각각의 상태가 발생한 조건에서의 상태 신뢰도 $R_{SM|\theta_a}, R_{SM|\theta_b}, R_{SM|\theta_c}$ 을 구하면 다음과 같다.

$$R_{SM|\theta_a} = R_{UE} \cdot R_{Node\ B} \cdot R_{RNC} \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH} \quad (4.9a)$$

$$R_{SM|\theta_b} = R_{UE} \cdot R_{Node\ B}^2 \cdot R_{RNC}^2 \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH} \quad (4.9b)$$

$$R_{SM|\theta_c} = R_{HLR} \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH} \quad (4.9c)$$

여기서,

$R_{UE}, R_{Node\ B}, R_{RNC}, R_{HLR}, R_{MSC}, R_{SH}$: 구성품의 신뢰도

(4.7)에 위의 값을 대입하여 정리하면,

$$\begin{aligned} R_{SM} &= \sum_{n=a,b,c} R_{SM|\theta_n} \cdot \theta_n \\ &= R_{SM|\theta_a} \cdot \theta_a + R_{SM|\theta_b} \cdot \theta_b + R_{SM|\theta_c} \cdot \theta_c \\ &= (R_{UE} \cdot R_{Node\ B} \cdot R_{RNC} \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH}) \\ &\quad \cdot \left(\frac{1}{1 + (\rho_c/\eta_c) + (\rho_b/\eta_b)} \right) \\ &\quad + (R_{UE} \cdot R_{Node\ B}^2 \cdot R_{RNC}^2 \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH}) \cdot \left(\frac{\rho_b}{\eta_b} \theta_a \right) \\ &\quad + (R_{HLR} \cdot R_{MSC} \cdot R_{SH}) \cdot \left(\frac{\rho_c}{\eta_c} \theta_a \right) \end{aligned} \quad (4.10)$$

(4.10)에서 장비의 고장률을 대입하면

$$\begin{aligned} R_{SM} &= e^{-(\alpha+\beta+\gamma+\epsilon+\zeta)t} \cdot \left(\frac{1}{1 + (\rho_c/\eta_c) + (\rho_b/\eta_b)} \right) \\ &\quad + e^{-(\alpha+2\beta+2\gamma+\epsilon+\zeta)t} \cdot \left(\frac{\rho_b}{\eta_b} \theta_a \right) \\ &\quad + e^{-(\delta+\epsilon+\zeta)t} \cdot \left(\frac{\rho_c}{\eta_c} \theta_a \right) \end{aligned} \quad (4.11)$$

여기서 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta$: 장비의 고장률

4.3 MM 구조

MM 구조의 신뢰도 R_{MM} 은 정상 상태 확률과 상태 신뢰도의 곱 그리고 세 가지 핸드오버 상태 확률과 상태 신뢰도의 곱을 더한 것과 같다.

$$R_{MM} = \sum R_{MM|\theta_n} \cdot \theta_n \quad (4.12)$$

여기서,

R_{MM} : MM 구조 신뢰도

$R_{MM|\theta_n}$: 상태 신뢰도

θ_n : 상태 확률, $n = \{d, e, f, g\}$

MM 구조는 통신 상태가 그림 7과 같이 (d), (e), (f), (g) 네 가지 이므로, 정상 상태 확률을 θ_d , 핸드오버 상태 확률을 각각 $\theta_e, \theta_f, \theta_g$ 라고 하고 Markov 이론을 이용하여 구하면 다음과 같다.

$$\theta_d = \frac{\eta_c \eta_f}{(\rho_e + \eta_e)(\rho_f + \eta_f)} \quad (4.13a)$$

$$\theta_e = \frac{\rho_e \eta_f}{(\rho_e + \eta_e)(\rho_f + \eta_f)} \quad (4.13b)$$

$$\theta_f = \frac{\rho_f \eta_e}{(\rho_e + \eta_e)(\rho_f + \eta_f)} \quad (4.13c)$$

$$\theta_g = \frac{\rho_e \rho_f}{(\rho_e + \eta_e)(\rho_f + \eta_f)} \quad (4.13d)$$

네 가지 상태 확률의 합은 1이다. 즉,
 $\theta_d + \theta_e + \theta_f + \theta_g = 1$

여기서,

$\theta_d, \theta_e, \theta_f, \theta_g$: 상태 확률 (d, e, f, g 상태)

ρ_e : 상태 천이율 (d 상태 → e 상태, f 상태 → e 상태)

ρ_f : 상태 천이율 (d 상태 → f 상태, e 상태 → f 상태)

η_e : 상태 천이율 (e 상태 → d 상태, g 상태 → e 상태)

η_f : 상태 천이율 (f 상태 → d 상태, g 상태 → f 상태)

그리고 조건부 확률에 의하여 각각의 상태가 발생한 조건에서의 상태 신뢰도 $R_{MM|\theta_d}, R_{MM|\theta_e},$

$R_{MM| \theta_f}$, $R_{MM| \theta_g}$ 을 구하면 다음과 같다.

$$R_{MM| \theta_d} = R_{UE}^2 \cdot R_{Node B}^2 \cdot R_{RNC}^2 \cdot R_{MSC} \quad (4.14a)$$

$$R_{MM| \theta_e} = R_{UE}^2 \cdot R_{Node B}^3 \cdot R_{RNC}^3 \cdot R_{MSC} \quad (4.14b)$$

$$R_{MM| \theta_f} = R_{UE}^2 \cdot R_{Node B}^3 \cdot R_{RNC}^3 \cdot R_{MSC} \quad (4.14c)$$

$$R_{MM| \theta_g} = R_{UE}^2 \cdot R_{Node B}^4 \cdot R_{RNC}^4 \cdot R_{MSC} \quad (4.14d)$$

여기서,

R_{UE} , $R_{Node B}$, R_{RNC} , R_{MSC} : 구성품의 신뢰도

(4.12)에 위의 값을 대입하여 정리하면,

$$\begin{aligned} R_{MM} &= \sum_{n=d,e,f,g} R_{MM| \theta_n} \cdot \theta_n \\ &= R_{MM| \theta_d} \cdot \theta_d + R_{MM| \theta_e} \cdot \theta_e + R_{MM| \theta_f} \cdot \theta_f + R_{MM| \theta_g} \cdot \theta_g \\ &= e^{-(2\alpha+2\beta+2\gamma+\epsilon)t} \cdot \left(\frac{\eta_e \eta_f}{(\rho_e + \eta_e)(\rho_f + \eta_f)} \right) \\ &\quad + e^{-(2\alpha+3\beta+3\gamma+\epsilon)t} \cdot \left(\frac{\rho_e \eta_f}{(\rho_e + \eta_e)(\rho_f + \eta_f)} \right) \quad (4.16) \\ &\quad + e^{-(2\alpha+3\beta+3\gamma+\epsilon)t} \cdot \left(\frac{\rho_f \eta_e}{(\rho_e + \eta_e)(\rho_f + \eta_f)} \right) \\ &\quad + e^{-(2\alpha+4\beta+4\gamma+\epsilon)t} \cdot \left(\frac{\rho_e \rho_f}{(\rho_e + \eta_e)(\rho_f + \eta_f)} \right) \end{aligned}$$

여기서 $\alpha, \beta, \gamma, \epsilon$: 장비의 고장률

V. 신뢰도 계정 계산 예

4장에서 제안한 네트워크 모델에 대한 계정을 실 예에 의한 수치 계산을 통하여 확인 한다. 신뢰도를 계정하기 위해 사용한 장비의 고장율은 다음과 같다⁹⁻¹⁰⁾.

표 4. 장비의 고장률

| 구 분 | UE, SH | Node B, RNC, HLR, MSC |
|------------------|--------------------|-----------------------|
| 고장률(λ) | 3×10^{-8} | 5×10^{-9} |

5.1 구조별 신뢰도

MS, SM, MM 구조의 신뢰도를 4장에서 제안한 신뢰도 계정을 적용하여 구하면 다음과 같다.

5.1.1 MS 구조

표 5. MS 구조 신뢰도

| 구 분 | 상태 확률 | 상태 신뢰도 |
|-----------|------------------|------------------|
| 정상상태 | 0.99999515861770 | 0.99999508160858 |
| 핸드오버상태 | 0.00000484138230 | 0.00000484138188 |
| MS 구조 신뢰도 | 0.99999992299046 | |

5.1.2 SM 구조

표 6. SM 구조 신뢰도

| 구 분 | 상태 확률 | 상태 신뢰도 |
|-----------|------------------|-----------------|
| 정상상태 | 0.99998951366433 | 0.9999992299051 |
| 핸드오버상태 | 0.99998951366433 | 0.9999991393057 |
| 위치문의상태 | 0.00000564498070 | 0.9999995923027 |
| SM 구조 신뢰도 | 0.99999992299067 | |

5.1.3 MM 구조

표 7. MM 구조 신뢰도

| 구 분 | 상태 확률 | 상태 신뢰도 |
|--------------------|------------------|------------------|
| 정상상태 | 0.99999221673286 | 0.99999991393057 |
| 핸드오버상태 (UE#1) | 0.00000389162600 | 0.99999987316084 |
| 핸드오버상태 (UE#2) | 0.00000389162600 | 0.99999990487063 |
| 핸드오버상태 (UE#1,UE#2) | 0.0000000001514 | 0.99999989581069 |
| MM 구조 신뢰도 | 0.99999991393037 | |

5.2 비교 및 검토

구조별 신뢰도를 비교하면 표 8과 같다.

표 8. 구조별 신뢰도

| 구 분 | 신뢰도 |
|-------|------------------|
| MS 구조 | 0.99999992299046 |
| SM 구조 | 0.99999992299067 |
| MM 구조 | 0.99999991393037 |

표 8에서와 구조별 신뢰도는 SM-MS-MM 구조 순으로서, SM 구조의 신뢰도는 MS 구조에 비해 약 2×10^{-13} 정도, MM 구조에 비해 약 9×10^{-9} 정도 큰 값을 갖는다. 그리고 MS 구조는 MS 구조 보다 약 9×10^{-9} 정도의 큰 값을 갖는 것을 확인 하였다. 이는 통신망의 신뢰도는 통신구조보다는 통신상태별 구성되는 장비의 고장률이 전체 신뢰도에 더 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

VI. 결론 및 향후과제

