

핸드오프 시간에 관한 해석적 연구

임석구^{1*}

Analytical Study on the Handoff Duration Time

Seog-Ku Lim^{1*}

요 약 이동가입자 수신단에서의 평균 수신전력 레벨이 핸드오프 임계값과 수신기 임계값 사이에 있는 영역을 핸드 오프 영역이라 하며, 가입자가 핸드오프 영역에 머무르는 시간을 핸드오프 시간으로 정의한다. 시뮬레이션 분석 결과 핸드오프 시간은 감마분포를 따름이 입증되었으며[7], 따라서 본 논문에서는 감마분포에서의 모수(parameter)를 해석적 방법으로 구한다. 그리고 해석적 방법의 검증에 위해 평균과 표준편차, 모수를 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

Abstract The handoff area is the region where a call can be handled by two base stations in any of the adjacent cells, and duration time is defined as the time a mobile station resides in the handoff area. It is proven that handoff duration time follows gamma distribution from simulation results[7]. So in this paper, parameters(shape and scale) in gamma distribution are derived by analytic method. And mean, standard deviation, and parameters are compared with simulation results for verification of analytic method.

Key Words : 핸드오프, 핸드오프 영역, 적합도 검정, 최우추정량

1. 서 론

이동통신 시스템에서의 전체 서비스 영역은 무선 자원의 효율적인 사용을 위해 셀(cell)이라는 작은 영역으로 분할되고, 각 셀 영역에 있는 가입자는 기지국(BS: Base Station)과의 무선채널을 이용하여 다른 가입자와 호(통화)를 설정한다. 이동가입자와 기지국 사이의 무선채널은 가입자의 이동성(mobility)으로 인해 가입자와 기지국과의 거리가 멀어짐에 따라 통화 품질이 떨어지며, 이 경우 적절한 통화품질을 위해 새로운 통화 채널을 할당해 주어야 한다. 이와 같이 임의의 셀에서 호가 설정된 후 이동가입자와 기지국 사이의 무선채널의 통화품질을 계속 유지시켜 주기 위해 열화된 무선채널을 양호한 무선채널로 교체해주는 과정을 핸드오프(handoff)[1]라 하며, 이는 이동통신 시스템에서 필수적으로 제공해주어야 하는 기능이다.

본 논문에서는 통화중인 이동가입자의 핸드오프 요구 시점(사용 중인 무선채널의 품질이 열화되어 새로운 채널을 요구하는 시점) 부터 성공적으로 핸드오프를 수행할 때(열화된 무선채널을 양호한 채널로 교체할 때)까지

의 시간을 핸드오프 시간(handoff duration time), 또는 "가입자가 핸드오프 영역에 머무르는 시간"으로 정의하고, 이를 분석한다. 기지국의 관점에서 보면, 핸드오프를 요구한 가입자에 대해 핸드오프 시간 내에 새로운 채널을 할당해 주어야 통화의 단절없이 양호한 품질의 통화를 유지시켜 줄 수 있다. 핸드오프 시간에 대한 분석은 이동통신시스템에서의 트래픽 모델링 및 핸드오프 처리시간에 대한 서비스 기준(GoS: Grade of Service) 설정 시 중요한 파라메타로 쓰일 수 있다.

현재까지 여러 문헌에서 핸드오프 시간을 단지 지수분포[2][3], Erlang 분포[4],[5], truncated Gaussian 분포[6]를 따른다고 가정하여 필요한 해석을 수행하였을 뿐이며, 이러한 가정에 대한 검증은 이루어지지 않았다. 최근에는 핸드오프 시간의 분포를 적합도 검정을 통해 감마분포를 따름을 입증하였다[7],[8]. 이러한 관점에서 본 논문에서는 핸드오프 시간에 대한 감마분포 함수의 두 가지 파라메타(웨이프(shape), 스케일(scale) 파라메타)를 해석적인 방법으로 구한다. 이를 검증하기 위해 시뮬레이션과 해석적 방법에서의 핸드오프 시간에 대한 평균과 표준편차를 비교 분석하고, 시뮬레이션 결과를 이용하여 최우추정량(maximum likelihood estimator)으로 구한 파라메타와 해석적 방법으로 구한 값을 비교하며, 끝으로 적합도 검정

¹백석대학교 정보통신학부

*교신저자: 임석구(sklim@bu.ac.kr)

(goodness-of-fit test)을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 핸드오프 시간에 대한 정의와 시뮬레이션 모델을 설명하고, 감마 분포함수의 모수를 최우추정량과 해석적인 방법으로 산출한다. 3장에서는 해석적 방법의 검증을 위해 평균과 표준편차, 모수, 그리고 적합도 검정을 통해 시뮬레이션 결과와 비교하며, 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 핸드오프 시간

2.1 정의

기지국으로부터 무선채널을 할당 받아 통화중이던 가입자는 기지국과의 거리가 멀어짐에 따라 수신 전력은 낮아지고, 수신 전력이 핸드오프 임계값보다 낮아지면 핸드오프를 처리하게 된다. 핸드오프 영역(handoff area)은 이동가입자 수신단에서의 평균 수신전력 레벨이 핸드오프 임계값과 수신기 임계값 사이에 있는 영역으로서 정의된다. 셀의 형태가 그림 1에서와 같이 반지름이 R 인 원이라고 가정하고, 가입자가 이전 기지국 영역(B)에서 새로운 기지국 영역(A)으로 이동할 때 기지국에서의 전파 특성상 이전 기지국과 새로운 기지국 영역간에 겹치는 영역을 핸드오프 영역이라고 볼 수 있다.

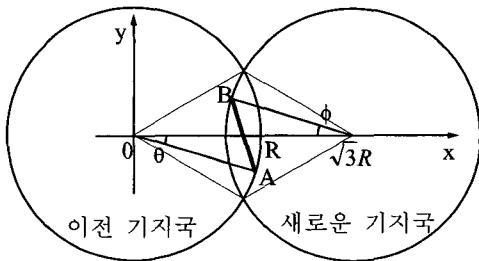


그림 1. 핸드오프 영역

이전 기지국에서의 무선채널을 이용하여 통화중이던 이동가입자는 B지점(수신 전력이 핸드오프 임계값에 도달하는 지점)에서 새로운 기지국에게 새로운 통화 채널을 요구하며, 이러한 핸드오프 호에 대해 새로운 기지국은 가입자가 A지점(수신 전력이 수신기 임계값에 도달하는 지점)에 이르기 전까지 통화 채널을 할당해 주어야 한다. 핸드오프 요구 시 새로운 기지국내에 사용 가능한 채널이 없을 경우 핸드오프 호를 큐(queue)에 대기시키는 알고리즘을 적용할 때, 큐에 대기 중인 핸드오프 호는 핸드오프 영역을 벗어나기 이전에 새로운 기지국 내에서

통화중인 호가 완료되어서 새로운 무선채널을 할당받아 성공적으로 핸드오프 되는 경우나 또는 수신 전력이 수신기 임계값보다 낮아질 때까지 새로운 무선채널이 할당되지 않아서 시스템에서 강제로 종료되는 경우가 있다. 이와 같이 이동가입자가 B에서 A까지 이동하는데 소요되는 시간, 즉 핸드오프 영역에 머무르는 시간을 핸드오프 시간으로 정의한다.

2.2 시뮬레이션 모델

시뮬레이션을 이용하여 핸드오프 시간을 분석하기 위해 그림 1에서 가입자가 핸드오프 영역을 이동한 거리는 B(출발점)에서 A(종점)까지이며, 여기서 B와 A의 좌표값은 각각 ϕ 와 θ 에 의해 결정된다. ϕ 와 θ 는 서로 독립인 확률변수이며 모두 $-\pi/6$ 부터 $\pi/6$ 까지의 값을 갖는 일양분포(uniform 분포)를 따른다. 이전 기지국이 위치한 지점을 좌표 값 (0,0)이라고 할 때 A와 B의 좌표 값과 A, B 사이의 이동거리를 θ 와 ϕ 에 대해 나타내면 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} A &= R(\cos\theta, \sin\theta), \quad (-\pi/6 \leq \theta \leq \pi/6) \\ B &= R(\sqrt{3} - \cos\phi, \sin\phi), \quad (-\pi/6 \leq \phi \leq \pi/6) \\ Y &= AB \\ &= R\sqrt{(\cos\theta + \cos\phi - \sqrt{3})^2 + (\sin\theta - \sin\phi)^2} \\ &\quad (0 \leq Y \leq R) \end{aligned} \tag{1}$$

또한, 가입자의 이동속도 V 는 최저속도 V_{\min} , 최고속도 V_{\max} 이고, 평균속도가 $(V_{\min} + V_{\max})/2$ 인 일양분포를 가정하며, 이로부터 핸드오프 시간은 $T_d = Y/V$ 와 같이 구할 수 있다.

위와 같은 가정 하에서 시뮬레이션 데이터를 분석한 결과, 핸드오프 시간에 대한 확률분포는 감마분포와 유사함을 알 수 있었다[8].

감마분포는 주로 고객 서비스 시간, 기계 수리시간, 그리고 장비의 수명 등과 같이 어떠한 사건의 종료시점까지의 시간 분석에 많이 이용되며, 분포함수는 웨이프(shape) 파라메타 α 와 스케일(scale) 파라메타 β 에 의해 결정된다. 일반적으로 웨이프 파라메타는 확률밀도함수(pdf: probability density function)에서의 특정한 형태(shape)를 결정해주고 스케일 파라메타는 단지 확률변수의 단위(시간의 경우 분, 초 등)를 나타내며, 동일한 단위의 경우 스케일 파라메타 값이 증가함에 따라 pdf는 더욱 평평한 모습을 갖는다.

2.3 최우추정량

시뮬레이션 결과를 이용하여 가정된 분포의 모수를 추정하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 논문에서는 최우 추정량(Maximum Likelihood Estimator)을 사용한다.

셀의 반지름과 이동가입자의 속도분포가 주어진 경우 핸드오프 시간에 대한 n 개의 시뮬레이션 결과로부터 추출된 샘플 데이터 $X_i(i=1, 2, \dots, n)$ 의 평균(expectation)과 표준편차(standard deviation)는 식 (2)와 같다.

$$\bar{X}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

$$SD(n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [X_i - \bar{X}(n)]^2}{n-1}}$$

감마분포의 경우 shape 파라메타 α 에 대한 최우추정량 $\hat{\alpha}$ 는 식 (3)과 같이 수치해석을 통해 유도한다[9][10]. 식 (3)에서 $\Gamma'(\hat{\alpha})$ 는 감마함수의 1차 도함수를 나타내며, $\Gamma'(\hat{\alpha})/\Gamma(\hat{\alpha})$ 의 계산은 근사식을 이용한다.

$$\ln \frac{\bar{X}(n)}{\hat{\alpha}} + \frac{\Gamma'(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha})} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln X_i}{n} \quad (3)$$

여기서

$$\frac{\Gamma'(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha})} \approx \int_0^\infty e^{-x} \ln x dx + \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{\hat{\alpha} + k - 1} \right)$$

또한, 스케일 파라메타 β 에 대한 최우추정량 $\hat{\beta}$ 은 샘플 평균으로부터 $\hat{\beta} = \bar{X}(n)/\hat{\alpha}$ 와 같이 구한다.

2.4 해석적 방법

핸드오프 시간에 대한 감마 확률밀도함수의 파라메타를 구하기 위해 그림 1과 같은 핸드오프 영역에서 가입자의 이동거리에 대한 평균과 분산을 이용하고자 한다. 그림 1에서 이동가입자는 임의의 한 점 B에서 A까지 이동하며, 식 (1)을 이용하여 이동거리의 평균과 2차 모멘트를 식 (4)와 같이 표현할 수 있으며, 이 값들은 수치해석적인 방법을 이용하여 산출한다.

$$E[Y] = \int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} R \sqrt{(\cos\theta + \cos\phi - \sqrt{3})^2 + (\sin\theta - \sin\phi)^2} f_{\theta\phi}(\theta, \phi) d\theta d\phi$$

$$E[Y^2] = \int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} R^2 [(\cos\theta + \cos\phi - \sqrt{3})^2 + (\sin\theta - \sin\phi)^2] f_{\theta\phi}(\theta, \phi) d\theta d\phi \quad (4)$$

여기서 θ 와 ϕ 의 결합 확률밀도함수(joint pdf)는 식 (5)와 같다.

$$f_{\theta\phi}(\theta, \phi) = f_{\theta}(\theta) f_{\phi}(\phi) = \frac{9}{\pi^2}, \quad (5)$$

$$\left(-\frac{\pi}{6} \leq \theta \leq \frac{\pi}{6}, -\frac{\pi}{6} \leq \phi \leq \frac{\pi}{6} \right)$$

또한, 가입자의 이동속도를 V_{\min} 과 V_{\max} 사이의 일양분포로 가정하였으므로 이동속도 V 의 확률밀도함수(pdf)는 식 (6)과 같고 $1/V$ 와 $1/V^2$ 의 평균은 식 (7)과 같다.

$$f_V(v) = \frac{1}{V_{\max} - V_{\min}}, \quad (V_{\min} < v < V_{\max}) \quad (6)$$

$$E\left[\frac{1}{V}\right] = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{v} f_V(v) dv = \frac{1}{V_{\max} - V_{\min}} \ln\left[\frac{V_{\max}}{V_{\min}}\right] \quad (7)$$

$$E\left[\frac{1}{V^2}\right] = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{v^2} f_V(v) dv = \frac{1}{V_{\max} V_{\min}}$$

가입자의 이동거리와 이동속도를 서로 독립인 확률변수로 가정할 때, 식 (4)와 식 (7)을 이용하여 핸드오프 시간 $T_d = Y/V$ 의 평균과 2차 모멘트의 평균을 구하면 식 (8)과 같다.

$$E[T_d] = E\left[\frac{Y}{V}\right] = E[Y] E\left[\frac{1}{V}\right] \quad (8)$$

$$E[T_d^2] = E\left[\left(\frac{Y}{V}\right)^2\right] = E[Y^2] E\left[\frac{1}{V^2}\right]$$

또한 식 (8)을 이용하여 핸드오프 시간 T_d 의 분산과 표준편차를 구하면 다음과 같다.

$$Var[T_d] = E[T_d^2] - (E[T_d])^2 \quad (9)$$

$$SD[T_d] = \sqrt{Var[T_d]}$$

모수가 α, β 인 감마분포의 경우 평균과 분산은 각각 $\alpha\beta$ 와 $\alpha\beta^2$ 으로 표현되며, 이를 $E[T_d]$ 와 $Var[T_d]$ 로 대입하여 α, β 를 추정한다. 이를 정리하면 식 (10)과 같다.

$$\hat{\alpha} = \frac{(E[T_d])^2}{Var[T_d]}, \quad \hat{\beta} = \frac{Var[T_d]}{E[T_d]} \quad (10)$$

3. 해석적 방법의 검증

3.1 평균과 표준편차

해석적 방법으로 구한 핸드오프 시간의 평균(식 8)과

표준편차(식 (9))를 시뮬레이션 데이터로부터 구한 값(식 (2))과 비교한다. 시뮬레이션은 셀 반지름과 이동가입자의 속도가 주어진 경우 1000번을 수행하였으며, 셀 반지름과 속도별로 서로 다른 시드(seed) 번호를 사용하였다.

그림 2와 그림3은 각각 셀 반지름과 가입자의 평균 이동속도의 변화에 따른 핸드오프 시간의 평균과 표준편차를 나타낸다. 그림 2에서 가입자의 속도는 $V_{min}=30(\text{km/hour})$, $V_{max}=80(\text{km/hour})$ 로 가정하였으며, 그림 3은 셀 반지름이 $R=1(\text{km})$, $V_{min}=20(\text{km/hour})$ 로 가정하고 가입자의 최대속도를 변화시키는 경우를 나타낸다.

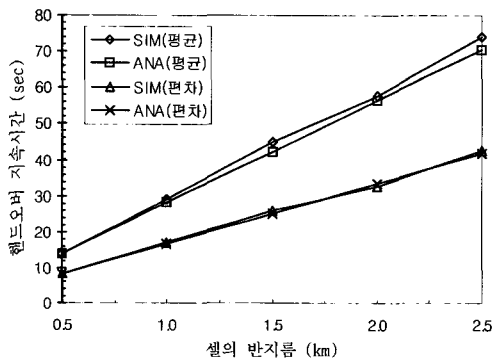


그림 2. 셀 반지름에 대한 핸드오프 시간

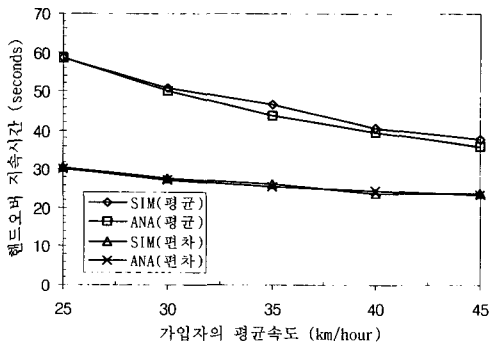


그림 3. 이동속도에 대한 핸드오프 시간

그림 2와 그림 3으로부터 해석적 방법으로 구한 핸드오프 시간의 평균과 표준편차는 시뮬레이션 결과와 매우 일치함을 알 수 있다. 그리고 평균 핸드오프 시간은 셀 크기가 커짐에 따라 증가하고 셀 반지름이 동일한 경우 가입자의 평균 이동속도가 빠를수록 감소한다. 특히, 그림 2에서와 같이 가입자의 속도 분포가 동일한 경우 핸드오프 시간에 대한 평균과 표준편차는 셀 반지름의 증가에 따라 일정한 비율로 증가함을 알 수 있다.

3.2 모수

그림 4와 그림 5는 각각 그림 2와 그림 3과 같은 환경에서 최우추정량과 해석적 방법으로 추정한 감마분포의 모수를 비교한 것이다.

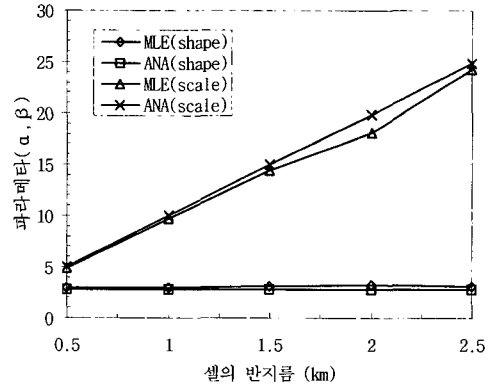


그림 4. 셀 반지름에 대한 감마분포의 모수

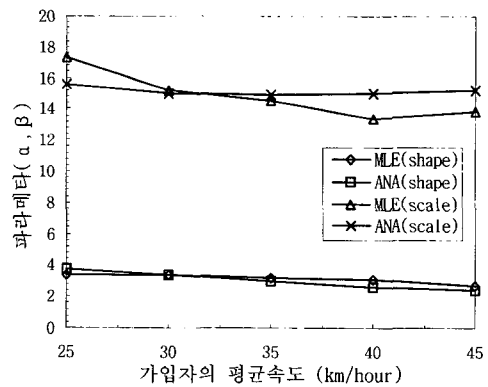


그림 5. 이동속도에 대한 감마분포의 모수

그림 4에서 셀 반지름의 변화에 따라 감마분포의 모수에 대한 최우추정량 추정과 해석적인 방법으로 계산한 값이 매우 일치함을 알 수 있다. 또한 가입자의 속도 분포가 동일한 경우 셀 크기가 변하더라도 감마분포의 형태를 결정해주는 셰이프 파라메타 α 는 일정하며, 이는 그림 2와 식 (10)으로부터 알 수 있듯이 셀 반지름이 커짐에 따라 핸드오프 시간에 대한 평균과 표준편차가 일정한 비율로 증가하기 때문이다.

반면에 동일한 속도 분포 하에서 셀 크기가 증가하면 가입자의 이동거리가 증가하고 따라서 핸드오프 시간에 대해 확률값이 존재하는 확률변수 T_d 의 범위가 증가하므로 감마분포의 척도를 결정하는 스케일 파라메타 β 값이

커진다.

그림 5는 셀 반지름을 1(km)로 가정하고 가입자의 평균속도, 즉 최대속도를 증가시키는 경우 감마분포의 모수를 최우추정량과 해석적으로 구한 값을 보여준다. 그림에서 웨이프 파라메타 α 는 잘 일치하지만, 스케일 파라메타 β 는 차이(최대 약 1.7초)가 있음을 알 수 있다. 그리고 가입자의 최대속도가 증가함에 따라 해석적으로 구한 스케일 파라메타는 거의 일정한 값을 갖지만, 최우추정량으로 추정된 스케일 파라메타 값은 대략적으로 최소 13초에서 최대 17초까지 변화한다.

또한 웨이프 파라메타는 가입자의 평균 이동속도가 증가함에 따라 1에 가까운 값을 가지며, 이 경우 감마분포의 특수한 형태로서 평균이 β 인 지수분포를 따른다고 말할 수 있다.

3.3 적합도 검정

가정된 분포의 타당성을 검증하기 위해 여러 가지 적합도 검정 방법이 있으나 본 논문에서는 K-S(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 이용한다. K-S 검정에서의 검정 통계량은 식 (11)과 같이 정의된다[9].

$$K-S \text{ Test Statistic} = \left(\sqrt{n} + 0.12 + \frac{0.11}{\sqrt{n}} \right) D_n \quad (11)$$

여기서

$$D_n = \max(D_n^+, D_n^-)$$

$$D_n^+ = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\frac{i}{n} - \hat{F}(x_{(i)}) \right],$$

$$D_n^- = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\hat{F}(x_{(i)}) - \frac{i-1}{n} \right] \text{이다.}$$

여기에서 X_i 는 n 개의 시뮬레이션 데이터에 대한 i 번째 순서 통계량(order statistic)을 의미하며, \hat{F} 는 감마분포의 누적분포함수를 나타낸다. 누적분포함수에서의 모수는 해석적 방법을 통해 산출한 값을 이용한다.

검정 통계량 값이 크면 클수록 나쁜 적합도를 나타내고 검정 통계량이 일정한 값, 즉 Type I 에러(유의수준 γ)에서의 임계점(c_γ) 보다 크면 핸드오프 시간이 감마분포라는 가설을 기각한다. 즉, 핸드오프 시간이 감마분포를 따른다고 말할 수 없다.

그림 6과 그림 7은 각각 그림 2와 그림 3과 같은 환경에서 식 (11)로부터 산출한 K-S 검정 통계량과 가설의 기각 여부를 결정하는데 필요한 기각 임계점을 보여준다.

그림에서는 유의수준 γ 가 5%($c_{0.05} = 1.358$)와 1%($c_{0.01} = 1.628$)인 경우를 고려하였다.

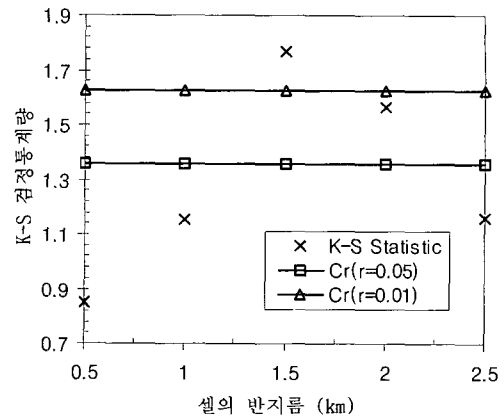


그림 6. 셀 반지름에 대한 K-S 검정 통계량

그림 6에서 K-S 검정 통계량은 셀 반지름이 1.5(km)인 경우를 제외하고는 모두 유의수준 1%에서의 기각 임계점 보다 작은 값을 나타낸다. 따라서 셀 반지름이 1.5(km)를 제외한 나머지 경우에서 핸드오프 시간이 감마분포를 따르지 않는다고 말할 수 없다. 그리고 유의수준 5%의 경우에는 셀 반지름이 1.5(km)와 2(km)일 때 감마분포의 가설이 기각됨을 알 수 있다.

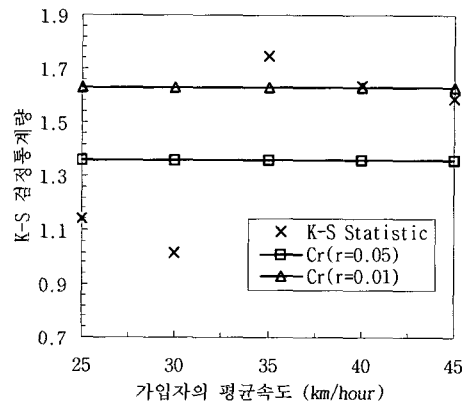


그림 7. 이동속도에 대한 K-S 검정 통계량

그림 7로부터 K-S 검정 통계량은 가입자의 평균 속도가 35(km/hour)와 40(km/hour)인 경우를 제외하고 모두 유의수준 1%에서의 기각 임계점보다 작은 값을 나타낼 수 있다. 마찬가지로 위의 두 가지 경우 외에 핸드오프 시간은 유의수준 1%에서 감마분포를 따르지 않는다고 말할 수 없다. 또한, 5%의 유의수준을 적용할 때는

평균속도가 25(km/hour)와 30(km/hour)인 경우에만 감마 분포의 가설을 기각할 수 없음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 이동통신 환경에서의 트래픽 모델링 및 핸드오프 처리시간에 대한 서비스 기준 설정 시 중요한 요인 중에 하나인 핸드오프 시간을 분석하였다.

시뮬레이션에서 추출된 샘플 데이터를 이용하여 분포를 추정한 결과 핸드오프 시간은 감마분포를 따르며, 감마분포에서의 두 가지 파라미터에 대한 추정치를 해석적 방법으로 산출하였다. 그리고 해석적 방법의 검증에 위해 평균과 표준편차, 모수를 시뮬레이션 결과와 비교하며, 적합도 검정을 수행하였다.

분석 결과, 평균 핸드오프 시간은 셀 크기가 커짐에 따라 증가하고 셀 크기가 동일한 경우 가입자의 이동속도가 빠를수록 감소함을 알 수 있었다. 특히, 가입자의 속도 분포가 동일한 경우 핸드오프 시간에 대한 평균과 표준편차는 셀 크기의 증가에 따라 일정한 비율로 증가하며, 또한 감마분포의 형태를 결정하는 웨이프 파라미터는 셀 크기와 무관하게 결정되고, 가입자의 평균 이동속도가 커짐에 따라 웨이프 파라미터 값이 감소한다.

해석적 방법으로 구한 핸드오프 시간의 평균과 표준편차는 시뮬레이션 결과와 잘 일치하며, 최우추정량과 해석적 방법으로 추정된 감마 분포함수에서의 웨이프 파라미터도 거의 비슷하지만, 가입자의 속도분포에 따른 스케일 파라미터는 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 그리고 해석적 분석을 통해 추정된 파라미터를 이용하여 K-S 적합도 검정을 수행한 결과 대체적으로 해석적으로 구한 파라미터 값이 타당함을 검증하였다.

본 논문에서 제시한 결과는 이동통신망 설계 시 기초 자료로 활용될 수 있으며, 앞으로는 핸드오프 시간에 대한 실제의 상황을 근사화시킨 해석적인 분석을 통하여 제시된 결과와 비교 분석되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] ITU-T, "Public Land Mobile Network Mobile Application Part and Interfaces(Blue Book)," Q.1051-Q.1063, Nov. 14-25, 1988.
 [2] D.Hong and S.S.Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and

Nonprioritized Handoff Procedures," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT-35, No.3, pp.77-92, August 1986.
 [3] R.Guerin, "Channel Occupancy Time Distribution in a Cellular Radio System," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT-35, No.3, pp.89-99, August 1987.
 [4] V. Pla and V. Casares-Giner, "Effect of the handoff area sojourn time distribution on the performance of cellular networks," in Proceedings of IEEE MWCN, Sept. 2002.
 [5] V. Pla and V. Casares-Giner, "Analytical-numerical study of the handoff area sojourn time," in Proceedings of IEEE GLOBECOM, Nov. 2002.
 [6] M. Ruggieri, F. Graziosi, and F. Santucci, "Modeling of the handover dwell time in cellular mobile communications systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 47, no. 2, pp. 489-498, May 1998.
 [7] 임석구, 장희선, 유제훈, 이윤주, "핸드오버 지속시간에 대한 확률분포 추정," 한국경영학회/산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 제1권, pp.4~10, 1995.
 [8] 임석구, "적합도 검정을 통한 핸드오프 시간의 확률분포 추정," 디지털콘텐츠학회논문지, Vol. 8, No. 1, pp.77-84, 2007. 3.
 [9] A.M.Law and W.D.Kelton, "Simulation Modeling and Analysis," McGraw-Hill, 1982.
 [10] V.K.Rohatgi, "An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics," John Wiley & Sons, New York, 1976.

임 석 구(Seog-Ku Lim)

[정회원]



- 1983년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1987년 1월 ~ 1992년 2월 : LG 전자 중앙연구소
- 1992년 2월 ~ 1994년 2월 : 한국전자통신연구원
- 1994년 3월 ~ 2001년 2월 : 주성대학
- 1994년 7월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 초빙연구원
- 2001년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 부교수

<관심분야>

트래픽 엔지니어링, 시뮬레이션, 이동통신시스템 성능분석, BcN