

이동릴레이의 추정기반 스캐닝 방안

이 현 진*, 김 재 현^o

An Estimation-Based Scanning Method of Mobile Relay

Hyun-Jin Lee*, Jae-Hyun Kim^o

요 약

Moving network는 고속의 이동체에 설치된 이동릴레이를 통하여 사용자 단말에게 통신서비스를 제공하는 사용 모델이다. 이동릴레이는 핸드오버 과정에서 타겟 기지국을 선택하기 위하여 주기적으로 인접기지국의 신호세기를 측정하며 이동릴레이에 연결된 사용자 단말은 이동릴레이가 측정을 수행하는 동안 서비스의 단절을 경험할 수 있다. 본 논문에서는 이동릴레이의 측정에 의한 사용자 단말의 서비스 단절을 극복하기 위하여 추정 기반의 스캐닝 방안을 제안한다. 제안하는 방안은 이동 릴레이에 종속된 사용자 단말이 핸드오버를 수행하기 위하여 주기적으로 측정한 인접기지국의 수신신호세기를 이용하여 이동릴레이와 인접기지국간의 수신신호세기를 추정하는 것이다. 성능 분석은 신호세기 추정의 정확도, 채널 정보 교환에 따른 오버헤드에 관하여 수행한다. 성능 분석 결과 추정오차는 추정에 사용된 사용자 단말이 6개 이상일 경우 4dBm이내의 정확도를 보였으며 이동릴레이가 직접 스캐닝을 수행하는 방안과 비교했을 때 전송속도가 8Mbps 이상일 경우 제안하는 방안의 오버헤드가 낮은 것을 알 수 있었다.

Key Words : Mobile Relay, Scanning, Estimation, 이동릴레이, 스캐닝, 추정

ABSTRACT

A moving network is the usage model that provides the mobile stations to the communication service via the mobile relay deployed in the high-speed vehicle. The mobile relay periodically performs the signal strength measurement of the neighbor base stations to select the target base station during the handover procedure. The mobile stations experience the service disruption during the measurement of the mobile relay. In this paper, we propose the estimation based scanning method to overcome the service disruption of the mobile stations connected via the mobile relay. In the proposed method, mobile stations subordinated in the mobile relay periodically measure the signal strength of neighbor base stations in order to perform handover. The measured signal strength is used to estimate the signal strength between the mobile relay and the neighbor base station. We performed simulations in order to evaluate the performance of the proposed method in terms of the estimation accuracy and the overhead due to the exchange of channel information. By the simulation result, The estimation error is less than 4dBm when more than 6 mobile stations are used for the estimation. The overhead caused by the proposed method is less than that caused by the direct measurement of the mobile relay when the data rate is more than 8Mbps.

I. 서 론

이동릴레이(Mobile Relay)는 한정된 시간 동안 복수의 장소에서 사용 가능하며 이동성이 요구되는

※ 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신인프라원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2012-08-911-05-001)

◆ 주저자 : 아주대학교 정보통신대학 무선인터넷 연구실, l33hyun@ajou.ac.kr, 정회원

o 교신저자 : 아주대학교 정보통신대학 무선인터넷 연구실, jkim@ajou.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2011-12-617, 접수일자 : 2011년 12월 16일, 최종논문접수일자 : 2012년 10월 12일

환경에서 사용 가능하기 때문에 향후 망 구성 요소의 일부가 될 것으로 예상된다. 특히 moving network는 IMT(International Mobile Telecommunication)-Advanced의 후보기술인 3GPP(Third Generation Partnership Project)의 LTE(Long Term Evolution)-Advanced와 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)의 IEEE 802.16에서 이동릴레이의 주요 사용모델(Usage model)로 고려하고 있다¹⁻⁴⁾.

Moving network란 기차 또는 버스를 이용하여 움직이는 다수의 사용자들이 이동체에 설치된 이동릴레이를 통하여 통신 서비스를 제공받는 사용모델이다. 이러한 사용모델에서는 이동릴레이에 종속된 사용자 단말(Mobile Station)뿐만 아니라 이동릴레이도 핸드오버를 수행해야한다. 이를 위하여 이동릴레이는 인접기지국(Neighbor Base Station)의 신호 세기를 측정하는 스캐닝 과정을 수행할 필요가 있다. 만약 이동릴레이가 핸드오버를 수행할 타깃기지국(Target Base Station)에 대한 정보와 핸드오버를 수행할 시점을 알고 있을 경우 스캐닝에 대한 필요성이 감소할 수 있다. 그러나 이동 릴레이가 기차 또는 버스에 설치될 경우 통신사업자가 운행 경로 및 시간에 따라 핸드오버 시점과 타깃기지국을 설정하는 것이 어려울 수 있다.

이동릴레이가 스캐닝을 수행하는 동안 이동릴레이를 통하여 서빙기지국과 연결된 모든 사용자 단말은 통신서비스를 제공받지 못하고 서비스의 단절을 경험할 수 있다. 뿐만 아니라 사용자 단말이 할당받은 무선자원을 활용하지 못하기 때문에 망자원의 효율성도 감소할 수 있다. 그림 1은 IEEE 802.16j에서 Non-transparent 프레임 구조로 이동릴레이를 사용할 때 이동릴레이의 스캐닝에 의한 사용자 단말의 서비스 단절 및 망 자원 효율성의 감소 예를 나타내고 있다. 이동릴레이의 스캐닝에 의한 서비스 품질 감소는 이동릴레이의 스캐닝 구간과 사용자 단말의 스캐닝 구간이 겹쳐질 경우 더욱 증가할 수 있다.

이러한 문제를 극복하기 위하여 이동릴레이가 스캐닝 과정 없이 서빙기지국(Serving Base Station)으로부터 전송된 인접기지국 정보만으로 핸드오버를 결정할 경우 타깃기지국 선정의 정확도가 감소하여 통신의 전체적인 품질이 감소할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 인접기지국 측정 정보의 정확도를 유지하면서 이동릴레이의 스캐닝에 의한 서비스의 단절을 극복하기 위하여 종속된 사용자 단말의 측정

정보를 활용한 이동릴레이의 스캐닝 방안을 제안하고자 한다. 제안하는 방안을 이용하여 moving network에서 얻을 수 있는 이득은 다음과 같다.

- 간접적인 측정에 의한 사용자 단말의 서비스 단절 시간을 감소시켜 사용자 단말의 서비스 품질 및 망 효율성을 향상시킬 수 있다.
- 이동릴레이가 서빙기지국과 스캐닝 구간 협상 없이 스캐닝을 수행할 수 있으므로 이동릴레이를 간소화시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 이동릴레이 관련 연구 및 이동릴레이에 적합한 구조 분석은 2장에서 제시한다. 3장은 제안하는 스캐닝 방안에 대하여 제시하며 4장은 제안하는 방안의 성능 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

IEEE 802.16j에서 릴레이는 사용자 단말에게 제공 가능한 서비스에 따라 3가지로 분류하여 정의하고 있다⁵⁾. 표 1은 릴레이의 구조에 따른 제공 가능한 서비스를 나타낸 것이다. Simple RS(Relay Station) 방식은 단순히 사용자 단말의 트래픽을 서빙기지국이 전달하는 역할만 수행하며 자원할당은 서빙기지국에서 관리한다.

Mobile RS 방식은 사용자 단말의 트래픽을 전달하는 것뿐만 아니라 서빙기지국이 수행하는 일부 기능을 릴레이에서 수행할 수 있도록 정의된 방식으로 서빙기지국의 preamble을 복제하여 전송하거나 사용자 단말의 QoS를 제한적으로 제어할 수 있다. 그러나 사용자 단말에게 할당되는 무선 자원과 연결에 필요한 ID정보는 mobile RS의 상위에 위치한 서빙기지국에서 관리한다. 따라서 mobile RS에 연결된 사용자 단말은 서빙기지국을 변경할 경우 사용자 단말과 이동릴레이간의 채널이 변하지 않아도 ID 정보의 갱신을 위하여 mobile RS와 별도로 핸드오버를 수행해야만 한다. 반면 mobile BS 방식은 feed-link만 무선으로 연결된 기지국과 같이 동

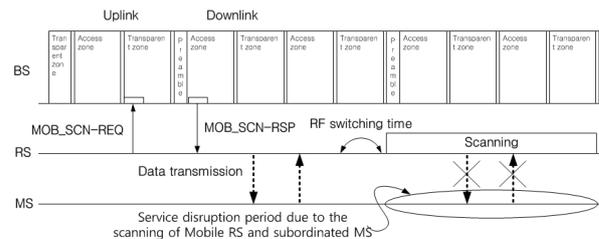


Fig. 1. Example of service disruption of MS due to the scanning of MRS

작하기 때문에 사용자 단말의 무선자원 할당, ID 관리, 보안 등을 이동릴레이가 직접 관리할 수 있다. 또한 이동릴레이에 연결된 사용자 단말은 이동릴레이가 서빙기지국을 변경하더라도 별도의 핸드오버를 수행할 필요가 없다.

이동릴레이의 기본적인 요구조건은 다음과 같다. 첫 번째로 이동릴레이에 연결된 사용자 단말은 서빙기지국의 서비스 반경에 벗어나 preamble이나 자원할당 정보를 획득하지 못할 수 있기 때문에 이동릴레이는 서빙기지국 또는 자신의 preamble과 자원할당 정보를 전달하는 Non-transparent 방식의 프레임 구조로 지원해야 한다. 두 번째로 이동릴레이는 핸드오버를 수행할 수 있어야 할 뿐만 아니라 사용자 단말의 관리를 서빙기지국에서 할 경우 사용자 단말들에게 서빙기지국의 변경과 같은 정보를 전달하여 핸드오버를 지원할 수 있어야 한다. 마지막으로 구조가 최대한 단순하여 개발 비용이 낮아야 한다. 따라서 본 논문에서는 이동릴레이의 구조를 mobile RS 방식으로 가정한다.

Mobile RS 방식에서 이동릴레이가 서빙기지국을 변경될 때 이동릴레이의 핸드오버 수행 완료 후 이동릴레이에 연결된 사용자 단말은 핸드오버를 직접 수행하여 변경된 서빙기지국의 정보와 연결에 필요한 ID 정보를 갱신할 필요가 있다. 이동릴레이와 사용자 단말의 연속된 핸드오버는 서비스 단절 시간이 증가하는 문제가 있다. 이와 같이 이동릴레이의 핸드오버에 의한 문제를 극복하기 위하여 다양한 연구가 수행되었다^{6,7}. [6]에서는 이동릴레이의 핸드오버가 결정되면 사용자 단말의 연결을 서빙기지국으로 변경한 후 이동릴레이의 서빙기지국을 변경하고 마지막으로 사용자 단말을 이동릴레이로 핸드오버를 수행함으로써 연속된 핸드오버에 의한 서비스 단절 시간을 감소시키는 방안이 제안되었다.

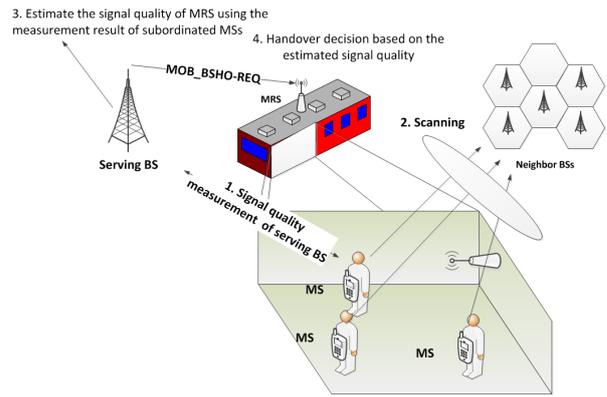


Fig. 2. Procedure of estimation-based scanning

[7]에서는 이동릴레이가 핸드오버를 수행할 때 종속된 사용자 단말의 정보를 이동릴레이가 서빙기지국에 대표로 전달하고 핸드오버 완료 후 변경된 서빙기지국의 정보와 ID 정보를 사용자 단말들에게 전달하는 그룹기반의 핸드오버 방안을 제안하였다.

기존에 연구된 논문들은 주로 이동릴레이의 핸드오버를 주로 다루었다. 그러나 핸드오버를 수행하기 이전에 이동릴레이가 스캐닝을 수행하는 동안 발생할 수 있는 사용자 단말의 서비스 단절 문제에 대한 고려는 부족하다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 [8]에서는 사용자 단말과 이동릴레이의 스캐닝 구간을 동기화시켜 스캐닝 구간의 겹침을 제거시킨다. 또한 측정할 인접기지국을 사용자 단말과 이동릴레이가 나누어 측정하고 서빙기지국에서 측정 정보를 취합하여 스캐닝 시간을 단축시키는 방안을 제안하였다. 이러한 방안에서는 사용자 단말과 이동릴레이의 송수신기의 성능이 다르고 경험하는 채널 특성도 다르기 때문에 사용자 단말이 측정한 정보를 기반으로 추정된 이동릴레이의 신호세기의 정확도를 보장할 수 없다. 또한 사용자 단말과 이동릴레이가 측정할 인접기지국을 할당하는 것도 문제가 될 수 있다.

III. 추정 기반의 이동릴레이 스캐닝 방안

본 장에서는 사용자 단말의 측정 결과를 이용한 이동 릴레이의 스캐닝 방안을 설명한다. 제안하는 방안의 기본적인 절차는 그림 2와 같다.

1. 사용자 단말과 이동릴레이는 주기적으로 서빙기지국의 참조 신호(Reference Signal)의 수신 신호의 세기를 측정하여 자신의 채널 특성 파라미터들(경로 손실 지수, 채널 이득)을 추정한다.

Table 1. Required function according to the relay structure (T: Transparent, N: Non-transparent)

	Simple RS	Mobile RS	Mobile BS
RS naming	Yes	Yes	Yes
Secondary CID	No	No	Yes
Frame structure	T	T/N	T/N
connection management	No	No	Yes
security management	No	No	Yes
QoS control	No	Limited	Yes
Resource management	No	Yes	Yes

2. 사용자 단말은 동일한 시간에 인접기지국의 신호를 측정하고 측정 결과를 자신의 채널 특성 파라미터와 같이 서빙기지국에 전송한다.
3. 서빙기지국은 사용자 단말이 전송한 수신신호 세기 정보와 채널 특성 파라미터를 이용하여 이동릴레이가 경험할 것으로 예상되는 인접기지국의 수신 신호 세기를 추정한다.
4. 서빙기지국은 추정된 수신 신호 세기를 이용하여 이동릴레이의 핸드오버를 결정하고 타깃기지국을 선정하는 과정을 수행한다.

제안하는 스캐닝 방안을 수행하기 위한 구체적인 계산과정은 다음과 같다. 본 논문에서 사용자 단말은 이동릴레이에 종속된 사용자 단말을 의미한다. 사용자 단말과 이동릴레이는 자신의 채널 파라미터를 추정하기 위하여 주기적으로 서빙기지국으로부터의 수신신호세기를 측정한다. 본 논문에서는 측정된 수신 신호의 세기를 식(1)과 같이 가정하였다⁹⁾.

$$h'_m(\tau; r_i) = 10^{[P_{tx} + G_{M,i} - \zeta(r_i) - L(r_i)]/20} \cdot h_m(\tau; r_i) \quad (1)$$

이때, i 는 사용자 단말의 인덱스를 의미하며 r 은 서빙기지국과 사용자 단말 사이의 거리를 의미한다. 따라서 r_i 는 i 번째 사용자 단말과 서빙기지국간의 거리를 의미한다. 본 논문에서는 설명을 간소화하기 위하여 각각의 변수에 사용되는 인덱스는 생략하도록 하겠다. $P_{tx,M}$ 은 서빙기지국에서 전송된 프리앰블의 전송파워이다. G_M 는 서빙기지국 및 사용자 단말의 안테나 이득을 의미하며 $\zeta(r)$ 은 음영효과(shadowing)에 의해 발생한 느린 페이딩(slow fading)요소로 평균이 0인 가우시안 프로세스이며 모두 dB로 나타난다. $L(r_i)$ 는 경로 손실에 의한 감쇄를 의미한다. $h_m(\tau; r_i)$ 는 서빙기지국에서 r_i 만큼 떨어진 위치에서 τ 만큼 다중경로 지연을 겪은 신호의 감쇄량을 의미하며 평균 전력 이득은 unitary라고 가정한다. 즉

$$\varepsilon_{r_i} \left\{ \int |h'_m(\tau; r_i)|^2 d\tau \right\} = 1 \quad (2)$$

이때, $\varepsilon_{r_i} \{ \cdot \}$ 은 r_i 에서의 평균 연산을 의미한다. m 번째 측정에서의 수신 신호 세기는 다음과 같이 주어진다.

$$P_m(r_i) = \int |h'_m(\tau; r_i)|^2 d\tau \quad (3)$$

핸드오버를 결정할 때 이동 단말은 빠른 페이딩

에 의한 효과를 제거하기 위하여 순시 전력이 아닌 평균 전력을 사용한다. 따라서 빠른 페이딩의 요소가 제거되었다고 가정할 경우 수신 신호의 세기는 다음과 같이 정리된다.

$$P(r_i)(dB) = P_{tx,M} + G_{M,i} - \zeta_i(r_i) - L(r_i) \quad (4)$$

이때, $L(r_i)$ 는 single-slope log-distance 모델을 적용할 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L(r_i) = 10\gamma_i \log_{10} \|r_i\|_2 + A_i \quad (5)$$

이때, A 와 γ 는 각각 경로손실 상수 값과 경로손실 익스포넨트이다.

채널 파라미터 추정을 위해 N 개의 수신 신호를 사용한다고 가정한다면 수신신호 행렬은 다음과 같이 주어진다.

$$\mathbf{P}_i = [\mathbf{1}_{N \times 1} \mathbf{r}_i] \cdot [g_i \gamma_i]^T + \mathbf{e}_i \quad (6)$$

이때, \mathbf{P}_i 와 \mathbf{e}_i 는 각각 $[P_j(r_{ij})]_{j=1, \dots, N}$ 이고 $[\zeta_j(r_{ij})]_{j=1, \dots, N}$ 인 벡터이다. g_i 는 $P_{tx,M} + G_{M,i} - A_i$ 이다. $\mathbf{1}_{N \times 1}$ 은 모든 요소가 1로 구성된 $N \times 1$ 벡터이며, $\mathbf{r}_{N \times 1}$ 은 모든 요소가 $-10 \log_{10} \|r_i\|_2$ 로 구성된 $N \times 1$ 벡터이다. 만약 이동단말과 서빙기지국간의 거리 정보를 알 수 있을 경우 $\zeta_j(r_{ij})$ 는 가우시안 분포로 이루어진 임의의 변수이므로 경로손실 익스포넨트(γ_i)와 송신 전력, 안테나 이득, 경로손실 상수의 합(g_i)을 추정하면 사용자 단말의 채널 특성을 예측할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 LSE(Least Square Estimator)에 의한 γ_i 와 g_i 를 추정하며 식(7)과 같이 추정할 수 있다.

$$[\hat{g}_i \hat{\gamma}_i] = \left[[\mathbf{1}_{N \times 1} \mathbf{r}_i]^T [\mathbf{1}_{N \times 1} \mathbf{r}_i] \right]^{-1} \cdot [\mathbf{1}_{N \times 1} \mathbf{r}_i]^T \cdot \mathbf{P}_i \quad (7)$$

사용자 단말은 스캐닝 시간동안 인접기지국의 수신 신호 세기를 측정 후 서빙기지국에 사용자 단말의 추정된 채널 파라미터와 인접기지국의 수신 신호 세기 정보를 전달한다. 서빙기지국은 추정된 사용자 단말의 채널 파라미터를 이용하여 인접기지국에 대한 사용자 단말의 수신 신호 세기 행렬을 생성한다.

$$P = \hat{g} + [-10 \cdot \hat{\gamma} \mathbf{1}_{n \times 1}] \cdot [\mathbf{r}^T \zeta^T]^T + \mathbf{e} \quad (8)$$

이때, $P = [P_{ik}]_{i=1, \dots, n, k=1, \dots, l}$ 이며 P_{ik} 는 k 번째 인접기지국에 대하여 i 번째 사용자 단말이 측정한 수신 신호 세기이다. $\hat{g} = [\hat{g}_i^T]_{i=1, \dots, n}$ 이며 \hat{g}_i 는 모든 요소가 \hat{g}_i 인 $l \times 1$ 벡터이다. $\hat{\gamma}$ 은 i 번째 요소가 $\hat{\gamma}_i$ 인 $n \times 1$ 벡터이다. \mathbf{r} 은 k 번째 요소가 $\log_{10} \|r_k\|_2$ 인 $k \times 1$ 벡터로 log-distance를 의미한다. ζ 는 k 번째 요소가 ζ_k 인 $k \times 1$ 벡터로 k 번째 인접기지국에 대한 느린페이딩을 의미한다. $\mathbf{e} = [e_{ik}]_{i=1, \dots, n, k=1, \dots, l}$ 는 오차 벡터이다. $[\mathbf{r}^T \zeta^T]$ 에 대하여 LSE로 추정하면

$$[\mathbf{r}^T \zeta^T] = \left\{ \begin{bmatrix} 10\hat{\gamma} \mathbf{1}_{n \times 1} \\ \mathbf{1}_{n \times 1} \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 10\hat{\gamma} \mathbf{1}_{n \times 1} \\ \mathbf{1}_{n \times 1} \end{bmatrix} \right\}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} 10\hat{\gamma} \mathbf{1}_{n \times 1} \\ \mathbf{1}_{n \times 1} \end{bmatrix}^T \cdot (P - \hat{g}) \quad (9)$$

이다. 최종으로 k 번째 인접기지국의 추정된 수신

Table 2. Simulation parameters

Simulation Environment		
Number of BS		19 (2-tier)
Coverage		1km
Mobility model	MRS	Fixed direction(200km/h)
	MS	Exponential Correlated Random Mobility model
Pathloss model	BS-MRS	Type-D(macro-cell, suburban model, ART-to-ART)
	BS-MS	Type-J(indoor-to-outdoor)
	MRS-MS	Type-G(indoor office)
Shadowing model	Distribution	Log-normal
	Mean	0dB
	Standard deviation	5dB
Thermal Noise Density		-174dBm/Hz
Multi-path tone		4
Height of BS		32m
Height of MRS		4m
Height of MS		2m
System Parameters		
Bandwidth		10MHz
Frame size		5msec
RF switching time		5msec
Maximum BS transmission power		53dBm
BS transmit antenna gain		14dBi
MS receive antenna gain		12dBi
MRS receive antenna gain		14dBi
Scanning duration		10msec

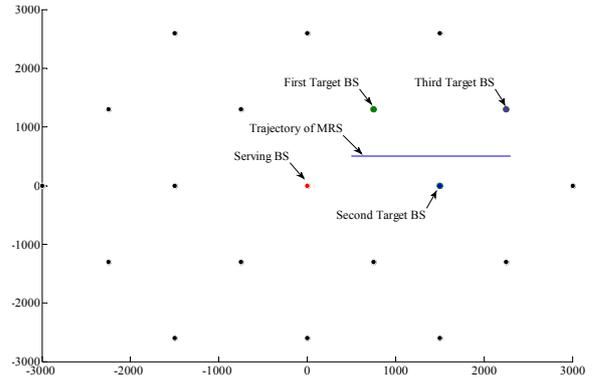


Fig. 3. BS deployment and the movement pattern of MRS (Unit: m)

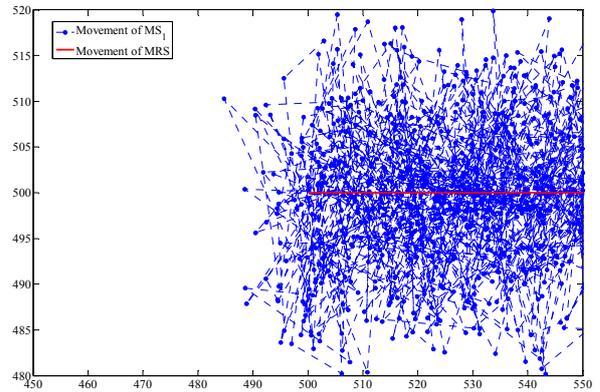


그림 4. Movement patterns for MRN and subordinated MSs (Unit: m)

신호세기는 식(10)과 같이 도출된다.

$$\hat{P}_k = P_{tx} + G_R - A - 10\gamma \log_{10} \|r_k\|_2 + \hat{s}_k \quad (10)$$

이때, P_{tx} 과 G_R 은 각각 인접기지국의 송신신호 세기와 인접기지국 및 이동릴레이의 안테나 이득이다. 본 논문에서는 모든 기지국의 전송 신호세기와 안테나 이득은 동일하며 이동릴레이와 사용자 단말의 안테나 이득만 다르다고 가정한다. γ 는 이동릴레이의 경로손실 익스포넨트 값이다. P_{tx}, G_R 그리고 γ 는 사용자 단말기의 채널 파라미터 추정 방법과 동일한 방법 이동릴레이에서 추정한다. $\log_{10} \|r_k\|_2$ 는 log-distance로 \mathbf{r} 벡터의 k 번째 요소이다. \hat{s}_k 는 이동릴레이의 느린페이딩 요소로 평균이 ζ_k 이고 분산은

$$\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[(P_{ik} - \hat{g}_i + 10\hat{\gamma}_i \cdot \log_{10} \|r_k\|_2 - \zeta_k)^2 \right] \quad (11)$$

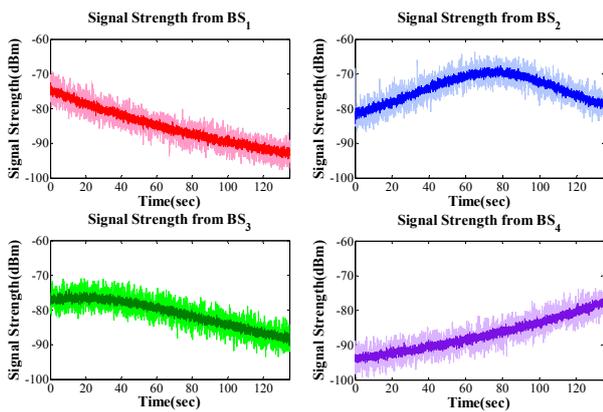


Fig. 5. Measured signal quality by MRS (light color) and estimated signal quality by proposed method (dark color)

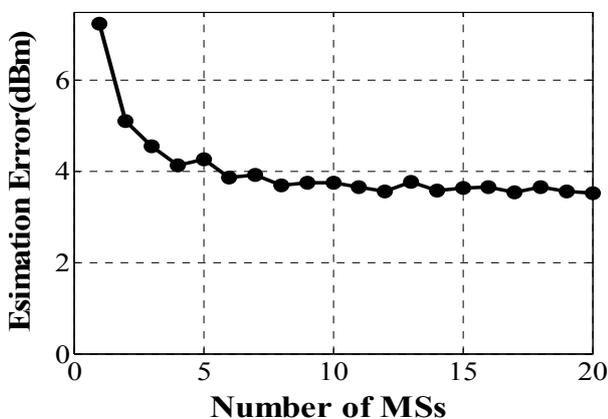


Fig. 6. Estimation error according as the increase of the number of participated MSs

인 가우시안 분포에서 임의로 선택된 값이다. 이동릴레이와 인접기지국간의 수신 신호 세기를 추정 한 서빙기지국은 핸드오버를 결정하고 타깃기지국을 선정할 때 활용한다.

IV. 성능분석

제안하는 스캐닝 기법의 성능을 분석하기 위하여 표 2와 같은 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3은 기지국의 배치를 나타내고 있으며 단위는 m 이다. 기지국은 2-tier로 구성되어 있으며 총 19개이다. 이동릴레이는 기차에 설치되었다고 가정하였으며 일정한 방향으로 고정된 속도로 움직인다. 사용자 단말은 그림 4와 같이 이동릴레이의 40m 반경에서 움직이며 Exponential Correlated Random Mobility model^[10]을 적용하였다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 [11]을 참조하였다. 기지국과 이동릴레이간의 경로손실 모델은 type-D를 가정하였으

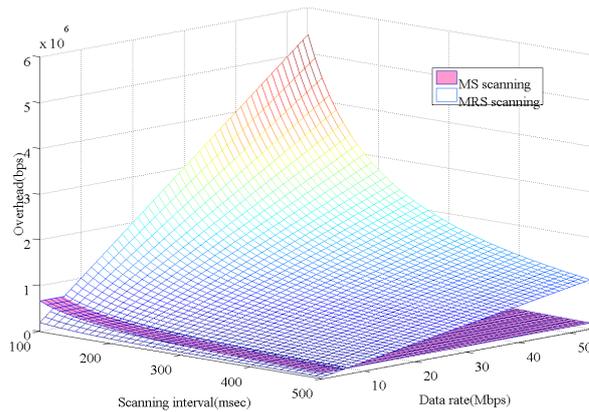


Fig. 7. Scanning overhead according to the scanning interval and data rate

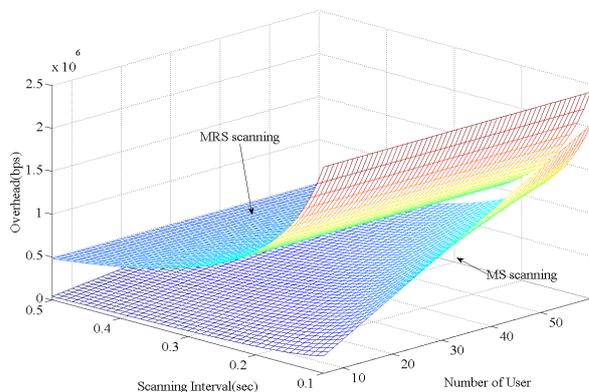


Fig. 8. Scanning overhead according to the scanning interval and the number of MS

며 기지국과 사용자 단말간의 경로손실은 type-D로 계산 후 type-J의 실내-실외 환경에서 추가적으로 발생하는 경로손실을 보상하였다.

그림 5는 이동릴레이가 이동하면서 이동릴레이가 직접 측정된 기지국 별 수신 신호 세기와 제안하는 스캐닝 방법에 따른 이동릴레이의 추정된 기지국 별 수신 신호 세기를 나타내고 있다. 이때, 추정에 사용된 사용자 단말은 10개이고 BS1은 서빙기지국의 수신 신호 세기이며 BS2, BS3, BS4는 각각 이동릴레이의 이동에 의한 첫 번째, 두 번째, 세 번째 타깃기지국의 수신 신호 세기이다. 시뮬레이션 결과 실제 이동릴레이의 수신 신호 세기와 추정된 이동릴레이의 수신 신호 세기가 거의 유사한 패턴을 가지고 변화하는 것을 알 수 있으며 실제 수신 신호 세기에 비해 추정된 수신 신호 세기에서 느린 페이딩에 의한 효과가 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

이동 릴레이의 수신 신호 세기 추정에 사용되는 사용자 단말의 수는 추정의 정확도에 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 추정에 사용된 사용자

단말의 수에 따른 추정의 정확도를 살펴보았다. 그림 6은 사용자 단말의 증가에 따른 추정된 수신 신호 세기의 평균 오차를 나타낸 그림이다. 성능 분석 결과 이동릴레이의 수신 신호 세기를 추정하기 위하여 사용된 사용자 단말의 측정결과가 6개 이상일 때, 추정 오차가 4dBm으로 수렴하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이동릴레이의 수신신호세기를 추정하기 위하여 6개 이상의 사용자 단말을 사용할 경우 추정 오차를 최소화시킬 수 있다.

4dBm의 추정 오차는 핸드오버 성능에 영향을 줄 수 있다. 일반적으로 핸드오버 과정에서 타겟 기지국을 선택하기 위하여 사용되는 신호 세기는 이동 평균과 같은 평균화된 신호 세기를 사용한다. 또한 이러한 추정오차는 대부분 직접 이동릴레이가 측정한 신호 세기의 변화에 의해 야기되는 것이다. 따라서 신호 세기의 필터링과 같이 측정 신호 세기의 변화를 감소시킨 후 추정된 신호 세기와 비교할 경우 추정오차는 더욱 감소할 것으로 기대되며 향후 연구에서 수행하도록 하겠다.

이동릴레이가 직접 스캐닝을 수행하는 경우 통신이 단절된다. 또한 이동릴레이는 릴레이 자원을 고정적으로 할당받기 때문에 릴레이가 할당받은 무선 자원을 서빙기지국에 연결된 다른 사용자 단말도 사용할 수 없다. 따라서 이것은 이동릴레이가 직접 스캐닝을 수행할 경우의 망 측면 오버헤드로 정의할 수 있다. 제안하는 추정기반 스캐닝 방안의 경우 이동릴레이는 스캐닝을 수행하지 않으나 사용자 단말은 스캐닝을 수행한다. 그러나 일부 사용자 단말이 스캐닝을 수행하는 동안 나머지 사용자 단말이 통신을 수행하기 때문에 망 측면의 오버헤드는 발생하지 않는다. 그러나 사용자 단말은 측정한 수신 신호세기와 채널 파라미터 정보를 서빙기지국에 전달해야하기 때문에 메시지 전송에 의한 오버헤드가 발생한다. 따라서 측정 결과를 보고하기 위하여 사용된 모든 제어 메시지의 합이 제안하는 스캐닝 방안을 사용하기 위한 망 측면 오버헤드로 볼 수 있다.

그림 7과 그림 8은 스캐닝 인터벌의 변화, 전송 속도의 변화, 사용자 단말의 변화에 따른 각각의 스캐닝 방안에 따른 망 측면 오버헤드를 도시하고 있다. 이때, 기지국과 이동릴레이 간의 전송 속도는 이동릴레이와 사용자 단말간의 전송속도와 동일하다고 가정하였다.

MRS scanning은 이동릴레이의 직접 스캐닝을 수행하는 것이며 MS scanning은 제안하는 스캐닝

방안을 의미한다. 그림 7에서 사용자 단말은 10개이며 그림 8에서는 전송속도가 30Mbps이다. 그림 7과 그림 8을 통하여 두 방법 모두 스캐닝 간격이 감소할수록 망 측면 오버헤드가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이동릴레이가 직접 스캐닝을 수행하는 경우 동일한 시간동안 스캐닝을 수행하여도 주파수 효율이 증가하여 전송속도가 증가함에 따라 스캐닝 대신 전송할 수 있는 데이터의 양이 증가할 것이다. 즉 이동릴레이가 직접 스캐닝을 수행할 경우 스캐닝을 수행하지 않고 데이터를 전송하는 것과 비교해서 전송속도가 증가할수록 기회비용이 증가한다고 할 수 있다. 반면 제안하는 스캐닝 방안의 경우 이동릴레이가 직접 스캐닝을 수행하지 않기 때문에 전송속도가 증가하여도 오버헤드가 일정한 것을 확인할 수 있다.

성능 분석 결과 망 용량이 8Mbps이상일 경우 제안하는 방안의 망 측면 오버헤드가 낮은 것을 확인할 수 있다. 그러나 종속된 단말의 수가 증가할수록 제안하는 스캐닝 방안은 인접 기지국의 신호 세기 측정 결과를 전달하기 위한 제어 메시지의 양이 증가하고 이는 망 측면 오버헤드의 증가를 야기한다. 만약 종속된 단말의 수가 계속 증가할 경우 제안하는 방안의 망 측면 오버헤드는 이동릴레이가 직접 측정하는 경우의 망 측면 오버헤드를 초과할 것이다. 그러나 추정에 참여하는 사용자 단말의 수를 제한할 경우 망 측면 오버헤드를 제한시킬 수 있을 것이다. 제안하는 스캐닝 방안의 망 측면 오버헤드를 감소시키기 위한 방안은 향후 추가적으로 연구할 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 이동릴레이의 스캐닝에 의한 사용자 단말의 통신단절 문제를 극복하기 위하여 사용자 단말의 스캐닝 정보를 활용한 이동릴레이의 스캐닝 방안을 제안하였다. 성능 분석 결과 제안하는 스캐닝 방안은 추정에 참여하는 사용자 단말이 6개 이상일 경우 4dBm 이하의 추정 오차를 보였다. 또한 망 측면 오버헤드의 경우 8Mbps 이상의 전송속도에서는 이동릴레이가 스캐닝을 직접 수행하는 방안에 비해서 제안하는 스캐닝 방안의 망 측면 오버헤드가 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

References

[1] B. A. Bakaimis, "Power control/allocation solutions for mobile relays for future cellular System," in *Proc. of 3G 2005*, pp. 441-444, London, UK, 7-9 Nov. 2005.

[2] W. Li, C. Zhang, X. Duan, S. Jia, Y. Liu, and L. Zhang, "Performance evaluation and analysis on group mobility of mobile relay for LTE advanced system," in *Proc. of VTC2012-Fall*, Quebec, Canada, 3-6 Sep. 2012

[3] IEEE Std 802.16j-2009, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems - Amendment 1: Multiple Relay Specification*, 12 Jun. 2009.

[4] I. F. Akyildiz, D. M. Gutierrez-Estevez, and E. Chavarria-Reyes, "The evolution to 4G cellular systems: LTE-advanced," *Physical Communications (Elsevier) Journal*, vol. 3, no. 4, pp. 217-244, Dec. 2010.

[5] H. Zhang, et. al, "MMR protocol stack and Definition of RS types," *IEEE C802.16j-07/096r7*, 3 May. 2005.

[6] K. Zhang, G. Shen, J. Liu, and, S. Jin, "Handover of mobile relay station," *IEEE C802.16j-07/147*, 8 Jan. 2007.

[7] Y. Saifullah, et. al, "Relay handover," *IEEE C802.16j-06/190*, 30 Oct. 2006.

[8] H. J. Lee, S. H. Kang and J. H. Kim, "A cooperative scanning mechanism for the mobile relay in the moving network environment," in *Proc. of CCNC 2010*, Las Vegas, NV, USA, 10-13 Jan. 2010, pp. 1004-1008.

[9] Y. Zhang, J. Zhang, D. Dong, X. Nie, G. Liu, and P. Zhang, "A novel spatial autocorrelation model of shadow fading in urban macro environments", in *Proc. of GLOBECOM2008*, pp. 4175-4179, New Orleans, LA, USA, 30 Nov. - 4 Dec. 2008.

[10] X. Hong, M. Gerla, G. Pei, and C.C. Chiang, "A group mobility model for ad hoc wireless networks," In *Proc. on ACM*

MSWiM 1999, pp. 53-60, Seattle, WA, 20 Aug. 1999.

[11] G. Senarath, et. al, "IEEE 802.16j-06/013r3, multi-hop relay system evaluation methodology(channel model and performance metric)," *IEEE 802.16j-06/013r3*, 19 Feb. 2007.

이 현 진 (Hyun-Jin Lee)



2004년 8월 아주대학교 전자공학부 학사
 2004년 9월~현재 아주대학교 전자공학과 석·박사 통합과정
 <관심분야> 무선랜 QoS, 다계층 최적화, L2/L3 핸드오버

김 재 현 (Jae-Hyun Kim)



1991년 2월 한양대학교 전자계산학과 학사
 1993년 2월 한양대학교 전자계산학과 석사
 1996년 8월 한양대학교 전자계산학과 박사
 1996년 1월~1996년 2월 Visiting

Scholar, Communication Research Laboratory, Tokyo, Japan
 1997년 4월~1998년 6월 Post-Doctoral Fellow, Dept. of Electrical Engineering, University of California, Los Angeles
 1998년 11월~2003년 2월 Member of the Technical Staff, Bell Laboratories, Lucent Technologies, Holmdel, NJ
 2003년 3월~현재 아주대학교 정보통신대학 전자공학부, 교수
 <관심분야> 다계층 QoS 최적화, MAC 프로토콜, L2/L3 핸드오버