

모바일 노드의 핸드오버 실패 확률을 고려한 PFMIPv6 기법

김영일[○] 장주욱¹

서강대학교 전자공학과

youngyil81@sogang.ac.kr, jjang@sogang.ac.kr

A PFMIPv6 Scheme Based on Handover Failure Probability for Mobile Nodes.

Young Yil Kim[○] Ju Wook Jang

Department of Electronic Engineering, Sogang University

요 약

본 논문은 2차 최소 자승법을 사용한 모바일 노드의 움직임 예측을 통해 핸드오버 후보군 MAG (Mobile Access Gateway) 를 구하고, 기존의 신호 세기와 Load Status 만을 고려한 [1]과 다르게 핸드오버 실패 확률을 파라미터로 추가한 최적의 MAG 선택 알고리즘을 제안한다. 그 결과로 제안된 기법이 모바일 노드의 방향성과 속도를 핸드오버 시 MAG 선택에 반영할 수 있어, 모바일 노드의 상태가 변하는 가변적인 상황에서도 최적화된 MAG 선택을 함으로서 전체 네트워크 이득이 증가함을 확인하였다.

1. 서 론

기존 PMIPv6 방식의 단점인 패킷 손실을 막기 위해 각 MAG 마다 버퍼를 두고, pMAG (Previous Mobile Access Gateway) 와 nMAG (Next Mobile Access Gateway) 간에 양방향 터널을 형성하여 핸드오버가 일어나는 동안에 pMAG 으로 가는 패킷들을 터널을 통해 nMAG 에 있는 버퍼에 버퍼링하여 핸드오버 시 패킷 손실을 줄일 수 있도록 것이 PFMIPv6 (Fast Proxy Mobile IP version 6) 이다. 그러나 PFMIPv6 역시 자동차가 많이 다니는 도로, 트래픽이 많아지는 실시간 서비스와 같은 경우 핸드오버 지연과 신호 비용이 많이 발생하는 단점이 있다. 따라서 [2]에서는 이를 발전시켜 MAG끼리 사전에 터널을 형성하고, 모바일 노드가 MAG 커버리지 안에 들어오면 터널이 활성화되는 PMIPv6-PT (Proxy Mobile IP version 6-Pre Established Tunnel)를 제안하였다.

본 논문은 2차 최소 자승법을 사용하여 모바일 노드의 움직임을 예측하고 핸드오버 후보군 MAG 를 구한 후에, 핸드오버 시 MAG 을 선택할 때에 신호세기와 Load Status 만을 고려하는 [1]에 속도와 방향성에 의해 달라지는 핸드오버 실패 확률을 파라미터로 추가한 모바일 노드의 MAG 선택기법을 제안한다. 여기서의 네트워크 환경은 [2]에서 제안한 PMIPv6-PT (Proxy Mobile IP version 6-Pre Established

Tunnel) 상황을 가정하여 생각하였다. [2] 에서는 신호비용과 핸드오버 지연 개선에 중점을 두었으나, 본 논문에서는 전체 네트워크 이득 향상을 목표로 하여 성능 개선을 확인하였다.

2. 본 론

우선 2차 최소 자승법을 적용시키기 위해 모바일 노드의 움직임을 수치화된 좌표 값들로 얻어야 하므로, 블록화된 좌표로 MAG 의 위치, LMA 의 위치 등 전체 네트워크 요소들을 나타낸다. 본 논문에서는 Hexagonal ring 셀 모델을 사용하였다.

정해진 Interval 별로 2차 최소 자승법을 사용하여 모바일 노드의 움직임을 관찰하고, 근사하는 곡선을 얻는다. 이러한 2차 다항식 곡선을 좌표 위 곡선으로 나타내고, 이 곡선을 바탕으로 모바일 노드가 붙었던 AP (Access Point) 들을 찾아낸 후에 이 AP 들이 어떤 MAG 내의 커버리지 안에 있는지 찾고, 해당하는 MAG 들을 모두 찾아 서로 터널링 한다.

이렇게 모바일 노드가 지나갈 것으로 예측되는 해당 MAG 들을 얻은 다음, 모바일 노드가 경로를 따라 핸드오버 시에 후보군 MAG 중 핸드오버 할 MAG 을 선택할 때에 Load Status 와 신호 세기만을 고려하는 [1]에 비해 속도와 방향에 따라 달라지는 핸드오버 실패 확률을 고려하여 MAG 을 선택하면 더욱 효율적인 MAG 선택을 할 수 있다. 본 논문에서는 [1] 과 달리 연산량이 적은 SAW 알고리즘을 사용한 최적의 Target MAG 선택

¹ 교신 저자 (Corresponding Author)

알고리즘을 제시한다. 여기서 실패 확률에 대해 언급하면 Mohanty 의 공식을 응용한 k 번째 링에서의 실패

확률 P_f^k 는 [3]에서 밝힌 바 있다.

여기서 핸드오버 실패 확률은 현재 MAG 에서 주변 Target MAG 과 핸드오버가 일어나지 않을 확률이다. 즉 핸드오버를 위한 과정을 수행하는 시간이 핸드오버 신호를 보내는 신호 세기 기반의 L2 triggering 신호가 지속되는 시간보다 길 경우에 실패가 일어나게 된다. 방향성을 포함하여 생각한 실패 확률은 K 번째 링에서 K+1 번째 링으로 전진 예측 실패 확률, K-1 번째 링으로 후진할 예측 실패 확률, 그리고 K번째 링에 있는 다른 셀로 이동할 예측 실패 확률의 합이다. 모바일 노드의 방향성에 대한 각각의 확률 P_k^+, P_k^-, P_k^{stay} 는 [4]에서 밝힌 바 있다. 따라서 각각의 k번째 링의 셀에서의 전진, 후진, K번째 링에 있는 다른 링으로의 핸드오버 실패 확률은 다음과 같다.

$$P_f^k = P_{FMIPv6-PT}^{k+} + P_{FMIPv6-PT}^{k-} + P_{FMIPv6-PT}^{stay} \quad (1)$$

$$P_{FMIPv6-PT}^{k+} = P_k^+ * P_f^k \quad (2)$$

$$P_{FMIPv6-PT}^{k-} = P_k^- * P_f^k \quad (3)$$

$$P_{FMIPv6-PT}^{stay} = P_k^{stay} * P_f^k \quad (4)$$

그리고 MAG 후보군 MAG C_i 들을 세 가지 기준 load, 신호세기, 핸드오버 실패 확률을 matrix D 로 나타낸다.

$$D = C_i(\rho_{i1}, S_{i2}, p_{i3}) \quad for \quad i=1,2,3,...n \quad (5)$$

Load Status 는 가장 작고, 신호세기는 가장 크며, 핸드오버 실패 확률은 가장 작은 MAG를 고르는 것이 바람직하기 때문에 후보군 MAG 의 Factor 들을 다음과 같이 표준화하여 Matrix R 을 얻는다.

$$x_{i1} = \frac{\rho_1^{max} - \rho_{i1}}{\rho_1^{max} - \rho_1^{min}} \quad for \quad i=1,2,3,...n \quad (6)$$

(ρ_1^{max} : 후보군 MAG 들이 가진 ρ 값 중에서 가장 큰 값, ρ_1^{min} : 후보군 MAG 들이 가진 ρ 값 중에서 가장 작은 값),

$$x_{i2} = \frac{S_{i2} - S_2^{min}}{S_2^{max} - S_2^{min}} \quad for \quad i=1,2,3,...n \quad (7)$$

(S_1^{max} : 후보군 MAG 들이 가진 S 값 중에서 가장 큰 값, S_1^{min} : 후보군 MAG 들이 가진 S 값 중에서 가장

작은 값),

$$x_{i3} = \frac{P_{f3}^{max} - P_{fi3}}{P_{f3}^{max} - P_{f3}^{min}}, \quad for \quad i=1,2,3,...n \quad (8)$$

(P_{f1}^{max} : 후보군 MAG 들이 가진 Pf 값 중에서 가장 큰 값, P_{f1}^{min} : 후보군 MAG 들이 가진 S 값 중에서 가장 작은 값)이고, Matrix $R=(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3})$ 를 얻는다. 그리고 weighting factor 를 고려한다.

$$w = (w_\rho, w_s, w_p), (w_\rho + w_s + w_p = 1, w_\rho > w_p > w_s \text{ 로 가정}) \quad (9)$$

이를 고려한 Matrix V를 얻는다.

$$V = [v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}] = [w_\rho x_{i1}, w_s x_{i2}, w_p x_{i3}] \quad (10)$$

그리고 $w_\rho x_{i1} + w_s x_{i2} + w_p x_{i3}$ 값이 가장 큰 MAG 을 후보군 MAG 중에서 선택한다. SAW Method 는 각각의 일정 척도로 계산된 속성에 각각의 중요도 가중치를 곱해 더한 총점이 가장 큰 값을 선택하기 때문이다. 기존 방식보다 정확하게 현재 상황을 고려할 수 있고, 최적의 MAG를 선택할 수 있는 장점이 있다. 이렇게 선택된 MAG 들을 모바일 노드가 이동하는 최적의 경로로 선택하며, MAG 간에 형성된 터널은 모바일 노드가 붙을 때에 활성화 된다

[5]에 나온 식을 변형하면 네트워크 throughput 은 다음과 같다.

$$C = n * \{C_{i,j-Avg}^{MAG} * (1 - \rho_{i,j-Avg}^{MAG})\} \quad (13)$$

(n: 핸드오버 횟수, $C_{i,j-Avg}^{MAG}$: MN 가 핸드오버 하는

MAG 의 평균 Capacity, $\rho_{i,j-Avg}^{MAG}$: MN 가 핸드오버 하는 MAG 의 평균 Load Status)

[5]에 나온 식을 변형하면 네트워크 throughput 은 다음과 같다.

$$C = n * \{C_{i,j-Avg}^{MAG} * (1 - \rho_{i,j-Avg}^{MAG})\} \quad (13)$$

(n: 핸드오버 횟수, $C_{i,j-Avg}^{MAG}$: MN 가 핸드오버 하는

MAG 의 평균 Capacity, $\rho_{i,j-Avg}^{MAG}$: MN 가 핸드오버 하는 MAG 의 평균 Load Status)

	기존 방식[1]	제안 방식
MAG 결정 요소	Load, 신호세기	Load Status, 신호세기, 실패확률
모바일 노드의 속도	미반영	반영
모바일 노드의 방향성	미반영	반영
최적해 찾기 방식	TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	SAW (Simple Additive Weighting)

그림1. 기존 방식[1]과 제안 방식과의 비교.

3. 실험 결과

전체적으로 속도가 증가할수록 전진, 후진, 동일한 링 순으로의 핸드오버 실패 확률이 증가하였다. Weight factor W 는 개선된 기법의 경우 신호세기, 실패 확률, load status 를 0.15: 0.35: 0.5 의 비율로 설정하였으며, 기존 방식의 경우 신호 세기와 load status 를 0.4: 0.6 으로 설정하였다. 기존 [1] 에 비해 평균적으로 약 13.89 % 정도의 네트워크 이득을 볼 수 있었다. 모든 실험은 10 번의 핸드오버, 모바일 노드의 속력은 60 Km/h 로 가정하여 Matlab 을 사용하여 구현하였다.

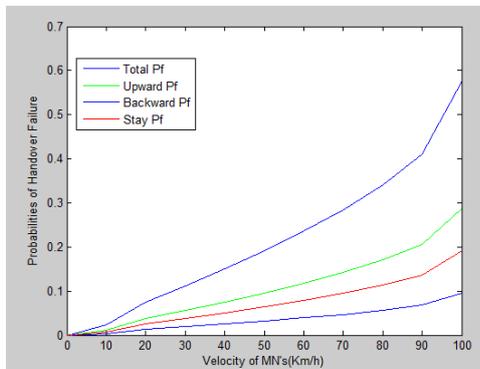


그림2. 속도에 따른 핸드오버 실패 확률

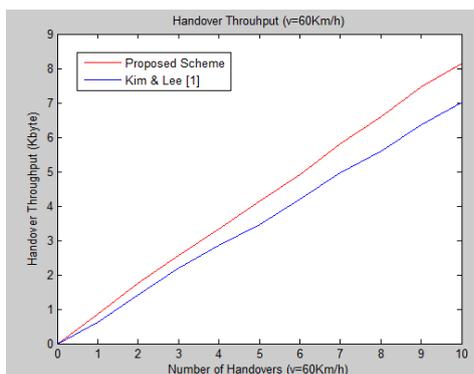


그림3. 핸드오버 횟수에 따른 네트워크 이득

4. 결론 및 토의

기존의 MAG 선택 방식에 모바일 노드의 속도와 방향성에 의해 달라지는 핸드오버 실패 확률을 파라미터로 사용함으로써 핸드오버 시 네트워크 이득이 발생함을 확인할 수 있었다. 덧붙여서 신호 비용과 핸드오버 지연에서도 이득을 볼 수 있을 것으로 보이며, 향후 WiMAX 나 WLAN 과 같은 네트워크 망 특성에 따라 계산된 Bandwidth등을 파라미터로 추가함으로써 보다 발전된 MAG 선택 알고리즘을 구현할 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글 (Acknowledgements)

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MEST) (No. 2012-0005101).

This work was supported by Sogang University Research Grant of 2010 (201010019).

참고문헌

- [1] Kim, M. S. Lee, S. A novel balancing scheme for PMIPv6-based wireless networks. In INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS VOL 64: NUMBER 6, Pages 579-583 (2010)
- [2] SangDae Moon, Mun-Suk Kim, SuKyung Lee, David Cypher, and Nada Golmie. Fast Handover with Low Latency for Proxy MIPv6 in Vehicular Networks. In ICUIMCACM (2011).
- [3] Xiaohuan Yan, Nallasamy, Ahmet Sekercioglu. A Traveling Distance Prediction Based Method to Minimize Unnecessary Handovers from Cellular Networks to WLANs. In LCOMM (2010).
- [4] Seonggeun Ryu, Youngsong Mun. Performance Analysis for FMIPv6 Considering Probability of Predictive Mode Failure. In ICCSA (2009).
- [5] Jie Xu, Yuming Jiang, Andrew Perkis, and Elissar Khlosly. Multi-service Load Balancing in a Heterogeneous Network with Vertical Handover. In 10th Annual Wireless Telecommunications Symposium, New York City, USA, 2011.