

Optimized Handoff Scheme with Fuzzy logic in Heterogeneous Vehicular Mobile Networks

Youngsam Roh[†] · Jongpil Jeong^{††}

ABSTRACT

The development of wireless communication systems has resulted in the availability of several access technologies at any geographic area, such as 3G networks, wireless local area networks (WLANs) and wireless broadband networks. The development of these technologies is provided for users who have experienced mobile network environments which are slow or fast-movement environment and change distance between the AP(Access Point). This paper describes network performance issues in various environmental changes. Also, Fuzzy logic is applied to evaluate the performance in vehicle networks around users' environmental factors to focusing on the minimizing of transfer time and costs. First, WLAN and 3G networks fixed distance between AP, Second, WLAN and 3G networks random distance between APs, finally above two environmental with vehicle Ad hoc networks is analyzed. These V2I and V2V environmental condition are assumed. Results which based on Fuzzy logic suggest an optimal performance in vehicle network environments according to vehicle speed and distance between APs. Proposed algorithm shows 21% and 13% improvement of networks performance in V2I and V2V environment.

Keywords : Fuzzy Logic, Handoff, Mobile Ad hoc Networks, Vehicular Mobile Networks

1. 서 론

최근에 들어 무선 통신 시스템의 광범위한 개발에 의해 한 지역에서 3G네트워크와 WLAN, 무선 광대역 네트워크와 같은 여러 접근 기술을 사용 가능하게 되었다. 이러한 이종의 무선 네트워크 환경에 의해 사용자가 요구하는 다양한 품질의 서비스를 접할 수 있게 되었다. 사용자들은 점차적으로 차량 네트워크에서 차량 정보 및 다양한 어플리케이션에서 차량 사용자에게 의해 동시에 접속되어 질것이고, 단일 무선 접속 네트워크로는 차량의 이러한 모든 어플리케이션의 네트워크 요청에 부응할 수 없다. 이에 따라 차량 통신에 적합하고 넓은 공용 네트워크에 구성될 수 있는 VHN(Vehicular Heterogeneous Networks)의 개발이 중요해지고 있으며, 최근 차량용 네트워크 환경에서는 Ad hoc 통신에 대한 연구가 활발하다[1][2][3]. 서로 다른 무선 접속 기술의 통합에 의해 서비스 가용성의 적용 범위 확대 및 QoS지원, 커버리지 영역과 서비스 비용의 측면에서 좀더 유용해진다[4][5]. 이런 측면에서 본 논문에서 고정된 AP환경과 임의의 간격의 AP로 구성된 V2I(Vehicle to Infrastructure)환경과 차량간 Ad hoc 네트워크가 고려된 V2V(Vehicle to Vehicle)환경에 대해서 평가한다. 차량 네트워크 환경은 일반적으로 AP로 커버되지 않는 영역에서는 3G네트워크로 통신을 한다. 최근의 차량 모바일 환경은 Fig. 1에서 보여준다.



Fig. 1. Vehicular Mobile Network Model

네트워크 환경에서 통신 간섭을 피하고 성능을 극대화하는 측면에서 많은 VHO(Vertical Hand-Off)의사 결정 알고리즘에 대해서는 계속 연구가 진행되고 있다. 이러한, VHO 의사 결정 알고리즘을 V2I환경에서 Ad hoc 네트워크를 결합한 차량용 네트워크에 적용하여 기존보다 최적화된 통신 환경을 보인다. [6][7]에서는 최적의 알고리즘으로 가장 높은 대역폭을 가지는 무선 접속 기술을 선택하였다. [8]은 멀티-오브젝트 최적화 문제를 제기하고 전송될 각각의 데이터 구성요소가 네트워크 접속의 선택을 스스로 찾는 알고리즘을 제안한다. [9][10]에서는 사용자가 각자의 특정한 기본 설정에 따라 최대 10개의 다른 입력 중에서 네트워크를 지원하도록 VHO의사 결정을 한다. 입력 값의 절반은 사용자에게 비용, 보안, 전원, 네트워크 상태 및 네트워크 성능을 포함한 VHO의사 결정의 중요한 매개변수를 나타내는 가중치이다. 나머지 절반의 입력은 VHO결정을 위한 매개변수의 허용 범위를 지정하는 임계값들이다. [11]에 의하면 허용할 수 있는 접속 가능한 네트워크의 첫 번째 특징으로 최소 연결 기준을 만족하는가를 확인하고 그렇지 않으면 MADM(Multi Attribute Decision Making) 알고리즘을 사용한다. 그러면

[†] 정 회 원 : 성균관대학교 정보통신대학원 컴퓨터공학과 석사과정

^{††} 정 회 원 : 성균관대학교 산학협력단 산학협력특성교수

논문접수: 2012년 5월 30일

수정일: 1차 2012년 8월 2일, 2차 2012년 8월 7일

심사완료: 2012년 8월 9일

* Corresponding Author : Youngsam Noh(rohys03@nate.com)

MADM알고리즘은 통신의 비용, 유효 대역폭, 허용 대역, 활용도, 지연, 불안도, 그리고 패킷 손실을 기반으로 허용 네트워크의 순위를 계산하는데 사용된다. [12]는 네트워크 배터리 수명에 대한 최적화에 초점을 둔 VHO결정 알고리즘을 제안하고, 혼잡을 피하여 전체 QoS를 향상시켜 트래픽 로드를 공정하게 분산하는 방법을 제안했다.

지금까지 VHN의 VHO의사 결정 알고리즘에서는 사용자의 이동성 패턴을 의사 결정의 주요 정보로 이용했다. [13]에서 LSS(Location Service Server)를 활용하여 차량의 현재 위치를 보고하고 자신의 주변에 있는 사용 가능한 AP에 대한 정보를 받게 한다. 또한, 유틸리티 함수는 접속 가능한 네트워크의 만족도를 결정해 LSS로 다시 돌려주기 위해 사용되었다. 마지막으로, 최적의 핸드오프 결정은 주기적으로 노드의 이동성 예측을 바탕으로 개별 시간 간격의 시작은 LSS에서 계산되며 사용자에게 다시 보고한다. VHO 신호 트래픽은 기존의 네트워크 접속 또는 [14]와 같은 전용 무선 신호 시스템을 통해 전송할 수 있다. [14]는 VHO 결정의 신호 탐색을 위해 양방향 페이징 시스템의 사용을 제안한다. 네트워크의 모든 영역에 3G 네트워크가 적용되는 것으로 가정하기 때문에 차량의 위치와 이동성관리 기능은 별도의 구축 비용 없이 다른 접속 네트워크를 공유할 수 있도록 전용 신호에 대해 3G시스템을 사용한다. 이를 위해, 3G통신과 WLAN를 사용하여 두 기술이 결합되어 사용된다. 이러한 두 통신 기술의 결합과 해당 기술의 장단점에 대해서는 [15]에서 자세히 설명되고 있다.

본 논문에서는 사용자 이동성과 속도를 고려해 최적화되고 연속성을 가지는 VHO의사 결정 알고리즘을 제안하고, 더 나아가 비용과 전송 시간 측면에서 향상된 결과를 보인다. 차량 네트워크의 특성상 다양한 내외적 환경에 의해 수시로 변하여 예측할 수 없기 때문에 이러한 환경적 요인에 대해 퍼지이론을 적용하여 차량 이동 속도와 차량 밀집도에 따른 시간과 비용을 계산한다. 신호 강도나 AP 거리와 같은 네트워크 환경에 의존적이던 기존의 방법과는 달리, 제안하는 접근 알고리즘은 차량 사용자가 네트워크 환경에 의존적이지 않고 차량의 속도와 밀집도와 같은 내외적 환경에 의해 VHO결정을 수행할 수 있다.

V2I 시스템뿐만 아니라, V2I와 차량간 Ad hoc 통신의 수행이 가능한 시스템에서의 핸드오프 의사 결정을 설명한다. 또한, 차량 통신을 위해 계획된 WLAN환경에서 AP의 위치가 차량 사용자에게 알려진 특정 지역에 있을 때 최적화된 VHO결정 알고리즘을 설명하고 더 나아가 개방형 WLAN의 AP가 무작위로 위치하는 경우에 대해 설명한다. 본 논문은 이동성, 속도와 밀집도 등의 여러 환경요인이 작용하는 차량용 시나리오에 대해 퍼지 로직을 제안하고 이를 시시각각 변화하는 차량 모바일 네트워크 환경의 VHO결정 알고리즘에 적용하여 좀 더 향상된 차량용 네트워크 환경을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 설명하고, 3장에서 다양한 주변 환경을 고려한 차량용 네트워크 환경에서 퍼지 로직을 이용한 최적의 핸드오프 기법을 설명하며 먼저 VHO 알고리즘과 퍼지 로직에 대해 설명하

고 퍼지 로직을 적용한 네트워크 환경의 핸드오프 기법을 제안한다. 차량의 환경 요소, 즉 차량의 밀집도와 차량의 이동 속도에 따른 네트워크 비용과 전송 시간에 대한 성능 평가를 4장에서 제시한다. 5장에서 본 논문의 연구 결과를 설명한다.

2. 관련 연구

2.1 VHO 알고리즘

활성화된 연결을 유지한 채 성능, 가용성 또는 경제성을 이유로 접속되어있는 하나의 네트워크 접속 기술에서 다른 접속 기술로 접속을 유지한 채로 전환하는 것을 VHO라고 한다. VHO는 이러한 단말의 접속 유지성을 기존의 네트워크 환경에서 지원하는 것 외에 새로운 유형의 네트워크, 특히 차량 네트워크 환경에서도 사용이 가능할 수 있도록 한다. VHO의사 결정은 사용자 환경에 따라 성능, QoS, 비용 또는 배터리 효율과 같은 여러 항목간의 효율을 조절해 통신 간섭을 피하고 성능을 극대화하기 위해 유효한 네트워크 기술 중에서 가장 적절한 통신 기술을 선택하는 기법이다. 높은 이동성을 가지는 차량 네트워크의 고유한 특성으로 인해 VHN은 급변하는 네트워크 토폴로지와 환경적 요인에 많은 영향을 받으며 기존의 VHO의사 결정 알고리즘으로는 비효율과 악영향을 가져올 수 있다. 이러한 비효율은 VHO 결정 알고리즘을 설계할 때 차량의 이동성 패턴과 속도 등의 항목에 대해서 고려되지 않았기 때문이다. 빠른 속도로 움직이는 운전자의 이동성 패턴 규칙을 인식해 사용자 네트워크가 짧은 시간에 여러 접속 기술을 사용해 통신하는 것이 좀 더 빠른 네트워크 환경을 경험하게 한다. 따라서 기존의 VHO결정 알고리즘을 사용하는 경우, 넓은 커버리지 네트워크에서 새로이 나타난 커버리지 영역이 다른 VHO 네트워크보다 낮은 우선 순위에 있을 확률이 높다. VHO가 수행되면서 다수의 시그널링 함수가 포함되고 이에 따라 VHO처리 로드와 네트워크에 부하가 가중되기 때문에 불필요한 VHO는 네트워크 성능에 악영향을 미치게 된다. 계속되는 VHO의사 결정을 위한 신호에 의해 과부하가 되면 추가적인 비용과 긴 전송 시간으로 인해 사용자가 새로운 네트워크에 재접속을 할 때 지연이 생기는 원인이 될 수 있다. 차량 네트워크의 특성상 다양한 내외적 환경에 의해 수시로 변하여 예측할 수 없기 때문에 이러한 환경적 요인을 고려하여, 신호 강도나 AP 거리와 같은 네트워크 환경 요인에 의존적이던 기존의 방법과는 다르게 차량 사용자가 네트워크 환경에 의존하지 않고 차량의 내외적 환경에 의해 VHO 결정을 수행할 수 있는 알고리즘을 연구한다.

2.2 퍼지 로직

퍼지 이론은 소형 임베디드 시스템에서 대규모 네트워크에 이르기까지 다양한 시스템에 적용하여 문제를 해결하는 방법론이다. 이 방법론은 하드웨어, 소프트웨어 또는 둘 모두의 조합으로 구현될 수 있다. 퍼지 이론은 애매하고 모호

하거나 부정확하고 입력 정보가 누락되었을 경우에 명확한 결론에 도달할 수 있는 간단한 방법을 제공한다. 퍼지 이론의 접근 방식은 사람이 많이 빠르게 의사 결정을 내릴 수 있는 방법과 유사하다. 퍼지 이론이 작동하기 위해서는 중요한 오류 및 오류 변경률을 판단하는 몇 개의 숫자 매개변수가 요구되지만, 이러한 변수들은 많이 민감한 성과가 필요한 것이 아니면 중요하지 않으며 임의의 값으로 선정할 수 있다.

퍼지 로직 분석과 제어 체계는 [25]에 의해 다음과 같이 정의한다.

1. 분석 또는 제어를 원하는 어떤 시스템에 대한 기존 조건의 다른 평가나 하나 또는 다수의 수치적인 항목을 입력값으로 선정한다.
2. 받은 입력 값을 전통적인 비 퍼지 처리와 함께, 쉬운 자연어로서 표현할 수 있는 인간 기반의 "If-Then" 퍼지 규칙에 따라 처리한다.
3. 모든 개별적인 규칙으로부터 생성된 결과 출력은 평균치와 가중치로 하나의 출력 결정 또는 어떻게 해야 할지를 결정하는 신호 또는 제어 시스템에서 무엇을 해야 하는지에 대해 알려준다. 결국에 결과값은 명확한 값으로 출력된다. 퍼지 논리 제어 및 분석 방법에 대한 다이어그램은 Fig. 2와 같다.

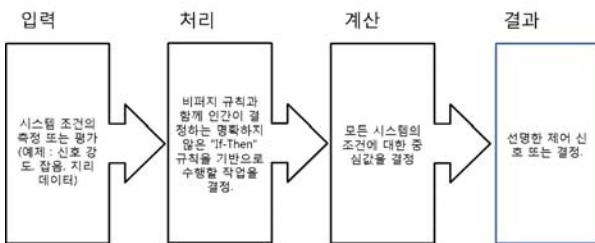


Fig. 2. The Fuzzy Logic Control-Analysis Method

퍼지 이론은 독특한 방식으로 문제에 접근하는 완전히 다른 방법을 제공한다. 이 방법은 시스템이 어떻게 작동하는지 이해하려고 노력하기보다는 무엇을 해야 하는지에 초점을 맞추고 있다. 하나의 문제를 풀기에 집중하기보다는 가능하다면 수학적 시스템 모델을 만들기에 시도한다. 이러한 시도를 통해 대부분의 어플리케이션과 시스템에서 빠르고 저렴한 솔루션을 만들어 낼 수 있다. 퍼지 이론을 사용한 접근 방식은 대부분 시스템에 적용하기가 쉽고 간편하며 일반적으로 만족할 만한 결과를 보인다.

3. VHN환경과 퍼지 로직을 적용한 VHO 알고리즘

차량 네트워크 통신에서의 핸드오프에 영향을 미치는 요소들에 대해서 정의하고 3G환경에서와 3G + WLAN환경, 그리고 WLAN + Ad hoc 통신 환경에서의 통신 비용과 전송 시간을 계산하는 공식에 대해 알아본다. 또한 이에 대한 "If-Then"규칙을 정의하고 규칙을 기반으로 퍼지 공식을 정

의한다. 아래 Table 1은 본 논문에서 사용되는 매개변수에 대한 정의이다.

Table 1. Variables and Their Definitions

매개변수	정의
c_w	WLAN환경에서 bit전송시 소요 비용
c_c	3G환경에서 bit전송시 소요 비용
c_1	3G환경에서의 통신 비용
c_2	WLAN + 3G환경에서의 통신 비용
c_3	WLAN + Ad hoc환경에서의 통신 비용
c_4	WLAN + 3G + Ad hoc환경에서의 통신 비용
r_w	WLAN의 데이터 대역폭
r_c	3G의 데이터 대역폭
W	WLAN AP의 커버리지 범위
A	AP간의 거리
A'	Ad hoc 지연이 원활한 최대 거리
b_t	전송이 필요한 데이터 bits
b_{VHO}	VHO에 필요한 신호 bits
N_w	b_t bits를 전송하는데 필요한 WLAN의 개수
T_w	WLAN + 3G환경에서의 총 전송 시간
T_c	3G 네트워크에서의 총 전송 시간
T_u	AP연결에 사용한 총 소요 시간
T_{w+AH}	WLAN + Ad hoc환경에서의 총 전송 시간
T_{c+w+AH}	WLAN + 3G + Ad hoc환경에서의 총 전송 시간
d_{AH}	Ad hoc통신 지연
ρ	평균 차량 밀집도
v_h	평균 차량 속도
d_{hop}	hop간 평균 지연

3.1 V2I 환경의 통신 비용과 전송 시간의 계산

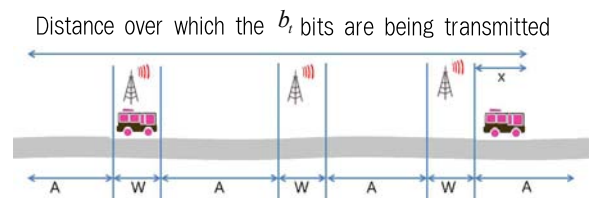


Fig. 3. A vehicular network Model in V2I environment

일반적인 차량 모바일 네트워크 환경인 V2I환경은 Fig. 3과 같이 표현된다. AP의 커버리지 영역 W 에 차량이 속해 있을 경우 차량 네트워크는 AP를 사용한 통신 환경을 설정하고, 이를 벗어나는 위치로 이동하면서 3G네트워크를 사용한 통신 환경을 설정하는 VHO의사 결정을 한다. V2I환경에

서 VHO의사 결정을 할 때의 차량의 속도를 $v(m/s)$ 라고 하면, 3G환경에서의 통신 비용 c_1 과 3G + WLAN 환경에서의 전송 비용 c_2 는 다음과 같다.

$$c_1 = b_i c_c \tag{1}$$

$$c_2 = N_w \left(\frac{W}{v}\right) r_w c_w + (T_w - N_w \left(\frac{W}{v}\right)) r_c c_c \tag{2}$$

N_w 는 모든 데이터 b_i 를 전송하는 동안 차량이 운행하는 영역에서의 AP커버리지 개수이다. V2I환경에서 전송할 데이터의 양인 b_i 를 정의하고 각각의 통신 환경에서 전송할 데이터의 합은 b_i 를 넘을 수 없으므로 다음과 같은 수식에서 N_w 의 최대값을 얻을 수 있다.

$$N_w \frac{W}{v} r_w + (N_w - 1) \frac{A}{v} r_c - 2N_w b_{VHO} \leq b_i \tag{3}$$

그리고, V2I환경에서의 전송 시간 T_c 와 T_w 는 다음의 수식에서 얻을 수 있다.

$$T_c = \frac{b_i}{r_c} \tag{4}$$

$$T_w = [x + N_w W + (N_w - 1)A] / v \tag{5}$$

여기서 x 는 차량이 마지막 AP를 지나고 이동한 거리이다.

3.2 V2V환경에서의 Ad hoc 네트워크 지연에 관한 분석

차량에 GPS수신 장치가 장착되어 있고 차량들이 지리적 위치를 정확히 계산할 수 있다고 가정한다. 또한, 주기적인 신호 메시지가 그들의 위치를 주변에 전달하고 이러한 신호를 기반으로 그들의 위치에 대한 테이블에 계속 갱신하게 된다. 연속된 AP간의 거리가 고정되어 있고 Fig. 3에서 표현되었듯이 거리 $d = A + W$ 로 정의하는 것이 일반적인 시나리오이다. 이 시나리오에서는 최악의 경우로 Ad hoc 통신 지연을 고려해볼 수 있다. 만약에 의사 결정을 계산해보니 기대 지연이 최악의 지연이 될 경우 과도한 지연으로 인해 해당 차량에서의 네트워크 연결 중단을 초래할 수 있게 된다. AP 접근에 있어서 최악의 지연 프로파일은 특정 차량으로부터 모든 AP가 동일한 거리에 있는 경우이다. Ad hoc 통신 지연, $d_{AH(s)}$ 는 차량에서 AP에 데이터를 전달하는데 걸린 시간이고, 이것은 차량 밀집도, $p(veh/km)$, 차량 평균 속도, $v_h(m/s)$, 그리고 도로에서의 홉간 평균 지연, $d_{hop}(s)$, 에 영향을 받는다. 고속도로에서 평균 밀집도 p 를

가질 경우 지수분포는 평균 $1/p$ 를 가지게 된다. 그러므로 d_{AH} 는 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$d_{AH} = (1 - e^{-pr}) \left(\frac{A/2}{r}\right) d_{hop} + e^{-pr} \left(\frac{A/2}{v_h}\right) \tag{6}$$

이 수식에서 $(1 - e^{-pr})$ 은 무선 통신을 통해 패킷을 다른 곳으로 전달할 확률이고, e^{-pr} 은 차량이 다음에 전달해야 할 hop 을 찾지 못했을 경우에 차량 자신에게 패킷을 전송할 확률이다. V2V통신을 통해 패킷을 전달할 경우, $\left(\frac{A/2}{r}\right)$ 은 $A/2$ 와 같은 거리를 데이터 전송률 r 로 나누면 해당 거리를 커버하는데 필요한 hop 의 개수가 된다. 지연 시간은 이 개수에 d_{hop} 을 곱해서 계산된다. 또한, $\left(\frac{A/2}{v_h}\right)$ 는 패킷을 $A/2$ 의 거리에서 운반하는데 발생하는 지연 시간이다. 차량이 위치와 거리 이점뿐 아니라 각각의 거리에 있는 차량의 평균 밀도와 평균 속도를 포함한 디지털 지도를 장비하고 있다고 가정했을 때, 제안하는 V2V환경에서의 VHN 은 의사결정의 주요 요인이 된다. 이러한 디지털 지도는 이미 상용화되어 있다[16].

3.3 V2V 환경의 통신 비용과 전송 시간의 계산

이제 V2V환경, 즉 Ad hoc 통신을 할 때의 통신 비용 c_3 와 전송 시간 T_{w+AH} 에 대해서 정의한다. 계산된 Ad hoc통신 지연이 어플리케이션의 요구 지연에 만족한다고 가정하면, 통신 비용 c_3 는 WLAN + Ad hoc 통신을 사용할 때의 비용이다.

$$c_3 = T_u r_w c_w \tag{7}$$

여기서 T_u 는 AP에 연결하기 위해 사용한 총 소요 시간이다.

$$T_u = (N_w - 1) \left(\frac{W + A}{v} - d_{AH}\right) + \frac{W}{v} + \left(\frac{x}{v} - d_{AH}\right) \tag{8}$$

N_w 는 모든 데이터 b_i 를 전송하는 동안 차량이 운행하는 영역에서의 AP커버리지 개수이다. V2V환경에서의 N_w 는 아래의 수식에서 얻을 수 있는 최대 정수 값이다.

$$\left[(N_w - 1) \left(\frac{W + A}{v} - d_{AH}\right) + \frac{W}{v} \right] r_w \leq b_i \tag{9}$$

d_{AH} 는 최악의 경우를 고려해서 지연값을 정의한다. (8) 을 통해 사용 시간 속도에 따른 T_u 의 최소 바운드를 얻을 수 있다. 또는 $d_{AH} = 0$ 으로 설정하면 최대 바운드 사용 시간도 역시 계산할 수 있다. 또한, WLAN과 Ad hoc 통신 환경에서의 전송 시간 T_{w+AH} 는 사용 시간 T_u 와는 다르게 정의된다.

$$T_{w+AH} = [N_w W + A(N_w - 1) + x] / v + d_{AH} \quad (10)$$

지금까지 3G망, WLAN과 3G통신망, WLAN과 Ad hoc 을 사용한 통신망에 대해서 논의했다. 이제, 이 세가지 접속 기술의 조합 중에서 최고의 데이터 전송 기술을 선택하는 알고리즘을 논의한다. 이 전송 기술은 부분적으로 d_{AH} 가 요구 지연을 만족하지 않을 때 유용하지만, 차량이 가장 경제적인 접속 네트워크 환경을 가지게 한다. 3G통신과 WLAN통신, 그리고 V2V(Ad hoc통신)통신의 3가지 접속 기술이 조합된 환경에서의 최대 원활한 지연을 얻기 위한 방식으로, 최대 유효 지연보다 작은 Ad hoc 지연을 갖는 거리 A' 는 수식(6)을 통해 알 수 있다. 이에 따라, Ad hoc 통신은 시작지점에서부터 $A'/2$ 와 거리 A의 끝에서 $A'/2$ 의 거리까지의 전송을 위해 사용되고 3G통신은 그 외의 남은 A 구간에서 전송을 위해 사용된다. 이것은 WLAN + 3G의 경우보다 VHO의 횡수가 작거나 같아지게 된다. 그러므로 $c_2 < c_1$ 일 경우, WLAN + 3G + Ad hoc (c_4)의 비용 또한 $c_4 < c_2 < c_1$ 이 된다. 이와 마찬가지로 $T_w < T_c$ 이면 3가지 접속 기술이 조합된 환경에서의 전송시간도 $T_{c+w+AH} < T_w < T_c$ 가 된다. 3G통신과 WLAN통신, 그리고 V2V(Ad hoc통신)통신의 3가지 접속 기술이 조합된 환경에서의 성능 평가는 이전 평가를 기반으로 이루어진다. 그러므로, 이전 단락에서 WLAN + 3G통신과 WLAN + Ad hoc 통신 또는 3G통신만 사용하는 환경에서 관련된 비용과 전송 시간에 대해 비교한 논의는 여전히 유효하다.

3.4 퍼지 로직을 이용한 핸드오프 결정 알고리즘

본 논문에서는 차량의 핸드오프 결정 알고리즘으로 퍼지 로직 제어기를 이용하여 차량의 속도와 주변 밀집도에 따라 핸드오프를 결정한다. 차량용 네트워크 환경에서 통신 비용과 전송 시간에 가장 많은 영향을 끼치는 항목이며 동적으로 작동하기 때문이다. 퍼지 집합에서의 원소는 멤버십 함수에 의해 이 집합의 멤버십 수준을 나타낸다. 멤버십 함수는 일반적으로 0과 1사이의 값을 취하며, 다음의 Fig. 4와 Fig. 5는 본 논문에서 사용된 멤버십 함수들의 그래프이다.

차량의 밀집도 항목은 많이 높음, 높음, 보통, 낮음, 많이 낮음의 5개의 항목으로 선정할 수 있으며 일반적으로 차량의 밀집도에 따라 (6)에 의해 d_{AH} 에 영향을 미치게 되는데 일정한 비율로 증가하게 된다(Fig. 11). 이러한 d_{AH} 는 VHO

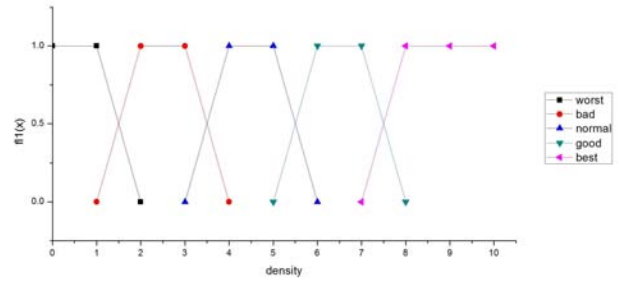


Fig. 4. Membership Function for Density : $f1(x)$

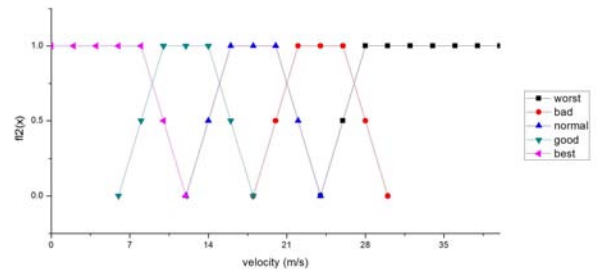


Fig. 5. Membership Function for Velocity : $f1(x)$

에서 V2V환경에서의 전송 시간과 통신 비용에 영향을 미치게 된다. 그러므로 차량의 밀집도에 따른 네트워크 환경의 전송 시간과 비용에 대한 “If-Then”규칙은 Table 2과 같이 정의할 수 있다.

Table 2. If-Then-Rule (AP distance)

If, 밀집도(density)	Then, V2V통신 전송 시간 & 비용 (Trans Time & Cost)
많이 낮음	많이 나쁨
낮음	나쁨
보통	보통
높음	좋음
많이 높음	많이 좋음

차량의 속도는 항목은 동적으로 변하며 이는 많이 빠름, 빠름, 보통, 느림, 많이 느림의 5개의 항목으로 선정할 수 있으며 차량의 속도에 따라 (9)에 의해 N_w 에 영향을 미치게 되는데 그래프는 점진적으로 증가하는 양상을 보인다(Fig. 6). 이러한 N_w 는 V2I환경에서의 전송 시간과 통신 비용에 많은 영향을 미치게 된다. 그러므로 차량의 속도에 따른 네트워크 환경의 전송 시간과 비용에 대한 “If-Then”규칙은 Table 3과 같이 정의할 수 있다.

Table 3. If-Then-Rule (velocity)

If, 차량 속도 (velocity)	Then, V2I통신 전송 시간 & 비용 (Trans Time & Cost)
많이 빠름	많이 나쁨
빠름	많이 나쁨
보통	나쁨
느림	좋음
많이 느림	아주 좋음

위의 멤버십 함수의 구성요소를 조합하면 VHO결정에 대한 퍼지 규칙을 만들어낼 수 있다. 퍼지 규칙에 의해 나온 결과를 기반으로 VHO 결정을 하는 함수는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$fuzzy_handoff_decision = Min[f1(x), f2(x)] \quad (11)$$

위 함수를 기반으로 퍼지 핸드오프 규칙을 정의하면 다음과 같은 퍼지 규칙을 만들게 된다.

마지막으로 퍼지 규칙에 의해 얻어진 비용 및 시간에 대한 향상도를 명확한 실수값으로 변환하여 실제 측정 가능한 값으로 만들어야 하는데 이러한 절차를 비퍼지화라고 한다. 본 논문에서는 비퍼지화 방법으로 무게 중심법(Centroid Method)을 사용한다[25]. 먼저 거리에 따른 통신 환경의 변화에 대한 퍼지 함수는 아래와 같이 정의한다.

$$fuzzy_handoff_density = \frac{\sum D_i \times W_i}{\sum D_i} \quad (12)$$

D_i 는 멤버십 함수 $f1(x)$ 에서 멤버십 수준을 나타내는 출력 값이고, W_i 는 퍼지 추론에 의한 통신비용과 전송 시간의 중심이다. 다음으로 밀집도에 따른 통신 환경의 변화에 대한 퍼지 함수는 아래와 같이 정의한다.

$$fuzzy_handoff_velocity = \frac{\sum V_i \times W_i}{\sum V_i} \quad (13)$$

V_i 는 멤버십 함수 $f2(x)$ 에서 멤버십 수준을 나타내는 출력값이고, W_i 는 퍼지 추론 통신비용과 전송 시간의 중심이다. 위의 퍼지 함수로 얻는 결과값은 시간과 비용의 향상된 정도를 나타낸다. Table 4의 퍼지 규칙을 보면 전송시간과 비용에서 차량의 속도가 빠를 경우는 차량의 밀집도가 낮아도 전송 시간이 나쁨 또는 많이 나쁨으로 표현된다. 반대로, 밀집도가 높더라도 차량의 속도가 느리면 전송 시간과 비용은 좋음을 유지할 수 있다. 이를 기반으로 하면 차량 네트워크의 전송 시간과 비용은 밀집도 보다는 차량의 속도가 더 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다.

Table 4. If-Then-Rule (Density and velocity)

If, 차량 속도 (velocity)	And, 밀집도 (density)	Then, V2I 통신의 Time & Cost	Then, V2V 통신의 Time & Cost	Min [f1(x) , f2(x)]
많이 빠름	많이 낮음	많이 나쁨	많이 나쁨	많이 나쁨
많이 빠름	낮음	많이 나쁨	나쁨	나쁨
많이 빠름	보통	많이 나쁨	보통	보통
많이 빠름	높음	많이 나쁨	좋음	좋음
많이 빠름	많이 높음	많이 나쁨	많이 좋음	많이 좋음
빠름	많이 낮음	많이 나쁨	많이 나쁨	많이 나쁨
빠름	낮음	많이 나쁨	나쁨	나쁨
빠름	보통	많이 나쁨	보통	보통
빠름	높음	많이 나쁨	좋음	좋음
빠름	많이 높음	많이 나쁨	많이 좋음	많이 좋음
보통	많이 낮음	나쁨	많이 나쁨	나쁨
보통	낮음	나쁨	나쁨	나쁨
보통	보통	나쁨	보통	보통
보통	높음	나쁨	좋음	좋음
보통	많이 높음	나쁨	많이 좋음	많이 좋음
느림	많이 낮음	좋음	많이 나쁨	좋음
느림	낮음	좋음	나쁨	좋음
느림	보통	좋음	보통	좋음
느림	높음	좋음	좋음	좋음
느림	많이 높음	좋음	많이 좋음	많이 좋음
많이 느림	많이 낮음	많이 좋음	많이 나쁨	많이 좋음
많이 느림	낮음	많이 좋음	나쁨	많이 좋음
많이 느림	보통	많이 좋음	보통	많이 좋음
많이 느림	높음	많이 좋음	좋음	많이 좋음
많이 느림	많이 높음	많이 좋음	많이 좋음	많이 좋음

4. 성능 평가

4.1 평가 모델 및 매개변수 정의

이번 장에서는 제안한 분산 시스템을 IEEE 802.11a 환경을 기반으로 몇몇 수치를 적절하게 변경한 환경에 대입을 해서 구현하였다. IEEE 802.11a에서는 데이터 속도의 범위가 송신기와 수신기간의 거리에 따라 6Mbps에서 54Mbps까지 지원한다[17]. 또한, WLAN의 매개변수는 [18]에 기반해서 설정한다. 이러한 매개변수의 선택으로 AP간의 거리는 100(m)로 설정하였다. 그리고, VHO에서 요구하는 신호 오버헤드의 값은 [19]에서 가정한 값을 기반으로 결정한다. 3G 시스템으로는 CDMA20001x-EV를 선택하고 [20]에 의해 평균 데이터 속도는 600kbps로 정의한다. 이러한 것들을 참조해 모바일 통신 시스템과 차량 이동성 모델을 위한 평가에 사용된 매개변수들은 최종적으로 Table 5와 같다.

Table 5. Parameters in Performance Evaluation

매개변수	값
W	100 m
A	200 m
Decision-making vehicle's velocity	5~40 m/sec
Average velocity	10~25 m/sec
ρ (Average vehicle density)	2~10 veh/km
r_w	6 Mbps
r_c	0.6 Mbps
b_{VHO}	8.8 Mb
c_w	1 Unit
c_c	4 Unit
r (Transmission range)	100 m
MAC layer	IEEE 802.11 DCF
Simulation time for Ad hoc delays	10000 sec.

3G와 WLAN, 그리고 Ad hoc통신의 3가지 기술이 혼합된 환경에서의 평가를 하기 전에 먼저 각각의 환경과 2가지의 통신 기술이 혼합된 환경에서 VHO가 이루어질 때에 대해서 먼저 평가한다. 먼저 고정된 AP 환경과 랜덤AP환경에서의 VHO 의사 결정 알고리즘에 대해 연구한다. 2가지 환경에서의 전송 시간뿐만 아니라 차량의 이동 속도에 대비한 전송 비용까지 분석한다. 해당 환경에는 3가지 가능한 네트워크가 있다. 먼저 3G 네트워크만 쓰는 통신 환경과 3G와 WLAN이 가능한 환경에서 3G보다는 WLAN에 우선적으로 VHO결정을 하는 통신 환경, 그리고 WLAN과 V2V(Ad hoc 통신)통신을 하는 환경이 있다. 평가 모델에서 WLAN과 3G 통신을 사용할 때는 불규칙적인 AP보다 현실적으로 차량이 연속된 AP간의 평균거리에 대한 사전 지식을 가지고 제안된 알고리즘으로 의사 결정을 하게 된다.

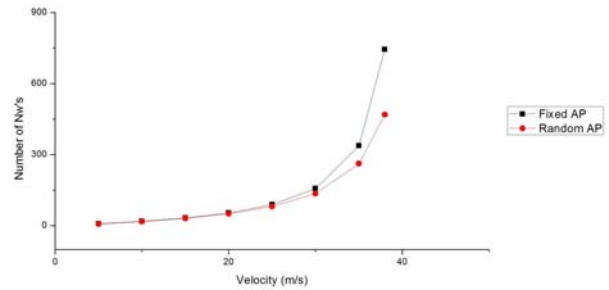


Fig. 6. The required number of NW by Velocity

Fig. 6은 고정된 AP와 무작위 AP환경에서의 차량의 속도에 비례해 $b_t = 1Gb$ 를 전송하기 위해 필요한 VHO의 개수를 보여준다. 차량의 속도가 증가하면서 VHO의 수가 기하급수적으로 증가한다는 것을 Fig. 6에서 확인할 수 있다. 그러므로 고속의 차량에서는 VHO를 수행하는 것이 비효율적이라는 것을 알 수 있다. 위의 결과값은 수식(3)을 통해 고정된 환경의 값을 얻을 수 있고 AP가 출몰하는 거리에 대한 평균값을 추론해 랜덤 환경의 값을 얻을 수 있다

실험에서는 여기서 모든 네트워크 가능한 AP간의 거리는 평균적으로 300m라고 정의한다. Fig. 6에서 보면 VHO의 선택은 차량의 속도가 느릴 경우에 선택 가능하면 일반적으로 WLAN을 선택하였다. 그러나 차량의 속도가 증가하게 되면, VHO 수행횟수가 증가하면서, 차량은 각각의 WLAN의 영역에서는 더 적은 양의 데이터를 전송하는데 더 적은 시간을 소비하게 된다. WLAN과 3G통신이 가능하고 고속의 차량(35m/s이상)의 제한된 상황에는, 더 효율적인 성능을 위해 추가 비용을 갖는 VHO수행을 하지 않고 3G통신에 머무르게 된다. 이러한 VHO전략은 많이 적용되지 않는다. 또한, 차량의 속도와 밀집도가 증가할 경우 그에 따른 비용이 급격하게 증가되므로 유효범위를 차량 속도 최대 35m/s으로 제한하고 차량의 밀집도를 10veh/km로 제한했을 경우 전송 시간과 통신 비용이 퍼지 규칙의 결과 단계별로 20%만큼의 향상도를 보인다고 가정한다.

Fig. 7과 Fig. 8에서는 V2I네트워크 환경에서의 전송 시간과 통신 비용을 나타낸다. 퍼지 함수를 기반으로 한 핸드오프 기법을 사용했을 경우 기존 환경의 비용 대비 21.6%의 향상을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 이는 V2I환경에서 차량의 속도와 밀접한 연관이 있으므로 속도에 대한 퍼지 로직의 영향이 더 크게 반영된 결과이다.

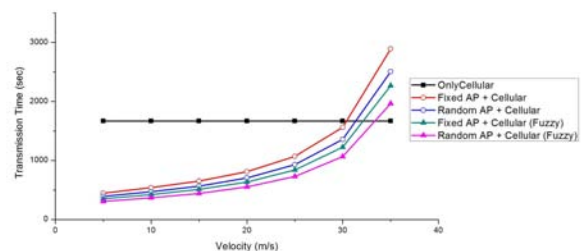


Fig. 7. Transmission time in V2I environment

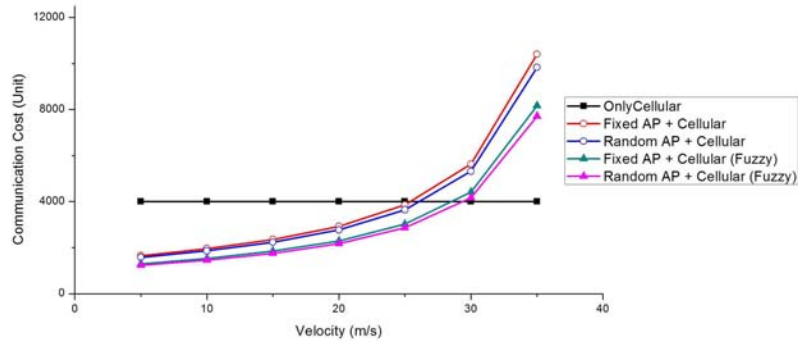


Fig. 8. Communication cost in V2I environment

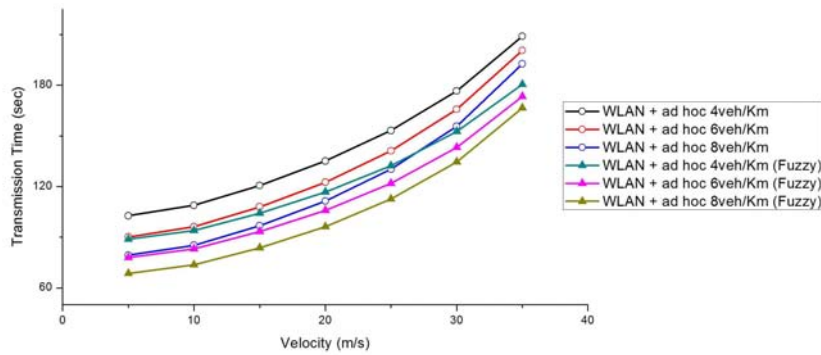


Fig. 9. Transmission time in V2V environment

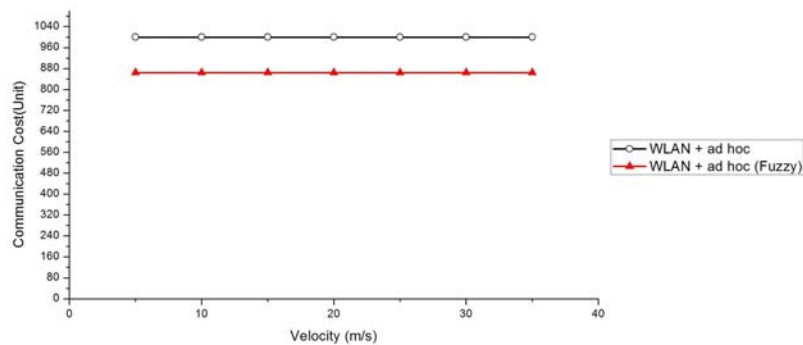


Fig. 10. Communication cost in V2V environment

Fig. 9과 Fig. 10에서는 V2V네트워크 환경에서의 전송 시간과 통신 비용을 나타낸다. 퍼지 함수를 기반으로 한 핸드오프 기법을 사용했을 경우 기존 환경의 비용 대비 13.6%의 향상을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 이는 V2V환경에서 차량의 밀집도와 밀접한 연관이 있으므로 밀집도에 대한 퍼지 로직의 영향이 더 크게 반영된 결과이다.

Fig. 7-10에 분석 결과는 오직 3G통신 환경과 WLAN과 3G통신이 가능한 환경, 그리고 WLAN과 V2V(Ad hoc)통신이 결합된 환경에서의 접근에 대한 비교를 나타낸다. 데이터 전송 시간과 통신 비용의 경우 차량의 속도와 평균 밀집도에 따라 다르게 그려진다. V2I환경에서 낮은 속도로 이동

할 경우 3G와 WLAN이 가능한 환경에서의 성능이 좋게 나타나지만, 속도가 빨라질 경우 WLAN에 대해 고려하지 않는 3G통신만이 가능한 환경이 오히려 일정한 성능을 보이고 있다. 또, V2V환경에서는 차량의 밀집도에 따라 성능이 향상되는 것을 알 수 있다.

전체적으로 보면 WLAN과 Ad hoc 통신 환경이 실질적으로 더 나은 성능을 나타내지만, 많은 어플리케이션에서 이전 단락에서 소개된 Ad hoc 지연에 의해 쾌적한 통신 환경이 아닐 수도 있다. 더 구체적으로 말하면 통신 지연 문제는 멀티홉 통신이 사용되는 먼 거리 환경에서 많은 문제점을 가지고 있다. 이미 여러 연구에서 알려졌듯이 멀티-홉 통신에서

발생되는 Ad hoc 지연(d_{AH})의 의존성에 대해서 알고 있다. [21]에서 확인 할 수 있는 결과를 활용하여 모든 노드에 균등하게 분산된 트래픽 이하의 IEEE 802.11 DCF의 성능은 비포화 상태로 분석된다. 큐잉 이론에 따르면[22] 비포화 네트워크에서 입력되는 트래픽의 평균 도착율은 다음 홉에 성공적으로 전송되는 트래픽의 확률보다 낮다고 말하고 있다. d_{hop} 의 낮은 바운드와 높은 바운드는 큐잉 이론을 통해 얻을 수 있고[22][23], 두 바운드간의 간격은 매우 가까운 것을 알 수 있다. 충돌이 있을 확률 p 의 공식은 다음과 같다.

$$p = 1 - (1 - p_i)^{n-1} \quad (14)$$

여기서 n 은 무선 매체를 위해서 서로 경쟁하고 충돌을 유발할 수 있는 노드의 개수이다. 그리고, p_i 는 네트워크의 패킷 트래픽에 의존적인 시간 단위별 각 노드의 전송 확률이다. 낮은 바운드와 높은 바운드가 매우 밀접하다는 것은 결과적으로 d_{hop} 은 정확도가 높은 것으로 평가할 수 있다. 충돌 확률 p 는 2개의 높은 바운드에서 비포화 상태인 경우 작은 확률로 p 가 고려된다. p 가 0.1보다 작거나 같은 경우 d_{hop} 은 30ms 아래로 유지된다. [21]에서 설명된 바에 따르면 고속도로에서 주어진 평균 차량의 경합 숫자인 n 의 평균 값은 경쟁 차량의 숫자에 따라 결정된다. 계산된 n 을 고려해 (14)에 적용하면, d_{hop} 이 30ms 이하가 되기 위해서는 네트워크에서의 최대 백그라운드 패킷 트래픽은 $p = 0.1$ 이 필요하다는 것을 알 수 있다. 네트워크의 백그라운드 패킷 트래픽이 지속적으로 계산된 값 이하로 유지된다. AP로부터 동일한 거리에 있는 차량은 AP간의 거리 A 가 0m에서 600m까지일 경우 (6)에 의한 실험 및 분석에 의해 거리 A 에 대비한 평균 d_{AH} 를 얻을 수 있다. 이는 Fig. 11에 나타나 있다.

성능분석에서 사용된 매개변수는 Table 2에 제공된다. Ad hoc 네트워크가 허용되는 거리 A' 에 따라 Fig. 11의 그래프를 통해서 주어진 평균 밀집도별로 위의 결과만큼의

d_{AH} 가 요구된다. 명확하게 A' 보다 먼 거리에서 3G통신의 사용은 피할 수 있다.

마지막으로 WLAN + 3G + Ad hoc 환경을 알기 위해서는 Ad hoc 통신을 통한 데이터의 전달이 허용되는 최대 허용 가능한 지연(Maximum tolerable delay)이 필요하다. 멀티미디어 서비스의 다양성으로 인한 사용자들의 다른 멀티미디어 분류는 [24]에서 조사되었다. 그리고, 비교적 많은 수의 멀티미디어 서비스에서의 최대 허용 단 방향 전송 지연은 1초 또는 5초라는 것이 밝혀졌다. 따라서, 양방향에서의 최대 허용 가능한 지연을 2초 또는 10초로 설정했다. 이러한 최대 허용 지연과 차량 평균 밀집도는 Ad hoc 통신에 영향을 미치는 다른 매개변수이다. 그 외의 매개변수들은 이전과 동일하게 두고 차량의 밀집도별로 기존의 환경과 퍼지 로직을 적용한 환경과의 전송시간과 통신 비용을 비교했다.

WLAN + 3G + Ad hoc 환경에서 퍼지 로직을 적용한 최적의 핸드오프는 밀집도에 대한 퍼지 공식 $f1(d)$ 의 결과 X 와 밀집도에 대한 퍼지 공식 $f2(v)$ 의 결과 Y 를 적용하여 Z 로 계산할 수 있다. 여기서 $Z = g(X, Y)$ 는 다음의 수식을 사용하여 구할 수 있다.

$$E[Z] = \sum_i \sum_n g(x_i, y_n) p_{X,Y}(x_i, y_n) \quad (15)$$

그래서, 밀집도와 속도의 적용을 적용하기 위한 Z 의 평균은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} E[Z] &= E[D+V] \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x'+y') f_{X,Y}(x',y') dx' dy' \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x' f_{X,Y}(x',y') dx' dy' + \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} y' f_{X,Y}(x',y') dx' dy' \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} x' f_X(x') dx' + \int_{-\infty}^{\infty} y' f_Y(y') dy' = E[X] + E[Y] \end{aligned} \quad (16)$$

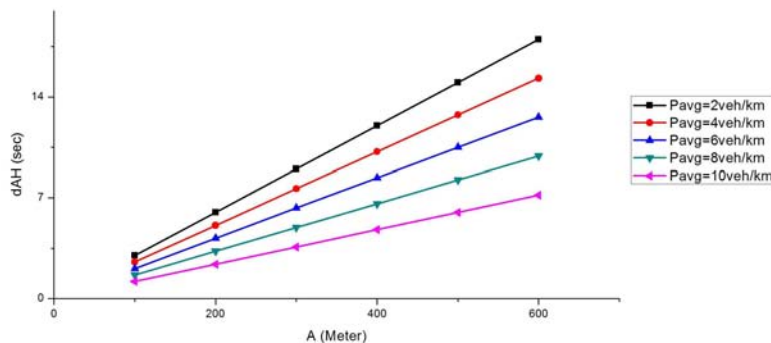


Fig. 11. Ad hoc delay as a function of inter-distance of APs

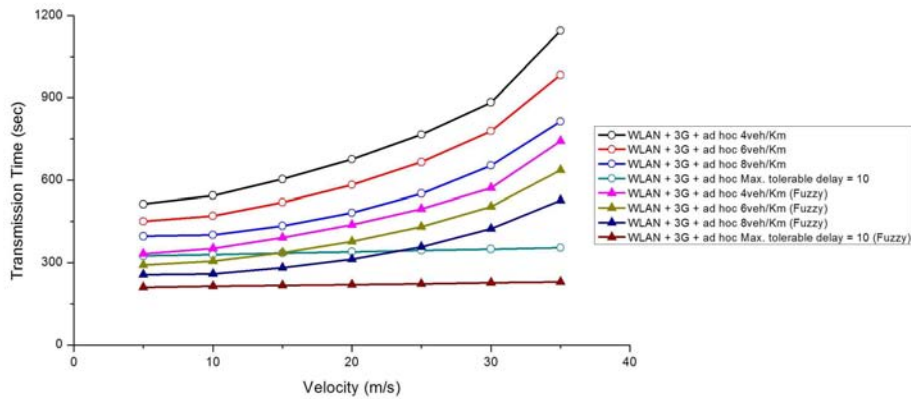


Fig. 12. Transmission time in WLAN plus 3G plus Ad hoc environment

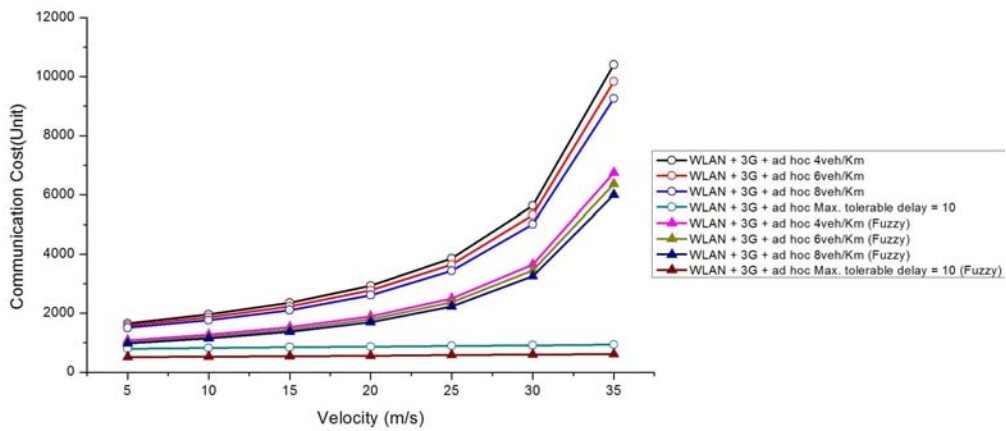


Fig. 13. Communication cost in WLAN plus 3G plus Ad hoc environment

X와 Y는 서로 의존적일 필요가 없으며 밀집도와 속도의 합의 평균은 각각의 평균의 합과 동일하다고 할 수 있다.

차량의 속도에 따른 결과는 Fig. 12과 Fig. 13에서 보여진다. 퍼지 함수를 차용한 핸드오프 기법을 사용했을 경우 기존 환경보다 향상된 결과를 보이는 것을 알 수 있다. 차량 밀집도가 10veh/km 이상에서는 AP간 거리가 평균적으로 300m일 때 최대 Ad hoc 지연이 이전에 측정된 최대 패킷 지연보다 낮게 유지되어 속도에 상관없이 사용자가 쾌적한 네트워크 환경이 유지된다. 이는 WLAN + Ad hoc 환경에서도 같은 결과이다. 이는 평균 밀집도가 10veh/km 이하의 환경에 대해서만 결과를 얻은 이유이다.

5. 결론

지금까지 3G통신은 물론 3G통신과 WLAN이 결합된 환경뿐만 아니라 3G통신과 WLAN에 Ad hoc통신이 결합된 환경에 대한 성능 평가를 다루었다. 무선 통신 시스템의 개발에 의해 한 지역에서 3G 네트워크와 WLAN, 무선 광대역 네트워크와 같은 여러 무선 네트워크 접속 기술들이 사용 가능하게 되었다. 이러한 중첩된 통신 기술환경에서 차량 모

바일 네트워크의 중요한 관심 사항은 차량의 밀집도와 차량 속도와 같은 매시간 변화하는 네트워크 환경에 따른 효과적인 통신 기술을 선택하는 것이다. 다시 말하면, 매우 역동적으로 변하는 차량의 환경 요인에 따라 적절한 VHO의사결정을 하는 것이다.

본 논문의 결과로 이러한 환경적 요인에 퍼지이론을 적용하여 사용자 이동성과 속도를 고려해 최적화되고 연속성을 가지는 VHO의사 결정 알고리즘을 제안하고, 더 나아가 비용과 전송 시간측면에서 사용자가 만족할 알고리즘을 제안했다. 제안된 알고리즘을 이용한 VHO기법을 활용한다면 다양한 환경 변화에 적합한 네트워크 접속 기술에 대해 민첩하게 판단하고 그에 따른 통신 환경을 최적화를 할 수 있다. 퍼지 로직은 시스템이 어떻게 작동하는지 이해하려고 노력하기보다는 무엇을 해야 하는지에 초점을 맞추고 있기 때문에 속도나 밀집도와 같은 환경적 요인을 적용하기에 최적화된 이론으로 매우 쉽게 현실 환경에 적용할 수 있다. 이를 적용한 결과, 통신 시간과 전송 비용적 측면으로 V2I환경에서 21% 정도의 성능 향상이 있었고 V2V환경에서는 13%정도가 향상되는 것으로 나타난다. 연구 결과를 VHN환경의 VHO의사 결정에 적용한다면 의사차량의 이동 속도와 밀집도를 바탕으로

로 보다 향상된 차량용 네트워크 환경을 제안해 줄 것이다.

향후의 연구 계획은 네트워크 시뮬레이터를 통한 시뮬레이션 결과와 수학적 분석을 통한 연구결과와의 정확성을 입증하고, 양방향 서비스와 같은 실시간 응용의 적용에 따른 QoS 요구사항 및 중계 기능 활용에서 발생할 수 있는 문제점 등에 대해 연구하는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Tayal, S, Vaish, Rohtak, Tripathy. M.R, "VANET-Challenges in Selection of Vehicular Mobility Model", *Advanced Computing & Communication Technologies (ACCT)*, pp.231-235, Jan., 2012.
- [2] Dept. of Electr. Eng., Univ. of Washington, Seattle, WA, USA, Roy, S. ; Haobing Wang, "Efficient Data Dissemination in Vehicular Ad hoc Networks", *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, pp.769-779, May, 2012.
- [3] Tomar, Ranjeet Singh, Verma, Shekhar, and Tomar, Geetam Singh, "Suitability of MANET Routing Protocols for Vehicular Ad hoc Networks", *Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, pp.334-338, May, 2012.
- [4] Fernandes, S. , Sch. of Inf. Technol. & Eng., Univ. of Ottawa, Ottawa, ON, Canada , Karmouch, A., "Vertical Mobility Management Architectures in Wireless Networks: A Comprehensive Survey and Future Directions", *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, pp.45-63, First Quarter 2012.
- [5] Weihua Zhuang, "Performance Analysis of Probabilistic Multipath Transmission of Video Streaming Traffic over Multi-Radio Wireless Devices," *Wireless Communications, IEEE Transactions on*, pp.1554-1564, April, 2012.
- [6] Shafiee, K. Attar, A. ; Leung, V.C.M. "Optimal Distributed Vertical Handoff Strategies in Vehicular Heterogeneous Networks", *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, pp.534-544, March, 2011.
- [7] I. S. M. Danzeisen, T. Braun and M. Heissenb" uttel, "On the potential of heterogeneous networks," in *Proc. International Conference on Wired/Wireless Internet Communications (WWIC'06)*, pp.84 - 95, 2006.
- [8] A. Set" amaa-K" arkk" ainen and J. Kurhinen, "Optimal usage of multiple network connections," in *Proc. International Conference on MOBILE Wireless MiddleWARE, Operating Systems, and Applications (MOBILWARE'08)*, pp.22, 2008.
- [9] A. Hasswa, N. Nasser, and H. Hassanein, "Tramcar: A context-aware cross-layer architecture for next generation heterogeneous wireless networks," in *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC'06)*, pp.240 - 245, 2006.
- [10] N. Nasser, A. Hasswa, and H. Hassanein, "Handoffs in fourth generation heterogeneous networks," *IEEE Commun. Mag., Vol.44, No.10*, pp.96 - 103, 2006.
- [11] F. Bari and V. C. M. Leung, "Automated network selection in a heterogeneous wireless network environment," *IEEE Network, Vol.21, No.1*, pp.34 - 40, 2007.
- [12] S. Lee, K. Sriram, K. Kim, Y. H. Kim, and N. Golmie, "Vertical handoff decision algorithms for providing optimized performance in heterogeneous wireless networks," *IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.58, No.2*, pp.865 - 881, 2009.
- [13] J. Zhang, H. Chan, and V. Leung, "A location-based vertical handoff decision algorithm for heterogeneous mobile networks," in *Proc. IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'06)*, pp.1 - 5, 2006.
- [14] M. Inoue, K. Mahmud, H. Murakami, and M. Hasegawa, "Mirai: a solution to seamless access in heterogeneous wireless networks," in *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC'03)*, pp.1033 - 1037, 2003.
- [15] R. Beaubrun, "Integration of heterogeneous wireless access networks," in *Heterogeneous Wireless Access Networks*, E. Hossain, Ed. Springer, 2008.
- [16] Gb traffic volumes. [Online]. Available: <http://www.mapmechanics.com/>, 2005.
- [17] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, *IEEE Std. 802.11*, 1997.
- [18] A. Majlesi and B. Khalaj, "An adaptive fuzzy logic based handoff algorithm for hybrid networks," in *Proc. International Conference on Signal Processing*, pp.1223 - 1228, 2002.
- [19] L.-D. Chou, J.-M. Chen, H.-S. Kao, S.-F. Wu, and W. Lai, "Seamless streaming media for heterogeneous mobile networks," *Mobile Networks and Applications, Vol.11, No.6*, pp.873 - 887, 2006.
- [20] CDMA2000 wireless ip network standard: Packet data mobility and resource management, *3GPP2 Std. 3GPP2 X.S0011-003-C v1.0*, 2003.
- [21] H. Zhai, X. Chen, and Y. Fang, "How well can the ieee 802.11 wireless lan support quality of service?" *IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol.4, No.6*, pp.3084 - 3094, 2005.
- [22] X. Chao, M. Miyazawa, and M. Pinedo, *Queueing Networks*. Wiley, 1999.
- [23] L. Kleinrock, *Queueing Systems, vol. II*. New York: Wiley, 1975.
- [24] End-User Multimedia QoS Categories, *ITU-T Std. G.1010*, 2001.
- [25] Simak, B., Bestak, R., Kozowska, E., "Optimization of Handover Mechanism in 802.16e using Fuzzy Logic", in *IFIP International Federation for information Processing, Vol.245, Personal Wireless Communications, eds.*, pp.115 - 122, 2007.



노 영 삼

e-mail : rohys03@nate.com
2006년 대전대학교 컴퓨터공학(학사)
2011년~현 재 성균관대학교 정보통신
대학원 컴퓨터공학과 석사과정
관심분야: 모바일 네트워크, 데이터 베이스,
분산 컴퓨팅, IT융합 등



정 종 필

e-mail : jpjeong@skku.edu
2008년 성균관대학교 정보통신대학
(공학박사)
2009년 성균관대학교 컨버전스연구소
연구교수
2010년~현 재 성균관대학교 산학협력단
산학협력중점교수

관심분야: 모바일 컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크,
스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT 융합, 인터랙션
사이언스 등

이종의 차량 모바일 네트워크에서 퍼지 로직을 이용한 최적의 핸드오프 기법

노 영 삼* · 정 종 필**

요 약

무선 통신 시스템의 개발에 의해 한 지역에서 3G 네트워크와 WLAN, 무선 광대역 네트워크와 같은 여러 무선 네트워크 접속 기술들이 사용 가능하게 되었다. 이러한 기술의 발달로 사용자는 저속 또는 고속으로 이동하는 환경과 AP(Access Point)간 거리 변화에 따른 다양한 환경에서 차량용 모바일 네트워크 환경을 경험하고 있다. 본 논문에서는 다양한 환경 변화에 따른 네트워크 성능 문제를 다루고 있다. 전송 시간이나 전송 비용을 최소화하는데 중점을 두고, 퍼지 로직을 적용해 주변환경 요소에 따른 성능 평가를 한다. 먼저 WLAN과 고정 거리간 AP를 가지는 3G 네트워크로 구성된 환경과 WLAN과 무작위 거리에 있는 AP(Access Points)를 가지는 3G 네트워크로 구성된 환경, 그리고 위 두 환경에서 차량용 Ad hoc 네트워크를 사용한 환경에서의 성능을 분석한다. 이는 V2I(Vehicle to Infrastructure) / V2V(Vehicle to Vehicle) 환경을 가정한다. 퍼지 로직을 적용한 연구 결과를 바탕으로 차량의 이동 속도와 APs간의 거리에 따른 차량용 네트워크의 최적화 방향이 되는 환경을 제안한다. 제안된 알고리즘을 적용하였을 경우, V2I와 V2V환경에서 네트워크 성능은 각각 21%/ 13%가 향상되는 결과를 보였다.

키워드 : 퍼지 로직, 핸드오프, 모바일 애드혹 네트워크, 차량 모바일 네트워크