차량 네트워크의 위치 기반 시스템 개발을 위한 기술

오 선 진* 배 인 한**

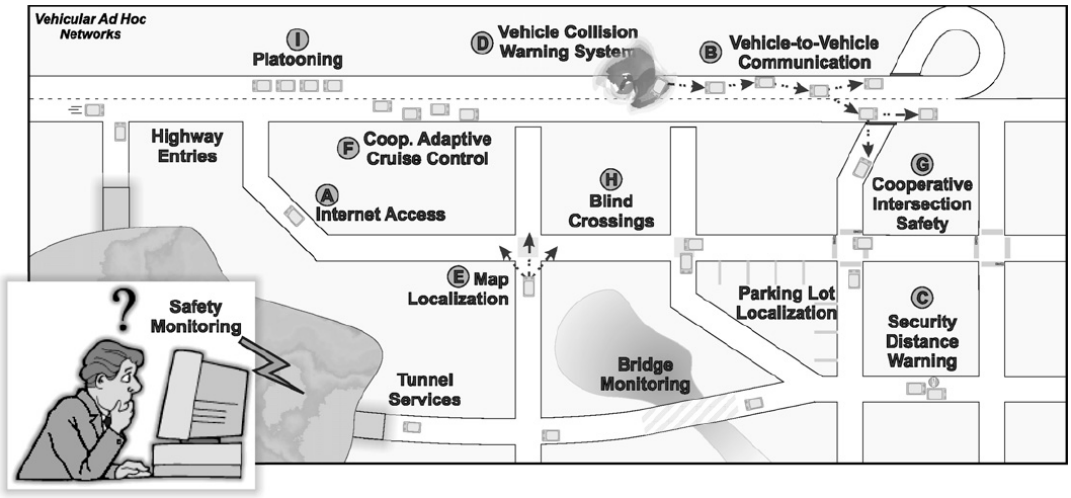
◈ 목 차 ◈

1. 서론
2. 위치 인식 VANets 응용
3. VANets를 위한 위치 기술
4. VANets 위치 시스템에서 데이터 융합
5. 결론

1. 서 론

지능 교통 시스템 (Intelligent Transportation System : ITS)의 많은 관심 있고 바람직한 응용들이 새로운 종류의 애드 혹 망인 자동차 네트워크 (Vehicular Ad Hoc Networks: VANets)의 개발을 자극시켰다. 자동차 네트워크에서는 자동차들이 자동차들 간 통신 (Vehicle-to-Vehicle Communication: V2V)으로 서로 메시지를 교환하고, 또한 도로변 망 인프라 구조 (Vehicle-to-Roadside Communication: V2R)를 통해 메시지를 교환할 수 있는 통신 장비를 장착하고 있다 [53]. VANets은 일반적인 MANETs (Mobile Ad Hoc Networks)과 다소의 공통 특성을 공유한다. VANets와 MANETs 둘 다 이동과 노드들의 자기 조직화로 특징

(그림 1) 다수의 VANet 응용들



지워진다. 그것들은 몇몇 방법들에서 역시 다르다. MANET는 전력을 충전할 수 없는 많은 노드들을 포

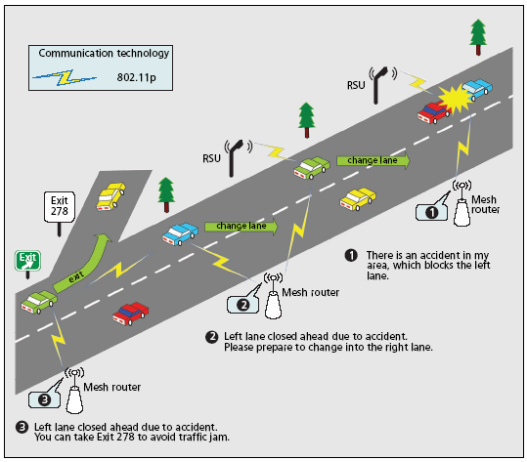
* 세명대학교 정보통신학부
** 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부

함할 수 있고 자유로운 이동 패턴을 가진다. VANets에서 차량들은 충전할 수 있으나 도로와 트래픽 패턴에 의해 제한을 받을 수 있다 [54].

많은 응용들이 이 네트워크를 위해 개발되고 있고 이것들 중에는 최근 설계된 자동차에 이미 응용되고 있다 (그림 1).

- 차량 충돌 경고 (vehicle collision warning)
- 안전거리 경고 (security distance warning)
- 운전자 지원 (driver assistance)
- 협력 운전 (cooperative driving)
- 협력 크루즈 제어 (cooperative cruise control)
- 거리 정보 유포(dissemination of road information)
- 인터넷 액세스 (Internet access)
- 지도 검색 (map location)
- 자동 주차 (automatic parking)
- 무인 운전자 자동차 (driverless vehicle)

그림 2는 VANets의 많은 응용 중에서 도로에서 차량 사고가 발생한 응급 상황을 처리하는 작동 과정을 보여주고 있다.



(그림 2) VANet에서 도로 응급 처리의 예

VANets의 모든 응용들은 일종의 위치 기술[6-11]을 요구하거나 장점을 얻을 수 있다. 위치 문제에서 노드들 사이에서 참조 시스템의 정의는 그들의 물리적 위치(즉, 위도, 경도, 그리고 고도)에 의해 식별되어 동작하거나 또는 그들의 서로의 관계에서 상대적 공간 분포에 의해 작동한다. 예를 들어, 지도 검색은 일반적으로 GIS (Geographic Information System)과 GPS (Global Positioning System) 수신기를 사용하여 이루어지며, 차량 충돌 경고 시스템은 지리적 정보 유포와 결합한 노드들의 위치 사이의 거리를 비교함으로써 구현될 수 있다.

ITS와 VANets 기술이 차량 충돌 경고 시스템 (Collision Warning Systems: CWS) 이나 무인 운전자 차량과 같은 더 중요한 응용을 향해 발전함으로, 견고하고 고도의 위치 시스템이 요구될 것이다. 불행하게도 GPS 수신기는 그 정확도 범위가 20미터에서 30미터 정도이고, 위성의 직접 가시지역이 아닌 건물 내부나 밀집된 도시지역에서 작동할 수 없기 때문에 이 경우 최선의 솔루션이 될 수 없다. 이 이유뿐만 아니라 당연히 보안 문제 때문에라도 GPS 정보는 약간의 인증을 위해 추측 항법 (Dead Reckoning), 셀룰러 위치 그리고 이미지/비디오 위치와 같은 다른 위치 기술들과 결합되어야 할 것이다. 서로 다른 소스로 부터의 위치 정보의 결합은 Kalman 필터나 Particle 필터와 같은 데이터 융합 기술을 사용함으로써 실행될 수 있다.

본 논문에서는 수많은 VANets 응용의 위치 요구사항을 논의하고, 차량의 위치를 평가하는데 사용될 수 있는 다수의 제안된 위치 기술들을 조사하고, 그것들을 VANets에 적용했을 때 장·단점들을 조명해 본다. 이 기술들 중 어느 것도 개별적으로는 중요한 VANets 응용에서 요구되는 위치 요구사항을 충족시키지 못한다는 결론에 따라 데이터 융합 기술을 사용함으로써 다중 소스로 부터의 위치 정보가 어떻게 더욱 정교하고 견고한 단일 위치를 산출해 내기 위해 결합될 수 있는지를 보여준다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서 는 다수의 VANets 응용의 위치 정보 요구사항들을 알아보고, 3장에서는 어떻게 이러한 위치들이 다수의 위치 기술을 통해 계산될 수 있는지를 보여준다. 4장에서는 어떻게 데이터 융합 기술이 이러한 다중 소스들로부터 수집된 위치정보를 결합하는데 사용될 수 있는지 보여준다. 마지막으로 5장에서 VANets에서 위치 시스템에 대한 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 위치 인식 VANets 응용

대부분의 VANets 응용들은 실시간으로 갱신되는 위치정보의 가용성을 고려한다. 그러나 그것들은 기능을 적절히 수행하기 위해 요구되는 위치 정확도에 있어 서로 다르다. 예를 들어, 어떤 응용은 부정확한 위치 정보로 작업하므로 계산된 위치의 오차가 10에서 20 미터 또는 30 미터가 될 수 있는 반면, 특히 중요한 안전 응용과 같은 경우에는 미터 단위 이하 정확도를 갖는 더 정확하고 신뢰성 있는 위치 시스템을 요구한다. 이 장에서 VANets 응용을 그것들의 위치 요구사항에 따라 3개의 주요 그룹으로 나누고 어떻게 위치 정보가 이러한 프로토콜이나 알고리즘에 의해 사용되는지 보여준다. VANets 응용을 위한 이러한 위치 요구사항은 표 1에 요약하였다.

2.1 부정확한 위치로 동작할 수 있는 응용

어떤 VANets 응용들은 비록 기능하기 위해 어떠한 위치도 요구하지 않지만 그것들 중 대부분은 위치의 장점을 얻을 수 있으며 차량의 위치 정보가 가용일 때 보다 나은 성능을 보인다. 이러한 응용들의 대부분은 차량 대 차량(V2V)과 차량 대 도로변(V2R) 통신을 포함하는 차량 통신과 관계되며, 정보 라우팅과 사고나 도로 혼잡 등의 자료 유포와 같은 서비스를 제공한다. 통신을 다루는 알고리즘들은 대부분 10에서 20 미터 또는 30 미터 이내의 위치 오차를 수용할 것이다. 왜냐하면 차량의 송신기의 긴 전송 범위는 이러한 위치 부정확성을 보정할 수 있기 때문이다. 그러나 위치 오차가 커지면 커질수록 알고리즘의 성능은 나빠진다 [12].

(표 1) VANet 응용에 요구되는 위치 정확성

기법	위치 정확성		
	낮음	보통	높음
라우팅	○	—	—
데이터 유포	○	—	—
지도 위치	○	—	—
협력 적응 크루즈 제어	—	○	—
협력 교차로 안전	—	○	—
블라인드 횡단	—	○	—
군집주행	—	○	—
차량 충돌 경고 시스템	—	—	○
시야 향상	—	—	○
자동 주차	—	—	○

VANets을 위한 라우팅 프로토콜 [13]은 그들의 성능을 향상시키고 동적 위상 변화와 빈번한 네트워크 단절에 VANets 요구사항을 따르게 할 수 있도록 하기 위해 일반적으로 위치 정보를 사용한다. 이 라우팅 기술은 애드 혹 망에서 오랫동안 사용되어 왔고 [14-16], 그 프로토콜의 대부분 역시 VANets에 적용할 수 있다. 라우팅 기술들 역시 인터넷 연결을 통해 지역 인프라 구조 네트워크에 접근하기 위해 사용된다 (그림 1A). 이러한 경우 위치 정보뿐만 아니라 미래 경로 지식도 라우팅을 위해 사용될 수 있다.

VANets을 위한 다수의 데이터 유포 프로토콜 [20, 21]들도 도로 흐름, 혼잡, 그리고 매우 위험한 상황 등과 같은 근거리와 원거리 차량의 통행 조건을 알리기 위한 목적으로 제안되었다. 그림 1B에서 위험한 상황에 대한 도로 정보를 관심을 가진 차량에게 유포한다.

널리 알려지고 이미 운전자 지원 응용에 사용되고 있는 것으로 지도 검색이 있는데 그 응용에서는 차량의 현재 위치가 지도상에 나타난다. 예를 들어 도시의 두 점간 경로 방향은 차량의 현재 위치를 나타내며 지도상에 그려질 수 있다. 그림 1E에서 그려진 것처럼 도시의 알지 못하는 지역에서 길을 잃은 자신을 찾는 상황에서 운전자를 도울 수 있다. 약 10-20 미터 정도의 오차를 가진 위치 정보는 이러한 종류의 응용에 유용한 것으로 알려졌는데 그 이유는 지도 지식은 높은 위치 부정확성을 극복하는데 사용될 수 있기 때문이다.

2.2 정확한 위치를 요구하는 응용

이러한 종류의 응용은 차량의 계산된 위치나 차량

간 거리 평가에서 어느 정도의 신뢰성이나 정확성을 요구한다. 이 그룹의 응용들은 통상 상호협력 운전 응용으로 VANet내의 차량들끼리 상호 협력적으로 도로상의 가용 공간을 공유하며 운전할 수 있도록 메시지를 교환한다. 이러한 응용에서 차량들은 운전하는 중에 부분적인 제어를 할 수 있다고 가정한다. 대부분의 경우 위치 오차가 1 미터에서 5 미터정도까지 허용된다.

협력 적응 크루즈 제어 (Cooperative Adaptive Cruise Control)에서 차량은 운전자 의 개입 없이 오르막길이나 내리막길에서건 상관없이 같은 속도를 유지한다. 통상 운전자는 속도를 설정하고 시스템이 작동을 인수받는데 이 경우 차량은 이 속도를 적응적으로 설정하기 위해 그것들 간에 협력할 수 있다. 이 응용은 단지 속도만을 관여하고 반면 운전자는 아직도 차량의 진행 방향을 제어해야만 한다.

또 다른 VANets의 흥미로운 응용은 협력적 교차로 안전 (Cooperative Intersection Safety)인데 여기서 도로의 교차로에 도달하는 차량들은 그림 1G에 보였듯이 안전한 통과를 위해서 서로 메시지를 교환한다. 안전 횡단 외에, 신호등 제어도 없이 차량들이 협력적 통과를 위해 서로 협력하는 곳에서는 블라인드 횡단 (Blind Crossing)을 만들 수도 있다 (그림 1H).

차량 군집 주행 (Vehicle Following or Platooning)은 그림 1I에 보인 것과 같이 하나 이상의 차량들을 선도 차량을 따르게 하여 기차 모양의 시스템을 형성하기 위해 사용되는 기술이다. 이러한 응용은 두 대 이상의 차량이 동일 위치로 가는 상황에서 유용할 수 있다. 차량들 사이의 최소 거리가 보장되어야 한다. 또한 차량들은 매우 정확하게 그것들의 앞의 차량 위치를 추적해야 하며 이것은 위치 시스템과 정확한 위치 정보에 의해 달성될 수 있다.

2.3 고도의 정확한 위치를 요구하는 응용

VANets를 위한 세 번째 종류의 응용들은 매우 정밀하고 신뢰성 있는 위치 시스템을 요구한다. 이들 응용의 대부분은 차량 충돌 경고 시스템이나 다른 운전자 지원 응용과 같은 매우 중요한 안전 응용들이다. 운전자 지원 응용에서 VANets 자원들은 운전자의 지각 능력과 도로나 환경의 지식을 향상시키기 위해 사용된다. 이 응용에서, 운전자는 안전을 향상시키기 위해 주변 환경에 대해 알려지고 응급 상황인 경우 차량은 어떤 자동 프로시저를 수행할 수 있다. 그러한 것들은 VANets을 위해 가장 흥미로운 응용이며 안전을 다루고 있기 때문에 위치정보의 신뢰성과 정확성이 매우 중요하다. 정확한 위치탐색은 차량 간 거리를 정확하게 평가하기 위해 미터나 미터단위 이하의 정밀도로 위치를 보장하는 반면 신뢰성 있는 위치는 갱신된 정보가 항상 가용일 것을 보장한다.

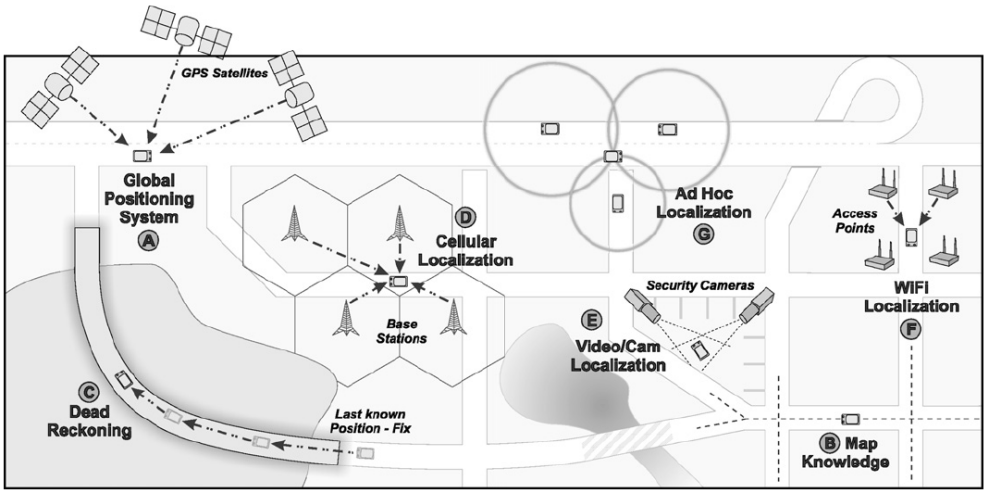
차량 충돌 경고 시스템 [1, 21]은 운전자 지원을 위한 VANets의 가장 관심 있는 응용 중 하나이다. 그러한 시스템의 한 부분은 안전거리 경고 (Security Distance Warning)인데 이것은 다른 차량과의 최소 거리에 도달했을 때 운전자에게 경고를 준다(그림 1C). 이것은 또한 그림 1D에 보인바와 같이 두 차량 간의 거리나 차량과 장애물 간의 거리가 너무 빨리 줄어들 때 비상 브레이크를 가동할 수 있다. 이 시스템의 다른 부분은 이미 충돌이 일어나서 인근의 차량들에게 경고를 하여 연쇄 충돌을 피할 수 있도록(그림 1D) 하기 위한 것이다. 이러한 경우에는 충돌 정보를 유포하는데 멀티 홉 통신이 사용될 수 있다. 이들은 안전 운전을 위한 중요한 응용을 제공하기 때문에 이러한 응용들은 강건하고, 정확하며 신뢰성 있는 위치 시스템을 요구한다.

다른 운전자 지원 응용으로는 시야 향상으로 진한 안개 상황에서 차량이나 장애물의 선명한 시야를 운전자에게 제공하고 장애물이나 빌딩 또는 다른 차량에 의해 숨겨진 차량의 존재에 대해 알 수 있다.

자동 주차는 운전자의 조작 없이 스스로 차량을 주차시킬 수 있는 응용이다. 자동 주차를 실행할 수 있도록 하기 위해 차량은 정확한 거리 추정기와 미터단위 이하의 정밀도의 위치 시스템을 요구한다.

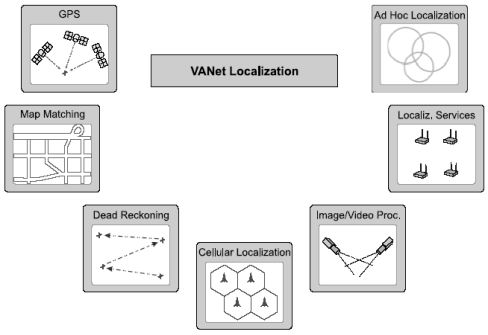
3. VANets를 위한 위치 기술

모바일 노드들의 위치를 계산하기 위해 많은 위치 기술들이 제안되었다. VANets의 흥미로운 점은 대부분의 위치 기술들을 이러한 네트워크에 쉽게 적용할



(그림 4) VANet에 적용되는 위치 기술의 예

수 있다는 것이다. 그림 3은 지도 매칭, 추측 항법, 셀룰러 위치, 이미지/비디오 처리, 위치 서비스, 그리고 상대 분산 애드 혹 위치와 같은 차량으로 그들의 위치를 추정하는데 사용될 수 있는 많은 위치 기술들을 보여준다. 이들 모든 기술들은 그들 나름대로 장단점을 가진다. 이 장에서 그러한 기법들을 간단히 설명하고 지능 교통 시스템에서 차량을 찾는데 언제 어떻게 사용될 수 있는지 논의한다.

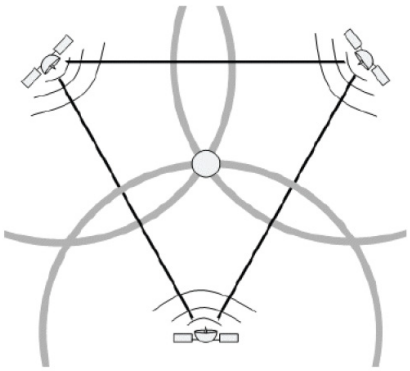


(그림 3) VANet을 위한 다수의 위치 기법들

3.1 GPS/DGPS

GPS(Global Positioning System) [22, 23]는 지구를 공전하는 24개의 주 위성과 3-4개의 보조 위성이 지상 2만 킬로미터 상공에서 지구 궤도를 돌며 하루에 완전히 두 바퀴를 자전한다.

GPS 수신기는 위성들에서 끊임없이 보내오는 정보를 수신할 수 있는 장치로, 이 정보는 도착시간 (Time of Arrival: ToA)라 불리는 기술을 사용하여 최소한 4개의 알려진 위성과의 거리를 추정하기 위해, 그리고 궁극적으로 삼각 측량법 [10]을 사용하여 그것의 위치를 계산하기 위해 사용된다. 한번 이러한 과정이 실행되면 수신기는 그의 위도, 경도 그리고 고도를 알 수 있게 된다.



(그림 5) 삼각측량법

VANet 위치를 위한 주요 솔루션은 각 차량 노드에 GPS 수신기를 장착하는 것이다. 이것은 GPS 수신기를 차량에 쉽게 장착할 수 있고 많은 차량들이 이미 이 기술을 가지고 있기 때문에 매우 합리적인 솔루션이다. 그러나 VANets가 중요한 분야로 발전하는 만큼 위치 시스템에 더욱 의존하지만, GPS나 다른 위성 기반 위치 검색 시스템들은 항상 가용하지 않거나 중대한 응용을 위해 충분히 강건하지 않는 등 바람직하지 않은 문제들을 보이기 시작한다.

GPS 신호는 빌딩이나 바위, 울창한 나뭇잎, 전자적인 방해 등과 같은 장애물에 의해 쉽게 산란되거나 블록 되는 것이다. 이것은 밀집된 도시 환경, 터널, 실내 주차장, 숲, 실내 그리고 지하 또는 수중 환경에서 위치 부정확 및 비가용성을 일으킨다.

또한 GPS 수신기는 ±10에서 30m의 위치 오차를 갖는다. 이것은 대부분의 응용에 대해서는 합리적인 수준의 정밀도인 반면 중요한 VANet 응용에 대해서는 분명히 불충분하다. 이러한 오차의 하나의 긍정적인 면은 대부분의 GPS 수신기는 동일한 방향으로 동일한 위치 오차 포인팅을 가지는 경향이 있다는 것이다. 다시 말해, 대부분의 GPS 수신기들은 상관 오차를 갖는다. DGPS (Differential GPS)는 이미 알려진 고정된 위치에 GPS 수신기를 설치함으로써 이러한 상관오차의 장점을 얻는다. 이 GPS 수신기는 위성으로부터의 정보를 사용하여 그것의 위치를 계산하여 이 계산된 위치를 이미 알려진 물리적 위치와 비교할 수 있다. 그러한 두 위치의 차이는 방송될 수 있고 모든 근처의 GPS 수신기들은 방송된 차이 정보에 기반 하여 그것들의 계산된 위치를 수집할 수 있다. 이것이 바로 이 기술이 Differential GPS라 알려진 이유이다. 이 기술의 단점은 이 차이 정보를 방송하기 위해 고정 참조 스테이션이 사용되어야만 하는 것이다. 한편, DGPS는 대부분 VANet 중요한 응용에 대해 충분한 미터단위 이하의 정밀도로 이끌 수 있다. 정상 GPS 수신기에 의해 얻어지는 상관오차의 또 다른 장점은 비록 계산된 위치들이 정확하지 않더라도 수신기 간의 상대적 거리가 정확하게 추정될 수 있다.

위에 언급했던 제한들로 인해 정상 GPS 수신기들은 정확하고 신뢰성이 있는 정보를 요구하지 않는 VANet 응용에서만 통상 사용된다.

3.2 지도 매칭

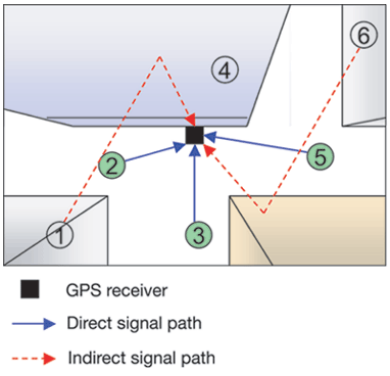
지리적 정보 시스템 (Geographic Information System)의 오늘날의 발전은 비록 덜 강력한 장치라 할지라도 매우 정확한 지리적 데이터를 수집하고 저장할 뿐만 아니라 접근 가능하도록 한다. 이 기술은 차량용 네비게이션을 위한 최근에 개발된 지도 위치 시스템에 성공적으로 도시 지도 정보를 저장하는데 적용되었다.

이 지도 지식이 그 자체가 위치 기술이 아니라는 사실에도 불구하고 GPS와 같은 많은 위치 탐색 시스템의 성능을 향상시키는데 사용될 수 있다. 첫째로, 추정된 차량 위치 탐색을 도로나 차량 접근하는 장소로 국한시킴으로써 추정된 위치정보의 오류를 감소시킬 수 있다. 그러나 위치에서 지도 지식의 주요 응용은 지도 매칭 기술이다 [24, 25].

지도 매칭 기술에서 시간의 정규 주기 동안 얻어진 다수의 위치정보는 추정된 궤적을 생성하는데 사용될 수 있다. 이 추정된 경로는 그 경로와 맞는 지도상의 가장 적당한 경로 기하학을 발견하기 위한 알려진 디지털 지도 데이터와 비교된다. 이 기술을 이용하여 위치정보가 지도상에 정확하게 그려질 수 있다.

3.3 추측 항법

추측 항법 (Dead Reckoning)[19, 25]을 사용함으로써 차량의 현재 위치를 가장 최근에 알려진 위치와 방향, 속도, 가속도, 거리, 시간 등의 이동 정보를 사용하여 계산해 낼 수 있다. 예를 들어, fix라고 알려진 가장 최근의 위치정보는 일반적으로 GPS 수신기를 사용하거나 교차로, 주차장, 또는 집 등의 알려진 참조를 디지털 지도상에서 위치 탐색함으로써 얻을 수 있다. 이동 정보는 주행 거리계를 포함한 센서에 의해 얻을 수 있는 반면 거리는 디지털 나침반이나 자이로스코프와 같은 센서를 사용하여 쉽게 추정할 수 있다.



(그림 6) GPS 추측 항법

실제 VANets에서 추측 항법은 GPS를 사용할 수 없는 짧은 시간동안에 단지 사용되거나 또는 지도 지식과 결합될 수 있다. 장시간에 걸쳐 이 기술의 사용을 피하는 이유는 이것이 쉽게 오류를 누적시킬 수 있기 때문이다.

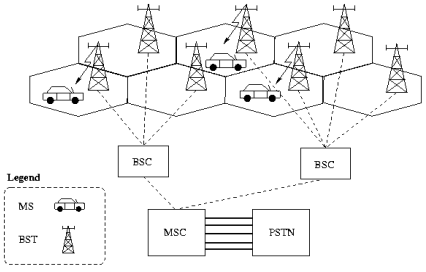
추측 항법은 시간과 거리에 따라 빠르게 오류를 누적시키기 때문에 차량이 터널로 진입해서 GPS 연결을 잃는 GPS 중지기간 동안 단지 백업 시스템으로 간주된다. 이 예에서 가장 최근에 계산된 GPS 위치정보가 위치 fix로 사용된다. 추측 항법의 다른 실용적인 응용은 지도 지식과 결합하는 것이다. 이러한 경우 위치 탐색 제약은 추측 항법 오류를 감소시키기 위해 적용될 수 있고 트래픽 패턴은 알려진 지도 정보 내에서 예측된 경로와 일치시키는데 사용될 수 있다 [25].

3.4 셀룰러 위치

셀룰러 위치 [27-30]는 객체의 위치정보를 평가하기 위해 대부분의 도시 환경에 존재하는 모바일 셀룰러 인프라 구조의 장점을 갖는다. 이 기술의 알려진 응용으로는 모바일 폰의 위치탐색, 가축들 추적 그리고 차량 위치 등이 포함된다.

정상적인 동작을 위해 모바일 셀룰러 시스템은 커버하는 지역 전역에 분산된 다수의 셀룰러 기지국으로 구성된 통신 인프라 구조의 설치가 요구된다. 각 기지국은 그 지역에 위치하는 모바일 폰과의 통화를 제공할 책임이 있다. 모바일 폰이 도시 주변을 이동할 때 새로운 기지국으로부터의 신호 세기가 기존에 사용 중인 것 보다 클 때 그것들의 기지국을 계속 변경하는데 이 과정을 핸드오프라 부른다.

비록 통신하는데 단지 하나의 기지국만이 사용되지만 일반적으로 언제든 다수의 기지국들이 모바일 폰과 수신하거나 통신할 수 있다. 이 사실이 다수의 위치 기술들이 모바일 폰의 위치를 추정하는데 사용될 수 있는 것을 허용한다. 수신 신호 강도 (Received Signal Strength Indicator: RSSI)라 불리는 잘 알려진 기술은 기지국과의 거리를 도출하기 위해서 수신된 신호의 강도를 사용한다. 송신자를 떠난 신호의 시간에서 기지국에 도착한 시간 (Time of Arrival: TOA)을 기초로 또한 거리를 평가할 수 있고 또는 단일 신호가 다중 기지국에 도착한 시간의 차이 (Time Difference of Arrival: TDoA)로부터 거리를 평가할 수 있다. 일단 모바일 폰으로부터 적어도 3개의 기지국까지의 거리를 가지면 삼각측량법 또는 멀티레터레이션 (multilateration)과 같은 기술 [10]을 사용하여 모바일 폰의 위치를 계산할 수 있다.



(그림 7) 셀룰러 망에서 모바일의 위치와 핸드오프

셀룰러 위치는 일반적으로 GPS 보다 덜 정밀하다. 정밀도는 현재 도시 환경, 신호를 감지하는 기지국의 개수, 사용되는 자동 위치 제어 알고리즘 등과 같은 많은 요인에 달려 있다. 대부분의 경우, 평균 위치 오류는 정확하거나 신뢰성 있는 정보를 요구하지 않는 VANet 응용에 대해서도 충분히 정확하지 않은 90m에서 250m 사이가 될 것이다 [30]. 그러나 이 기술로 수집된 위치 정보는 추측 항법이나 지도 매칭과 통합했을 때 아직 유용하며 가용 정보는 데이터 융합 모듈에 공급될 수 있다.

3.5. 이미지/비디오 처리

이미지나 비디오 정보 소스와 데이터 처리 기술은 특히 모바일 로봇 안내 시스템 [31]과 같은 위치 목적을 위해 사용될 수 있다. 어떤 경우에, 카메라는 주차장이나 터널에 구현된 보안 시스템에 이미 사용가능하다. 일반적으로 이러한 이미지/비디오 처리 기술들은 차량의 위치를 예측하고 추적하기 위한 데이터 융합 알고리즘에 공급하는데 사용되어 진다 [32]. 사실상 이미지와 비디오 정보 둘 다 차량의 위치 파라미터를 계산할 수 있는 실제 소스들이다. 그러한 정보는 차량의 위치를 예측하기 위하여 데이터 융합 모듈에 공급되어진다.

3.6 위치 서비스

GPS를 사용할 수 없거나 지역 응용을 위해 충분히 정확하지 못한 장소가 있다. VANets에서 이러한 장소는 터널, 도심 그리고 주차장 등을 포함한다. 이러한 경우 통신과 위치 탐색 서비스를 위한 인프라구조는 차량의 위치를 수행하도록 구현될 수 있다.

VANet 위치의 가장 도전적이고 중요한 작업은 가장 중요한 VANet 환경 중의 하나인 터널에서 사용될 수 있는 인프라구조화 된 위치 시스템의 개발일 것이다. 터널은 자연적 환경에 의해 분리된 주요 지역들을 연결하기 위하여 일반적으로 사용되고 그러한 지역들 간의 유일한 경로가 된다. 따라서 손상된 터널은 도시나 지역에 엄청난 영향을 가져올 수 있다. 또한, 터널 내부로 제한된 접근으로 인해 비상 구조 작업이 매우 어렵게 되고 위험하기까지 하다. 이러한 시나리오에서 비상사태인 경우 충돌회피가 가장 중요하고 이 터널의 인프라구조의 상태에 관한 모든 정보뿐만 아니라 터널 내의 모든 차량의 수와 위치정보가 구조 팀을 위한 가장 중요한 정보일 것이다.

VANets은 또한 VANet 위치 인프라구조에 대한 기초로서 무선 센서 네트워크 (Wireless Sensor Networks: WSNs)를 사용할 수 있다. 이렇게 하는 이유는 WSNs가 이동, 온도, 연기, 시야 그리고 소음과 같은 다른 도로 변수들을 감시하는데 사용될 수 있기 때문이다. 따라서 이러한 망은 많은 연구에서 보였듯이 [40, 41] 비상상황을 위해서 뿐만 아니라 중요한 환경을 감시하는데 이상적이다. 또한 도로변 통신 인프라 구조로 센서 네트워크의 사용은 많은 지능 교통 시스템에서 자주 등장하는 시나리오이다. 많은 WSN 기능들은 또한 인프라구조화 된 VANet 위치 시스템의 성능과 정확도를 향상시키는데 사용될 구 있다. 마지막으로 VANet 위치 인프라구조로 사용된 WSN은 이동, 온도, 연기, 시야, 소음, 압력 그리고 구조적 안전과 같은 중요한 환경과 구조적 변수뿐만 아니라 주어진 시간에 모든 차량 노드의 위치를 감시할 수 있는 중요한 시나리오에 대한 완전한 안전 감시 시스템을 제공할 것이다.

3.7 상대 분산 애드 혹 위치

지역 상대 위치 지도는 차량에 의해 그 이웃 간 거리를 추정하고 멀티 홉 통신으로 근접한 노드들과 거리 정보를 교환함으로써 구축되어 질 수 있다. 이 동적 위치 지도로 차량은 근접한 차량에 관하여 자신을 위치시킬 수 있을 뿐만 아니라 그 근처까지 위치시킬 수 있다. 이러한 종류의 상대적 위치는 대부분 애드 혹 이나 센서 망에서 사용되었으나 최근에는 많은 솔루션들이 VANets에 대해 제안되었다 [6, 7, 26].

[6]에서, GPS가 장착된 차량에서 근접한 GPS가 장착된 차량에 기반 한 그것들의 위치탐색에 도움을 주기위해 분산 위치 알고리즘을 제안하였다. 위치를 추정하기 위해 GPS가 장착되지 않은 차량은 거리를 추정하고 그들의 위치정보를 수집하기 위해 적어도 근처의 3대의 GPS가 장착된 차량과 통신할 필요가 있다. 근접한 GPS 장착 차량의 수가 3대보다 적을 때 적은 량의 가용 정보를 가지고 사건(사고나 위험)로부터 적어도 차량의 방향과 거리를 어떻게 추정할 수 있는지를 보여주었다.

[7]에서는 다른 분산 VANet 위치 시스템이 제안되었는데 여기서는 차량 간 거리를 추정하기 위해 RSSI를 사용하였고 이 정보는 GPS를 통해 획득된 차량의 초기 위치 추정을 향상시키기 위한 최적화 알고리즘에 의해 사용된다. 이 기술은 원래 GPS의 초기 위치 추정을 향상시키기 위한 것이었으나 근접한 GPS 수신기 간에는 상관 오류가 있는 경향이 있기 때문에 RSSI를 이용한 거리 추정은 위치 정보를 거의 향상시

키지 않는다. 그러나 이 솔루션은 GPS 사용불능 동안 추측 항법 기술을 통해 계산된 위치를 향상하는데 사용될 수 있다.

대부분의 VANets 응용들은 상대적 위치로 작업할 수 있으나 그것들은 광역 위치 제어를 사용하여 더 잘 작동한다. 이러한 경우 상대 위치는 [7, 6]에서와 같이 GPS 장착 차량이 있거나 정확한 광역 위치 정보가 가용일 때 일반적으로 전역 위치로 변환될 수 있다.

3.8 기술 비교

연구된 모든 이러한 위치 기술들은 그들 나름 장·단점이 있다. 표 2는 그러한 기법들을 간결하게 비교하였다. 표 2에서 보는바와 같이 비록 문헌에 다수의 흥미 있는 솔루션들이 보고되기는 했지만 언제 어디서나 가용이고, 매우 정확하고 신뢰성 있는 위치 계산을 갖는 동시에 모든 중요한 응용의 요구사항을 만족시키는 것은 그것들 중에는 없다. 이러한 이유로 VANets에 의해 해결되어 질 수 있는 가장 문제 중의 하나는 중요한 안전과 비상 응용을 위하여 VANet내의 차량에 의해 사용될 수 있는 언제나, 어디서나, 아주 세밀하고 그리고 신뢰성 있는 위치 시스템을 어떻게 제공할 것인가 하는 것이다.

표 2에서 나타난 것처럼, 중요한 VANet 응용에 의해 요구되는 모든 기능에 어느 하나의 기술만 가지고는 위치 시스템을 제공하기에 부족하다는 것을 알 수 있다. 결과적으로, 하나의 위치 시스템에 서로 다른 위치 기술과 프로토콜을 통합하는 방법이 필요하다.

(표 2) 위치 기법들의 비교

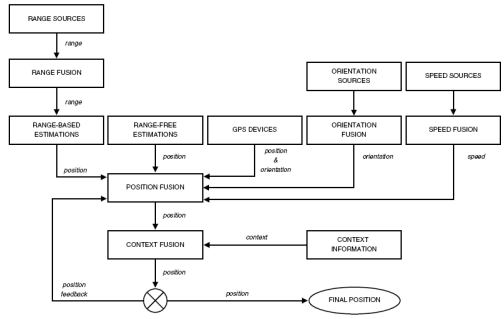
기법	위치 특징			
	동기화	인프라 구조	가용성	정확성
GPS	예	예	아니오	아니오
DGPS	예	예	아니오	예
지도 매칭	아니오	아니오	예	아니오
추측 항법	아니오	아니오	예	아니오
셀룰러 위치	예	예	아니오	아니오
이미지/비디오 위치	아니오	예	아니오	예
위치 서비스	아니오	예	아니오	예
상대 애드 혹 위치	아니오	아니오	예	예

4. VANets 위치 시스템에서 데이터 융합

데이터 융합은 향상된 정보(값싸고 높은 품질 또는 높은 신뢰성)를 얻기 위해 다중 소스의 결합으로 간단히 정의될 수 있다 [32], 데이터 융합은 공통적으로 로보틱스나 군사 응용과 같은 서로 다른 응용 영역에서 작업을 감지하고 분류하는데 사용 된다 [44]. 최근 이러한 메커니즘은 침입탐지 [45]나 서비스 거부 (Denial of Services: DoS) 탐지 [46]와 같은 미리 예측되지 않는 응용에 사용되어 왔다. WSNs의 영역 내에서 간단한 수집 기술(예, 최대, 최소 및 평균)은 에너지를 절약하기 위해 전반적인 데이터 트래픽을 줄이는데 사용되었다.

4.1 가능한 데이터 융합 모델

Kalman 필터, Particle 필터 그리고 Berief 이론과 같은 데이터 융합 기술들은 많은 센서 기반 시스템에서 위치 평가를 향상시키기 위하여 사용되었다 [32]. 예를 들어, 차량의 정확한 상대적 위치를 위한 SASESPOT [48] 접근방식은 VANets에서 정확한 위치 평가에 도움을 주기 위해 데이터 융합의 사용을 예견한다. 주요 개념은 차량 안전 응용들이 차량의 위치뿐만 아니라 차량이 운행 중인 차도를 결정하기 위하여 데이터 융합 모듈을 사용하여 협력 차량 네트워크로부터 정보를 결합하는 것이다. 데이터 융합에 기반 한 위치 시스템 이면의 일반적인 개념은 정확한 위치 추정을 제공하기 위한 다수의 정보 소스들을 통합하는 것이다.



(그림 8) VANet에서 노드 위치를 위한 가능 데이터 융합 모델

이론적으로 데이터 융합 기법은 VANets을 위한 위치 추정 처리의 대부분의 모든 과정에서 사용되어 진다. 예를 들어, 그림 8은 정확한 위치 추정에 적용될 수 있는 가능한 데이터 융합 모델을 그려 놓았다. 이 모델은 다음의 구성요소를 갖는다.

- 범위 소스 (Range source): 거리 추정을 제공할 수 있는 초음파, 레이저, RSSI, ToA, 그리고 TDoA와 같은 다수의 가능한 데이터 소스들이 있다. 그러한 범위 소스들은 도로나 자동차에 또는 근처의 빌딩에 설치될 수 있다.
- 범위 융합 (Range fusion): 각 범위 소스는 어느 정도의 잡음을 내포한다. 이 상황에서 내포된 잡음을 줄이기 위해 모든 가능한 거리 추정들이 융합된다. 이동 평균법, Kalman과 Particle 필터 [32]와 같은 데이터 융합 추정 방법들이 이 구성요소를 위해 적합하다.
- 범위 기반 추정 (Range-based estimation): 융합된 거리 추정을 가지면, 멀티레터레이션 프로세스를 사용하여 차량의 위치를 계산하기 위하여 그 정보를 사용할 수 있다.
- 범위 자유 추정 (Range-free estimation): 때때로 범위 자유 위치 시스템은 가용인 다른 위치 추정을 보충하기 위해 부수적인 정보로 사용될 수 있다.
- GPS 장치들: VANet에서는 차량의 전체 가격에 비해 관련 비용이 감소하기 때문에 GPS를 장착한 많은 차량을 가정하는 것이 합리적이다. 따라서 이러한 장치는 가능할 때 위치 정보를 제공하기 위하여 사용될 수 있다.
- 지향 소스: 그러한 소스는 차량의 이동 방향과 위치를 알려 준다. 그것은 이웃 정보(즉, 도로를 따라 다른 차량이나 경계표)를 수집함으로써 추정될 수 있다.
- 지향 융합: 다수의 지향 소스가 가용일 때 그것들은 융합 기술을 사용하여 정제될 수 있다. 다시 이동 평균법, 최소 제곱법, Kalman 필터 그리고 Particle 필터 [32]와 같은 추정 방법들이 이 구성요소를 위해 적합하다.
- 속도 소스: 잠재적인 속도 소스로는 차량의 주행 거리계와 도로 주행 거리계가 있다.
- 속도 융합: 다중 소스가 가용일 때 속도 추정을 증가시키기 위해 데이터 융합을 다시 적용할 수 있다. 속도 융합을 위해 최소 제곱법, Kalman 필터 그리고 Particle 필터 [32]와 같은 추정 방법들이 구성요소를 위해 역시 적합하다.
- 위치 융합: 이것이 핵심 요소이다. VANets에서 차량은 항상 이동하고 있고 이동 속도에 따라서 예측 없이 단순 위치 추정은 계속해서 시간 지난 데이터가 되기 때문에 위치 문제는 위치 추적 문제와 통합된다. 따라서 이 구성요소는 위치 평가, 속도, 그리고 차량이 어디로 향하고 있는지 추정하기 위해 지향 정보 융합을 책임지고 있다. 아울러, 이 구성요소는 다중 위치 시스템에 의해 제공된 위치 추정을 융합할 수 있다. 예를 들어, 만약 차량이 WiMAX나 셀룰러 망을 사용하고 있다면 WiMAX 노드나 셀룰러 노드의 위치를 추정하기 위하여 위치 솔루션을 사용할 수 있고 이것들을 차량 위치 추정과 융합한다. 최소 제곱법, Kalman 필터 그리고 Particle 필터 [32]와 같은 추정 방법들이 구성요소를 위해 적합하다.
- 상황 융합: 상황 정보는 정확도를 높이기 위해 위치 탐색과 함께 융합될 수 있다. 상황 정보의 사용을 설명하기 위해 다음의 예를 고려해 보자.
  - 지도가 가용일 때, 만일 추정된 위치가 도로 경계 안에 없고 차량이 도로위에 있다는 근거를 가지고 있다면 위치 추정 결과를 수정할 수 있다.
  - 교통 체증에 대한 정보를 가지고 있을 때, 빠르게 이동하는 차량의 예측된 위치 정보는 차가 정체될 교통 체증 정보를 반영하기 위해 수정될 수 있다.
  - 여로가 알려져 있을 때, 예측되어 질 수 없는 지향 변화를 반영하기 위해 예측된 위치를 수정할 수 있다.

상황 융합을 위해 Baysian 추론, Dempster-shafer, 퍼지 논리, 그리고 신경망 [32]과 같은 추론 방법들이 위치 추정과 상황 정보를 결합하기 위하여 사용될 수 있다.

- 최종 위치: 최종 위치가 알려지면, 정확한 위치는 더 정확한 추정을 위해 위치 융합 구성요소에 피드 백 되어야 한다.

4.2 현재 접근방법

새롭게 떠오르는 VANets의 특정 상황에서, 데이터 융합의 잠재성이 완전하게 개발되지 않았다. 그림 8에 그려진 융합 모델을 고려해 볼 때, 현재 솔루션은 어디에서 차량이 이동하고 있는지를 예측하기 위하여 데이터 융합을 사용하고 정확도를 높이기 위하여 상황 정보를 사용한다.

[49]에서는 실내·외 시나리오가 통합된 차량 위치를 위하여 Particle 필터를 사용한다. 그와 같은 시나리오에서 실내 위치 탐색을 위해 UWB 센서 기술과 실외 지역을 위한 GPS의 성능을 평가하고 차량 위치를 위하여 이러한 두 종류의 센서로 부터의 관측 결과를 융합하기 위하여 Particle 필터의 사용을 평가한다. Particle 필터는 도로 상의 차량의 위치를 결정하기 위해 GPS 위치를 비전 시스템으로부터 추출된 데이터와 결합하기 위해 [33]에서 사용되었다. 결합된 정보는 환경 지도를 사용하여 광역 참조로 변형되어 진다. 제조와 택배 응용을 위한 차량 위치 상황에서 [50]은 아이템의 접수와 탁송할 때 무선 지역 위치 탐색 시스템과 광학 스캔 매치 접근 방법을 결합하여서 모든 수송 수단의 위치를 추적하기 위하여 Kalman 필터를 적용하였다.

도로상에서 보안을 향상시킬 목적으로 [51]은 교차로에서 충돌의 위험을 추정하고 예측하기 위하여 경로 예측과 차량 위치의 추정을 위해 Kalman 필터를 사용한다. 피할 수 없는 지연과 자동 위치 제어 오류에도 불구하고 궤도 예측과 추정을 하는데 Kalman 필터를 사용했을 때 응용 성능은 아직도 무난히 수용될 수 있음을 보였다.

[52]에서, Belief 이론과 Kalman 필터가 디지털 도로 지도에 관한 차량의 정확한 위치 추정을 제공하기 위하여 사용되었다. 이 방법에서 Kalman 필터는 ABS(Anti-lock Break System) 측정과 GPS 위치를 결합하는데 사용되었고, 그것은 가장 신뢰성이 높은 도로를 선택하는데 사용된다. 선택 전략은 Belief 이론을 사용하여 거리, 방향 그리고 속도 측정들을 융합한다. 새로운 관측 결과는 설정되고 차량의 근사 위치는 두 번째 Kalman 필터에 의해 조정된다.

이러한 솔루션들 중에 어느 것도 그림 8에 나타난 모든 융합 구성요소를 개발하는 않았다는 것을 유의한다. 그것들의 대부분은 어느 수준의 상황 정보를 이용한다. 그러나 응용에 따라 여로나 트래픽 정보와 같은 다른 상황 정보가 사용되어야만 한다. 일반적으로 범위 융합, 지향 융합 그리고 속도 융합은 현재 솔루션에 의해 무시되었다. 표 3은 현재 솔루션을 그림 8에 표현된 데이터 융합 모델 범위 내에 어떻게 맞출 것인지를 요약한다.

(표 3) VANet에서 위치를 위한 현재 데이터 융합 솔루션의 요약

솔루션	융합 종류				
	범위	지향	속도	위치	상황
Chausse et al. [33]	아니오	아니오	아니오	예	예
Fernandez-Madrigal et al. [49]	아니오	아니오	아니오	예	예
MIchel et al. [50]	아니오	예	아니오	예	예
Ammoun et al. [51]	아니오	아니오	아니오	예	예
Najjar and Bonnifait [52]	아니오	아니오	아니오	예	예

5. 결 론

본 논문에서는 차량 네트워크(VANets) 관점에서 위치 시스템을 연구하였다. VANets에서 가장 공통적인 위치 정보의 소스인 GPS 수신기가 어떻게 많은 상황에서 오류를 유발하거나 또는 가용하지 않게 되는지를 보였다. 어떻게 이러한 위치 부정확성이 특히 중요한 VANet 응용들에 영향을 미칠 수 있는지를 논의하였다. 지도 매칭, 추측 항법, 셀룰러 위치, 이미지/비디오 처리, 위치 서비스, 그리고 상대 분산 애드 혹 위치와 같은 다수의 위치 시스템들이 자신의 위치를 추정하기 위해 차량에서 사용될 수 있다. 이러한 기술들은 나름대로 장·단점을 가진다. 본 논문에서 VANets을 위한 미래의 위치 시스템으로는 VANet 중요한 응용에 적용할 수 있을 만큼 충분히 정확하고 강건한 차량을 위한 위치 정보를 제공하기 위해 데이터 융합 기술 같은 것을 사용해야 한다. 그리고 비교적 부정확한 다수의 위치 추정기들에 기초하여 정확한 위치 추

정을 계산하는데 어떻게 데이터 융합 기술이 사용되는지 보여 주었다.

참 고 문 헌

[1] [bis06] S. Biswas, R. Tatchikou, F. Dion, "Vehicle-to-vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety," IEEE Communications Magazine, Vol. 44, No. 1, pp. 74 - 82, 2006..

[2] [blum04] J. Blum, A. Eskandarian, L. Hoffman, "Challenges of inter-vehicle ad hoc networks," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 5, No. 4, pp. 347 - 351, 2004.

[3] [kiess 07] W. Kiess, J. Rybicki, M. Mauve, "On the nature of inter-vehicle communication," in: WMAN 2007: Proceedings of the 4th Workshop on Mobile Ad-Hoc Networks, pp. 493 - 502, 2007.

[4] [luo 04] J. Luo, J.-P. Hubaux, "A survey of inter-vehicle communication," Tech. Rep. IC/2004/24, School of computer and Communication Sciences, EPEL, 2004.

[5] [hubaux 04] J. Hubaux, S. Capkun, J. Luo, "The security and privacy of smart vehicles," IEEE Security and Privacy Magazine, Vol. 2, No. 3, pp. 49 - 55, 2004.

[6] [benslimane 05] A. Benslimane, "Localization in Vehicular Ad Hoc Networks," in: Proceedings Systems Communications, pp. 19 - 25, 2005.

[7] R. Parker, S. Valaee, Vehicle localization in Vehicular Networks, in: Vehicular Technology Conference, 2006. VTC-2006 Fall. 2006 IEEE 64th, 2006, pp. 1 - 5.

[8] [zeimpekis 03] V. Zeimpekis, G.M. Giaglis, G. Lekakos, "A taxonomy of indoor and outdoor positioning techniques for mobile location services," SIGecom Exchange, Vol. 3 No. 4, pp. 19 - 27, URL http://portal.acm.org/ citation.cfm?id=844355, 2003.

[9] [gustafsson 05] F. Gustafsson, F. Gunnarsson, "Mobile positioning using wireless networks: possibilities and fundamental limitations based on available wireless network measurements," IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 22, No. 4, pp. 41 - 53, 2005.

[10] [boukerche 07] A. Boukerche, H.A.B.F. Oliveira, E.F. Nakamura, A.A. Loureiro, "Localization systems for wireless sensor networks," IEEE Wireless Communications - Special Issue on Wireless Sensor Networks Vol. 14, pp. 6 - 12, 2007.

[11] [oliveira 07] H.A.B.F. Oliveira, E.F. Nakamura, A.A. Loureiro, A. Boukerche, "Localization in time and space for sensor networks," in: AINA'07: 21st IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Niagara Falls, Canada, pp.539 - 546, 2007.

[12] [shah 05] R. Shah, A. Wolisz, J. Rabaey, "On the performance of geographical routing in the presence of localization errors [ad hoc network applications]" in: IEEE International Conference on Communications, ICC 2005, vol. 5, pp. 2979 - 2985, 2005.

[13] [chennikara-varghese 06] J. Chennikara-Varghese, W. Chen, O. Altintas, S. Cai, "Survey of routing protocols for inter-vehicle communications, in: 3rd Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems," Workshops, pp. 1 - 5, 2006.

[14] [ko 98] Y.-B. Ko, N.H. Vaidya, "Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks," in: Mobile Computing and Networking, pp. 66 - 75, 1998.

[15] [karp 00] B. Karp, H.T. Kung, "Gpsr: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks," in: 6th International Conference on Mobile Computing and Networking, Boston, MA, USA, pp. 243 - 254, 2000.

[16] [yu 01] Y. Yu, R. Govindan, D. Estrin, "Geographical and energy aware routing: A recursive data dissemination protocol for wireless

sensor networks," Tech. Rep. CSD-TR-01-0023, UCLA Computer Science Department, 2001.

[17] [tian 03] J. Tian, L. Han, K. Rothermel, "Spatially aware packet routing for mobile ad hoc inter-vehicle radio networks," in: ITS'03: IEEE Intelligent Transportation Systems, Vol. 2, pp. 1546 – 1551, 2003.

[18] [lochert 03] C. Lochert, H. Hartenstein, J. Tian, H. Fussler, D. Hermann, M. Mauve, "A routing strategy for Vehicular Ad Hoc Networks in city environments," in: IVS'03: IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 156 – 161, 2003.

[19] [kin 06] T. King, H. Fu¨ ßler, M. Transier, W. Effelsberg, "Dead-reckoning for position-based forwarding on highways," in: Proceedings of the 3rd International Workshop on Intelligent Transportation (WIT2006), Hamburg, Germany, pp.199 – 204, 2006.

[20] [sun 00] M.-T. Sun, W.-C. Feng, T.-H. Lai, K. Yamada, H. Okada, K. Fujimura, "Gps-based message broadcast for adaptive inter-vehicle communications," in: Vehicular Technology Conference 2000, IEEE VTS-Fall VTC 2000. 52nd, Vol. 6, pp. 2685 – 2692, 2000.

[21] [benslimane 04] A. Benslimane, "Optimized dissemination of alarm messages in Vehicular Ad Hoc Networks (VANets)," in: HSNMC, pp. 655 – 666, 2004.

[22] [hofmann-wellenho 97] B. Hofmann-Wellenho, H. Lichtenegger, J. Collins, "Global Positioning System: Theory and Practice," 4th ed., Springer-Verlag, 1997.

[23] [kaplan 96] E.D. Kaplan, Understanding GPS: Principles and Applications, Artech House, 1996.

[24] [jagadeesh 05] G. R. Jagadeesh, T. Srikanthan, X.D. Zhang, "A map matching method for gps based real-time vehicle location," Journal of Navigation, Vol. 57, pp. 429 – 440, 2005.

[25] [krakiwsky 88] E. Krakiwsky, C. Harris, R. Wong, "A kalman filter for integrating dead reckoning, map matching and gps positioning," in: Position Location and Navigation Symposium, 1988. Record. 'Navigation into the 21st Century'. IEEE PLANS'88., IEEE, pp. 39 – 46, 1988.

[26] [kukshya 05] V. Kukshya, H. Krishnan, C. Kellum, "Design of a system solution for relative positioning of vehicles using vehicle-to-vehicle radio communications during gps outages," in: Vehicular Technology Conference, 2005. VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd, Vol. 2, pp. 1313 – 1317, 2005.

[27] [song 94] H.-L. Song, "Automatic vehicle location in cellular communications systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 43, No. 4, pp. 902 – 908, 1994.

[28] [caffery 98] J. Caffery, G. Stuber, "Overview of radio location in cdma cellular systems," IEEE Communications Magazine, Vol. 36, No. 4, pp. 38 – 45, 1998.

[29] [varshavsky 06] A. Varshavsky, M.Y. Chen, E. de Lara, J. Froehlich, D. Haehnel, J. Hightower, A. LaMarca, F. Potter, T. Sohn, K. Tang, I. Smith, "Are gsm phones the solution for localization? in: Mobile Computing Systems and Applications," WMCSA'06. Proceedings of 7th IEEE Workshop on, 2006, pp. 20 – 28, 2006.

[30] [chen 06] M. Chen, D. Haehnel, J. Hightower, T. Sohn, A. LaMarca, I. Smith, D. Chmelev, J. Hughes, F. Potter, Practical metropolitan-scale positioning for gsm phones, in: Proceedings of 8th Ubicomp, Orange County, California, pp. 225 – 242, 2006.

[31] [schmitt 02] T. Schmitt, R. Hanek, M. Beetz, S. Buck, B. Radig, "Cooperative probabilistic state estimation for vision-based autonomous mobile robots," IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 18, No. 5, pp. 670 – 684., 2002.

[32] [nakamura 07] E. F. Nakamura, A. A. Loureiro, A.C. Frery, "Information fusion for wireless sensor networks: Methods, models, and classifications," ACM Computing Surveys, Vol. 39, No. 3, 2007.

[33] [chausse 05] F. Chausse, J. Laneurit, R. Chapuis, "Vehicle localization on a digital map using particles filtering," in: Intelligent Vehicles Symposium, 2005. Proceedings of IEEE, pp. 243 – 248, 2005.

[34] [chapuis34] R. Chapuis, J. Laneurit, R. Aufrere, F. Chausse, T. Chateau, "Accurate vision based road tracker," Intelligent Vehicle Symposium, 2002, Vol. 2, IEEE, pp. 666 – 671, 2002.

[35] [priyantha 00] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, H. Balakrishnan, "The cricket location-support system," in: Mobile Computing and Networking, Boston, MA, USA, pp. 32 – 43, 2000.

[36] [bahl 00] P. Bahl, V. N. Padmanabhan, "Radar: An in-building rf-based user location and tracking system," Proceedings of the IEEE Infocom 2000, Vol. 2, IEEE, Tel Aviv, Israel, pp. 775 – 784, 2000.

[37] [lee 02] J.-Y. Lee, R. Scholtz, "Ranging in a dense multipath environment using an uwb radio link," Selected Areas in Communications, IEEE Journal, Vol. 20, No. 9, pp. 1677 – 1683, 2002.

[38] [cheng 05] Y.-C. Cheng, Y. Chawathe, A. LaMarca, J. Krumm, "Accuracy characterization for metropolitan-scale wi-fi localization," Mobi-Sys'05: Proceedings of the 3rd International Conference on Mobile systems, Applications, and Services, ACM Press, New York, NY,USA, pp. 233 – 245, 2005.

[39] [thangavelu 39] A. Thangavelu, K. Bhuvaneswari, K. Kumar, K. SenthilKumar, S. Sivanandam, "Location identification and vehicle tracking using vanet (vetrac)", in: International Conference on Signal Processing, Communications and Networking, 2007. ICSCN'07, pp. 112 – 116, 2007.

[40] [boukerche 04] A. Boukerche, R.W.N. Pazzi, R.B. Araujo, "A fast and reliable protocol for wireless sensor networks in critical conditions monitoring applications," MSWiM'04: Proceedings of the 7th ACM International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, ACM Press, New York, NY, USA, pp. 157 – 164, 2004.

[41] [boukerche 05] A. Boukerche, F.H.S. Silva, R.B. Araujo, R.W.N. Pazzi, "A low latency and energy aware event ordering algorithm for wireless actor and sensor networks," MSWiM'05: Proceedings of the 8th ACM International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, ACM Press, New York, NY, USA, pp. 111 – 117, 2005.

[42] [capkun 02] S. Capkun, M. Hamdi, J.-P. Hubaux, "Gps-free positioning in mobile ad hoc networks," Cluster Computing, Vol. 5, No. 2, pp. 157 – 167, 2002.

[43] [savvides 01] A. Savvides, C.-C. Han, M.B. Strivastava, "Dynamic fine-grained localization in ad hoc networks of sensors," in: 7th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Rome, Italy, pp. 166 – 179, 2001..

[44] [brooks 98] R. R. Brooks, S .S. Iyengar, Multi-Sensor Fusion: Fundamentals and Applications with Software, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 1998.

[45] [bass 00] T. Bass, "Intrusion detection systems and multisensor data fusion," Communications of the ACM, Vol. 43, No. 4, pp. 99 – 105, 2000.

[46] [siaterlis 04] C. Siaterlis, B. Maglaris, "Towards multisensor data fusion for DoS detection," in: Proceedings of the 2004 ACM Symposium on Applied Computing (SAC), Nicosia, Cyprus, pp. 439 – 446 2004.

[47] [intanagonwiwat 00] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, "Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks," in: MobiCom'00: 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, ACM Press, Boston, MA, USA, pp. 56 – 67, 2000.

[48] [schubert 07] R. Schubert, M. Schlingelhof, H. Cramer, G. Wanielik, "Accurate positioning for vehicular safety applications – the safespot approach," in: Vehicular Technology Conference,

2007. VTC2007-Spring. IEEE 65th, Dublin, Ireland, pp. 2506 - 2510, 2007.

[49] [fernandez-madrigal 07] J. Fernandez-Madrigal, E. Cruz-Martin, J. Gonzßlez, C. Galindo, J. Blanco, Application of uwb and gps technologies for vehicle localization in combined indoor-outdoor environments, in: ISSPA'07: International Symposium on Signal Processing and its Applications, Sharja (U.A.E.), 2007.

[50] [michel 06] J .C. F. Michel, M. Christmann, M. Fiegert, P. Gulden, M. Vossiek, "Multisensor based indoor vehicle localization system for production and logistic," in: IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, Heidelberg, 2006, pp. 553 - 558, 2006.

[51] [ammoun 07] S. Ammoun, F. Nashashibi, C. Laurgeau, Crossroads risk assessment using gps and inter-vehicle communications, IET Intelligent Transport Systems, Vol. 1, No. 2, pp. 95 - 101, 2007.

[52] [najjar 05] M. E. E. Najjar, P. Bonnifait, "A road-matching method for precise vehicle localization using belief theory and kalman filtering," Autonomic Robots, Vol. 19, No. 2 pp. 173 - 191, 2005.

[53] [boukerche 08] A. Boukerche, H. A. Oliveria, E. F. Nakamura, A. A. Loureiro, "Vehicular Ad Hoc Networks: A New Challenge for Localization-Based Systems, Computer Communications, Vol. 31, pp. 2838-2849, 2008.

[54] [mohapatra 04] P. Mohapatra and S. Krishnamurthy, Ad Hoc Networks: Technologies and Potocols, Springer Science and Business Media, Inc., 2004.

◐ 저 자 소 개 ◑

오 선 진

1981년 한양대학교 공과대학(공학사)
1987년 미국 Wayne State University 컴퓨터과학과(이학사)
1989년 미국 University of Detroit 컴퓨터과학과(이학석사)
1993년 미국 Oklahoma State University 컴퓨터과학과(이학박사과정)
1999년 曉聖 Catholic University 전자계산학과(이학박사)
1994년~2000년 선린대학교 컴퓨터정보학과 교수
2000년~현재 세명대학교 정보통신학부 교수
관심분야 : 모바일 멀티미디어, 모바일 컴퓨팅, 무선 인터넷 등

배 인 한

1984년 경남대학교 전자계산학과(공학사)
1986년 중앙대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
1990년 중앙대학교 대학원 전자계산학과(공학박사)
1996년~1997년 Department of Computer Science and Engineering, The Ohio State University(Post- Doc)
2002년~2003년 Department of Computer Science, Old Dominion University (Visiting Professor)
2009년 7월~현재 Department of Computer Science, Old Dominion University (Visiting Professor)
1989년~현재 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
관심분야 : 모바일 멀티미디어, 모바일 컨버전스, 모바일 컴퓨팅, 무선 인터넷 등