
고속도로에서 차량 안전 통신을 위한 거리 계산과 전방충돌사고경보 알고리즘

오상엽*

A Interval Distance Calculation and Forward Collision Warning Algorithm for Vehicle Safety Communications on a Highway

Sang Yeob, Oh*

요약 차량과의 교통사고를 예방하기 위해 다양한 전방충돌사고경보 시스템이 연구되었다. 이를 위해 일반적으로 카메라와 센서 등과 같은 외부 장치를 이용하는 알고리즘으로 전방충돌 위험 경보를 발생시킨다. 하지만 이런 외부 장치를 사용할 경우 안개나 비가 내릴 때 장비 특성에 따른 오차가 발생할 수 있다. 또한, 충돌 위험이 전방에 있는 차량에 대해서만 경보가 발생하는 시스템이기 때문에 연쇄 추돌 사고에 대한 예방은 미흡하다. 이를 차량 안전 통신에 결합하면 연쇄 추돌 사고도 예방할 수 있는 방안이 될 수 있다. 하지만 외부 장치와 차량 안전 통신 프로토콜 간의 호환성 문제가 있다. 그래서 본 논문에서는 무선 통신 기술, 운전자 정보, 제동거리, 속도를 이용한 개선된 전방충돌사고경보 알고리즘을 제안한다. 그리고 제안된 알고리즘과 기존 알고리즘들을 비교 및 분석한다.

주제어 : 차량 안전 통신, 전방추돌경보, 안전 메시지, 고속도로

Abstract Various forward collision warning algorithms have studied in order to protect a car accident. For this, in general, algorithms using an external device such as a camera and sensor generate a forward collision warning. However, if using the external device, it can occur errors due to device characteristics when there is rain or fog. Also, the prevention of a chain-reaction collision is insufficient because the system generates a warning in case of only vehicle having a forward collision danger. If it combines the vehicle safety communications, the method becomes a solution to protect a chain-reaction collision. So, In this paper, we proposes a improved forward collision warning algorithm using the wireless communication technique, driver's information, breaking distance, and velocity. And we compare and analyze our algorithm and previous algorithms.

Key Words : Vehicle Safety Communications, forward collision warning, safe message, highway

1. 서론

전체 교통사고 중 후방충돌로 인한 교통사고는 전체의 약 30%라고 미국과 독일의 통계자료로 보고되었다 [12]. 이러한 사고의 대부분은 운전자의 부주의나 졸음이 원인으로 조사되었다. 연구에 따르면 운전자가 0.5초만 사전에 대응했다면 60%이상의 사고를 방지할 수 있었고, 1초만 사전에 대응했다면 90%이상의 사고를 방지할 수

있었다[16]. 따라서 운전자에게 교통사고 위험을 조금이라도 빨리 알려준다면 사고 위험을 예방 할 수 있으며, 고속도로 인 경우에는 연쇄 추돌 사고와 같은 큰 피해를 예방할 수 있다.

이를 위해 다양한 시스템이 연구되었으며, 일반적으로 카메라와 같은 외부 장치를 이용하여 거리와 속도를 이용하여 경보를 발생 시키는 기법이다. 하지만, 전방에 교통사고 위험을 감지한 차량만 경보를 발생시키기 때문에

* 이 논문은 2012년도 가천대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임(GCU-2012-R182).

*가천대학교 IT 대학 인터랙티브미디어 교수(교신 저자)

논문접수: 2012년 10월 8일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2012년 11월 7일

연쇄 충돌 사고를 예방하기에는 미흡하다. 그래서 차량 안전 통신(VSC)과 결합한다면 더 좋은 예방 시스템을 개발할 수 있다. 차량 안전 통신은 낮은 전송 지연과 높은 메시지 전달 신뢰도를 요구하며[14][15], 차량의 속도가 증가할수록 교통사고 위험이 높아지기 때문에[1], 고속도로에서는 더 낮은 전송 지연으로 후속차량에게 위험을 알려야 하는 특성을 가지고 있다. 이를 위해 많은 안전 메시지 전달 프로토콜 연구가 진행되었다[5][8][11][13]. 그러므로 이러한 차량 안전 통신 기법과 적합한 전방충돌경보 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

그래서 본 논문에서는 추가적인 장치 없이 차량 안전 통신과 호환성 높은 통신 기법을 이용한 운전자 정보기 적용된 전방충돌사고경보 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해 언급하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 제안한 프로토콜과 선행 기법들에 대한 비교 및 분석을 하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 안전 메시지 전달 기법

에드 혹 네트워크의 요구 기반 라우팅 프로토콜에서 사용하는 플러딩(flooding) 방식은 전 방향으로 브로드캐스트 하여 목적지 노드를 탐색한다. 이 경우의 플러딩 기법은 목적지 노드가 어디에 위치하는지 알 수 없기 때문에, 전 방향으로 전달하는 방식을 채용했다. 하지만 고속도로 위에서의 차량 네트워크 같은 경우에는 일정한 방향을 가지고 이동하기 때문에 전방 혹은 후방에 대해서만 고려하면 된다. 만약 후속 차량에게 안전 메시지를 전달한다고 했을 때, 전방에 있는 차량들에게 플러딩이 발생하면 전송 범위에 따라 간섭이 발생하여 정작 수신해야 하는 후방 노드들에서 프레임 충돌이 발생할 수 있다.

그러므로 차량 통신을 위한 방향성을 고려한 플러딩 기법이 필요하다. 이를 위해 ASTM 규격[11]은 사고를 인지한 노드가 안전 메시지를 브로드캐스트하면, 수신한 노드들 중 후방에 위치한 노드들만 주기적으로 다시 브로드캐스트 하는 기법을 제안하였다. 이는 에드 혹 환경에서의 라우팅 프로토콜의 플러딩과 같이 전 방향에 전달하는 방법과는 다르다. ASTM 규격은 전방 차량들의

플러딩 증지로 전체 트래픽을 감소시켰지만, 브로드캐스트 방식이라 송신 노드는 ACK를 수신할 수 없기 때문에 전달한 메시지가 올바르게 수신되었는지는 알 수가 없다. 그래서 주기적으로 메시지를 송신하여 수신율을 높이는 방법을 채택했다. 이는 트래픽 증가를 초래하며, 이에 따라 프레임 충돌 확률도 높아진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 논문 [13]에서는 후방 노드가 재전송 한 메시지를 수신하면 이를 ACK로 인식하여 재전송을 중단하는 방안을 제안하였다.

동일한 위험요소에 대해 다수의 차량 노드가 반응하여 안전 메시지를 동시 다발적으로 브로드캐스트 하는 경우가 발생한다. [3]에서는 이러한 중복된 메시지 전달 및 충돌 확률의 증가 문제를 해결하기 위한 프로토콜을 제안하였다. 이 연구에서는 클러스터링을 사용하여 클러스터 멤버들이 생성하는 다수의 메시지를 하나로 통합하고 이를 클러스터 헤드가 후방에 전달하는 방식을 채택하였다. 이렇게 하면 트래픽을 감소시키는 장점을 가지고 있으나, 클러스터 헤드 선정에 대한 어려움과 고속도로와 같이 밀집도가 낮을 때 오히려 클러스터 관리에 대한 오버헤드가 발생하는 단점이 있다.

[4]는 송신 노드의 이동 벡터와 위치 정보를 이용하여 특정 지점부터 해당 지점까지 긴급 메시지를 수신한 노드들의 거리를 이용해 그룹 헤드를 선택한다. 거리가 가까우면 대기 시간이 짧고, 헤드로 선정되어 후방에 메시지를 전달하면 다른 노드들은 응답하지 않는다.

[7]에서는 이웃 노드의 개수를 주기적으로 수집하여 이를 가우시안 모델에 적용한 백 오프 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 각 노드는 속도를 계산하여 주변 이웃 노드 개수와 함께 헬로 메시지에 담아 주기적으로 브로드캐스트 한다. 그리고 가우시안 모델에 적용하여 t-분포로 이웃노드 개수를 추정하여 이를 백 오프 알고리즘에 적용하였다. 또한 안전 메시지를 전달 할 때, 전과 범위를 넓히기 위해 안전 메시지를 전달할 노드와 송신 노드의 거리가 멀수록 송신할 수 있는 우선순위가 높아지도록 하는 방안을 제안하였다.

[8]은 RSU를 이용한 하이브리드 차량 통신 시스템으로 다음과 같은 3가지의 기능으로 구성된다. 첫째, 멀티 채널을 이용한 이웃 노드 정보 수집과 RVC(Roadside-Vehicular Communication) 시스템과의 통신 기능이다. 채널은 이웃 노드 정보 수집 채널, 데이터 채널, RSU 통신 채널 등 3개의 채널로 구성된다. 수집 채널은 이웃 노

드를 식별하기 위한 정보를 교환하는 채널이고, 데이터 채널은 안전메시지를 전달할 때 사용하는 채널이다. RSU 통신 채널은 이웃 노드의 정보를 중앙 서버에 전달하기 위해 사용하는 채널이다. 둘째, 가우시안 모델에서 t-분포를 이용한 이웃 노드 개수 추정 알고리즘이다. 이는 [7]와 비슷하지만 RSU를 통해 중앙 서버에서 수행하는 것이 다르다. 마지막으로, 가우시안 모델로 추정된 이웃 노드 정보를 이용한 개선된 백오프 알고리즘이다. 백오프 알고리즘에서 경쟁 노드의 개수에 따라 백오프 값의 범위를 조정하여 충돌 확률을 낮추기 위한 방안을 제안하였다.

이러한 안전 메시지 전달 기법들이 사용되는 시점은 교통사고 위험 요소를 인지한 후이다. 그러므로 본 논문에서는 위험 요소를 빨리 인지할 수 있는 전방충돌사고 예측 알고리즘을 제안한다.

2.2 자동차 제동거리

자동차 제동거리는 운전자가 실제로 브레이크를 밟아 제동이 시작한 순간부터 자동차가 멈출 때까지의 거리를 의미한다. 국내 보안기준은 최고 80 km/h 이하인 자동차는 처음 속도 35 km/h에서 14 m 이내에 정지해야 한다고 규정되어 있다. 운전자가 보행자나 위험 요소를 인지하고 정지하기 위해 브레이크를 작동하기까지의 자동차 이동 거리를 공주 거리라고 한다. 이는 브레이크 조작 반응시간(PBRT; Perception-Brake Reaction Time)과 연관되어 있으며 기대되지 않은 조건에서 평균 브레이크 조작 반응시간은 1.1초이며, 85th 백분위수에 해당하는 반응시간은 2.0초로 분석되었다[10].

본 논문에서는 운전자가 위험 요소를 발견했을 때 그에 따른 반응으로 급정거를 하는 상황을 인식하기 위한 방안을 제안하기 위해 제동거리를 이용한다.

2.3 전방충돌사고경보 알고리즘

[2]는 본 논문과 유사하게 운전자의 인지반응과 같은 휴먼 팩터를 반영한 전방차량충돌 경고 알고리즘을 제안하였다. 여기서는 휴먼팩터를 얻기 위해 VR 기반 차량 시뮬레이터를 이용해 운전자 34명을 대상으로 얻은 정보를 적용하였다.

[6]은 일반적으로 사용되는 레이더 센서나 스테레오 비전 센서를 이용하지 않고 하나의 카메라 비전을 이용하여 차선 이탈정보 및 전방차량충돌경보를 제공하는 알

고리즘을 제안하였다.

[9]는 차량 안전 통신에서 사용되는 일반적인 프로토콜에 적용 될 수 있도록 헬로 메시지를 기반으로 한 교통사고 위험 예측 알고리즘을 제안하였다. 여기서는 전방 차량과의 정보를 얻기 위해 앞선 연구와는 달리 카메라나 센서 장비를 이용하지 않고 GPS 정보를 차량 통신으로 수집한다. 이를 위해 먼저 각 노드는 자신의 ID와 GPS 위치 정보를 주기적으로 헬로 메시지에 담아 브로드캐스트한다. 이를 수신한 노드는 자신이 이동하는 방향 벡터를 계산하여 전방 차량의 정보만 수신한다. 그리고 전방 차량이 같은 차선에 있는지 확인하기 위해, 해당 차선에서 전방 차량의 거리를 계산한다. 먼저 자신의 방향 벡터를 통해 각도(θ)를 계산한다. 그리고 자신의 좌표를 중심 좌표 (x_c, y_c)로 놓고 전방 차량의 좌표를 (x_0, y_0)로 놓으면 다음 수식을 통해 차선에서 전방 차량의 거리인 l 를 얻을 수 있다.

$$l = |(x_0 - x_c)\sin(-\theta) + (y_0 - y_c)\cos(-\theta)| \quad (1)$$

여기서 l 의 값은 차선 중점과의 거리가 된다. 이렇게 얻은 거리 l 은 다음 수식으로 전방 차량이 같은 차선에 있는지 판별 할 수 있다.

$$\begin{cases} true, & l < \frac{line\ width}{2} \\ false, & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $line_{width}$ 는 차선의 폭을 의미한다. 즉, l 의 값이 차선의 폭의 중앙에서의 거리의 반 이하이면 같은 차선으로 판별한다. 이렇게 같은 차선에 있다고 판별되면, 헬로 메시지를 수신한 노드는 송신 노드의 위치와 자신의 위치를 다음 수식으로 거리를 계산한다.

$$length = \sqrt{(x_c - x_0)^2 + (y_c - y_0)^2} \quad (3)$$

이렇게 얻은 거리 값을 송신 노드의 ID와 함께 저장한다. 만약 다른 노드의 헬로 메시지를 통해 거리가 더 가까운 차량 정보를 얻으면 저장된 정보를 갱신한다. 이렇게 차간 거리를 계산한 다음 속도를 모니터링 하다가 급

제동에 따른 속도의 변화와 거리의 변화를 감지하여 전방차량 충돌을 예측한다.

3. 전방차량충돌경보 알고리즘

본 논문에서는 다음과 같은 상황을 가정한다.

첫째, 장비에는 무선 통신 장비가 탑재되어 있다.

둘째, 장비에는 자신의 차량 속도 정보와 제동이 시작된 시점과 중지된 시점을 알 수 있다.

셋째, 장비에는 GPS가 탑재되어 있어 자신의 위치 정보를 얻을 수 있다.

마지막으로 운전자 정보를 입력 받아 이를 사용할 수 있다.

3.1 전방 차량과의 거리 계산

전방 차량과의 거리 계산 방법은 일반적으로 차량에 탑재된 GPS 장비 정보를 기반으로 무선 통신만을 이용하여 계산한다. 이 기법은 선행연구인 [9]의 방법을 채택하였다. 이를 사용하기 때문에 2.3에서 해당 알고리즘에 대한 자세한 설명을 기술하였다. 이렇게 계산한 전방 차량과의 거리는 D 라고 놓는다. 여기서 헬로 메시지는 일반적인 안전 메시지 전달 프로토콜에서 사용하는 방법 중 하나이므로 프로토콜 필요에 따라 ID와 GPS 정보 외의 데이터가 추가될 수 있다.

3.2 전방차량충돌경보 알고리즘

고속도로에서 전방에 위험요소가 있을 때 운전자는 급제동을 통해 위험을 회피하려 한다. 제안된 알고리즘에서 가속도는 경고 발생의 중요한 요소이다. 가속도를 계산하기 위해 먼저 제동이 시작되는 시점부터 속도를 감시하다가 일정 수치 이하가 되면 차량 간 거리와 운전자 정보에 따라 교통사고가 위험이 있다고 판단하는 기법을 제안한다.

이를 위해 먼저 제동이 시작된 이후에 T_{user} 시간 동안의 감속도(V_a)를 다음 수식으로 계산한다.

$$V_a = \frac{V_{current} - V_0}{T_{user} - T_0} \quad (4)$$

여기서 V_0 와 T_0 는 각각 제동을 시작하는 시점의 속도

와 시간을 의미한다. 그리고 $V_{current}$ 는 현재 시점의 속도를 의미한다. 여기서 T_{user} 는 제동이 시작된 시점을 기준으로 0.1초 주기로 증가한다. 그리고 전방추돌경보가 발생하기 전에 제동이 중지되면 위험요소가 없다고 판단하고 가속도 감시는 중지된다.

다음으로 [17]나 [6]을 통해 속도에 따른 제동거리를 얻었다고 가정하고 이를 D_b 이라고 놓는다. [2]에 따르면, 남성인지 여성인지에 따라 반응 시간에 차이가 있음을 알 수 있다. 그래서 본 논문에서는 운전자 정보를 남성과 여성 인지의 여부와 고령 여부를 입력 받아 [2]에 있는 unalerted 결과를 반응 시간으로 사용한다. 이 시간($T_{unalerted}$)을 다음 수식에 사용하면 공주거리를 계산할 수 있다.

$$D_f = V_{current} \times T_{unalerted} \quad (5)$$

그러면 다음 수식을 통해 안전거리(D_s)를 계산할 수 있다.

$$D_s = D_f + D_b \quad (6)$$

전방추돌경보가 발생하는 경우는 다음과 같다.

첫째, 계산된 V_a 가 임계치인 $A_{threshold}$ 값 이상인 경우이다. 이 경우는 급제동인 경우를 의미한다.

둘째, 계산된 V_a 가 임계치인 $\frac{2 \times A_{threshold}}{3}$ 값 이 상이고 속도에 따른 안전거리 D_s 와 전방 차량과의 거리 D 에 대한 차이가 0 이하일 경우이다. 이 경우는 급제동을 하더라도 사고가 날 확률이 높은 경우이기 때문에, 가속도의 임계치를 낮춰 더 빨리 안전 메시지를 발생할 수 있도록 한다. 의사 코드는 아래와 같다.

```

begin
  if  $\frac{2 \times A_{threshold}}{3} < V_a$ 
  then
    if  $D_s < D$  or  $A_{threshold} < V_a$ 
    then
      Alarm Generation;
    end then
  end then
end
    
```

4. 제안 프로토콜 분석

4.1 기존 연구와의 비교

일반적인 전방차량충돌경보 시스템에서는 레이더 센서나 스테레오 비전 센서를 이용한다. 하지만 이는 추가적인 비용이 발생하는 단점을 가지고 있으며, 다른 프로토콜과의 표준 호환성을 보장하기가 어렵다. [6]에서는 이러한 단점을 극복하기 위해 하나의 카메라 비전을 이용하였지만, 이 경우에는 날씨가 흐리거나 안개가 있을 경우에는 제 역할을 기대할 수 없다. 본 논문에서 제안한 기법은 기본적으로 무선 통신을 기반으로 하고 있기 때문에, 날씨에 대한 영향이 없다고는 할 수 없으나 카메라 사용 시 안개가 낀 날씨와 같이 수행이 불가능 한 경우는 없다.

본 알고리즘의 선행연구인 [9]와 비교해서 운전자 정보와 공주거리를 적용하였기 때문에 전방충돌경보에 대해 기존 알고리즘 보다 정확도를 높였다고 할 수 있다.

4.2 제안 프로토콜의 장점

기존 연구와의 비교를 통해서 제안된 프로토콜의 장점은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 일반적인 차량 안전 통신에서 사용하는 무선 장비와 GPS 장비외의 하드웨어 장비를 사용하지 않아 추가적인 비용이 없다.

둘째, 장비에 의존적이지 않아 기존 전방차량충돌경보 시스템보다 안전 메시지 전달 프로토콜에 대한 호환성이 높다. 기존 전방차량충돌경보 시스템은 자신의 차량에 대해서만 정보를 알리기 때문에 고속도로에서와 같이 속도가 빠른 경우에서의 연쇄추돌사고를 예방하기는 어렵다. 하지만 메시지 전달 프로토콜에 결합하면 이 문제를 해결하기 위한 방안이 된다.

셋째, 선행연구[9]에서는 운전자 정보 없이 속도를 중심으로 감시하였다. 하지만, [2]에서도 알 수 있듯이 성별과 고령 여부에 따라 반응 시간에 차이가 있음을 알 수 있다. 제안된 기법은 이러한 정보를 이용하기 때문에, 보다 정확한 임계치 값의 조절로 더 정확한 결과를 얻을 수 있다.

넷째, 제동거리에 공주거리를 추가하여 정확도를 높였다. 선행연구에는 공주거리를 고려하지 않았기 때문에, 이 시간만큼 위험 감지 시간에 대한 오차가 발생한다.

5. 결론

본 논문에서는 차량 안전 통신에서 안전 메시지 전달 프로토콜에 사용 할 수 있는 전방충돌경보 알고리즘을 제안하였다. 선행 연구와 마찬가지로 헬로 메시지를 기반으로 알고리즘이 구성되어 있기 때문에, 안전 메시지 전달 프로토콜과의 높은 호환성을 유지한다. 여기에 더하여 사고 예측에 대한 정확도를 높이기 위하여 운전자 정보를 추가적으로 고려한다. 제안된 알고리즘은 기존의 전방충돌경보 시스템과 같이 추가적인 장비가 필요하지 않으며, 날씨에 따른 장비 특성에 대한 문제점에 대해서도 고려하지 않아도 되는 장점을 가진다.

참고 문헌

- [1] 고한검, 이진수, 김지호 (2012), 실시간 차량정보 및 도로교통상황을 고려한 실시간 안전정보 제공에 관한 연구, 대한토목학회논문집 32(4 D), 291-303.
- [2] 권성진, 전지훈, 구태운, 조기용, 서명원 (2005), 휴먼 팩터를 고려한 전방차량 충돌 경고 알고리즘, 한국자동차공학회 2005년도 추계학술대회논문집, 1713-1718.
- [3] 박정서, 박태근 (2010), 고속도로상의 차량간 통신에서 에러에 강한 긴급메시지 전달 기법, 한국통신학회 논문지, 35(12), 1113-1121.
- [4] 박정화, 강문수 (2012), 차량 네트워크를 위한 긴급메시지 브로드캐스트 기법, 한국멀티미디어학회지, 15(3), 372-379.
- [5] 변재욱 · 권성오 (2012). 차량 간 통신 환경에서 효과적인 위험 경고 메시지 전송 방안, 한국통신학회논문지, 37(1), 1-8.
- [6] 이준영, 문승욱, 이경수, 윤병민, 류시복 (2011), 단일 카메라를 이용한 차선 이탈 및 전방 충돌 통합 경고 알고리즘 개발, 구성 및 검증, 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회, 1699-1702.
- [7] 오상엽 (2012), 차량간 통신에서 가우시안 모델을 적용한 백오프 알고리즘, 한국 디지털정책학회 논문지, 10(6), 225-230.
- [8] 오상엽 (2012). 안전 메시지 전달을 위해 가우시안 모델을 적용한 하이브리드 차량 통신 시스템, 한국디지털정책학회, 10(7), 161-166.

- [9] 오상엽 (2012), 고속도로에서 차량 안전 통신을 위한 교통사고 위험 예측 알고리즘, 한국 디지털정책학회, 10(9), 319-324.
- [10] 이수범, 김원철, 홍다희, 오동섭 (2002), 차량주행속도에 따른 운전자 인지반응시간 연구, 대한토목학회 논문집, 22(6), 1105-1116.
- [11] ASTM E2213-03 (2003), Standard Specification for Telecommunications and Information Exchange Between Roadside and Vehicle Systems - 5 GHz Band Dedicated Short Range Communications (DSRC) Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, ASTM International.
- [12] Erez Dagan, Ofer Mano, Gideon P.Stein, Amnon Shashua (2004), Forward Collision Warning with a Single Camera, 2004 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 14-17.
- [13] S. Biswas, R. Tatchikou, F. Dion (2006), Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety, IEEE Communication Magazine, 74-82.
- [14] T. Hasegawa et al. (2004), A Concept Reference Model for Inter-Vehicle Communication (Report2), Proc. Of IEEE ITS 2004, 810-815..
- [15] W. Chen, S. Cai (2005), Ad hoc Peer-to-Peer Network Architecture for Vehicle Safety Communications, IEEE Communications Magazine, 43(4), 100-107.
- [16] Xiangjing An, Mo Wu, Hangen He (2006), A Novel Approach to Provide Lane Departure Warning Using Only One Forward-Looking Camera, Collaborative Technologies and Systems.
- [17] <http://forensicdynamics.com/stopping-distance-calculator>, Stopping (Braking) Distance Calculator.

오 상 엽



- 1991년 2월 : 광운대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사)
- 1999년 2월 : 광운대학교 대학원 전자계산학과 (이학박사)
- 2007년 2월 ~ 현재 : 가천대학교 IT 대학 인터랙티브미디어학과 교수
- 관심분야 : 버전관리, 형상관리, 음

성/음향 신호 처리, 차량 통신

· E-Mail : syoh@gachon.ac.kr