

ASV를 위한 차량탐재용 거리계측기술

Distance Measurement Systems Implemented for ASV

장 경 영
K. Y. Jhang



장 경 영
· 정회원
· 1960년 8월생
· 한양대학교 정밀기계공학과 교수
· 정밀계측 및 신호처리

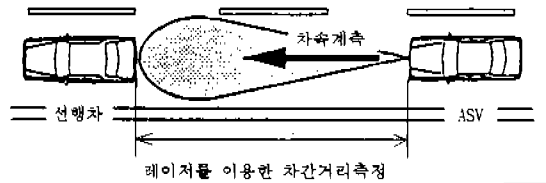


Fig.1 전방차량과의 차간거리계측

1. 머리말

최근 자동차의 안전성을 한층 강조하는 ASV 개념의 도입이 보편화되면서 이를 구현하기 위한 여러가지 기능들이 고안되어 지고 있는데, 그 중에서도 충돌경보 및 회피기능, 야간보행자 검지기능, 후측방 장애물검지기능, 차간거리 일정유지 제어기능 등에 있어서 공통적으로 주행 중 거리계측이 필요하다^{1),2)}. 특히 고속주행시 충돌에 의한 사고나 야간보행자 충돌사고는 교통사고 사망률이 매우 높은 사고유형으로서 이를 미연에 예방하려는 기능은 ASV기술에서 크게 중요시되고 있는데, 이들 기능을 구현하기 위해서는 역시 전방차량 또는 전방 장애물 및 후측방 차량, 그리고 도로횡단 보행자등에 대한 위치 인식이 선행되어야 할 것이다. Fig.1, Fig.2, Fig.3, Fig.4는 이러한 기능의 개념도

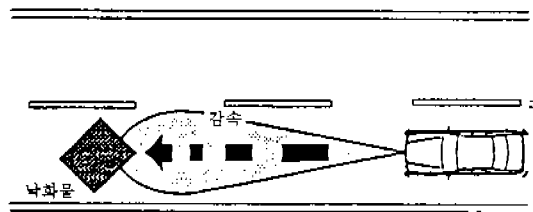


Fig.2 전방장애물과의 거리계측

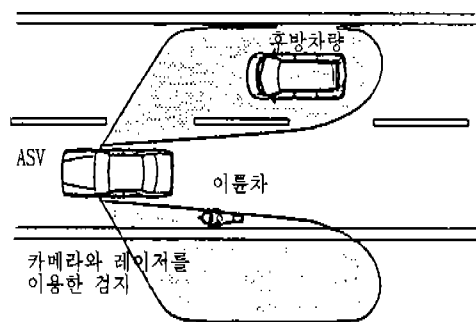


Fig.3 후측방차량 검지

를 보여준다. 이렇듯 차량의 주행 중 거리계측기술은 ASV를 구축하는데 있어서 하나의 공통기반 핵심기술이라 할 수 있다.

그런데 모든 계측기술이 그렇듯이 이 경우에 있어서도 계측대상이나 거리측정범위 및 사용 환경에 따라서 여러가지 형태의 거리계측기술이 가능하다. 본고에서는 가능한 거리계측 기술에 어떤 것이 있으며 각각의 특징과 문제점에 대하여 최근 연구 개발되고 있는 기술을 중심으로 고찰해 보기로 한다.

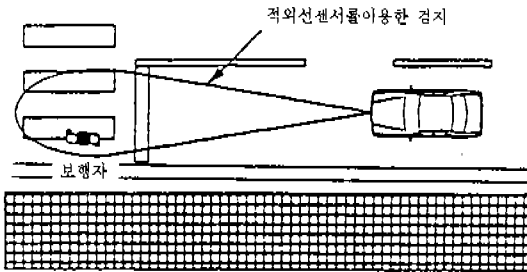


Fig.4 보행자 검지

특히 차간 거리계측을 위한 레이저 레이다 기술은 많은 연구가 진행되어져 선진국에서는 실용화단계에 진입해 있는 반면 국내에서는 아직 많은 부분이 연구단계에 머물러 있거나 선진국의 기술을 모방하는 수준에 머물러 있는 실정이므로 이번 특집호를 계기로 연구기관뿐만 아니라 산업계에서도 보다 더 원천적인 기술개발에 노력을 기울이게 되는 기회로 삼을 수 있게 되기를 기대하며 극히 일부분의 아이디어라도 제공할 수 있다면 저자로서 더할 나위 없는 보람이다.

2. 거리계측수단의 종류 및 특징

차량에서 전방차량이나 장애물 또는 보행자와의 거리를 검출하기 위한 수단으로 일반적으로는 파동이 이용되어 지는데, 계측범위, 사용환경등에 따라 크게 초음파, 밀리파, 레이저, 비전 등으로 분류할 수 있으며 각각의 특징을 기존 제품을 비교하여 요약하면 Table 1

Table 1 거리 검출을 위한 수단별 특징비교

종 류 항 목	초음파	밀리파	레이저
측정 거리	근거리(10m 이내)	중장거리(10m~100m)	
파면 확산	크 다 (지향각 15° 내외)	보 통 (지향각 2°~4°)	작 다 (지향각 1°~1.5°)
확산 방지 대책	송수신기의 Array 구성 (부피증대, 신호처리량 증대)		광학 Lens 이용 (부피가 작고 처리가 간단)
인체에 대한 위험성	없 음	거의 없음	인체에 무해한 허용출력의 제한은 있으나 근적외선대역을 사용할 경우 허용 출력 범위 내에서 계측상 별다른 문제는 없다.
나쁜 기상조건 (안개, 우천)에서의 성능	양 호	양 호	근거리로 제한됨
가 격	저 가	고 가	보 통
부 피	소 형	크 다	보 통

과 같다.

2.1 초음파를 거리계측수단으로 이용할 때의 특징³⁾

초음파는 공기 중에서의 감쇠가 커서 측정 범위가 비교적 짧은 10m 이내에 거리 측정에 유효하며, 확산이 큰 편이나 이는 오히려 큰 거리의 넓은 영역을 검지영역으로 할 수 있으므로 유용한 특성이라 할 수 있다. 또 안개, 우천시등 기상조건외 악화에 크게 영향을 받지 않으므로 후측방 장애물, 사각지대 장애물, 주차시 차량주변에 대한 거리측정등에 있어서 효과적이다. 단, 센서에 흙먼지와 같은 이물질이 부착되면 송수신 성능이 현격히 저하되기 때문에 센서를 오물로부터 보호하는 궁리가 필요하다. 이러한 초음파를 이용한 센서로서 이미 Back SONAR(SOUND NAVIGATION and RANGING)가 실용화되어 있다.

2.2 레이저를 거리계측수단으로 이용할 때의 특징^{4)~9)}

레이저는 직진성이 뛰어나고 파장이 매우 짧아 거리와 방위 측정분해능이 우수하며 인체에 무해한 출력범위내에서 100m 까지도 측정할 수 있으므로 전방차량이나 근접하는 후측방 차량, 야간 보행자등을 검출하는데 사용할 수 있다. 또한 센서의 부피가 작고 경량이며 펄스반사법을 이용할 경우, 신호처리도 매우 간단하여 전체적인 시스템의 구성이 자동차 탑재용으로 용이한 잇점이 있어 최근 많은 실용화개발이 이루어지고 있다. 이러한 용도의 레이저 거리계측기를 통칭 차량탐재용 레이저 레이더라고 부른다. 사용되는 파장대역은 900nm 전후의 근적외선 대역이 많이 사용되는데, 이는 자동차탐재에 용이한 소형, 고효율 레이저 발진 디바이스인 다이오드 레이저소자가 아직 근적외선 대역까지

밖에 실용화되어 있지 않기 때문이다. 단, 이 레이저 레이더는 안개, 우천시등 기상조건외 악화에 매우 민감하여 특히 짙은 안개시에는 측정가능 거리가 대폭 감소한다는 것과 센서부의 오물부착에도 매우 민감하다는 것이 단점이라 할 수 있다. 또한 인체의 시각장애를 일으키지 않는 허용출력을 규격으로 제한하고 있는데, 근적외선인 경우 허용출력범위내에서의 실용상 문제는 없다.

2.3 밀리파를 거리계측수단으로 이용할 때의 특징¹⁰⁾

밀리파를 이용한 거리계측은 흔히 전파레이더라 불리는 탐색장치와 원리는 동일한데, 측정가능 거리는 레이저보다 비교적 먼거리까지 측정할 수 있어 주로 전방차량과의 거리계측에 효과적이다. 사용하는 파장대역은 주로 mm의 파장대역(주파수:30~300GHz)으로, 이는 cm 이상의 파장대역을 갖는 일반전파에서 보다 확산이 적고 따라서 불필요한 반사로 인한 오동작이나 간섭문제가 저감될 수 있으며, 통신의 혼란을 야기시키지 않는 파장대역이기 때문이다. 바람직한 빔폭은 2.5°~4°로 되어 있으며, 송출 파워는 감지거리 사양과 수신부의 S/N비에 크게 의존하는데 다른 무선설비에의 영향, 코스트 등을 고려할 때 10mW 이하가 바람직하다. 또한 밀리파는 레이저에 비하여 안개, 우천시등 기상조건외 악화에 거의 영향을 받지 않고 대상물의 표면형상이나 색 등의 영향을 거의 받지 않는다. 그리고, 초음파에 비하여는 공기난류의 영향이 작은 특징이 있으며, 도플러 주파수변위가 큰 경우에는 상대속도 측정의 정도가 우수하다는 장점이 있다. 그러나 차량탐재용으로 적합한 소형의 안테나로는 샤프한 빔이 형성되지 않으므로 레이저에 비하여는 확산이 커서 고정도의 방위분해능을 달성하기 어렵다. 이러한 단점을 극복하기

위해서는 배열 안테나 신호처리등의 기법이 필요하며, 따라서 신호처리량이 증대하므로 이를 실시간에 처리하기 위한 H/W추가 등 전반적으로 제조단가가 아직까지는 고가인 점이 앞으로 해결해야 할 과제라 할 수 있다. 또 밀리파는 현재 전파법의 규제에 따라 일반 이용이 용이하지 않으나 가까운 장래에는 관계법의 개정에 의하여 이러한 규제는 해제되리라 예상된다.

밀리파는 일찍부터 자동차용 레이다로서의 연구가 진행되어 왔는데, 최근 실용성이 높아지고 자동차용 레이저 레이다와 함께 유망시되고 있다. 유럽과 일본에서는 레이저레이다의 연구가 활발한 반면 밀리파 레이다의 연구는 미국에서 활발하다. 이는 이전부터 군사기술로 연구해 오던 것을 민수용으로 전용하려고 하는 미국 클린턴 정부의 행정방침의 결과라 할 수 있다.

그러나 밀리파와 근적외선 레이저는 모두 전자파이며 양자의 차이는 파장뿐이다. 따라서 양자의 성능 차이도 본질적으로는 파장의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 장래에는 성능뿐만 아니라 안전성, 코스트면에서 밀리파 레이다와 레이저레이다에 있어서 큰 차이는 없을 것으로 생각된다.

2.4 비 전²⁾

한편 이들 이외에도 최근 비전 기술을 이용한 거리계측이 시도되어 지고 있는데, 화면상의 특정물체까지의 거리 또는 이동속도 등의 정보 뿐만 아니라 다른 방법과 달리 물체의 형상을 인식할 수 있다는 점에서 전방 차량, 후측방 장애물, 보행자인식등에 폭 넓게 이용할 수 있다는 점이 큰 특징이라 할 수 있다. 단, 비전 역시 레이저에서와 마찬가지로 안개등의 악천후에 민감하며 차체 진동에 따른 카메라 흔들림으로부터 화상의 연속성을 보호하는 것과 다량의 데이터를 실시간

에 처리하여야 하고 이에 따른 경비상승이 아직까지는 해결해야 할 과제로 남는다고 할 수 있다.

3. 거리계측방식

차량탐재용 거리계측방식으로 탐색용 신호를 내보내고 이것이 물체로부터 반사되어 되 돌아오는 신호를 수신하는 이른바 액티브탐색 방식이 필요하다. 이 때, 송신신호의 형태에 따라 크게 펄스법과 연속파법으로 나뉘어지고, 또 연속파법은 변조방식에 따라 진폭변조, 주파수변조로 나뉘어진다. 이들은 모두 초음파, 레이저, 전파등 대부분의 파동에 적용할 수 있으나 요구분해능과 코스트등을 고려하여 적절한 수단과 방식을 조합시켜야 할 것이다. 참고로 현재 실용화되었거나 앞으로 가능성이 있는 것으로 예상되어지는 것은 차량용 초음파 거리측정에는 펄스시간차방식이, 레이저 거리측정에서는 펄스시간차와 진폭변조방식, 한편 밀리파에서는 펄스시간차와 주파수변조방식이다.

다음에 이들 방식별 원리를 소개하고 각각의 특징에 대하여 고찰해 보고자 한다. 한편 비전에 대하여는 위 방식들과 접근방식이 완전히 다르므로 뒤에서 소개하기로 한다.

3.1 펄스시간차 방식^{4)~9)}

이 방식의 원리는 매우 간단하여, Fig.5에

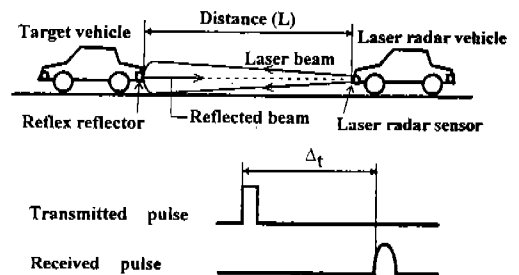


Fig.5 펄스시간차에 의한 거리 계측의 원리

보이는 바와 같이 펄스상의 신호를 송신하고 이것이 물체에서 반사되어 되돌아오기까지의 왕복시간차를 측정하여 다음과 같은 관계로부터 거리를 구하는 방식이다.

$$L = \frac{c\Delta t}{2} \quad (1)$$

여기서 L : 거리, c : 전파속도, Δt : 펄스의 송수신시간차 이다.

이 방식은 원리가 간단하고 계측 시스템의 구성도 콤팩트하게 할 수 있어 자동차 탑재용으로 많은 장점이 있다. 그러나 이 방식에서는 거리 계측의 정도(精度)가 Δt 의 측정 정밀도에 크게 의존하게 되는 점에 주의하여야 한다.

시간차 측정의 가장 손쉬운 방식은 Fig.6에 보이는 바와 같이 송수신 펄스 시간차에 해당하는 게이트 신호를 만들어 두고 이를 Counter를 이용하여 기준 Clock의 개수를 세는 것이다.

이 때 시간차 측정 분해능은 Counter의 기준 Clock 주파수에 의존하게 될 것이다. 구체적으로는 Counter의 Clock 주파수를 f라 할 때 거리측정 분해능 ΔL 은 다음과 같이 주어지게 된다.

$$\Delta L = c/2f \quad (2)$$

따라서 분해능을 높이기 위해서는 고분해능 Counter를 사용하는 것이 바람직하다. 이것은 초음파를 공기중에서 이용할 때와 같이 전파속도가 매우 느린 경우에는 크게 문제가 되지 않지만, 레이저나 전파의 경우에는 그렇지 않아서 1m의 거리분해능을 얻기 위해서는 광속도를 3×10^8 m/s로 할 때 150MHz의 Counter 분해능이 필요한 것이다.

그러나 고분해능 Counter를 사용할 경우

코스트상승 문제도 대두되므로 분해능을 높이는 데에는 필연적인 제한이 따르게 되고 이를 극복하기 위한 방법도 고안되고 있다. 대표적으로 평균을 이용하는 것인데, 즉 일정 시간 간격동안에 얻어진 데이터의 평균을 얻는 것으로 N회의 평균에 의하여 $N^{1/2}$ 의 정밀도향상을 얻을 수 있다. 그러나 이것은 이론상 기대값이며 실제의 거리정보는 연속적으로 변화하므로 평균횟수가 많아지면 그 만큼 실시간 정보의 획득에 손실을 가져오게 된다. 이를 극복하기 위하여 이동평균법이 이용된다. 그러나 근본적으로 Counter를 이용하는 방법에서는 상용 Counter의 제한된 분해능에 영향을 받는 것을 피할 수 없다. 이런 측면에서는 본인은 최근 Counter를 사용하지 않는 방법에 대하여도 연구 되고 있다^{11)~12)}.

한편 Fig.6에서와 같이 송수신 신호간 시간차를 구하기 위해서는 수신신호에 적당한 레벨의 threshold를 걸어 이를 디지털화 해야 하는데 이 때 수신 진폭의 크기에 따라서 threshold가 걸리는 시점이 작으나마 달라지기 때문에 시간차의 정확한 정의가 어렵다. 특히 시간측정오차에 민감한 레이저나 전파를 이용하는 경우에 있어서는 이러한 thresholding error가 심각한 오차요인이 될 수 있다.

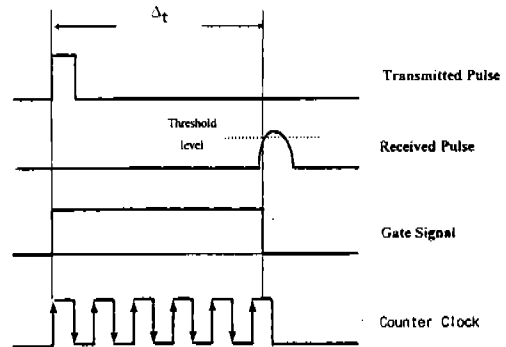


Fig.6 카운터를 이용한 시간차 측정

3.2 연속파 진폭변조 및 위상복조 방식

이 방식은 Fig.7에 나타난 바와 같이 송신 신호를 $f_0(=\frac{1}{T})$ 의 비교적 낮은 주파수로 진폭변조시키고 송수신신호 사이의 위상차를 검출하는 방식이다. 여기서 위상차는 저주파수인 변조신호 사이의 위상차이므로 레이저나 전파에서와 같이 매우 짧은 시간차도 변조신호의 주파수를 적절히 선정함에 따라 측정하기 쉬운 만큼의 위상차로 할 수 있다. 예를 들면, 레이저나 전파를 이용할 때 10m의 거리에 해당하는 시간차는 약 67nsec인데, 1MHz의 변조파를 이용할 경우 위상차는 약 24degree가 된다. 수 degree의 위상차는 어렵지 않게 검출할 수 있는 양이다. 초음파를 이용하는 경우에 있어서는 매우 높은 정밀도가 요구되지만 않는다면 굳이 이와같은 방법을 사용할 필요는 없다.

여기서 위상차를 구하는 방법을 소개하기로 한다. 우선, 송수신 변조신호를 각각 E_t , E_r 로 표현하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$E_t = A_t \cos \omega_0 t \tag{3}$$

$$E_r = A_r \cos(\omega_0 + \Delta\phi) \tag{4}$$

여기서 A_t , A_r 은 각각 송수신 신호의 진폭이고 ω_0 는 $2\pi f_0$, $\Delta\phi$ 는 거리차에 상응하는

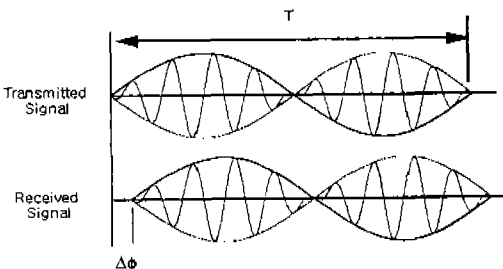


Fig.7 연속파 진폭변조에 의한 거리 계측원리

위상차이다.

그리고 수신신호에 대하여 Fig.8과 같은 처리를 해주면, 결국 위상차 $\Delta\phi$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$\Delta\phi = \tan^{-1} \frac{d_2}{d_1} \tag{5}$$

이 과정이 위상복조과정이다.

그러면 최종적인 거리는 이 위상차정보와 변조파의 파장으로 부터 다음과 같이 얻어지게 되는 것이다.

$$L = \frac{\Delta\phi}{2\pi} \frac{\lambda}{2} \quad (\lambda: \text{변조파의 파장}) \tag{6}$$

이와같은 진폭변조와 위상복조를 이용하는 방식은 위상복조까지가 아날로그상태로 H/W적으로 처리가능하므로 Counter방식에서와 같은 디지털화에 있어서의 오차요인을 피할 수 있으며, 측정정밀도를 높일 수 있다. 또한 레이저 측정인 경우에는 펄스신호방식과 달리 송신 에너지가 커서 펄스방식에서는 측정이 곤란해지는 먼거리를 측정할 수 있는 등 측정성공률을 높일 수 있다. 그러나 연속사용으로 인한 레이저 발진 변환기의 온도상승이나 열화축진동의 문제가 있다. 초음파나 전파에 있어서는 온도상승이나 변환기열화 등의 문제는 거의 무시할 수 있다.

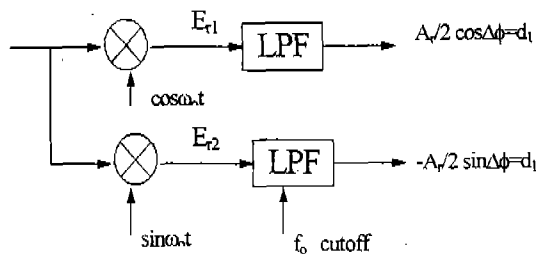


Fig.8 위상복조의 원리

3.3 연속파 주파수변조 방식¹⁰⁾

이 방식은 밀리파를 이용할 때 사용되는 방식으로 거리정보와 대상물의 상대속도를 동시에 측정할 수 있다. 그 측정원리를 Fig.9에 나타낸다.

센서에서 방사되는 고주파의 송신신호는, 변조주파수는 f_0 , 변조반복주파수 f_m , 주파수 편이 ΔF 로 주파수변조된다. 대상물에 의한 반사신호는 거리에 따른 시간지연과 함께 상대속도에 따른 도플러시프트에 의해 주파수가 변화되어 수신된다. 이 때 송수신신호를 믹서로 mixing시키면 비트(beat)신호를 형성하게 되는데, 비트신호의 주파수 f_b 는 상대거리 R , 상대속도 V 를 이용하여 다음식과 같이 표현할 수 있다.

$$f_b = \frac{4\Delta F}{c} R \pm \frac{2f_0}{c} V \quad (7)$$

여기서 c 는 광속도이다.

이로부터 상대거리와 상대속도를 추정할 수 있는데, 실제로는 송신신호주파수가 상승하는 구간의 비트주파수 f_{up} 과 송신신호주파수가 하강하는 구간의 비트주파수 f_{dn} 을 조합하여 다음과 같이 계산한다.

$$R = \frac{c}{2\Delta F f_m} (f_{dn} + f_{up}) \quad (8)$$

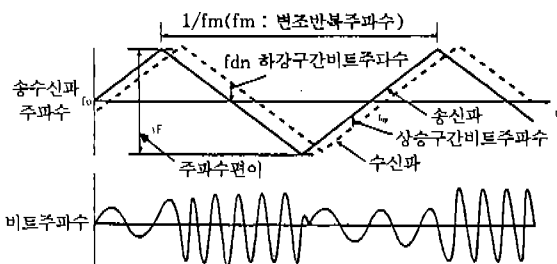


Fig.9 주파수 변조방식의 원리

$$V = \frac{c}{f_0} (f_{dn} - f_{up}) \quad (9)$$

이 방법을 이용하면 검지영역내의 복수 물체를 인식할 수도 있게 된다.

그러나 고정도의 시스템을 실현하기 위해서는 비트신호의 주파수를 정확히 알아내는 것이 필요하고, 따라서 FFT 주파수분석을 이용할 때 데이터의 관측시간이 유한하므로 주파수성분해능에 대하여 충분히 검토하여야 한다. 즉, 주파수분해능은 관측시간의 역수에 해당되므로 주파수분해능을 높이기 위하여 관측시간을 길게하면 FFT의 데이터 양이 증대되고 연산시간의 증대가 문제가 되므로 현실적이지 않다. 이보다는 간단한 벡터연산이 사용된다. Fig.10은 비트신호의 주파수분포 중에서 피크 주변의 위상정보를 이용하여 내삽법에 의해 주파수를 고정밀도로 추정하는 원리를 나타낸다.

이상에서 본 바와 같이 주파수변조법은 매우 특징적인 장점도 가진 반면 타 방법에서와 달리 신호처리의 부담이 상당히 크다고 할 수 있으며, 실시간 처리가 요구되므로 DSP등 전용의 신호처리장치가 필요하다.

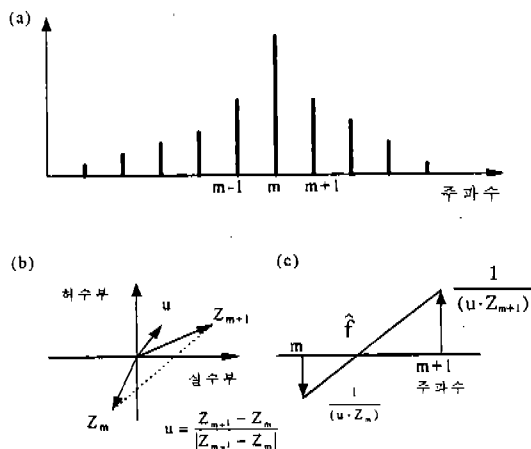


Fig.10 FFT 결과의 위상정보를 이용한 피크 주파수의 정밀추정

4. 비전을 이용한 거리계측^{13)~17)}

현재 ASV기술에 적용되고 있는 비전 시스템은 크게 무인차량의 도로주행을 목적으로 하는 도로와 장애물 인식부와 운전자에게 안전주행을 위한 정보를 제공하는 부분과 도로환경을 감지하는 교통흐름(traffic flow) 부분으로 나누어진다. 이중 거리계측은 모든 부분에 해당한다.

비전을 이용하는 경우 3차원 공간상에 존재하는 물체를 2차원 평면에 투영된 영상으

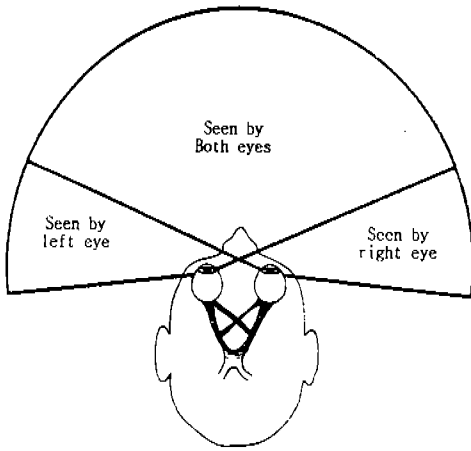


Fig.11 인간의 시각형성

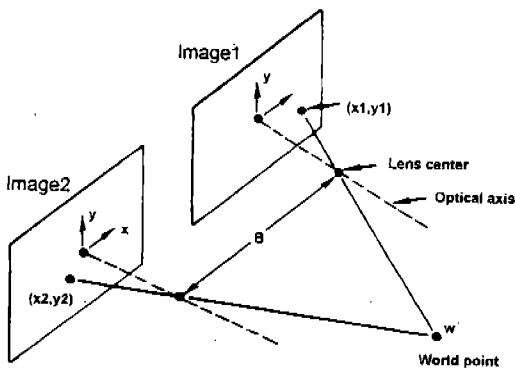


Fig.12 컴퓨터 비전의 영상형성 (Stereo image processing)

로 처리하는 것이므로 카메라에서 얻어진 영상과 실제 공간상과의 차이가 존재한다. 따라서 이 공간상의 좌표와 투영된 영상좌표간에 관계를 나타내는 parameter를 구하여 2차원 영상에서 3차원의 위치 data를 얻어내는 카메라 calibration이 중요하다. 카메라 calibration은 mono-vision과 stereo-vision과 active calibration등 으로 나눌 수 있다. 일반적으로 차량에 탑재되는 카메라는 차량의 진동과 도로의 굴곡에 의해 끊임없이 움직인다. 또한 현재의 hardware의 처리 속도와 가격에 따른 효율성에 따라 차량에 이용되는 카메라의 숫자와 이용목적을 조정해야 하며 이에 따른 시스템구성을 달리하여야 하고 시스템에 맞는 calibration을 해야 한다. 이렇게 구해진 3차원 data에 의해 인식된 차량과 카메라간의 거리가 구해진다.

차량의 인식은 단순히 차량의 2진화 edge

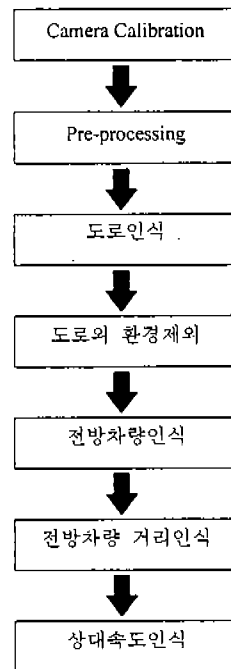


Fig.13 비전을 이용한 차간거리계측 흐름도

를 추출하여 인식하는 단계에서 correlation 이나 Neural Network을 이용하여 실시간 처리에 적용하기 위한 방법 등이 개발되고 있다. 결국 구해진 거리를 일반적으로 알려진 처리방법으로 차량간의 상대속도와 같은 속도 data로 변환하여 장애물이나 전방차량과의 충돌을 회피하는 정보나 auto cruise system의 factor로 사용한다. 따라서 이런 차량거리 측정의 핵심은 실시간에 2차원 data를 3차원의 실제 data로 복원하는 능력에 달하고 있다고 할 수 있다.

5. 고찰과 향후전망

본고에서는 ASV기술에서 필요하고 또한 중요한 핵심기술인 차량탐재용 거리측정기술에 대하여 현재 실용화되어 있거나 실용가능성이 있는 기술을 수단과 방식으로 나누어 각각의 원리와 특징에 대해 소개하였다. 수단으로서는 초음파, 레이저, 밀리파를 제시하였으며, 방식으로는 펄스시간차방식, 진폭변조 및 위상복조방식, 주파수변조방식을 소개하였다. 또한 비전은 이들과는 측정원리와 신호처리가 매우 상이하고 본 특집에서 별도로 상세히 소개될 것이기 때문에 간략히 소개하였다.

이와 같은 여러 가지 방법들은 각각이 나름대로의 특징을 가지고 있어 측정대상, 환경, 측정범위, 코스트등 필요사항에 적합한 수단과 방식을 선택하여야 하는데, 현재 실용화되어 있는 것은, 초음파의 경우 근거리 장애물이나 사각내 물체의 인식용으로 개발된 Back SONAR에서 펄스시간차법이다. 레이저의 경우에는 전방차량이나 전방보행자, 또는 후측방 차량등의 상대거리측정용으로 레이저레이다가 개발되었으며 주로 펄스시간차법이 이용되고 있고 일부에서 진폭변조 및 위상복조방식이 이용되고 있다. 밀리파에서

Table 2 초음파의 펄스반사를 이용한 거리측정의 일반사항⁶⁾

공칭 주파수	20kHz~40kHz
감도(dB)	-67 이상
음압(dB)	100 이상
지향성(deg)	50°~100°
사용온도 범위(℃)	-30~+85℃
검지거리(m)	0.2~6
분해능	10mm 내외

Table 3 레이저 레이더의 일반사항

송신 방식	펄스 방식
레이저 파장	900nm 내외의 근적외선
송신 출력	피크파워 12~20W
빔 확대각	1.5° 이하
펄스폭	100nsec 이하
펄스반복 주파수	500Hz~7kHz
검지 거리	1~10m
거리 분해능	0.1~1m
거리 오차	±2m 이하
작동 온도범위	-20°~70℃

Table 4 밀리파 레이더의 일반사항

레이더 방식	FM-CW
레이더 주파수	50GHz~80GHz
빔 지향각	2°~4°
송신 출력	10mW 이하
탐지 거리	3m~100m 이상
거리 오차	5% 이하
복수 target의 분리 인식 거리	5m

는 주로 전방차량의 상대거리 측정용으로 개발되고 있는 밀리파레이더에서 주로 주파수 변조방식을 이용하고 있다. Table 2, Table 3, Table 4는 여러문헌에 제시된 이들의 일반적인 성능을 최고사양과 최고사양을 중심으로 모아 본 것이다.

그러나 어떠한 방식을 선택하더라도 차량에 탑재되어 동작하여야 한다는 기본전제조건으로부터 구속되는 사양이 있다. 그것은

차종에 관계없이 탑재될 수 있는 범용성기술이어야 하고, 자동차배터리를 전원으로 이용해야 하는 것과 자동차의 운행중 진동동에 의하여 여러 가지 잡음이 혼입되기 쉬우므로 잡음저감에 대한 대책이 강구되어야 한다는 점, 그리고 나아가 소비전력의 저감, 소형 경량화, 저가격화등이 향후 과제라 할 수 있다.

그러나 무엇보다도 중요한 것은 한 번의 오동작이 큰 사고와 직결될 수 있으므로 충분한 신뢰성의 확보가 실용화의 최대 관건이라 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Tsuneo Nakashima, "21世紀に向けた先進安全自動車(ASV)研究開発の推進", 自動車技術 Vol.47, No.12, pp.26-30, 1993.
2. 實吉敬二, "衝突しない自動車", 自動車技術 Vol.48, No.3, pp. 76-78, 1994.
3. 丹羽登著, "超音波計測", 昭晃堂, 1981.
4. Tetsuo Teramoto et al, "レーザーレータ", 富士通テン技報, Vol.6, No.1, 1988.
5. Shigeru Hirayama et al, "自動車用車間距離警報装置", 日野技報 NO.44, NOV. 1992.
6. Itsuro Mutamoto et al, "レーザーレータの追突警報装置への應用", 日産技報 NO.27, JUN. 1990.
7. Makoto Hirano, "Development of Vehicle-Following Distance Warning System for Trucks and Buses", IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, Ottawa-VNIS'93, 1993.
8. Tohru Yasuma et al, "大型トラック用追突警報装置", 自動車技術(日), Vol. 43, No.2, 1989.
9. Yukio Ogawa et al, "レーザーレータを用いた大型トラックの被追突警報装置の開発", 自動車技術會 論文集(日), Vol.23, No.3, 1992.
10. Yasuhiro Fujita, 외, "ミリ波レータによる衝突防止装置", 自動車技術, Vol.48, No.1, pp.37-42, 1994.
11. K.Y.Jhang, et. al., "A Novel Method for Distance and Relative Velocity Measurement in Real-End Collision Warning System", SAE Technical paper 960228, 1996.
12. Norihiro Tamiya, 외 "車載用レーザーレータのサンプリング 信號處理方式による 反射波形 検出", 自動車技術會論文集, Vol.26, No.1, pp.98-101, 1995.
13. Dean A. Pomerleau, "Neural Network Perception for Mobile Robot Guidance", Kluwer Academic Publishers, 1993.
14. Rafael C. Gonzalez et al, "Digital Image Processing" ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1992.
15. Andrew S. Glassner, "PRINCIPLES OF DIGITAL IMAGE SYSTHESIS", MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, 1995.
16. T. Zimmermann et al, "VECTOR-A Vision Enhanced/Controlled Truck for Operational Research", SAE Technical paper 942284, 1994.
17. Toru Ikeda et al, "Vehicle Detection For Traffic Measurement Using Edge And Background Image", Proceeding of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems '95 YOKOHAMA, pp.206-211, 1995.
18. (株)村田製作所, "空中超音波 センサ Application Manual", cat. No.S15