

<논 문> SAE NO. 96370051

적응적 고차 상관 처리를 이용한 차량의 주행 궤적 검출법

Vehicle Tracing Method Using Adaptive High Order Correlation Analysis

장 경 영,* 오 재 응,** 佐藤拓宋***
K. Y. Jhang, J. E. Oh, T. Sato

ABSTRACT

Vehicle movement detection by high order correlation analysis of optical sensor array signals is introduced. The optical sensors observe the road which is assumed to be a non-uniform speckle-like texture. The measurement system is applicable to general robotic movement detection because : 1) It employs a non-contact measurement method, 2) The system can be made very compact, and 3) It enables approximation of the movement trace with a sequence of arcs instead of the conventional connection of simple line segments. In this work, we have looked into estimation of running trace of an autonomous vehicle by observing the ground pattern.

주요기술용어 : Vehicle Tracing(차량 주행 궤적 검출), High Order Correlation Analysis(고차 상관 해석), Optical Line Detector(광학적 검출기), Adaptive Signal Selection(적응적 신호 선택)

1. 서 론

차량의 주행 항법장치나 무인 자율주행 차량 또는 자율 이동 로봇 등에 있어서 이동 궤적의 검출은 필수적이다. 이러한 주행 궤적을 검출하기 위하여는, 일반적으로 순간적인 주행속도와 진행방향을 축자적으로 검출하여 이로 부터 궤적

을 추정하는 방법이 이용되어져 왔으며, 이를 위하여 종래에는 타코미터, 2차 상관법¹⁾, 공간 필터법²⁾ 등과 같은 속도 계측 수단과 스티어링 각도 검출기, 자이로³⁾ 등의 회전각 검출 수단을 병용하여야 했다.

또한, 이 방법에서는 기본적으로 궤적을 짧은 구간 간격의 직선의 조합으로 근사하여 검출하게 되므로, 회전 또는 굴곡이 있는 궤적의 경우 계측 정도를 높이기 위해서는 계속 구간을 그 구간 내의 궤적이 직선에 근사될 수 있을 정도로 짧게 하여야 한다.

* : 정희원, 한양대학교 정밀기계공학과
** : 정희원, 한양대학교 자동차공학과
*** : 일본 동경공업대학

이에 반하여 본 논문에서는 복수개의 광 선 검출기군(光線檢出器群)과 이에 대응한 고차의 상관처리를 이용한 단일계로서 차량의 임의의 궤적을 원호로 근사하여 검출함으로써 곡선궤적인 경우에도 고정도의 궤적추정이 가능한 새로운 계측법을 제안한다.

또한, 검출신호가 스파이크적으로 나타나는 노면상의 강한 휘점(輝點)의 정보는 상관함수 추정 의 정도면에서 매우 유효한 정보이므로 이와 같은 신호를 판단하여 적극적으로 이용하기 위한 검출신호의 적응적 선택 기능의 실현 방법에 대해서도 논한다.

2. 기본원리

2.1 원호궤적의 검출

계측원리를 설명하기 위하여 Fig.1에서 보인 바와 같이 선 검출기군을 장착한 차량이 일정한 각속도 ω_R 로 회전하고 있는 경우를 생각한다. 그리고, 차량의 궤적을 임의로 선정된 기준점 O_R 의 궤적으로서 나타내는 것으로 하면, 이 궤적

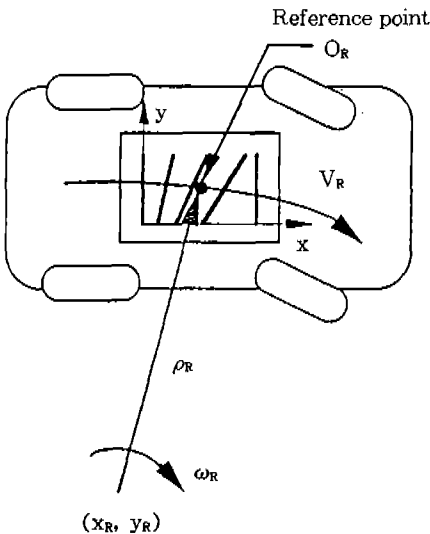


Fig.1 Parameters to identify the trace of vehicle moving according to the circular arc

을 원호로 구하기 위하여는 기준점에서의 속도 V_R , 회전반경 ρ_R 과 회전중심 (x_R, y_R) 을 파라미터로 결정하면 된다. 이때 각속도 $\omega_R = V_R / \rho_R$ 이다. 이를 위하여 우선 선 검출기를 Fig.2와 같이 각각

$$\begin{aligned}
 x &= 0 \\
 x &= x_w \\
 y &= (x - x_1) \tan \beta \\
 y &= (x - x_2) \tan \gamma \\
 y &= (x - x_3) \tan \psi \\
 x &= x_4
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 \text{단, } 0 < x_w < x_1 < x_2 < x_3 < x_4, \\
 0 < \psi < \gamma < \beta < \pi/2
 \end{aligned}$$

에 따라 배치한다. 여기에서는 L_{1l}, L_{1w}, L_5 는 서로 평행하고 L_2, L_3, L_4 는 다른 검출기와 평행이 되지 않도록 하며, 모든 검출기는 관측영역 내에서 서로 교차하지 않도록 한다. 또한, 검출기 L_{1w} 에는 2개소에 짧은 길이의 윈도우 W_A, W_B 를 설치하여 이용한다.

이 때 각각의 선 검출기는 Fig.3에서 보이는 바와 같이 광학 렌즈에 의하여 얻어지는 노면 패턴 영상의 빛 강도를 선 적분의 형태로 검출하게 되는데, 차량의 이동과 더불어 발생하는 빛 강도의 변동신호를 출력하게 된다.

따라서 선 검출기의 출력신호 $a_i(t)$ ($i=1l, 1w, 2, \dots, 5$)는 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

$$a_i(t) = \int_{L_i} \zeta_i(l_i, t) dl_i \tag{2}$$

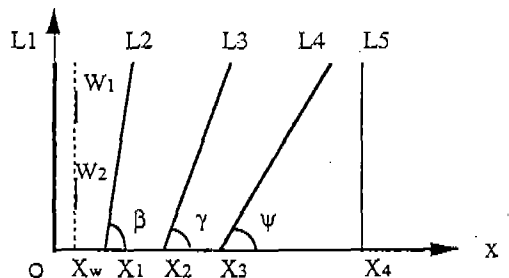


Fig.2 Arrangement of optical line detectors

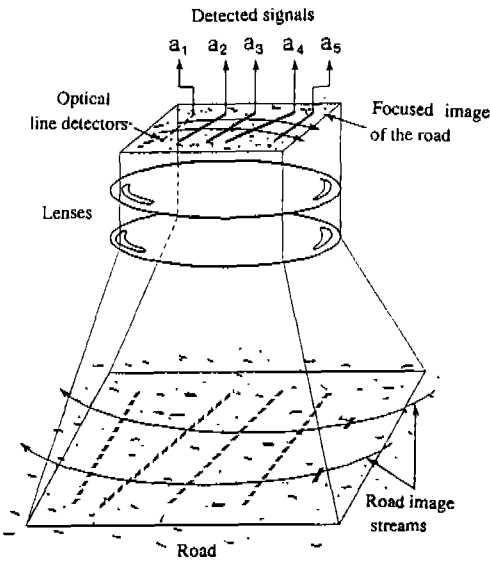


Fig.3 Focusing of the road image pattern and its detection by optical line detectors

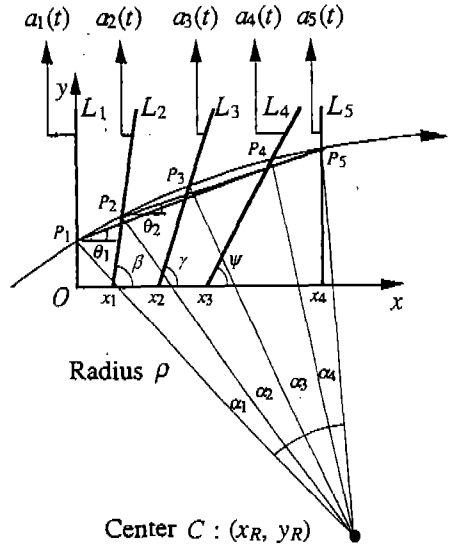


Fig.4 Geometries between the trace and the optical line detectors

여기서 $\zeta_i(l_i, t)$ 는 선 검출기 L_i 의 위치 l_i , 시각 t 에서 검출되는 빛 강도의 변동성분이다.

한편, 검출기 L_i 은 노면의 휘점을 감지하기 위한 것으로 휘점이 있는 것으로 판별될 경우에는 $a_{ii}(t)$ 를 출력신호 $a_i(t)$ 로 선택하고 휘점이 없는 것으로 판별될 경우에는 $a_{iw}(t)$ 를 선택하게 된다.

이렇게 하여 얻은 검출신호 $a_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, 5$)의 사이에는 노면패턴의 궤적이 검출기 사이를 통과하는 시간과 같은 크기의 지연이 발생하고, 이 지연시간과 검출기군의 배치와의 기하학적 관계로부터 원호궤적에 관한 파라미터를 구할 수 있게 된다.

설명을 간단히 하기 위하여 Fig.4와 같이 검출기면을 1개의 원호에 따라 움직이는 노면 패턴의 궤적을 생각하면 검출신호 사이의 지연시간은 다음의 5차 모우멘트 함수로부터 구할 수 있다⁴⁾⁵⁾.

$$m_5(\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4) = \frac{1}{T} \int_0^T a_1(t) a_2(t+\tau_1) a_3(t+\tau_2) \times a_4(t+\tau_3) a_5(t+\tau_4) dt \quad (3)$$

여기에서 만약 노면의 패턴이 불규칙하여 검출 신호가 5차까지 δ 함수적인 자기 모우멘트 함수를 갖는다고 하면, 검출신호 사이의 5차 모우멘트 함수 $m_5(\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4)$ 는 검출면상에서의 노면패턴 움직임에 대응하는 좌표에서 피크를 가지며, 그 좌표($\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$)가 구하고자 하는 지연시간의 요소가 된다. 그러면, 이들 지연시간과 검출기의 기하학적 배치 관계를 연결시킴으로써 원호궤적을 결정하는 파라미터(x_R, y_R, ρ, V)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\rho = \frac{x_4}{2 \cos \theta_1 \sin \left(\frac{\tau_4}{\tau_1} \Omega \right)} \quad (4)$$

$$V = \frac{2\rho \Omega}{\tau_1} \quad (5)$$

$$x_R = \frac{1}{2} \{ x_4 + \text{sgn}(\rho) \tan \theta_1 \sqrt{(2\rho \cos \theta_1)^2 - x_4^2} \} \quad (6)$$

$$y_R = y_1 + \frac{1}{2} \left\{ x_4 + \tan \theta_1 - \operatorname{sgn}(\rho) \sqrt{(2\rho \cos \theta_1)^2 - x_4^2} \right\} \quad (7)$$

여기서, P₁의 y좌표 y₁은

$$y_1 = y_3 + \left(x_4 - x_1 - \frac{y_3}{\tan \psi_1} \right) \tan(\theta_1 - \Omega) - x_4 \tan \theta_1 \quad (8)$$

이고, 또한 여기서 y₃는 다음과 같다.

$$y_3 = \left\{ x_4 + 2\rho \cos(\theta_1 - \Omega) \sin\left(\frac{\tau_1 - \tau_4}{\tau_1} \Omega\right) - x_1 \right\} \tan \psi_1 \quad (9)$$

단, 위식에서 θ₁과 Ω(=θ₁-θ₂)는 다음 관계식으로 부터 결정되며,

$$\sin(r + c_1 \Omega) \cdot Z_1 = \tan \theta_1 \{ \cos(r + c_1 \Omega) + Z_2 \} \quad (10)$$

$$\sin(\Psi + c_2 \Omega) \cdot Z_3 = \tan \theta_1 \{ \cos(\Psi + c_2 \Omega) + Z_4 \} \quad (11)$$

여기서 C₁=(τ₁+τ₂-τ₄)/τ₁, C₂=(τ₂+τ₃-τ₄)/τ₁이고 Z₁, Z₂, Z₃, Z₄는 검출기의 기하학적 배치와 지연시간으로 결정되는 Ω만의 함수이다.

따라서 (8), (9)를 만족하는 Ω와 θ₁을 구하면, (4)~(7)로 부터 검출기 면상에서의 노면 패턴의 움직임을 검출할 수 있는데, 그것에 대응하는 실제 노면상에서의 움직임은 광학 렌즈계의 배율을 고려하여 구하면 된다.

2.2 주행궤적 파라미터의 유도

앞에서 구한 검출기면상의 원호궤적은 차량의 기준점에서의 궤적으로 보정해야 할 필요가 있다. 이를 위하여 Fig.5와 같이 기준점이 검출기의 중심에 있는 경우를 생각한다. 그런데, 노면에 휘점이 있는 경우와 그렇지 않은 경우에 있어서 선택되는 검출기가 다르므로, 각각의 경우에 대하여 생각할 필요가 있는데, (a)는 검출기 L₄₁이 선택되는 경우이며 (b)는 L_{1w}가 선택되는 경

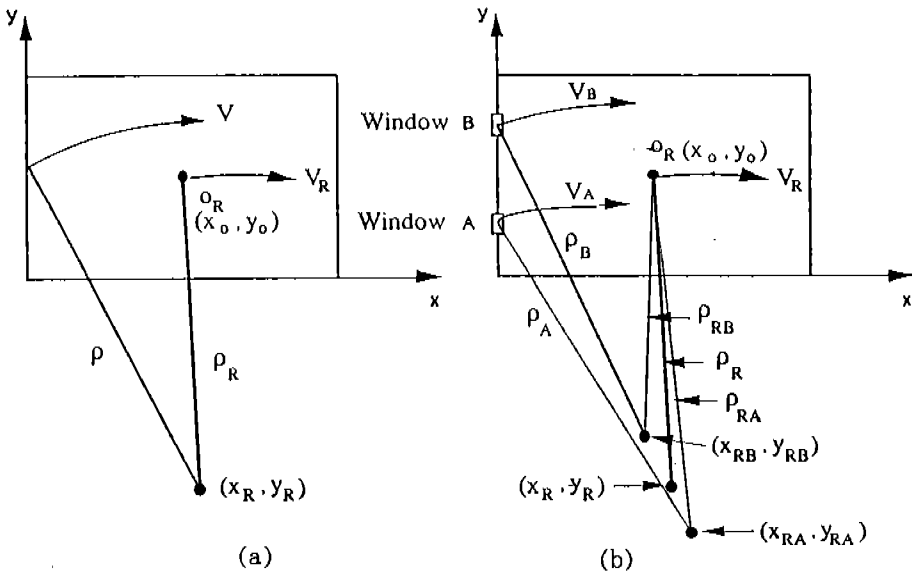


Fig.5 Evaluation of the tracing parameters at the reference point O_R from the measured ones in each case of (a) using bright point and (b) not using bright point

우로 각각의 경우에 대한 기준점 궤적의 파라미터(x_0, y_0, ρ_R, V_R)은 다음과 같다.

(a)의 경우 :

$$\rho_R = \sqrt{(x_0 - x_R)^2 + (y_0 - y_R)^2} \quad (12)$$

$$v_R = v \rho_R / \rho \quad (13)$$

(b)의 경우 :

윈도우 A, B 각각으로 부터 검출되는 궤적의 파라미터를 첨자 A, B로서 구별하기로 하면,

$$x_R = (x_{RA} + x_{RB}) / 2 \quad (14)$$

$$y_R = (y_{RA} + y_{RB}) / 2 \quad (15)$$

$$\rho_R = \sqrt{(x_0 - x_R)^2 + (y_0 - y_R)^2} \quad (16)$$

$$V_R = (V_{RA} + V_{RB}) / 2 \quad (17)$$

2.3 주행궤적의 검출

이상에서 구한 파라미터는 하나의 계측구간에 서의 궤적을 표현하는 것이며, 이동물체의 궤적

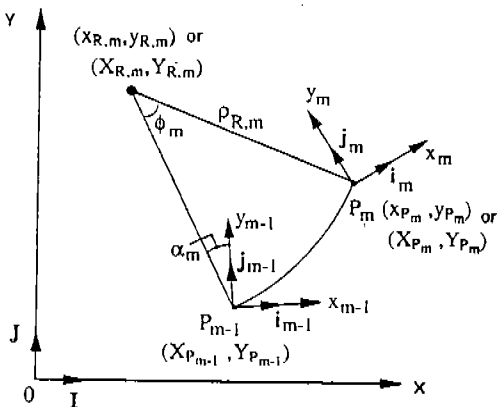


Fig.6 Translation of the moving coordinate $x-y$ established on the vehicle into the fixed coordinate $X-Y$ on the actual road

을 연속적으로 나타내기 위하여는, 각 계측구간 마다의 궤적을 노면상의 고정좌표계에서 연결해야 한다.

이를 위하여 m 번째 계측구간에서 계측된 파라미터는 첨자 m 으로서 표현하고, 이동물체의 기준점에 원점을 갖는 이동좌표계 x_m-y_m 과 노면상의 고정좌표계 $X-Y$ 를 Fig.6과 같이 정의한다. 점 P_m, P_{m-1} 은 각각 계측구간 m 과 $m-1$ 에서 추정된 이동물체 궤적의 최종점 위치를 나타내며 i, j, I, J 는 각 축 방향으로의 단위벡터이다. 또 ϕ_m 은 회전각, α_m 은 점 P_{m-1} 에서의 정현각으로 다음 식으로 표현된다.

$$\phi_m = \omega_{R,m} T = \frac{V_{R,m}}{\rho_{R,m}} T \quad (18)$$

$$\alpha_m = \tan^{-1}\left(\frac{x_{R,m}}{y_{R,m}}\right) \quad (19)$$

여기서, T 는 계측구간의 시간간격이다. 그러면, 점 P_m 의 이동좌표계 위에서의 좌표는 다음 식으로 결정되고,

$$x_{P_m} = x_{R,m} - \rho_{R,m} \sin(\phi_m - \alpha_m) \quad (20)$$

$$y_{P_m} = y_{R,m} - \rho_{R,m} \cos(\phi_m - \alpha_m) \quad (21)$$

다시 고정좌표계에서의 점 P_m 의 좌표와 회전중심 O_m 의 좌표는 다음 식으로 결정될 수 있다.

$$X_{P_m} = X_{P_{m-1}} + x_{P_m} T_{xx, m-1} + y_{P_m} T_{yx, m-1} \quad (22)$$

$$Y_{P_m} = Y_{P_{m-1}} + x_{P_m} T_{xy, m-1} + y_{P_m} T_{yy, m-1} \quad (23)$$

$$X_{R,m} = X_{P_{m-1}} + x_{R,m} T_{xx, m-1} + y_{R,m} T_{yx, m-1} \quad (24)$$

$$Y_{R,m} = Y_{P_{m-1}} + x_{R,m} T_{xy, m-1} + y_{R,m} T_{yy, m-1} \quad (25)$$

여기에서 $T_{xx}, T_{xy}, T_{yx}, T_{yy}$ 는 좌표축 사이의 변환 요소이며, $m \geq 1$ 이고, 초기 조건은 $X_{P_0} = 0, Y_{P_0} = 0$ 이다.

최종적인 주행궤적은 (22)~(25)식으로부터

원호체적을 측자적으로 구하여 이어감으로써 얻을 수 있다.

3. 적응적 신호 선택

노면의 고위도 반사점의 궤적이 광학적 선 검출기군을 통과할 경우, 검출기로부터 얻어지는 검출신호는 스파이크적으로 되어, 신호의 S/N이 높아지므로 5차 상관해석에 의하여 지연시간을 추정할 때 정도(精度)면에서 매우 유리하다. 따라서 휘점이 있으면 이것을 적극적으로 이용함으로써 계측의 감도와 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

이를 위하여 우선 휘점 감시용의 검출기 L_{11} 로부터의 검출신호 $a_{11}(t)$ 에 그 신호의 rms값 σ_{11} 의 Γ 배 이상의 레벨을 갖는 스파이크적인 신호 성분이 있는지를 판정한다. 있다고 판정된 경우에는 이것이 다른 검출기 L_2, L_3, L_4, L_5 도 통과하는지 같은 방식으로 확인한 다음 L_{11} 의 검출신호를 $a_i(t)$ 로서 선택한다.

한편 스파이크적인 성분이 없는 것으로 판정된 경우에는 원도우의 검출신호 $a_{iw}(t)$ 를 $a_i(t)$ 로서 선택한다.

이때 Γ 는 휘점에 의한 스파이크적인 신호 성분의 여부를 판정하는 기준치를 결정하기 위한 파라미터이며, 따라서 미리 설정해 둘 필요가 있는데, 불규칙 신호를 계산기에서 발생시켜 수행한 시뮬레이션의 결과 Γ 가 5.0 이상이면 휘점신호에 의한 지연시간 추정의 정확도가 보장됨을 확인할 수 있었다.

4. 계측계의 구성

계측계는 크게 나누어, 노면의 불규칙한 패턴의 변화에 의한 빛 강도의 변화를 전기적인 신호로서 검출하는 광학적 선 검출기군과 그 검출신호에 대하여 전류-전압 변환, 증폭, 잡음제거, A/D변환등을 수행하는 아날로그·신호처리계, 그리고 상관해석과 궤적추정을 수행하기 위한 계산기내 신호처리계의 세 부분으로 구성된다.

구체적으로, 선 검출기는 Fig.7에 보이는 바와

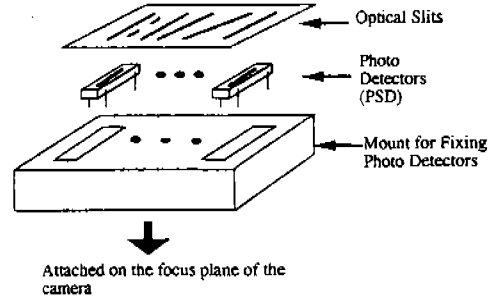


Fig.7 Construction of optical line detectors

같이 광학슬릿, 광검출기(PSD S3932; Hamamatsu Photonics), 검출기 부착대의 3부분으로 구성되며, 카메라의 필름면에 부착되어, 광학슬릿을 통과한 빛만이 광검출기에서 검출된다. 여기서 광학슬릿은 각 슬릿의 폭이 $10\mu\text{m}$ 가 되도록 스톱패턴을 일반사진필름($36 \times 24\text{mm}$)에 찍어서 현상하여 사용하였다. 또한 슬릿의 배열(Fig.2 참조)은 $x_w=6, x_1=10, x_2=14, x_3=18, x_4=27(\text{mm})$, $\Psi=60, \gamma=70, \beta=80(\text{deg})$ 로 하였으며, 원도우 W_A, W_B 의 길이는 2mm로 하였다. 이 들 수치는 제작상 편리성과 사진필름의 크기제한 및 PSD 센서의 크기(외형 $5 \times 55\text{mm}$, 유효수광면 $1 \times 37\text{mm}$)를 고려하여 결정되었다.

신호처리계에서는 PSD센서의 출력전류를 I-V변환회로에 의해 전압으로 변환시키고, 1Hz의 HPF를 통하여 주변환경의 밝기에 해당하는 직류성분을 제거한 뒤 증폭하여 이용하였다. 또한 노면패턴에 의한 빛강도의 변동성분만을 추출하기 위하여 2kHz의 LPF를 이용하였는데, 이 때의 차단주파수는 노면패턴에 대한 스펙트럼분석과 광학슬릿에 의한 필터링효과를 고려하여 결정되었다.

이렇게 처리된 신호는 5kHz의 샘플링으로 A/D변환하여 상관처리에 이용되며, 데이터의 갯수는 2,048개로 하였고, 따라서 상관해석에서 추정되는 지연시간의 측정 분해능은 0.4msec가 된다.

한편 5차 모우멘트 공간에서의 피크점은 대응

하는 2차 상호상관함수에서도 피크가 되므로 우선 검출신호 a_1 과 a_2, a_3, a_4, a_5 와 사이의 2차 상관함수를 계산하고, 각각의 상관함수에서의 피크점을 찾음으로써 5차 모우멘트 공간에서도 피크가 될 수 있는 후보격의 지연시간군을 결정한다. 다음 이들에 대해 5차 상관해석을 하여 5차 모우멘트 공간에서도 피크가 되는 지연시간군을 결정한다. 이 때 2차 상관함수의 계산에는 푸리에 변환과 그 역변환을 이용한다. 이렇게 함으로써 실제 신호처리에 소요되는 계산시간을 대폭 축소시킬 수 있다.

5. 계측정도의 평가 및 시뮬레이션

최종적으로 검출된 궤적의 추정정도를 평가하기 위하여, m 회의 계측구간에서 추정된 궤적의 최종좌표점 P_m 의 좌표(X_{P_m}, Y_{P_m}) (식 (22), (23))과 참값의 좌표 P_m' (X_{P_m}', Y_{P_m}') 사이의 거리 r_m 을 이용한다. 즉,

$$r_m^2 = (X_{P_m} - X_{P_m}')^2 + (Y_{P_m} - Y_{P_m}')^2 \quad (26)$$

이 때 r_m^2 의 기대값 $E\{r_m^2\}$ 는, X_{P_m} 과 Y_{P_m} 의 기대값을 각각 X_{P_m}' , Y_{P_m}' 라고 하면,

$$E\{r_m^2\} = \sigma_{X_m}^2 + \sigma_{Y_m}^2 \quad (27)$$

으로 된다. 여기서 $\sigma_{X_m}^2, \sigma_{Y_m}^2$ 는 각각 X좌표 추정치의 분산, Y좌표 추정치의 분산이다.

한편, 좌표의 추정은 지연시간 $\tau_i (i=1\sim 4)$ 의 추정치에 의존하는데, τ_i 추정값의 분산이 서로 독립적일 때 좌표 추정의 분산이 최대가 되므로 최악의 경우를 생각하여 $\sigma_{X_m}^2, \sigma_{Y_m}^2$ 를 다음과 같이 고려한다. 즉,

$$\sigma_{X_m}^2 = \sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial X_{P_m}}{\partial \tau_i} \right)^2 \sigma_{\tau_i}^2 \quad (28)$$

$$\sigma_{Y_m}^2 = \sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial Y_{P_m}}{\partial \tau_i} \right)^2 \sigma_{\tau_i}^2 \quad (29)$$

여기서, $\sigma_{\tau_i}^2$ 은 지연시간 τ_i 추정치의 분산이다. 그러면, 주행궤적 추정 오차 r_m 의 표준편차는, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\sigma_{r_m} = \sqrt{\sigma_{X_m}^2 + \sigma_{Y_m}^2} \quad (30)$$

본 연구에서 이용한 센서의 배열과 1회 계속 시간이 약 0.4초, 상관처리에 의한 지연시간 추정분해능이 0.4msec인 점등을 고려하고, 검출 가능한 궤적에 대하여 σ_{r_m} 을 구해보면 주행속도가 50cm/s 이하일때 2mm이하가 된다. 단, 이것은 검출기면상에서의 결과이며 실제 좌표계에서는 광학계의 배율을 고려하여야 한다. 예를 들어 배율이 10배인 경우에는 속도 5m/s 이하에서 20mm의 위치추정편차가 예상된다고 할 수 있다.

이는 주행거리에 대하여 1% 이하의 위치오차를 의미하며, 이로부터 본 검출계는 FA용 AGV시스템에서와 같이 비교적 저속의 차량에는 충분히 적용가능하리라 사료되고, 고속주행인 경우에는 광학계의 배율을 크게함으로써 계측의 정도를 향상시킬 수 있을 것이다.

6. 실험결과

6.1 Turn Table을 이용한 기본 특성의 확인

계측계의 기본 성능을 확인하기 위하여 우선 Fig.8과 같이 검출기는 고정시키고 Turn Table 위에 노면의 사진을 올려 놓고 회전시켰을 때의 회전운동을 검출하여 보았다. 측정위치는 회전반경이 평균 100mm인 지점이고, 회전속도는 25RPM이다.

또한 회전 이용의 효과를 검증하기 위하여 노면 사진위에 1×1mm 크기의 백지 조각을 부착시켜 회전점으로 이용하였다. 단 광학 렌즈의 배율은 3배로 하였다. 실험은 백지 조각이 윈도우를 통과하지 않도록 부착시키고 10회 계속하였다. 이 때 추정한 지연시간의 오차에 대한 표준 편차가 회전점을 이용하였을 때 약 0.5ms인데 대하여, 회전점을 이용하지 않았을 때에는 약 2.1ms이었다. 이를 궤적 추정오차의 편차 σ_{r_m} 으로 평가하

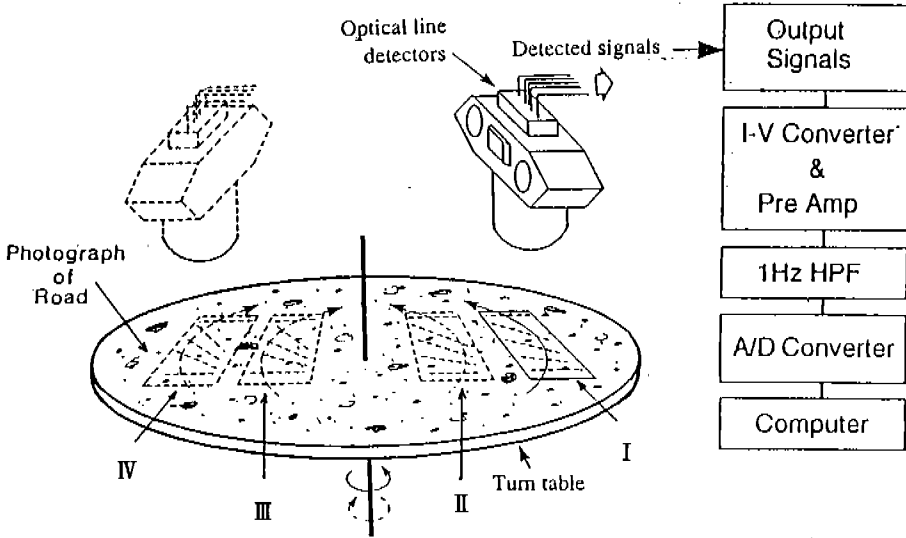


Fig.8 Experimental set up to detect the turning motion of the real road photograph attached on the turn table

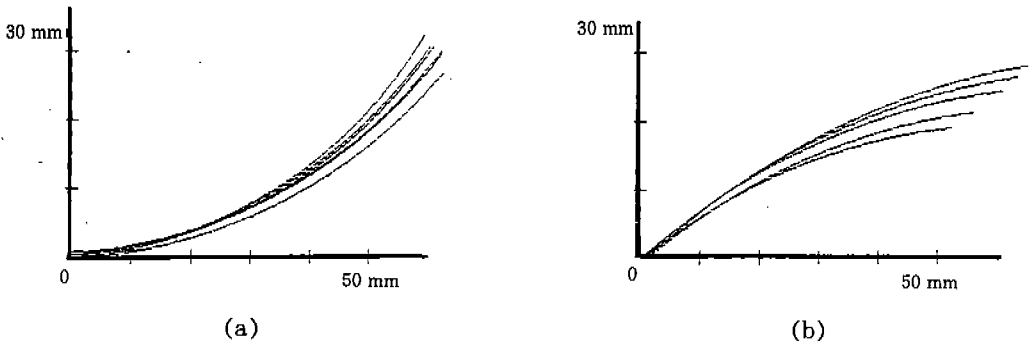


Fig.9 Trace reconstruction results obtained from the experiments using turn table for each case of (a) using bright point, and (b) not using bright point

면, 휘점을 이용하였을 때 2mm이하, 휘점을 이용하지 않았을 때 6mm이하이다. 이는 광학계의 배율을 고려하면 정도평가에서 얻은 최악의 상황에 대한 표준편차보다 작은 값으로 추정된 것이다. 이로 부터 계측계의 정당성과 휘점 이용의 유용성을 확인할 수 있다.

Fig.9는 이들 계측결과를 궤적으로 표현하여 비교한 것으로 역시 휘점을 이용하였을 경우에 궤적이 보다 안정되게 검출되고 있음을 알 수 있다.

6.2 주행 실험

주행실험에서는 Fig.10에서 보이는 것과 같이 검출기를 부착시킨 원경 조정 모형차량과 불규칙한 흑백 패턴으로 만들어진 모의 노면을 이용하였다.

Fig.11은 회전반경과 주행속도 및 회전 방향을 바꾸어가며 수행한 주행실험의 결과를 나타낸 것으로서, 5개의 원호궤적을 연속적으로 접합하여 얻은 것이다. 주어진 궤적과 비교하여 비교적

안정된 형태로의 궤적 검출이 이루어지고 있음을 확인할 수 있다. 이 때 검출궤적의 길이가 길어 질수록 원호궤적 검출의 오차가 누적되는 것은

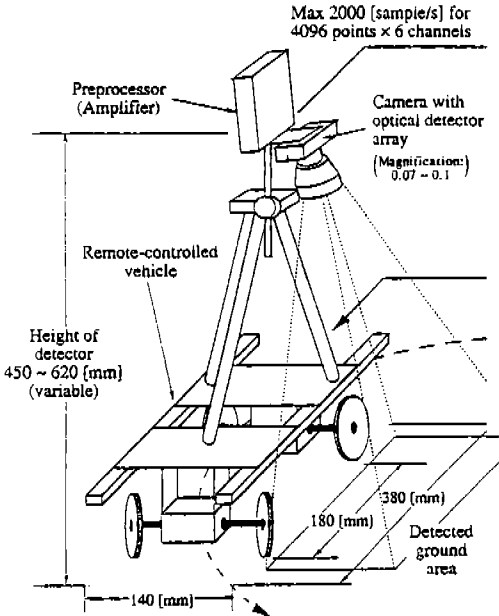


Fig.10 A remote controlled vehicle used for the running test

피할 수 없는 것이 사실이다. 따라서 실제로 현장에 적용할 때에는 적절한 절대위치 보상작업이 필요하다. 그 일례로서 중간 목표점에 설치한 Land Mark를 이용하여 위치를 보상하는 경우를 Fig.11에 예시하였다. 전체적인 궤적이 주어진 궤적과 매우 잘 일치함을 알 수 있고, 앞에서 제시된 궤적검출 알고리즘이 절대위치 보상에 관한 보완적 수단을 병용하면 충분히 실 적용 가능함을 보여주고 있다.

7. 결 론

광학적 선 검출기군과 고차상관해석을 이용한 차량의 주행궤적의 비접촉 검출법을 제안하였으며, 노면상의 고휘도 반사점(휘점)을 적극적으로 이용하기 위한 검출신호의 적용적 선택에 의하여 계측의 신뢰도를 향상시킬 수 있음을 보였다. 또 Turn Table을 이용한 실험으로부터 이 방법의 유용성을 검증하였으며, 모형차량의 주행 실험에 의하여 본 수법의 실용화에의 가능성을 보였다. 특히 이러한 방식은 인공위성을 이용한 Navigation이 사용될 수 없는 경우, 또는 산업용 AGV에 적용될 수 있을 것으로 생각되며, 앞

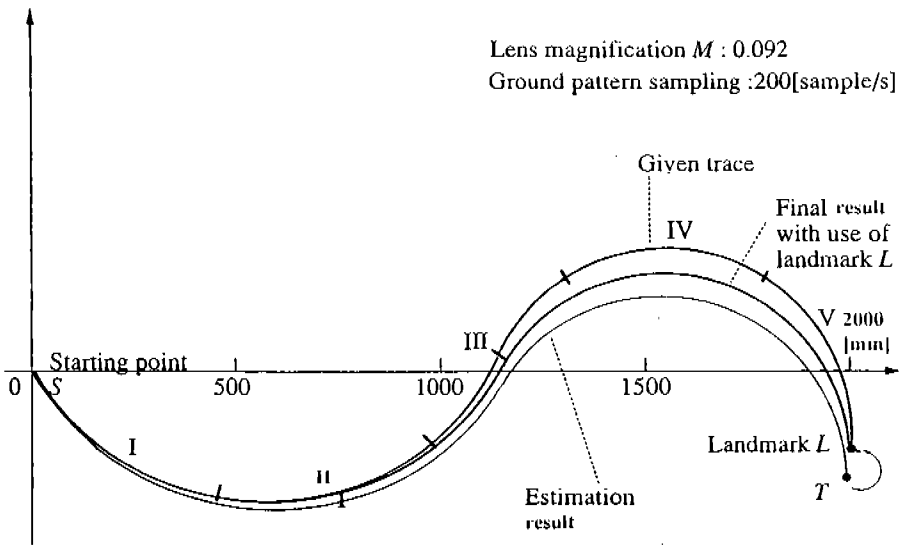


Fig.11 Whole trace reconstruction result by connecting five arcs measured individually in the running test

으로 오차해석에 의한 계의 최적화와 신호처리의 실시간화를 통하여 연속 주행궤적 추정계의 실현을 시도하고자 한다.

참 고 문 헌

1. J. Jordan, P. Bishop and B. Kiani, "Correlation-Based Measurement Systems", John Wiley & Sons, 1989.
2. 小林, "空間フィルタとその應用(1)", 計測と制御, Vol. 19, No. 4, pp. 409, 1980.
3. 保立, "光ファイバジャイロ", 計測と制御, Vol. 29, No. 1, pp. 69, 1990.
4. K. Y. Jhang and T. Sato, "Flow Velocity Field Tomography Using Multiple Ultrasonic Beam Detectors and High Order Correlation Analysis", J. Acoust. Soc. Am., Vt. 86, No. 3, pp. 1047~1052, 1989.
5. K. Y. Jhang and T. Sato, "3-D Velocity Field Tomography Using Multiple ultrasonic Plane Detections and High Order Correlation Analysis", IEEE Trans. UFFC, Vol. 38, No. 2, pp. 93~99, 1991.