

일반공산비 기법을 이용한 SDINS/GPS 통합시스템의 고장 검출 및 격리

Fault Detection and Isolation of Integrated SDINS/GPS System Using the Generalized Likelihood Ratio

신정훈* 임유철** 유준***
Shin, Jeong-Hoon Lim, You-Chol Lyou, Joon

ABSTRACT

This paper presents a fault detection and isolation(FDI) method based on Generalized Likelihood Ratio(GLR) test for the tightly coupled SDINS/GPS system. The GLR test is known to have the capability of detecting an assumed change while estimating its occurrence time and magnitude, and isolating the changing part.

Once a fault is detected even if we don't know if the fault occurs at either INS or GPS, multi-hypothesized GLR scheme performs the fault isolation between INS and GPS, and find which satellite malfunctions. However, in the INS faulty case, it turned out to fail to accomodate the fault isolation between accelerometer and gyroscope due to the coupling effects and a poor observability of the system. Hence, to isolate the INS fault, it needs to change the attitude of the vehicle resulting in enhancing the degree of observability.

주요기술용어 : SDINS/GPS, Fault, Detection, Isolation, GLR

1. 머리말

현재 항법에서 사용되는 방법은 크게 추측항법과 고정위치항법에 의한 것으로 나눌 수 있는데, 추측항법의 발전된 형태인 스트랩다운 관성항법장치(SDINS : Strapdown Inertial Navigation System)은 외부 장치의 도움없이 비교적 정확한 위치정보를 제공하지만 오랜 시간 경과 후 오차가 증가하는 단점이 있다. 반면

에 고정위치항법인 GPS(Global Positioning System)는 오차의 누적이나 증가없이 장시간동안 안정적인 위치정보를 제공한다는 장점이 있으나, 환경이나 전파 방해 등에 의해 영향을 받는 단점이 있다⁽¹⁾. 그러므로 SDINS 와 GPS 를 결합하는 통합시스템으로 서로의 단점을 보완해서 더욱더 정확한 항법해를 얻을 수 있다. SDINS/GPS 통합시스템은 통합방식에 따라 여러가지로 구분되어지는 데, 본 논문에서 대상으로 하고 있는 강결합 간접되먹임 방식의 통합시스템은 다른 방식의 통합시스템보다 더 정확한 항법해를 제

* 충남대학교 전자공학과 석사과정
** 충남대학교 전자공학과 박사과정
*** 충남대학교 전자공학과 교수

공하는 반면 복잡성이 증가되어 전체시스템의 신뢰도를 감소시키고, 고장 발생시 대처할 수 있는 능력이 부족한 단점이 있다⁽³⁾. 그래서, 강결합 간접되먹임 방식의 통합시스템에 신뢰성 향상에 관한 연구가 최근에 부각되고 있으며 고장 검출 및 격리는 경제적 손실과 안전 사고를 막기 위해 다른 복합시스템에서와 마찬가지로 필연적으로 다루어져야 될 문제이다.

통합시스템을 대상으로 한 고장 검출 및 격리의 최근 연구동향을 살펴보면 SDINS 나 GPS 중 어느 한 시스템은 정상이라는 가정하에 나머지 시스템에 대하여 수행하였다. 그러나 실제 시스템에서는 어느 시스템에서 고장이 발생할지 모르기 때문에 이러한 가정은 현실적이지 못하다. 이에 본 연구에서는 특정한 가정없이 일반공산비 기법을 이용하여 고장 검출 및 격리 문제에 접근하였다. 이 기법은 미지의 고장의 크기와 발생시간을 추정하고 이를 바탕으로 일반공산비를 구한 후, 미리 정해진 판정한계값과의 비교를 통해 고장을 검출하고 검출시점에서의 각 고장요인에 대한 일반공산비들을 구하여 비교함으로써 우선 고장의 영향이 SDINS 인지 GPS 인지를 판별할 수 있고, GPS 로 판명이 난 경우에는 오동작 위성을 찾아 낼 수 있다. 그러나, SDINS 로 판명이 난 경우에는 고장의 원인이 가속도계인지 자이로인지를 판별하기 어려움을 확인할 수 있었다. 이는 가속도계와 자이로간의 결합특성과 통합시스템이 완전 가관측하지 않기 때문으로 항체의 자세를 변화시켜줌으로써 시스템의 가관측성이 증대되는 구간에서 가속도계나 자이로의 고장을 격리할 수 있었다⁽⁴⁾. 2장에서는 SDINS/GPS 통합시스템의 칼만필터 구성을 위한 오차모델과 추정방정식에 대하여 살펴보고, 3 장에서는 고장 검출 및 격리를 위한 일반공산비 기법에 대해 기술한다. 그리고, 4 장에서 모의실험을 통한 결과를 보인 후, 마지막 5 장에서는 맺음말과 추후과제에 대하여 언급한다.

2. SDINS/GPS 통합시스템의 오차 모델 및 측정 방정식

본 논문은 강결합 간접되먹임 방식의 통합시스템을 대상으로 하였다. 통합 시스템의 칼만 필터 구성을 위한 오차모델과 두 시스템의 정보를 통합하는 구조는 다음과 같다⁽³⁾.

2.1 SDINS 오차모델

컴퓨터 좌표계와 플랫폼 좌표계간의 오차각을 이용한 Ψ 오차 모델을 사용하여 항법 오차로 위치오차, 속도오차, 자세오차를 사용하고, 센서 오차로는 자이로와 가속도계의 바이어스 오차를 상태변수로 하였다. 속도, 위치 및 자세에 대한 오차방정식은 식 (1)과 같다⁽⁷⁾.

$$\begin{aligned} \delta \dot{V} &= \Omega_s \delta R - (2\omega_{ie}^c + \omega_{ec}^c) \delta V + f \times \Psi + C_b^c \delta f^b \\ \delta \dot{R} &= -\omega_{ec}^c \times \delta R + \delta V \\ \dot{\Psi} &= -\omega_{ie}^c \times \Psi - C_b^c \delta \omega^b \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 δV , δR 그리고 Ψ 는 속도 오차, 위치 오차 그리고 자세 오차를 나타내며 Ω_s 는 슬러주기를 나타내는 대각행렬이며, f 는 관성센서에서 측정된 비력 (specific force)를 나타낸다. ω_{ie}^c 와 ω_{ec}^c 는 지구의 자전 각속도와 지구 고정 좌표계에 대한 회전 각속도를 나타내고, ω_{ie}^c 는 관성 좌표계에 대한 회전 각속도를 나타낸다. 그리고 δf^b 와 $\delta \omega^b$ 는 각각 가속도계와 자이로의 바이어스를 나타내며 랜덤상수로 모델링한다. 또한 위에서 제시한 오차모델을 선형화한 오차 상태방정식의 상태변수 δx_I 는 $[\delta V, \delta R, \Psi, \delta f^b, \delta \omega^b]$ 이며, 다음과 같이 유도된다.

$$\delta \dot{x}_I = F_I \delta x_I + w_I \quad (2)$$

여기서 w_I 는 영평균 백색 가우시안으로 공분산은 $E[w_I(t)w_I^T(\tau)] = Q_I\delta(t-\tau)$ 이다.

2.2 GPS 오차모델

GPS의 오차모델은 수신기의 시계 바이어스 x_b 와 시계 드리프트 x_f 의 2차로 구성한다. 짧은 시간에서는 시계 바이어스는 1차 마코프 프로세스(markov process), 시계 드리프트는 랜덤 워크로 다음과 같이 모델링한다.

$$\dot{x}_b = x_f + w_1, \quad \dot{x}_f = w_2 \quad (3)$$

여기서 w_1 과 w_2 는 백색잡음(white noise)이며, 이들의 공분산계수는 Allan 분산으로부터 구할 수 있다. 이상의 오차모델로부터 GPS 의 오차 상태방정식은 식 (4)와 같다.

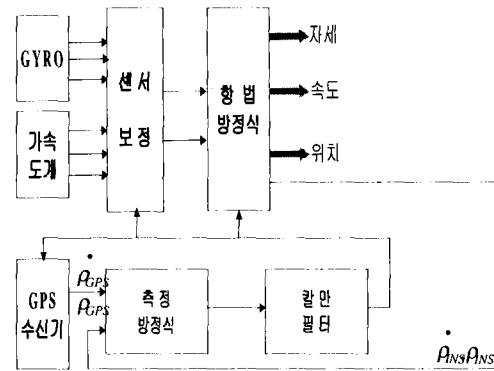
$$\delta \dot{x}_G = F_G \delta x_G + w_G \quad (4)$$

여기서 w_G 는 영평균 백색 가우시안으로서 공분산은 $E[w_G(t)w_G^T(\tau)] = Q_G\delta(t-\tau)$ 이다.

2.3 통합 칼만필터의 구성

통합 칼만필터의 구조는 GPS의 정보를 다른 가공 없이 직접 SDINS의 오차 보정 칼만필터의 측정식으로 사용하는 강결합 간접 되먹임 형태로 그림 1과 같은 구조로 구성된다.

이 구조는 GPS 정보의 가공이 필터안에서 함께 수행되고 GPS 측정치의 선형화 과정에서 INS 정보를 선형화의 기준점으로 이용한다. 칼만필터 구성을 위



(그림 1) 강결합 간접 되먹임 방식의 통합시스템

한 상태방정식은 INS 오차모델에 GPS 오차모델이 추가된 형태로 유도되어진다[7]. 그리고, 측정 방정식은 INS 에 의해 계산된 의사거리(ρ_{INS}) 및 의사거리 변화율($\dot{\rho}_{INS}$)과 GPS 수신기에서의 의사거리(ρ_{GPS}) 및 의사거리 변화율($\dot{\rho}_{GPS}$)의 차로 결정한다. GPS 의 의사거리 및 의사거리 변화율에 대한 모델식을 INS 에서 구한 위치를 기준으로 선형화하여 정리하면 식(5)와 같다.

$$z_i = \begin{bmatrix} \delta\rho_i \\ \delta\dot{\rho}_i \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$= \begin{bmatrix} -l_i^T & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -l_i^T & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \\ \delta v_x \\ \delta v_y \\ \delta v_z \\ c\delta b \\ \delta f \end{bmatrix} + \delta\varepsilon_i$$

여기서 $\delta\rho_i$ 는 두 시스템간의 의사거리 차이이고, l_i 는 시선벡터 그리고 ε_i 는 측정오차를 나타낸다.

3. 일반공산비(GLR) 기법

일반공산비 기법은 미지의 크기와 발생시간을 가

진 고장에 대해 고장의 형태는 안다는 가정하에 고장이 발생한 경우와 발생하지 경우 칼만필터 잔여치의 분산은 같으나 평균이 달라지는 점을 이용하여 고장 검출을 하는 방법으로 시스템의 상태변수와 측정치에 미지의 크기와 발생시간을 갖는 고장이 발생하였을 경우 식 (6)과 같이 시스템 모델로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{k+1} &= \Phi_k \mathbf{x}_k + \omega_k + C_x \Gamma_x(k, \theta) \\ y_k &= H_k \mathbf{x}_k + e_k + C_y \Gamma_y(k, \theta) \end{aligned} \quad (6)$$

여기서, C_x, C_y 는 고장의 크기 및 방향 표시 벡터이고, Γ_x, Γ_y 는 고장형태 표시함수이다.

그리고, 고장이 상태변수에서 발생하였다는 가설하에 수행하는 상태변수 일반공산비와 측정치에서 발생하였다는 가설하에 수행하는 측정치 일반공산비로 나누어 생각할 수 있는데, 각각의 경우 고장이 상태변수와 칼만 필터의 잔여치에 미치는 영향은 식 (7), (8) 의 $\mu_k(\theta)$ 와 $\phi_k(\theta)$ 로 표현 할 수 있다⁽⁵⁾.

① 상태변수에 고장발생한 경우

$$(C_x = \nu_x, \Gamma_y = 0, \Gamma_x = \delta(k-\theta))$$

$$\begin{aligned} \hat{x}_{kk}(\theta) &= \hat{x}_{kk} + \beta_k(\theta) = \hat{x}_{kk} + \mu_{x,k}(\theta)\nu_x \\ \varepsilon_k(\theta) &= \varepsilon_k + \rho_k(\theta) = \varepsilon_k + \phi_{x,k}^T(\theta)\nu_x \\ \phi_{x,k+1}^T(\theta) &= H_k \left(\prod_{i=\theta}^k \Phi_i - \Phi_k \mu_{x,k}(\theta) \right) \\ \mu_{x,k+1}(\theta) &= \Phi_k \mu_{x,k}(\theta) + K_{k+1} \phi_{x,k+1}^T(\theta) \end{aligned} \quad (7)$$

② 측정치에 고장발생한 경우

$$(C_x = 0, C_y = \nu_y)$$

$$\begin{aligned} \hat{x}_{kk}(\theta) &= \hat{x}_{kk} + \beta_k(\theta) = \hat{x}_{kk} + \mu_{y,k}(\theta)\nu_y \\ \varepsilon_k(\theta) &= \varepsilon_k + \rho_k(\theta) = \varepsilon_k + \phi_{y,k}^T(\theta)\nu_y \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \phi_{y,k+1}^T(\theta) &= \Gamma_y(k, \theta) - H_k \Phi_k \mu_{y,k}(\theta) \\ \mu_{y,k+1}(\theta) &= \Phi_k \mu_{y,k}(\theta) + K_{k+1} \phi_{y,k+1}^T(\theta) \end{aligned}$$

일반공산비 기법은 칼만필터의 잔여치들이 고장이 있다는 가설하에 발생하였을 확률과 고장이 없다는 가설하에 발생하였을 확률간의 비로 정의되기 때문에 고장의 크기 즉, 고장 발생 후 잔여치의 평균을 알아야 한다. 그래서, 우선 고장의 크기를 최대공산 개념을 이용하여 추정하고, 이를 토대로 일반공산비를 구한다.

$$f_k(\theta) = \sum_{i=1}^k \phi_i(\theta) V_i^{-1} \varepsilon_i \quad (9)$$

$$R_k(\theta) = \sum_{i=1}^k \phi_i(\theta) V_i^{-1} \phi_i^T(\theta) \quad (10)$$

$$\hat{v}(k) = R_k^{-1}(\theta) f_k(\theta) \quad (11)$$

$$\begin{aligned} l_k(\theta, \hat{v}(\theta)) &= \log \frac{P(\varepsilon_k, \hat{v}(k))}{P(\varepsilon_k | H_0)} \\ &= \frac{1}{2} f_k^T(\theta) R_k^{-1}(\theta) f_k(\theta) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} l_k(\theta, \hat{v}(\theta)) \geq h &: \text{고장 상태} \\ l_k(\theta, \hat{v}(\theta)) < h &: \text{정상 상태} \end{aligned} \quad (13)$$

최대공산 개념을 이용한 고장크기 추정문제에서 $R_k(\theta)$ 는 V_i^{-1} 가 양의 한정이고 즉 칼만필터 잔여치들의 오차공분산이 발산하지 않고, 잔여치들이 일정개수 이상 확보되면 역행렬이 존재하게 된다. 고장 검출은 식 (12)의 결정함수 $l_k(\theta, \hat{v}(\theta))$ 와 미리 정해진 판정한계값(h)을 비교함으로써 이루어진다. 그런데, 일반공산비 기법의 완전한 실행을 위해서는 과거의 모든 잔여치 정보들을 이용하여 고장 발생시간이 $\theta = 1, 2, \dots, k$ 라고 가정하여 각각의 경우에 대해 일반공산비를 구해야 된다. 이는 시간이 지날수록 점점 많아지는 다중 필터를 구성해야 하는 문제점이 발생하고, 연산량이 많아지게 된다. 그래서, 윈도우

개념을 도입하여 적절히 일정 간격으로 시간을 구분하여 고장 발생시간의 범위(M)를 제한시킴으로써 해결할 수 있다⁶⁾. 윈도우 크기를 너무 크게 잡으면 추정된 고장의 크기는 정확해지지만 고장 검출시간이 그만큼 지연되고, 너무 작게 잡으면 고장 검출시간이 빨라지는 대신 추정된 고장의 크기가 정확하지 못하게 된다. 이러한 고장 검출시간과 고장에 대한 추정 성능간의 상관관계를 고려하여 윈도우 크기를 적정 선에서 선정하여야 한다. 판정한계값은 고장이 발생하지 않았을 때 잔여치는 영평균이고 n 자유도의 χ^2 분포를 이루므로 χ^2 테이블을 이용하여 오경보율 설정에 따라 결정할 수 있다⁶⁾.

고장이 검출된 후, 고장 격리를 위해서는 상태변수와 측정치의 가능한 모든 고장 방향에 대해 식 (14),(15)을 식 (11),(12)에 대입하여 일반공산비들을 구하고 이들을 비교함으로써 격리시킬 수 있다³⁾.

$$f_k^*(\theta) = T^T f_M(\theta) \tag{14}$$

$$R_k^*(\theta) = T^T R_M(\theta) T \tag{15}$$

여기서 T 는 고장방향을 나타내는 단위벡터이다⁵⁾.

$$\begin{aligned} T_x &= I(k)[0 \cdots 1 \cdots 0]^T \\ T_y &= [0 \cdots 1 \cdots 0]^T \end{aligned} \tag{16}$$

4. 모의실험 결과

모의 실험 시나리오는 위도 36.5 도, 경도 27.5 도에 정북으로 500 초간 정지한 후, 501~510 초 동안 가속을 받은 후 511 초부터는 200 m/sec의 속도로 2000 초까지 수평 비행을 하고, GPS의 가시 위성은 4 개로 가정하였다. SDINS의 가속도계와 자이로, 그리고 GPS 수신기의 성능은 표 1을 따른다.

(표 2) SDINS/GPS 모델의 오차계수

오차요소	크 기 (1σ)
INS 초기 위치오차	40 m
INS 초기 속도오차	1 m/s
INS 초기 수평축 자세오차	1 mrad
INS 초기 수직축 자세오차	5 mrad
INS 가속도계 바이어스	1000 μg
INS 가속도계 백색잡음	10 $\mu\text{g sec}^{1/2}$
INS 자이로 바이어스	1 $^\circ/\text{hr}$
INS 자이로 백색잡음	0.001 $^\circ/\text{hr}^{1/2}$
GPS 시계 바이어스	3000 m
GPS 시계 바이어스 백색잡음	100 m
GPS 시계 드리프트	1 m/sec
GPS 시계 드리프트 백색잡음	0.1 m/sec
SA(Selective Availability)	0 m
GPS 의사거리 오차	25 m

항체가 가속시에 수평축 힘이 레벨축 센서에 작용하므로 가속도계 바이어스와 자이로 바이어스에 변위가 발생할 수 있다. 가속도계 바이어스 변위에 의한 오차성분은 두 개의 적분기를 통해 서서히 위치 오차를 유발시키고, 자이로 바이어스 변위에 의한 오차성분은 자세오차를 유발시키며 간접적으로 서서히 위치오차를 유발시키게 된다. 그리고, GPS 고장은 가시위성의 위성시계나 위성위치의 데이터 결함으로 인해 발생할 수 있다. 이런 GPS 고장은 통합시스템의 측정치에 직접적으로 영향을 미치게 되고 INS의 고장과는 달리 고장의 영향이 위치 오차에 즉각적으로 나타나게 된다⁸⁾. 모의실험에서 INS 고장은 스텝 형태로 표 2와 같이 가정하였고, GPS 고장은 포화크기를 가지는 램프 형태로 표 3과 같이 가정하였다.

(표 2) INS 고장

고장원인	고장 크기	발생시간
가속도계	5, 7, 10 mg	502 초
자이로	5, 7, 10 deg/hr	502 초

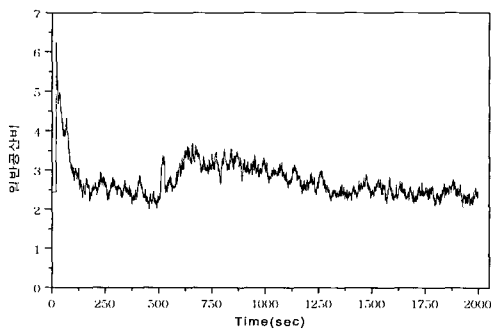
[표 3] GPS 의사거리 고장

$t < 650$	$650 \leq t < 660$	$t \geq 660$
0 m	$12.5 \times (t-650)m$	125m
0 m	$17.5 \times (t-650)m$	175m
0 m	$25 \times (t-650)m$	250m

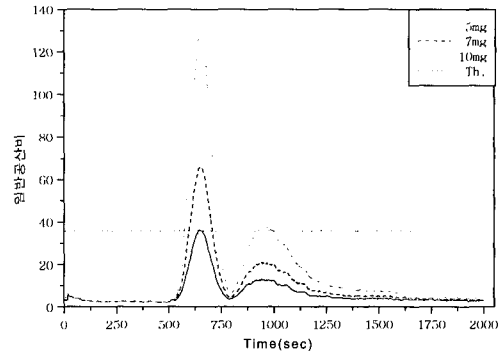
일반공산비 기법은 윈도우 크기를 20으로 설정하였고, 판정한계값은 고장이 발생하지 않은 경우 일반공산비가 17 자유도의 χ^2 분포를 이루므로 χ^2 분포 테이블을 참조하여 허위경보율이 0.005가 되도록 35.718로 설정하고 40회의 몬테칼로 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2는 고장이 발생하지 않은 경우의 일반공산비 추이로 가속 구간시 정지 또는 등속 구간보다 상대적으로 크기가 커짐을 볼 수 있다.

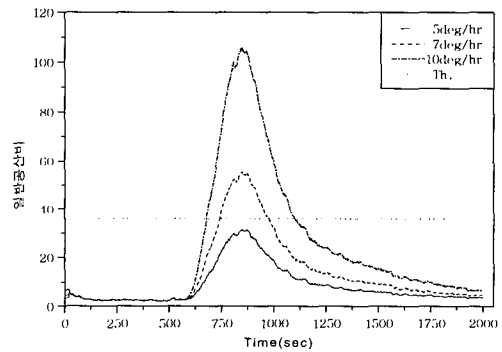
고장이 발생한 경우 그림 3, 4, 5에서 보는 바와 같이 일반공산비가 미리 정해진 판정한계값보다 크게 되고, 가속도계 바이어스의 고장이 자이로 바이어스의 고장보다 상대적으로 더 빨리 검출되며 GPS 의사거리 고장은 즉각적으로 고장이 검출됨을 볼 수 있다. 이는 앞서 언급한 각 고장이 위치오차에 미치는 영향의 정도와 관련되어진다. 그리고, 고장 검출 시간은 고장의 크기, 칼만필터의 성능, 일반 공산비의 윈도우의 크기에 따라 달라질 수 있다.



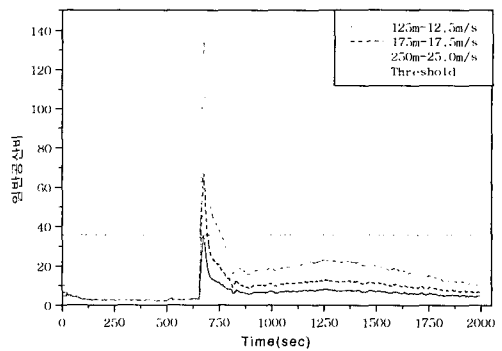
[그림 2] 고장이 없는 경우 GLR



[그림 3] 가속도계 고장이 발생된 경우
(검출시간 : 641초, 596초, 576초)

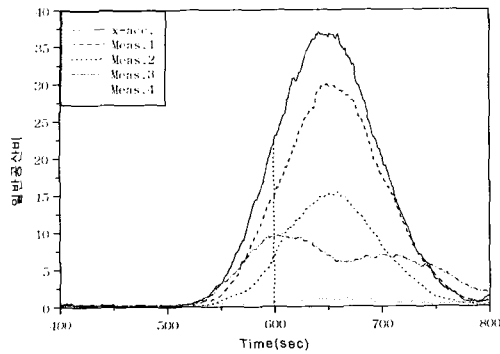


[그림 4] 자이로에 고장이 발생된 경우
(검출시간 : X, 740초, 677초)

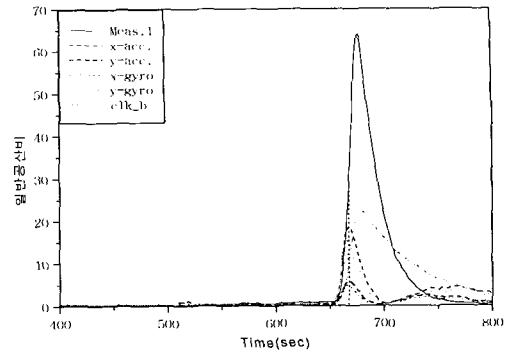


[그림 5] GPS 의사거리에 고장이 발생된 경우
(검출시간 : 676초, 664초, 660초)

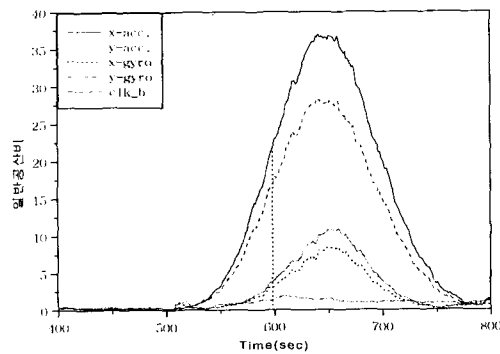
그림 6과 7은 x-가속도계에 502초에 7 mg의 고장



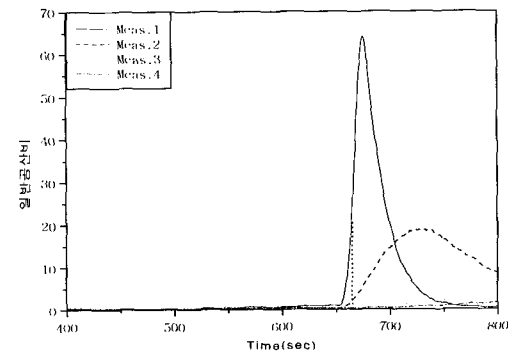
(그림 6) x-가속도계와 측정치들의 GLR



(그림 8) 측정치1과 상태변수들의 GLR



(그림 7) x-가속도계와 다른 상태변수들의 GLR



(그림 9) 측정치1과 다른 측정치들의 GLR

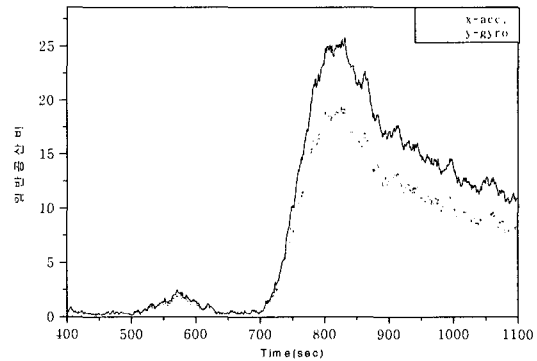
이 발생한 경우 각각의 고장 요인에 대한 일반공산비의 추이를 나타낸 것이다. 그림 6에서 보는바와 같이 고장 검출시점에서 x-가속도계의 일반공산비와 측정치들에 의한 일반공산비 크기를 비교함으로써 INS 고장이라고 판별할 수 있고, 그림 7에서 다른 상태변수들의 일반공산비 크기를 비교함으로써 x-가속도계에 고장이 발생하였다는 것을 알 수 있다. 또한 y-가속도계에 대해서도 같은 결과를 보인다.

그림 8과 그림 9는 측정치 1에 650초부터 포화크기가 175 m인 고장이 발생한 경우 각각의 일반공산비를 나타낸 것이다. 그림 8에서 보는 바와 같이 고장검출시점에서 측정치 1의 일반공산비와 상태변수들의 일반공산비간의 크기를 비교함으로써 GPS 고장이라고 판별할 수 있고, 그림 9에서 측정치들간의

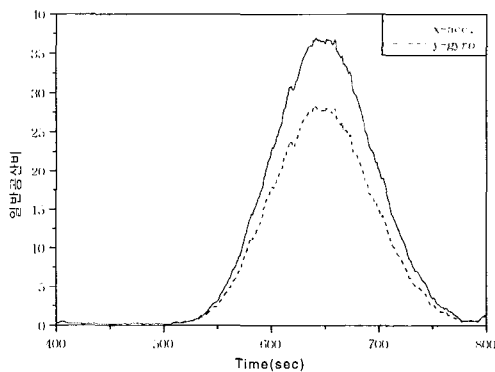
일반공산비 크기를 비교함으로써 측정치 1에서 고장이 발생하였다는 것을 알 수 있다.

그런데, 그림 10과 12에서 보듯이 가속도계나 자이로에 고장이 발생한 경우 INS 고장이라고 판별할 수 있지만 고장 검출시점에서 자이로의 고장임에도 불구하고 가속도계에 고장이 발생하였다고 잘못 판별을 하게 되는 경우가 발생하여 INS 고장에서 가속도계와 자이로간의 고장 격리는 어려운 문제로 확인되었다. 이는 가속도계와 자이로간의 결합 특성과 시스템의 가관측성 문제 때문이다. 즉 통합시스템의 특성상 완전 가관측하지 못하므로 고장에 의한 영향이 칼만필터의 잔여치에 나타났을 때 고장이 발생하지 않은 상태변수에도 칼만필터에 의해 보정이 되기 때문에 고장이 발생하지 않은 상태변수임에도 불구하고

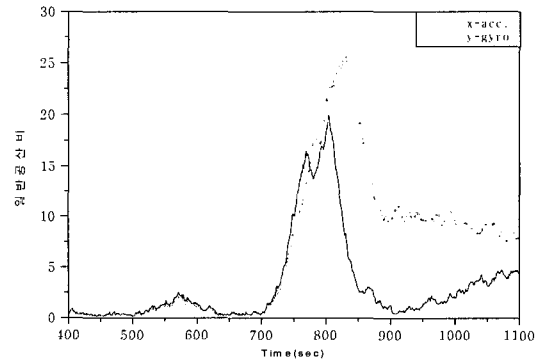
고 보정치에 의해 고장이 난 것으로 판단되어지기 때문이다. 특히, x-가속도계와 y-자이로, 그리고 y-가속도계와 x-자이로간의 결합특성 때문에 고장이 발생된 경우 격리가 어렵다. 그래서, INS 고장이라고 판명이 난 후에 항체의 자세를 변화시켜 시스템의 가관측성이 증대되는 상황에서 일반공산비를 적용시킴으로써 그림 11, 13에서 보는 바와 같이 x-가속도계와 y-자이로간의 고장 격리가 가능하게 된다. 또한, y-가속도계와 x-자이로의 경우도 자세변화를 통해 격리가 가능해진다.



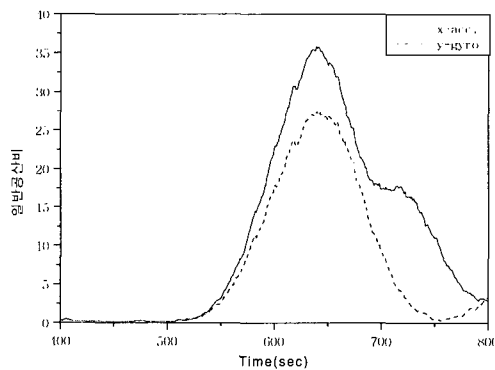
(그림 12) y-자이로에 고장발생 후, 항체운동이 없는 경우



(그림 10) x-가속도계에 고장발생 후, 항체 운동이 없는 경우



(그림 13) y-자이로에 고장발생 후, 750초에 항체운동을 한 경우



(그림 11) x-가속도계에 고장발생 후, 600초에 항체운동을 한 경우

5. 맺음말

본 논문에서는 일반공산비 기법만을 이용하여 단일 칼만필터 구조를 갖는 SDINS/GPS 통합시스템에 대하여 INS 나 GPS의 고장을 검출하고, INS에서 발생한 고장인지 GPS에서 발생한 고장인지를 판별하고 GPS 고장판명시 오동작 위성을 판별해 낼 수 있음을 보였다. 그러나, INS 고장판명시에는 가속도계의 고장인지 자이로의 고장인지를 판별하는 것이 어려움을 확인할 수 있었다. 이는 가속도계와 자이로의 결합 특성, 그리고 시스템의 특성상 항상 완전 가관

측하지 않기 때문에 INS 고장 판명직후 항체의 자세를 변화시켜 시스템의 가관측성이 증대되는 상황에서 가속도계 고장인지 자이로의 고장인지를 판별할 수 있었다.

추후 과제로는 SDINS/GPS 통합시스템에 대한 이론적인 가관측성 분석과 일반공산비 기법에 의해 추정된 고장의 크기와 발생시간을 이용하여 보정을 해 줌으로써 통합시스템 이 내고장 성능을 갖도록 하기 위한 기법을 연구하고, 실제 SDINS/GPS 통합시스템에 적용해 보고자 한다.

후 기

본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단 대학부설 연구소과제 연구비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

1. G. M. Siouris, Aerospace Avionics Systems, Academic Press, 1993.
2. J. Farrell, M. Barth, The Global Positioning System and Inertial Navigation, McGraw-Hill, 1999.
3. 이시호, "강결합 방식의 GPS/INS 통합시스템 구현", 충남대학교 석사학위논문, 2000. 2.
4. R. Da and C. F. Lin, "Failure Diagnosis System Using ARTMAP Neural Networks", Journal of Guidance, Control, and Dynamics, vol. 19, no. 4, pp.695-701, Jul-Aug. 1995
5. J. Palmqvist, "Integrity Monitoring of Integrated Satellite/Inertial Navigation Systems Using the Likelihood Ratio," ION-96, sep17-20, 1996.
6. A. S. Willsky and H. L. Jones., "A Generalized Likelihood Ratio Approach to Detection and Estimation of Jumps in Linear Systems," IEEE Trans. Automatic Control, Vol. AC-21, no. 1, pp.108-112, Feb. 1976.
7. J. S. Liu and H. L. Jones., "Linear Manifold Constrained GLR," IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.AC-22, no. 6, pp.988-989, Dec. 1977.
8. 길현섭, "일반공산비시험에 입각한 SDINS/GPS 통합항법시스템의 고장 검출 및 분리", 충남대학교 석사학위논문, 2000.2.