

유전자 알고리즘을 이용한 안정적인 미동 탐색 제어를 위한 속도 외란 추정 시스템

진경복 · 신진호* · 이문노**†

한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부, *동의대학교 메카트로닉스공학과, †**동의대학교 컴퓨터공학과

A Velocity Disturbance Estimation System for the Stable Fine Seek Control Using a Genetic Algorithm

Kyoung Bog Jin, Jin-Ho Shin* and Moonnoh Lee**†

School of Mechatronics Eng. KUT

*Mechatronics Eng. Dong-Eui University

†**Computer Eng. Dong-Eui University

ABSTRACT

This paper presents a velocity disturbance estimation system for the stable fine seek control using a genetic algorithm. To estimate accurately the velocity disturbance in spite of the uncertainties of fine actuator, the system utilizes an objective function to minimize the differences of the frequency characteristics between the nominal velocity control loop and the extremal velocity control loops. The objective function is considered by applying a genetic algorithm and the velocity disturbance is estimated by the measurable velocity, the adjusted velocity controller, and the fine actuator model. The proposed velocity disturbance estimation system is applied to the fine seek control system of a DVD recording device and is evaluated through the experimental results.

Key Words : Fine seek control system, velocity disturbance, genetic algorithm, minimum velocity loop gain

1. 서론

광 기록기에서 데이터 전송 속도를 높이기 위해서는 수백 트랙 이내의 짧은 거리를 이동하는 미동 탐색 제어를 안정적으로 수행하여야 한다. 광 픽업이 조동 검색에 의해 먼거리를 빠르게 이동하더라도 최종적으로 목표 트랙에 도달하기 위해서는 미동 탐색 제어를 반드시 수행하여야 한다. 광 디스크에는 구조적으로 트랙 편심이 존재하기 때문에 디스크가 회전하면 광 기록기에는 진동이 발생한다. 이러한 진동은 미동 탐색 제어 시스템에 속도 외란의 형태로 나타나게 되고 안정적인 미동 탐색 제어를 위해서는 속도 외란을 효율적으로 제어하여야 한다.

디스크의 회전 속도가 증가하고 진동량이 크게 발생

하는 디스크의 경우 발생하는 속도 외란의 크기도 상대적으로 증가하게 된다. 고배속에서 증가된 속도 외란으로 인해 미동 탐색 제어 동안 정밀하게 속도 제어를 실행하지 못하게 되면 탐색 제어 후 미동 액추에이터에 남아있는 잔존 속도가 증가하게 된다. 그러면 목표 트랙에서 안정적으로 트랙 추종 제어를 수행할 수 없게 되고 광 픽업은 목표 트랙에서 많이 벗어나서 안정화되기 때문에 목표 트랙으로 이동하기 위해 다시 미동 탐색 제어를 수행하여야 한다[1-6]. 그래서 안정적인 미동 탐색 제어를 수행하기 위해서는 속도 외란을 추정하는 것이 필요하고 이를 토대로 미동 탐색 제어 루프를 설계하여야 한다. 추정된 속도 외란의 크기와 주파수 특성은 미동 액추에이터를 설계할 때의 설계 파라미터로도 사용될 수 있다[7,8].

본 논문에서는 안정적인 미동 탐색 제어를 위해 미동 탐색 제어 시스템에 발생하는 속도 외란을 최대한

†E-mail : mnlee@deu.ac.kr

정확하게 추정하는 시스템을 제안한다. 미동 액추에이터는 모델링 불확실성을 포함하고 있기 때문에 속도 외란을 최대한 정확하게 추정하기 위해 모델링 불확실성으로 인한 속도 제어 루프의 주파수 특성 변화를 최소화하는 목적 함수를 도입한다. 그리고 유전자 알고리즘을 이용하여 세대가 진행됨에 따라 목적 함수를 최소화하는 속도 제어를 탐색하여 속도 외란 추정에 사용한다. 추정된 속도 외란과 최대 허용 속도 에러를 토대로 안정적인 미동 탐색 제어를 위한 최소 속도 루프 계인을 구할 수 있다. 제안된 속도 외란 추정 시스템은 광 기록기기의 미동 탐색 제어 시스템에 적용하였고 실험을 통해 검증하였다.

2. 광 기록기기의 미동 탐색 제어 시스템

광 기록기기는 광 픽업을 트랙 방향으로 이동하기 위해 미동 액추에이터와 조동 액추에이터로 구성된 2단 구조의 트랙킹 액추에이터를 사용한다. 미동 액추에이터는 트랙을 정밀하게 추종하기 위해 이동 범위는 작지만 대역폭이 크게 설계되고 조동 액추에이터는 대역폭은 작지만 먼 거리를 이동할 수 있도록 설계된다. 대부분의 광 기록기기에서는 미동 액추에이터로 voice coil 모터를 사용하고 조동 액추에이터로 스텝핑 모터를 사용한다.

짧은 거리를 안정적으로 이동하기 위한 미동 탐색 제어 시스템은 미동 액추에이터를 이용하여 속도 제어를 수행하고 미동 액추에이터의 이동으로 인한 광축 벗어남은 스텝핑 모터가 보정하는 제어 구조를 가지게 된다. 미동 액추에이터를 페루프 속도 제어하기 때문에 안정적인 속도 제어를 통해 속도 외란을 효율적으로 제어할 수 있고 속도 외란의 영향에도 탐색 시간이 거의 일정하게 된다. 미동 탐색 제어에서 조동 액추에이터는 단순히 광축 벗어남을 보정하고 정밀한 속도 제어는 미동 액추에이터에 의해 이루어지기 때문에 미동 탐색 제어 시스템은 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다.

여기서 $P_f(s)$ 는 미동 액추에이터, $C_f(s)$ 는 속도 제어기, K_v 는 드라이버 계인을 나타내고 v_r , v_f , v_m , v_d 는 지

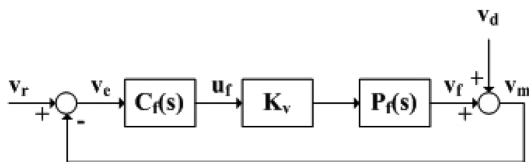


Fig. 1. Block diagram of the simplified fine seek control system.

령 속도, 미동 액추에이터의 속도, 실제 속도, 속도 외란을 나타낸다. 드라이버는 저주파 필터의 특성을 가지는 전압-전류 증폭기이고 드라이버의 차단 주파수가 속도 제어 대역을 포함하기 때문에 DC 계인 K_v 로 나타낼 수 있다. 미동 액추에이터의 특성을 나타내는 파라미터들은 공칭값을 기준으로 어떤 범위의 편차를 가지기 때문에 미동 액추에이터는 계수 파라미터에 불확실성을 가진 2차의 선형시스템으로 모델링될 수 있다.

$$P_f(s) = \frac{[k_f^-, k_f^+]s}{s^2 + [\alpha_f^-, \alpha_f^+]s + [\beta_f^-, \beta_f^+]} [(m/s)/A] \quad (1)$$

미동 액추에이터의 각 파라미터들은 보통 공칭값에서 10% 범위에서 변하기 때문에 본 논문에서는 불확실성의 크기가 공칭값의 10% 이내라고 가정한다.

디스크의 회전 속도가 증가하게 되면 미동 탐색 제어 시스템에서 속도 외란의 영향은 점점 증가하게 된다. 미동 탐색 제어 후 안정적으로 트랙 추종 제어를 시작하기 위해서는 정밀한 속도 제어가 필요하고 이를 위해 발생하는 속도 외란을 최대한 정확하게 추정하여 속도 제어기 설계에서 고려하여야 한다.

3. 유전자 알고리즘을 이용한 속도 외란 추정 시스템

Fig. 1에서 속도 외란 v_d , 미동 액추에이터의 속도 v_f , 실제 속도 v_m 과의 관계로부터 속도 외란은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_d(j\omega) = V_m(j\omega) - K_v P_f(j\omega) U_f(j\omega) \quad (2)$$

발생하는 속도 외란은 지령 속도와는 관계가 없기 때문에 지령 속도를 0으로 설정하여 속도 제어기 입력을 실제 속도로 나타내면 속도 외란은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_d(j\omega) = (1 + K_v P_f(j\omega) C_f(j\omega)) V_m(j\omega) \quad (3)$$

액추에이터 불확실성이 (3)에 포함되어 있어 속도 외란을 직접적으로 계산할 수 없기 때문에 본 논문에서는 미동 액추에이터 공칭 모델 $P_{fm}(j\omega)$ 을 사용하여 속도 외란을 추정한다. 공칭 액추에이터 모델을 사용하면 액추에이터 불확실성이 미치는 영향만큼 속도 외란을 정확하게 추정할 수 없게 되므로 본 논문에서는 유

전자 알고리즘을 이용하여 액추에이터 불확실성에 대해 속도 제어 루프의 주파수 특성의 변화를 최소로 하는 속도 제어기 $\hat{C}_f(s)$ 를 탐색하여 다음과 같이 속도 외란 추정에 사용한다.

$$\hat{V}_d(j\omega) = (1 + K_v P_f(j\omega) \hat{C}_f(j\omega)) V_m(j\omega) \quad (4)$$

(3)과 (4)에 포함되는 $P_f(j\omega)C_f(j\omega)$ 와 $P_m(j\omega)\hat{C}_f(j\omega)$ 의 주파수 특성의 차이를 최소화함으로써 (3)과 (4)의 차이를 최소화할 수 있고 속도 외란은 최대한 정확하게 추정될 수 있다.

액추에이터 불확실성의 영향을 속도 외란 추정에서 반영하기 위해 미동 액추에이터의 극한 함수들 (extremal systems)을 고려한다. 일반적으로 플랜트의 분자 다항식 $N(s)$ 와 분모 다항식 $D(s)$ 는 계수 파라미터 불확실성을 반영하여 4개의 vertex 다항식을 가진다. 그러나 미동 액추에이터 (1)의 $N(s)$ 는 파라미터가 1개이므로 2개의 vertex 다항식만을 가지게 된다.

$$P_f(s) = \frac{N(s)}{D(s)} = \frac{[k_f^-, k_f^+]s}{s^2 + [\alpha_f^-, \alpha_f^+]s + [\beta_f^-, \beta_f^+]} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \hat{N}_1(s) &= k_f^- s, \hat{N}_2(s) = k_f^+ s \\ \hat{D}_1(s) &= s^2 + \alpha_f^- s + \beta_f^-, \hat{D}_2(s) = s^2 + \alpha_f^+ s + \beta_f^- \\ \hat{D}_3(s) &= s^2 + \alpha_f^- s + \beta_f^+, \hat{D}_4(s) = s^2 + \alpha_f^+ s + \beta_f^+ \end{aligned}$$

주파수 영역의 특성에 따라 액추에이터 불확실성을 고려한 미동 탐색 속도 제어 루프의 복소 평면의 경계는 각 vertex 다항식에 의해 정의되는 극한 속도 제어 루프 함수들에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다[9].

$$L_i(s, \lambda) = K_v C_f(s) \frac{\hat{N}_i(s)}{(1-\lambda)\hat{D}_j(s) + \lambda\hat{D}_k(s)} \cup K_v C_f(s) \frac{(1-\lambda)\hat{N}_j(s) + \lambda\hat{N}_k(s)}{\hat{D}_l(s)} \quad (6)$$

여기서 $\lambda = [0, 1]$, $(j, k) \in \{(1, 2), (1, 3), (2, 3), (3, 4)\}$, $l \in \{1, 2, 3, 4\}$ 이다. 일반적으로 플랜트의 극한 함수는 32개이지만 미동 액추에이터 $N(s)$ 가 2개의 vertex 다항식만을 가지므로 12개의 극한 속도 제어 루프 함수를 가지게 된다. 그리고 공칭 액추에이터 모델과 탐색되는 속도 제어기 $\hat{C}_f(j\omega)$ 를 적용하여 공칭 속도 제어 루프 함수를 $L_n = K_v P_m(j\omega) \hat{C}_f(j\omega)$ 와 같이 정의한다.

액추에이터 불확실성에 대한 영향을 속도 외란 추정에 반영하기 위해 공칭 속도 제어 루프의 주파수 특성

과 12개의 극한 속도 제어 루프 함수에 대한 주파수 특성을 각각 비교하여 최대 차이값을 구하는 목적 함수를 고려한다. 주파수 특성을 비교하기 위해 속도 제어 루프의 제어 대역에 포함되는 특정 주파수 f_0 의 게인과 위상을 사용한다. 즉, 공칭 속도 제어 루프와 12개의 극한 속도 제어 루프 함수들에 대해 특정 주파수 f_0 에서의 게인과 위상 차의 곱의 최대값을 구하는 목적 함수를 고려한다.

$$J = \max_{1 \leq i \leq 12} \max_{0 \leq \lambda \leq 1} |(L_{i0}(\lambda) - L_{n0}) \times (\phi_{i0}(\lambda) - \phi_{n0})| \quad (7)$$

여기서 $L_{i0}(\lambda)$ 와 $\phi_{i0}(\lambda)$ 는 극한 속도 제어 루프 함수 $L_i(s, \lambda)$ 를 적용했을 때의 주파수 f_0 에서의 게인과 위상을 나타내고 L_{n0} 와 ϕ_{n0} 는 공칭 속도 제어 루프의 주파수 f_0 에서의 게인과 위상을 나타낸다. 본 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 세대가 진행됨에 따라 목적 함수 (7)을 최소로 하는 속도 제어기를 탐색하고 (4)에 적용하여 속도 외란을 추정한다.

Fig. 2는 목적 함수 (7)를 다루기 위한 유전자 알고리즘의 블록도를 나타낸다. 속도 제어기 $C_f(s)$ 의 제어기 파라미터들을 유전자 알고리즘의 염색체(개체)별 구성요소로 사용한다. 각 염색체는 N_{var} 개의 제어기 파라미터를 가지게 되고 각 파라미터는 L_{var} 길이의 비트 배열로 구성된다.

염색체의 수가 N , 각 염색체별 비트 배열 총 길이가 $L_{tot} = N_{var} L_{var}$ 일 때 t 세대에서 모집단의 평균 해밍거리 $Ah(t)$ 는 다음과 같이 정의된다[10].

$$Ah(t) = \sum_{i=1}^{L_{tot}} \sum_{p=1}^{N-1} \sum_{q=p+1}^N (|c_{pi}(t) - c_{qi}(t)|) / (N(N-1)/2) \quad (8)$$

여기서 $c_{pi}(t)$ 와 $c_{qi}(t)$ 는 모집단의 염색체 중 선택된 2개의 부모(mating pool)을 나타낸다. 유전자 알고리즘

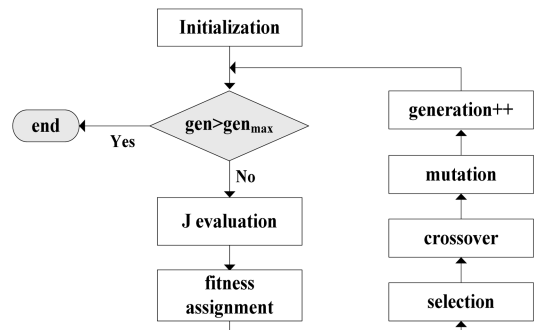


Fig. 2. A flow diagram showing a genetic algorithm.

이 국부 최적해로 천이가 일어나고 계속하여 전역 최적해로 수렴하려면 다음의 조건들을 만족하여야 한다 [10]. 교차 확률 P_c 와 돌연변이 확률 P_m 은 평균 해밍거리 $Ah(t)$ 의 영향을 받게 된다.

$$\frac{1}{NL_{tot}} < P_m < \frac{1}{L_{tot}} \quad (9)$$

$$0 < P_c < \frac{L_{tot}-1}{Ah(t)} \quad (10)$$

$$0 < P_m < \frac{1}{L_{tot}-Ah(t)} \quad (11)$$

보통 교차 확률은 0과 1사이의 값을 사용하기 때문에 수렴하는 경우 (10)은 항상 성립한다. 돌연변이 확률 P_m 은 (9)과 (11)를 동시에 만족해야 한다.

국부 최적해에 조기 수렴하는 것을 방지하기 위해서는 유전자 알고리즘의 초기 단계에는 교차 연산자가 탐색에 주로 작용을 하고 돌연변이의 영향은 최소로 한다. 그리고 세대가 진행됨에 따라 교차 연산자보다 돌연변이 확률의 영향을 크게 한다. 이러한 개념을 구현하기 위해서는 평균 해밍거리에 기반을 두고 가변 교차 확률과 가변 돌연변이 확률을 사용하는 것이 필요하다.

$$p_c(t+1) = p_c \times f_c(Ah(t)) \quad (12)$$

$$p_m(t+1) = p_m \times f_m(Ah(t)) \quad (13)$$

본 논문에서는 목적 함수 (7)을 만족하는 속도 제어를 탐색하기 위해 (9)-(11)를 만족하고 (12)과 (13)의 가변 교차 확률과 돌연변이 확률을 사용한다.

속도 외란 추정을 위해 미동 탐색 제어 시스템을 단순히 안정화시키는 속도 제어기 $C(j\omega)$ 를 구하여 측정에 사용하고 (6)에도 사용한다. 목적 함수 (7)를 최소화 하는 속도 제어기 탐색을 위해 측정을 위한 속도 제어기 $C(j\omega)$ 의 각 파라미터값에서 $\pm 30\%$ 범위내에서 변하는 제어기 파라미터값을 임의로 생성하여 유전자 알고리즘의 염색체로 사용한다. N 개의 염색체별로 제어기 파라미터 N_{var} 에 대해 L_{var} 길이의 비트 배열을 가지도록 한다. 본 논문에서 사용한 유전자 알고리즘을 단계별로 정리하면 다음과 같다.

① 모집단의 염색체의 수 N 와 총 비트수 L_{tot} 를 정하고 생성된 각 염색체에 대해 주파수 f_0 에서의 공칭 속도 제어 루프의 게인 L_{m0} 와 위상 \square_{m0} 를 구한다.

② 각 염색체별 12개의 극한 속도 제어 루프 함수에 대해 주파수 f_0 에서의 게인 $L_{i0}(\lambda)$ 와 위상 $\square_{i0}(\lambda)$ 를 구하

고 (7)에 적용하여 목적 함수 J 의 값을 구한다.

③ 목적 함수 J 로부터 적합도 함수를 정하고 모집단의 염색체들의 적합도를 평가한다.

④ 선택 기법을 이용하여 모집단에서 부모를 선정하고 적합도가 높은 상위 일정비율의 염색체들을 reproduction 과정을 거치지 않고 다음 세대로 천이시키는 방법을 사용한다.

⑤ 선택된 부모들로부터 평균 해밍거리를 기반으로 가변의 교차와 돌연변이 연산 과정을 거친 후에 다음 세대를 위한 새로운 염색체로 사용한다.

⑥ 현재 세대들의 염색체들을 새로운 세대의 염색체들로 교체한다. 세대가 설정한 최대 세대 gen_{max} 이 될 때까지 절차 “②”에서부터 반복한다.

본 논문에서 제안된 속도 외란 추정 시스템을 적용하면 액추에이터 불확실성이 존재하더라도 속도 외란은 최대한 정확하게 추정할 수 있다. 그리고 추정된 속도 외란의 특성을 고려하여 속도 에러가 최대 허용 에러보다 항상 작도록 하는 속도 제어 루프를 설계할 수 있다. Fig. 2에서 속도 에러 $V_e(j\omega)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_e(j\omega) = \frac{1}{1+L(j\omega)}(V_r(j\omega) - V_d(j\omega)) \quad (14)$$

최대 허용 에러가 v_{emx} 이고 추정된 속도 외란을 적용하면 각 주파수에서 속도 에러가 v_{emx} 보다 작게 되는 최소 속도 제어 루프 게인 $L_{min}(j\omega)$ 은 다음과 같이 근사적으로 나타낼 수 있다.

$$L_{min}(j\omega) \cong \frac{|V_r(j\omega) - \hat{V}_d(j\omega)|}{v_{emx}} \quad (15)$$

결론적으로 속도 제어 루프 게인이 최소 속도 제어 루프 게인보다 크도록 속도 제어를 설계하면 속도 에러는 최대 허용 에러보다 작게 된다.

4. 실험 결과

제안된 속도 외란 추정 시스템의 타당성을 검증하기 위해 본 논문에서는 DVD 기록기기의 미동 검색 제어 시스템에 적용하였다. 속도 외란 추정 시스템은 디지털 실험 보드에 의해 구현되었고 DVD 12X으로 구동하여 실험 데이터를 500 KHz의 샘플링 주파수로 측정하였다. Fig. 3은 속도 외란 추정을 위한 디지털 서보 보드를 나타낸다.

실험에서 사용한 미동 액추에이터의 공칭 모델은 1차

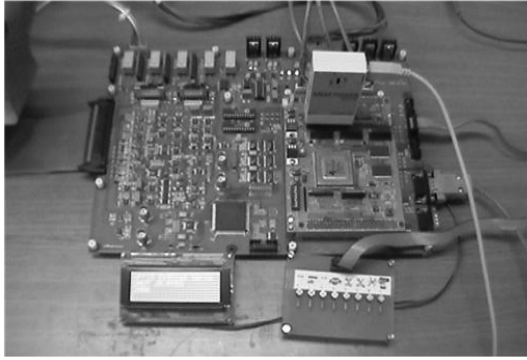


Fig. 3. A digital servo board for estimating the velocity disturbance of fine seek control system.

공진 주파수, 감쇠 상수, DC 감도, 10%범위의 모델링 불확실성을 고려하여 다음과 같이 모델링될 수 있다.

$$P_f(s) = \frac{[546, 602]s}{s^2 + [399, 441]s + [170050, 187950]} \quad (16)$$

드라이버 게인 K_v 는 2.5, 드라이버의 차단 주파수는 속도 외란의 추정 범위보다 큰 50 KHz로 구현하였다. 속도 외란 추정을 위해 미동 검색 제어 시스템을 단순히 안정화시키는 다음의 4차의 속도 제어기 $C_f(j\omega)$ 를 적용하였다.

$$\frac{1.8 \times 10^6 s^3 + 4.3 \times 10^{10} s^2 + 2.1 \times 10^{14} s + 1.2 \times 10^{17}}{s^4 + 1.5 \times 10^5 s^3 + 3.3 \times 10^9 s^2 + 1.6 \times 10^{13} s + 5.6 \times 10^{15}} \quad (17)$$

(16)의 계수 파라미터의 최대값과 최소값을 (5)에 적용하여 구한 분모와 분자vertex 다항식과 추정을 위한 속도 제어기 (17)을 (6)에 적용하여 12개의 극한 속도 제어 루프 함수를 구하였다. 특정 주파수 f_0 는 속도 제어 대역을 고려하여 2 KHz로 설정하였다.

본 논문에서는 4차의 속도 제어기를 사용하기 때문에 검색체별 구성 요소로 8개의 제어기 계수를 사용하였다. 각 제어기 파라미터들은 비트 수 $L_{var}=25$, 각 검색체별 총 비트수 $L_{tot} = N_{var}L_{var} = 200$ 의 비트 배열로 (17)의 각 제어기 파라미터에서 $\pm 30\%$ 범위내에서 임의적으로 생성되었고 $N=20$ 개의 검색체들이 최종적으로 생성되었다. 검색체들은 확률론적인 일반 샘플링에 의해 선택되었고 진화 연산자로는 one point 교차 연산자와 bit inversion 형태의 돌연변이 연산자가 사용되었다[11]. 교차 확률과 돌연변이 확률은 (9), (10), (11)을 만족하고 다음과 같은 가변 교차 확률과 돌연변이 확률을 가지도록 설정하였다.

$$p_c(t+1) = 0.8 \times \left| 1 - \frac{2Ah(t)}{L_{tot}} \right| \quad (18)$$

$$p_m(t+1) = 0.0015 \times \left(1 + 5 \times \left| 1 - \frac{2Ah(t)}{L_{tot}} \right| \right) \quad (19)$$

교차와 돌연변이를 진행한 후 생성된 개체들은 다음 세대를 위해 다시 재삽입되었다. 이러한 과정은 최대 세대 $gen_{max}=30$ 이 될 때까지 반복되었고 최종적으로 목적 함수 J 를 최소화하는 속도 제어기 $\hat{C}_f(s)$ 는 다음과 같이 탐색되었다.

$$\frac{1.8 \times 10^6 s^3 + 4.8 \times 10^{10} s^2 + 2.1 \times 10^{14} s + 1.3 \times 10^{17}}{s^4 + 1.7 \times 10^5 s^3 + 3.8 \times 10^9 s^2 + 1.9 \times 10^{13} s + 6.5 \times 10^{15}} \quad (20)$$

드라이브 게인, 속도 제어기 $\hat{C}_f(j\omega)$, 공칭 미동 액추에이터 모델, 측정된 실제 속도를 (4)에 적용하면 속도 외란을 추정할 수 있다. Fig. 4는 DVD 12배속에서 추정된 속도 외란을 나타낸다.

추정된 DVD 12X 속도 외란을 적용하여 최소 속도 제어 루프 게인을 구하기 위해 Fig. 5과 같은 200 트랙의 미동 탐색 동작을 실행하기 위한 지령 속도 v_r 와 최대 허용 에러 $v_{emx}=1.0$ mm/s을 고려하였다. Fig. 6은 추

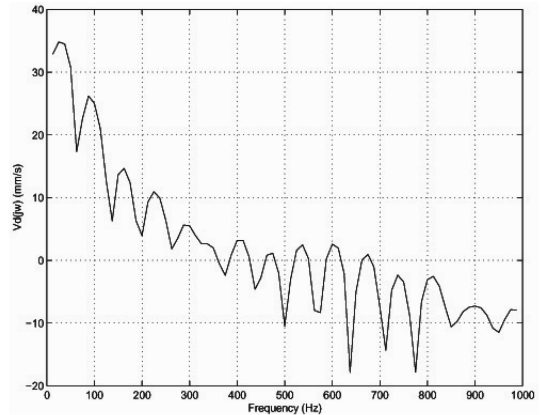


Fig. 4. The velocity disturbance estimated at DVD 12X.

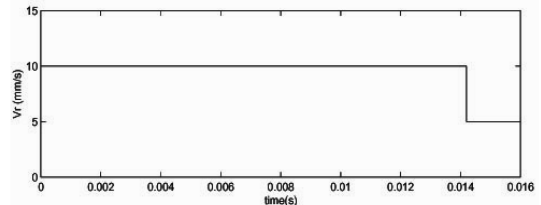


Fig. 5. The reference velocity for a fine control seek action moving 200 tracks.

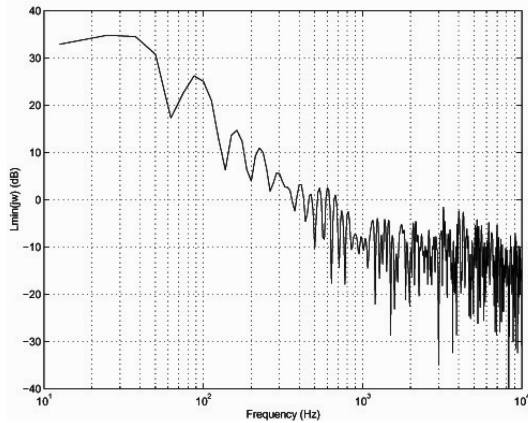


Fig. 6. A minimum velocity loop gain of DVD 12X.

정된 속도 외란, 지령 속도, 최대 허용 에러를 (15)에 적용하여 계산한 DVD 12X 최소 속도 제어 루프 게인을 나타낸다.

5. 결 론

본 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 미동 탐색 제어 시스템에 발생하는 속도 외란을 추정하는 시스템을 제안하였다. 액추에이터 불확실성의 영향을 고려하기 위해 공칭 속도 제어 루프의 주파수 특성과 극한 속도 제어 루프의 주파수 특성을 비교하는 목적 함수를 고려하였고 유전자 알고리즘을 이용하여 세대가 진행됨에 따라 목적 함수를 최소로 하는 속도 제어를 탐색하여 속도 외란 추정에 사용하였다. 제안된 속도 외란 추정 시스템의 타당성을 검증하기 위해 DVD 기록기기의 미동 탐색 제어 시스템에 적용하였다.

감사의 글

이 논문은 한국기술교육대학교 교육연구진흥프로그램의 지원에 의하여 수행되었음.

참고문헌

1. Jin, K. B., Doh, T.-Y., Ryoo, J. R. and Chung M. J., "Robust Direct Seek Control for High-speed Rotational Optical Disk Drives," IEEE transactions on consumer electronics, pp. 1273-1283, 1998.
2. Suzuki, M., Tanaka, H., Miura, M., Suzuki, Y. and Mori, M., "Advanced direct seeking system for 5.25" magneto-optical disk drive," J. Appl. Phys., pp.5371-5375, 1993.
3. Yang, J., Pan, L., Pei, X. and Xu, D., "Two-actuator cooperative seek control for optical disk drives," Proceedings of the SPIE, pp. 94-98, 1998.
4. Jin, K. B., Lee, H. K. and Chung, M. J., "Direct seek control scheme for high-speed rotational optical disk drives," Electronics letters, pp. 1476-1477, 1998.
5. Yang, J. D., Pan, L. F., Pei, X. D. and Xie, C. S., "Time Optimal Seek Control for a Coupled Dual Stage Disk Drive Actuator," IEEE transactions on magnetics, pp. 2629-2631, 1997.
6. Akiyama, M. and Ishikawa, J., "Repetitive Track Seeking Algorithm for Optical Disk Drives," Japanese journal of applied physics, pp. 5392-5396, 1993.
7. 진경복, 이문노, "광 디스크 드라이브의 진동 제어 기술," 한국소음진동공학회지, pp. 48-55, 2003.
8. Lee, M.-N. and Jin, K. B., "A controller design method for constructing a robust track-following system," IEEE Trans. Cons. Electr., vol. 54, no. 2, pp. 538-544, 2008.
9. Hsu, C.-C., Chang, S.-C. and Yu, C.-Y., "Tolerance design of robust controllers for uncertain interval systems based on evolutionary algorithms," IET Control Theory Appl., vol. 1, no. 1, pp. 244-252, 2007.
10. Lee, H. K., Lee, D. H., Ran, Z., Lee, G. K. and Lee, M.-N., "On parameter selection for reducing premature convergence of genetic algorithms," CAINE-2010, pp. 214-219, 2010.
11. 진경복, 이문노, "유전자 알고리즘을 이용한 트랙킹 진동량 추정 시스템," 반도체디스플레이기술학회지, 제10권, 제2호, pp. 25-30, 2011.

접수일: 2012년 7월 23일, 심사일: 2012년 8월 21일,

게재확정일: 2012년 8월 31일