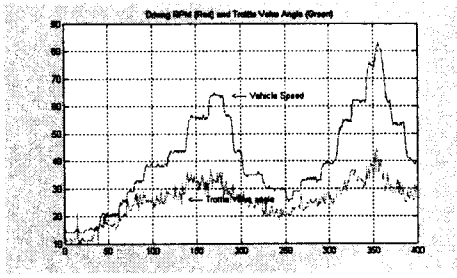


하지만, ECU로 입력되는 속도신호 선은 자동차의 실제속도와 비례해 파형의 주기가 변하기 때문에 좀 더 정확하게 측정이 가능하다.



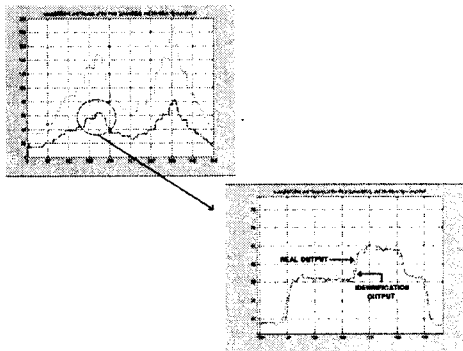
<그림 5> 스톱앤걸브 각도 따른 실제 속도 데이터 측정

2.2 시스템 식별

파라미터를 추정하는 식별방법은 다양하지만 대표적인 알고리즘 방식은 상태공간 방정식, ARX, ARMAX, OE(output error) 등이 있다. 본 연구에서는 대표적 방법 중 하나인 ARX 기법을 이용해 자동차의 모델을 추정했다. 실시간 운행중인 자동차에서 얻어진 입력과 출력 자료를 이용해 전달함수 추정을 위한 파라미터를 추출하는 것이다. 기본적인 ARX의 모델 구조는 다음과 같다.

$$A(q^{-1})y(t) = B(q^{-1})u(t) + e(t) \quad (1)$$

<그림 6>은 식(1)과 같은 알고리즘을 이용해 실제 자동차의 속도를 추정한 결과를 보여주고 있다. 실제 출력과 식별알고리즘을 이용해 구해진 데이터가 유사함을 알 수 있다.

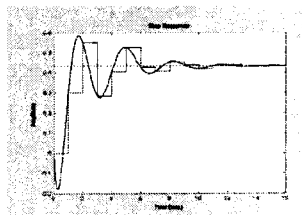


<그림 6> 실제 출력값과 추정된 출력 데이터 비교

MATLAB 프로그램을 이용 ARX의 알고리즘을 프로그램 하면 <그림 6>과 식(2)와 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\frac{-1.582s^5 - 0.5829s^4 + 1.872s^3 + 6.427s^2 + 5.907s + 2.177}{s^6 + 5.721s^5 + 14.69s^4 + 28.56s^3 + 31.77s^2 + 18.71s + 5.015} \quad (2)$$

6차 이상의 모델링 식은 6차의 내용과 유사하기 때문에 식(2)와 같이 전달함수를 구하였다. <그림 7>은 식(2)의 전달함수에 STEP입력에 대한 출력 파형을 나타낸 그림이다.



<그림 7> 식별된 전달함수에 대한 STEP 응답

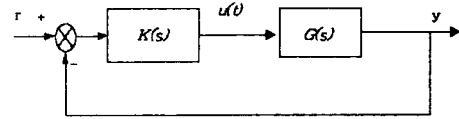
2.3 근사화 모델을 이용한 제어기의 설계

고차의 전달함수는 시스템의 제어기 설계에 많은 어려움을 주기 때문에

저차로 축소시키는 것이 매우 중요하다. 식(2) 프로세서의 전달함수 $G(s)$ 또는 주파수 응답 $G(j\omega)$ 가 유용하기 때문에 단일 루프 제어기의 구조를 가지며, PID 제어기의 식은 식(3)과 같은 형태이고 프로

$$K(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s \quad (3)$$

세서의 제어기로 사용되며 튜닝의 대상은 파라메타 K_p, K_I, K_D 를 결정하는 것이다.



본 논문에서는 시간지연이 포함된 고차 시스템(high-order system)을 저차 시스템으로 근사화 하는 방법을 이용하여 제어기를 다음과 같이 설계한다. 주파수 응답을 이용하여 시간 지연 항을 포함한 2계 근사 모델 $\hat{G}(s)$ 은 플랜트의 주파수 응답 중 단지 두 점만을 이용하여 다음과 같은 2계 근사화 모델을 고려한다.

$$\hat{G}(s) = \frac{e^{-sL}}{as^2 + bs + c}$$

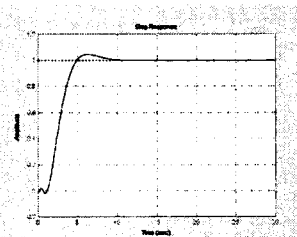
a, b, c, L의 값들이 2계 근사화 모델에서 계산하여야 하는 파라미터들이며, 이를 결정하기 위해 주파수 응답의 위상을 만족하는 두 개 $G(j\omega_b) = -180^\circ, G(j\omega_c) = -90^\circ$ 의 주파수 포인트 $s = j\omega_b, s = j\omega_c$ 를 선정한다.

이때, $G(j\omega_b) = \hat{G}(j\omega_b), G(j\omega_c) = \hat{G}(j\omega_c)$ 라고 두면 식(4)(5)의 관계로

$$c - a\omega_b^2 + jb\omega_b = \frac{\cos(\omega_b L) - j\sin(\omega_b L)}{-j|G(j\omega_b)|} \quad (4)$$

$$c - a\omega_c^2 + jb\omega_c = \frac{\cos(\omega_c L) - j\sin(\omega_c L)}{-|G(j\omega_c)|} \quad (5)$$

부터 a, b, c의 관계식을 유도한다. 또한 L은 Newton-Raphson방법으로 근사해로 구할 수 있다[2]. 식별된 결과의 전달함수를 근사화된 모델을 이용 제어기를 설계한 후 스텝입력으로 시뮬레이션을 주게 되면 <그림 8>과 같은 결과를 얻을 수 있다.



<그림 8> 근사화된 제어기에 의한 STEP 응답

3. 결 론

본 연구에서는 실시간 운행중인 자동차의 스톱 앤드 걸브 각과 자동차의 속도를 입력으로 간주해 데이터를 추출하고, 자동차의 전달함수를 시스템 식별 알고리즘을 이용해 비교적 정확한 수학적 모델링을 하였다. 하지만, 모델링 되어진 전달함수가 고차시스템의 형태를 가지고 있기 때문에 자동차의 순항제어기를 설계하기에 많은 어려움이 있어 근사화 모델을 이용해 제어기를 설계하고 안정함을 보였다.

[참고 문헌]

- [1] M. R. Matausek and A. D. Micic, "A Modified Smith Predictor for Controlling a Process with an Integrator and Long Dead-time", IEEE Trans. Automat. Contr., Vol. 41, No. 8, pp. 1199-1203, 1996
- [2] Q. G. Wang, T. H. Lee, h. W. Fung, Q. Bai, and Yu Zang, "PID Tuning for Improved Performance", IEEE Trans. Contr. sys t. Technol., vol. 7, pp. 457-465, 1999
- [3] Lennart Ljung, "System Identification Theory for the user", Prentice Hall. 1999