

데이터 수집 장치를 이용한 유도탄 구동장치 점검 제안

Proposal for guided missile actuator device inspection using data acquisition device

정의재* · 오택근 · 이정민 · 유필중
LIG넥스원(주) PGM 대공체계연구소

Eui-Jae Jung* · Sang-Hoon Koh · You-Sang Lee · Young-Sung Kim
PGM Research and Development Lab, LIGNex1 Co., Gyeonggi-do, 13488, Korea

[요 약]

유도탄 구동장치는 구동장치 날개 펼침 시간과 위치가 유도탄의 초기 기동에 매우 중요한 요소가 되며, 유도탄 구동장치 점검은 구동 동작 수집 데이터 획득 정확성과 실시간성이 보장되어야 한다.

본 연구에서는 기존 구동장치 점검 설계 및 구현방식과 데이터 수집장치 구동장치의 설계 구현방식 차이를 비교하고, 데이터 수집량, 실시간 데이터 수집 성능 차이를 획득 후 비교하였으며, 시험을 통해 나타난 데이터를 그래프로 변환한다. 획득된 데이터 구동장치 파형을 비교 분석하고, 분석된 데이터를 기반으로 기존 구동장치 점검과 데이터 수집장치 점검 중 실시간 응답 속도와 안정성이 보장된 데이터 수집장치 점검구성을 제안한다.

[Abstract]

In the missile actuator system, the time and position of the wings of the drive device are very important factors in the initial maneuver of the missile, and therefore, the missile actuator device must be inspected while ensuring the accuracy and real-time of motion collection data of the actuator.

In this study, the difference between the design and implementation method for checking the existing actuator device and the design implementation method of the actuator device through the DAQ(Data Acquisition) device is compared, and the difference in data collection amount and real-time data collection performance is compared and tested, and the data shown through actual tests are compared. is converted into a graph, the actuator waveform is compared and analyzed, and based on the analyzed data, DAQ device inspection configuration that guarantees real-time response speed and stability during inspection of existing actuators and DAQ devices is proposed.

Key word : Actuator, Angular Velocity, Data Acquisition, Sine wave, Square Wave.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2023.27.4.423>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 21 July 2023; Revised 10 August 2023
Accepted (Publication) 23 August 2023 (30 August 2023)

*Corresponding Author : Euijae Jung

Tel: +82-32-5179-7447

E-mail: euijae.jung@lignex1.com

1. 서론

최근 정보통신 기술의 발전 및 무기체계 발전으로 데이터와 환경변수 데이터의 실시간 활용에 대한 요구가 급격하고 대용량의 데이터 수집 분석에 대한 효율적인 처리를 위해 처리 알고리즘이 개발이 절실히 요구된다. 또한 무기체계 중 유도탄의 성능의 효율적인 분석과 처리를 위한 알고리즘 개발이 필요하다 [1]. 유도탄의 구동장치는 유도탄이 발사될 시 발사관으로부터 이탈과 함께 펼쳐지게 된다. 이때 구동장치 날개가 펼쳐지는 시간과 위치는 유도탄의 초기 기동에 매우 중요한 요소가 된다. 따라서 유도탄 구동장치 점검은 구동 동작 시 데이터양과 실시간 데이터 수집이 보장되어야 한다. 구동장치 제어는 필요 조종 명령이 아날로그 데이터로 변환되어 유도탄의 비행 방향을 제어할 수 있고 신호에 따라 조종장치 날개 위치 제어를 한다. 그러나 최근 기술의 발전으로 구동장치의 점검 기능의 복잡도와 데이터 정밀도가 높아지고 데이터양의 상승으로 기존 구동장치 점검구성으로 구동장치의 방대한 양과 실시간 데이터 처리에 한계를 보여준다[2].

본 연구에서는 기존 구동장치 점검과 데이터 수집장치의 설계 및 구현방식의 차이를 비교하고, 비교 데이터의 데이터 수집량, 실시간 데이터의 성능 차이를 비교 시험하였으며, 각 구성 별 시험을 통해 나타난 데이터를 그래프로 변환하여 구동장치 과형을 비교 분석하여 기존 구동장치 점검구성에 비해 데이터 수집장치 점검구성의 데이터 실시간 데이터 유효성과 데이터 수집 양 차이를 비교하여 데이터 수집장치 구성의 안정성과 효율성을 증명하였다.

II. 관련 연구 및 기존 기술과 비교

2-1 데이터 수집장치 구조

데이터 수집장치는 사람이 주변에서 관측할 수 있는 온도, 습도와 같은 물리적인 현상들을 다양한 센서 장치를 이용하여 아날로그 신호 형태로 추출하고, 해당 신호를 아날로그 디지털 변환기를 이용하여 디지털 데이터로 변환하여 내부 메모리 데이터베이스에 저장하는 시스템이다[3]. 저장된 디지털 데이터는 사용자가 원하는 정보를 제공한다. 그림 1은 데이터 수집장치 시스템의 구조의 넓은 의미 보여주며, 그림 2는 데이터 수집장치 내부 구조 블록 다이어그램이다. 데이터 수집장치는 내부 클록을 통하여 데이터 수집 및 저장을 실시간으로 저장할 수 있다. 데이터 수집장치는 내부 메모리가 데이터 수집장치에 존재하며 내부 메모리를 이용하여 실시간 데이터베이스를 이용하여 일관성을 유지하며 시간과 저장을 만족할 수 있도록 스케줄링한다. 그러나 기존 전자 회로를 이용한 데이터 수집 구성은 운영체제 트랜잭션 시간의 대부분을 디스크 접근에 할당하므로 낮은 성능과 예견성이 낮다[4].

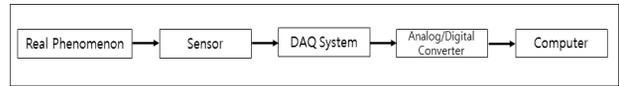


그림 1. 데이터 수집장치 시스템의 구조
Fig. 1. DAQ Structure of the system

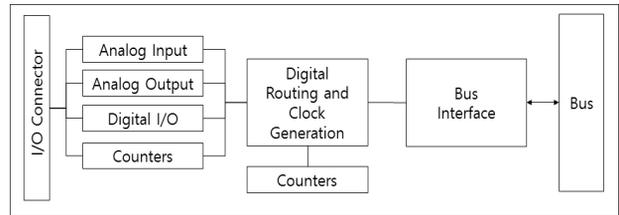


그림 2. 데이터 수집장치 내부 블록 다이어그램
Fig. 2. DAQ Internal Block Diagram

2-2 기존 구동 장치 점검과 비교

기존 구동장치 성능을 점검하기 위한 구성은 전원 회로, 제어 소프트웨어 및 구동 명령 미들웨어 소프트웨어로 구성된다. 구동장치는 위치 및 제어에 대한 실시간성을 보장하여야 하며, 모의 명령 송신 데이터, 대상 구동장치 전자장치 송신에 대한 모의 명령 응답 데이터를 실시간 상태 데이터 대상으로 데이터를 수집하여 구동장치의 성능을 점검 검증하여야 한다. 그러나 기존 방식으로는 운영체제 스케줄링 한계로 데이터 실시간 수집성이 낮고, 회로 구성에 난이도가 높다. 반면 데이터 수집장치 구성은 데이터 수집장치를 이용하여 실시간 데이터를 수집할 수 있으며, 간단한 주변 회로 구성으로 효율성과 정확성을 극대화할 수 있다. 그림 3은 기존 구동장치 점검구성과 데이터 수집장치의 하드웨어 구성을 비교하였고, 그림 4와 그림 5는 실제 구동장치를 이용한 내부 구성도로 기존 구동장치 점검구성과 데이터 수집장치 점검구성의 흐름도를 비교하였다. 기존 구동장치 점검 내부 구성은 운영체제 타이밍 속도에 따라 데이터를 획득한다. 운영체제 속도는 각 운용 스레드 개수와 사용 메모리 할당에 따라 데이터 속도가 일정하지 않고 운영체제의 기능을 분할 처리하는 디스크에 트랜잭션 시간 대부분을 디스크 접근에 할당하기 때문에 결과 도출 시간이 보장되지 않는 낮은 성능과 실시간 응용에 부적합하다.

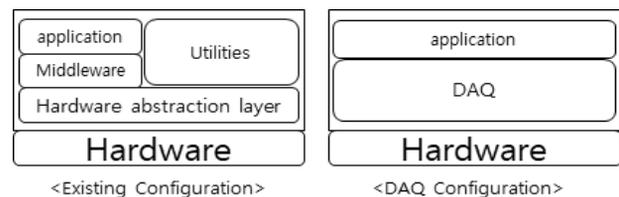


그림 3. 기존 구성과 DAQ 하드웨어 구성 비교
Fig. 3. Comparison of existing and DAQ Hardware configurations

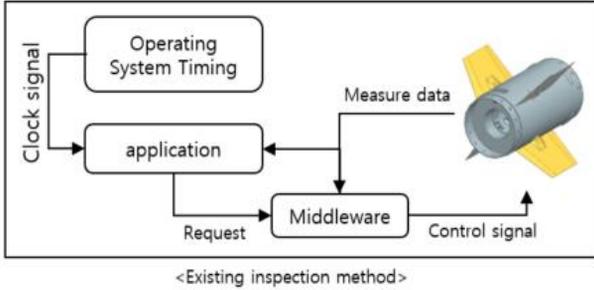


그림 4. 기존 구동장치 점검 제어 흐름도
Fig. 4. Existing actuator device control flowchart

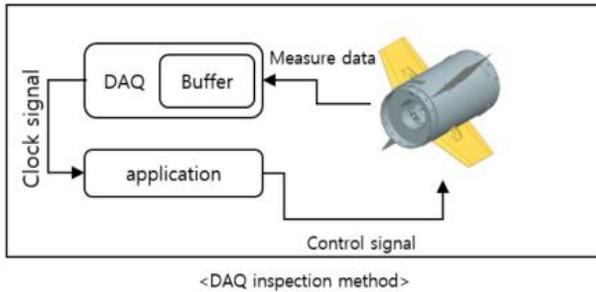


그림 5. 데이터 수집장치 구성 점검 제어 흐름도
Fig. 5. DAQ actuator device control flowchart

표 1. 운영체제 수집 유효시간 비교

Table 1. Comparison of collection valid time by operating system

Division	Existing configuration	DAQ Configuration
OS	Windows	DAQ
Data Size	1024 Bytes	1024 Bytes
Valid Time	1 msec	0.1 msec

본 논문에서 제안한 데이터 수집장치 점검 구성은 그림 5와 같이 제어 명령을 구동장치에 전달하여 점검 데이터를 데이터 수집장치 내부의 버퍼에 저장하고, 데이터 요청 시 저장된 버퍼 데이터를 획득한다. 이에 따라 데이터 수집장치 내부 클럭 신호에 따라 트랜잭션의 시간 스케줄링하는데 일관성을 유지하면서 데이터를 저장할 수 있다. 표 1은 기존 구동장치 점검구성과 데이터 수집장치를 이용한 구동장치 점검구성 간 데이터 수집 1,024바이트의 수집 유효시간을 측정하였다. 시험 결과 구성 운영체제 스케줄링에 따라 데이터 유효 보장 시간이 1 msec와 0.1 msec로 차이를 확인하였다. 각 구성 시 주변 전자 회로 가격 또는 기능에 따라 다르지만, 데이터 수집장치 기능이 높은 유효성을 보여준다. 실제 구동장치를 제어하기 위해서 제어 신호가 필요하다. 실제 유도탄 구동장치 제어 방법은 전압이 변위 된 구형파, 정현파를 출력으로 구동장치 날개 움직임을 제어하도록 설계되어 있다. 데이터 수집장치 사용 시, 데이터 수집장치 내부 클럭 신호와 제어 신호로 구동장치를 제어할 수 있다.

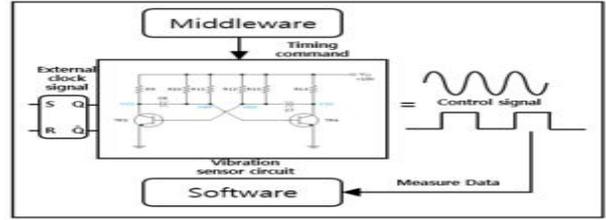


그림 6. 신호 생성기 이용 제어 신호 생성 블록도
Fig. 6. Block diagram of control signal vibrator

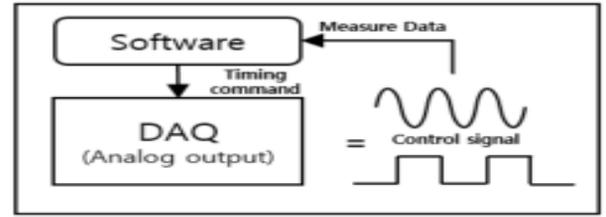


그림 7. 데이터 수집장치 아날로그 모듈 신호 생성 블록도
Fig. 7. Block diagram of DAQ module configuration

기존 구동장치 제어 방법은 그림 6과 같이 미들웨어 소프트웨어에서 시간 축에 신호 생성기 및 외부 클럭 신호 인가 후 신호 생성기로부터 신호를 생성하여 외부에서 구동장치 제어 신호를 인가한다. 제어된 구동장치는 구동장치 위치 정확도 데이터로 미들웨어 소프트웨어와 제어 소프트웨어 간 통신으로 데이터를 수집된다. 그림 7은 데이터 수집장치 제어 방법으로 데이터 수집장치 내부 클럭에 시간 축 설정 후 아날로그 출력 모듈 클럭 신호를 이용하여 구동장치를 제어하며 소프트웨어로 위치 정확도 데이터를 수집한다.

III. 기존 구동장치 점검 구성과 데이터 수집장치 구성 성능 비교

3-1 기존 구동장치 점검구성과 데이터 수집장치 점검구성

유도탄의 구동장치 점검 구성은 위치와 날개 펼침 시간 측정의 성능을 보장하는 장비로, 구동장치의 정적 정확도를 아날로그 데이터로 저장한다. 그림 8과 같이 점검 장비로부터 모의 명령 송신 데이터, 대상 구동장치의 전자장치 송신에 대한 모의 명령을 응답 데이터로 응답받은 정적 정확도와 구동장치 날개 각 축의 위치 엔코더를 부착하여 실제 위치 데이터 위치 정확도 측정하였다[5][6]. 본 논문에서 사용된 구동장치는 실제 규격에 맞지 않은 불량 구동장치를 이용하여 위치 엔코더를 이용한 위치 정확도 데이터 수집 가능 여부를 확인하고 실제 최대 각속도를 측정하여, 본 논문의 목적인 구동장치 점검을 수행하기 위해 기존 점검구성과 데이터 수집장치 점검구성의 점검 데이터를 비교하여 데이터의 유효성을 확인하였다.

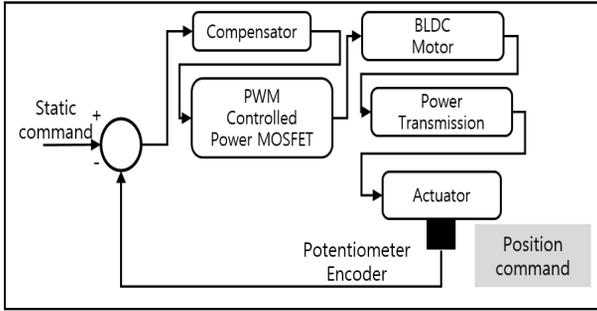


그림 8. 구동장치 내부 물리적 흐름도
 Fig. 8. internal physical flow diagram of actuator device

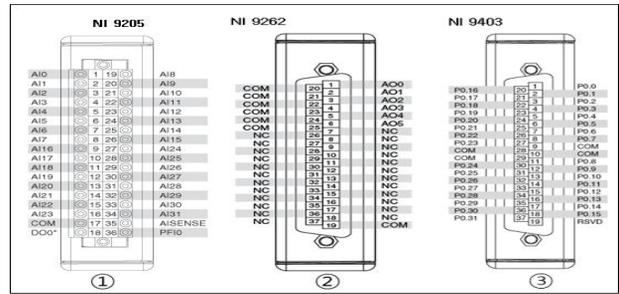


그림 10. 구동장치 제어 데이터 수집장치 모듈 구성도
 Fig. 10. DAQ module configuration for actuator device control

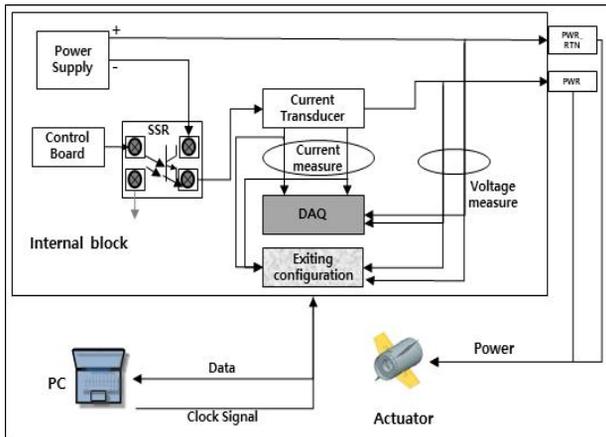


그림 9. 데이터수집장치 구성과 기존 구동장치 시험 구성도
 Fig. 9. DAQ and existing actuator device inspection configuration diagram

데이터 수집장치 구성은 유도탄 구동 날개 제어 신호를 송신 수신할 수 있다. 데이터 수집장치 내부에는 디지털 신호, 카운터가 외부 입출력 단자를 통해 신호를 전압 신호로 전달되어 데이터 수집장치의 클럭 신호에 따라 프로그램으로 구동장치 위치 데이터를 수신한다. 기존 구동장치 구성은 신호 생성기를 이용한 데이터 카운터를 미들웨어 소프트웨어로 제어하여 소프트웨어로 실제 구동장치 위치 데이터를 획득한다. 그림 9는 전체 구동장치 점검 장비 구성 구축 후 데이터 수집장치와 기존 구동장치 점검 구성 완료 후 각 구성된 시험 구성도를 통하여 점검구성 별 데이터 유효성을 검증하였다.

3-2 데이터 수집장치 기능 모듈 구성

표 2. 데이터 수집장치 구성 및 규격
 Table 2. DAQmx configuration and specifications.

Division	Model name	Function
DAQ Analog Input	NI-9220	±10 V, 100 kS/s/ch, 16 bit
DAQ Analog Out	NI-9264	25 kS/s/ch, ±10 V, 16ch
DAQ DIO	NI-9403	5V/TTL, 32 CH,

데이터 수집장치 구성의 장점은 각 모듈 구성에 따라 기능을 확장 또는 변경하여 사용할 수 있다. 본 논문의 구동장치 점검은 데이터 수집장치 내부에 각 필요 모듈을 확장하여 구성한다. 유도탄 구동장치 점검에 앞서 제어 모듈은 그림 10과 같이 3가지 기능으로 모듈을 구성하였다. 첫 번째 모듈은 구동장치 측정 아날로그 데이터 센서 수집 모듈이며, 두 번째 모듈은 그림 6, 7과 같이 구동장치의 날개 위치 제어를 위한 구형과, 정현파를 일정 시간 동안 동일 전압 변위를 제어하기 위한 아날로그 출력 제어 센서 모듈 구성하며 마지막으로 구동장치 내부의 회로와 전원 공급 장치 간 전원을 공급 제어하기 위한 센서 모듈을 구성하였다. 구성된 데이터 수집장치 모듈의 상세 규격은 표 2와 같다.

3-3 데이터 처리 속도 결과

데이터 처리 속도 비교 전 데이터 수집장치와 기존 점검 장비 구성의 데이터 수집장치와 동일 성능으로서 같은 수준의 신호 생성기를 사용하여 시험을 진행하였다. 표 3은 1초 동안 데이터 수집하여 데이터양의 차이를 나타낸 결과이다. 기존 구동장치 점검구성과 데이터 수집 장치 구성 차이는 데이터를 수집하는 스펙트럼이 직접 디스크에 접근하여 데이터를 가지고 오는 방식과 데이터 수집장치 내부 카운터와 메모리를 이용하여 호출 시 데이터를 획득하는 방식이다. 기존 방식은 컴퓨터 디스크 내부의 데이터 획득 시 운영체제 스펙트럼 스케줄링이 구동장치 데이터 획득뿐만 아니라 여러 스케줄링을 수행하기 때문에 데이터 수집 속도가 불규칙하다. 또한 운영체제 변경 시 실제 데이터 수집장치 처리 데이터를 저장하는 카운터와 메모리 부재로 데이터 수집장치와 같이 데이터 획득 시 데이터 수집 양의 정확성을 보장할 수 없다.

표 3. 초당 수집 가능 데이터 양
 Table 3. Amount of data that can be collected per second

	Existing configuration	DAQ Configuration
Data count	758 Word	1000 Word

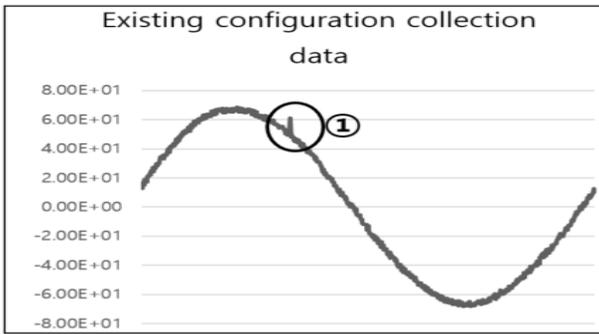


그림 11. 기존 구동장치 구성 데이터 수집 결과
 Fig. 11. Result of collection existing actuator configuration data

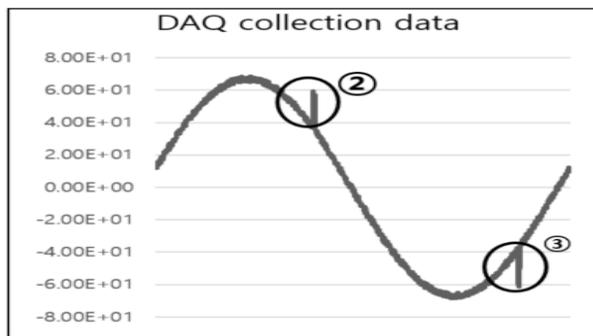


그림 12. 데이터 수집장치 구성 데이터 수집 결과
 Fig. 12. Result of collection DAQ configuration data

그림 11과 그림 12는 구동 시 위치각도 오차가 있는 구동장치를 각 점검구성으로 데이터 획득하여 그래프로 전시하였다. 정현파 제어 신호 인가 시 실제 구동 파형을 구동장치로부터 데이터를 그래프로 변환한 결과, 기존 구동장치 점검구성 결과 그림 11의 표시된 1번에서 실제 구동 위치각도 오차가 있는 것을 확인하였다. 데이터 수집장치 점검구성 결과도 획득 데이터를 그래프로 변환한 결과 실제 구동장치 날개 위치가 데이터 0을 기준으로 날개 위치 하강과 상승 시 그림 12의 2번과 3번에서 구동 위치각도 오차를 발견하였다. 획득한 데이터 분석 결과로 기존 구동장치 점검구성으로 실제 구동 위치각도 오차를 데이터 획득하지 못한 것이다. 또한 그림 11과 그림 12에서 1번과 2번 위치각도 오차의 획득 데이터 수는 표 4와 같으며 실제 위치각도 오차 데이터 수집량이 2바이트와 10바이트로 다른 것을 확인하였다. 또한 실제 그림 11의 1번에서 전시된 위치각도 오차는 기존 구동장치 점검구성으로 반복 수행 후에는 불규칙적으로 오차 반복 데이터를 획득할 수 없었다.

표 4. 동일 위치 데이터 획득 양 비교

	Existing configuration	DAQ Configuration
Data count	2 Bytes	10 Bytes

표 5. 시험 결과

Table 5. Test result

	Existing configuration	DAQ Configuration
Position accuracy(deg)	0.050	0.02
Angular Velocity(CW, deg/sec)	493.1	369.75
Angular Velocity(CCW, deg/sec)	493.6	369.15

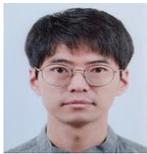
그림 9의 시험구성으로 그림 11과 그림 12 제어 신호를 기존 구동장치 점검구성과 데이터 수집장치 점검 구성하였으며 그림 8의 위치 엔코더를 통하여 위치 정확도 데이터를 획득하고 획득한 위치 정확도 데이터를 최대 각속도로 데이터를 변환하였다. 표 5는 획득한 구동장치 데이터로 성능 조건에 만족 여부를 평가 시험한 결과이며, 위치 정확도는 각 시간 축의 획득 데이터를 평균 결과이고 최대 각속도는 구동 명령 ± 20 도에 대한 구동 반응 속도이다[6]. 결과로 각 구성 최대 각속도는 기존 구동장치 점검구성과 데이터수집장치 구성의 차이가 약 15% 차이가 나타났다. 또한 위치 정확도 각도 차이는 0.05와 0.02로 데이터 수집장치 구성 점검이 기존 구동장치 구성에 대비 실시간 데이터 획득 양에 따라 정밀도가 높은 것을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문은 앞서 기술된 내용과 같이 데이터 수집장치를 이용하여 전기적 신호를 인가하고, 구동장치의 아날로그 신호로 구동장치를 제어하고, 구동장치로부터 산출된 아날로그 데이터를 수집하여 유도탄의 구동장치 점검을 수행하고 데이터 수집장치를 통한 점검 수행 효과를 시험으로 증명하였다. 또한 구동장치 방식이 기술의 발전으로 실시간 데이터와 방대한 데이터양을 처리하기 위해 기존 구동장치 점검방식의 한계를, 데이터 수집장치를 이용한 구동장치 점검의 효율성을 확인하였다. 따라서 데이터 수집장치의 환경변수를 설정하고 데이터 수집량을 최적으로 수집하며, 정밀도가 높고 데이터 관리에 매우 효율적으로 설계 구현이 가능하며 시각적으로도 구동장치의 안정적인 점검을 수행할 수 있었다. 또한 데이터 수집장치를 통해 통신상태에서의 네트워크 부하 감소를 통한 성능 향상을 높일 수 있었다.

References

- [1] T. L. Song, "Target Adaptive Guidance for passive Homing Missiles," *IEEE Trans*, Vol. 33, No. 1, pp. 312-316, Jan. 1997.
- [2] D. Geer, "Chip makers turn to multicore processors," *IEEE Computer*, Vol. 38, No. 5, pp. 11-13, May. 2005.
- [3] H. G. Lee, S. J. Han, S. H. Kim, "Implementation for Test Set Of Missile Fin Control using DAQ," *Journal of Electrical Engineering & Technology*, Vol. 1, No. 2, pp. 261-262, Oct. 2011.
- [4] Nation Instruments. Using NI-DAQmx in a Text-Based Programming Environment[internet]. Available: <https://www.ni.com/ko-kr/support/documentation/supplemental/21/using-ni-daqmx-in-text-based-programming-environment.shtml>
- [5] S. Narasimhan, D. M. siegel, and J. M. Hollerbach. "An architecture for controlling the Ulah-MIT dexterous hand," *IEEE Trans. Control system technology*, Vol. 4, No. 3, pp. 2-10, Jun. 1988
- [6] Wikipedia. Angular velocity[internet]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Angular_velocity



정 의 재 (Eui-Jae Jung)

2008년 2월 : 컴퓨터공학과 공학사
2008년 2월 ~ 2016년 2월 : ACE Technology S.W연구소 선임연구원
2016년 2월 ~ 현재 : LIG넥스원 유도무기연구소 선임연구원
※관심분야 : 계측제어, 정보통신, 유도무기



오 택 근 (Tack-Keun Oh)

2011년 2월 : 전기전자컴퓨터공학과 공학석사
2011년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 유도무기연구소 선임연구원
※관심분야 : 마이크로파 시뮬레이션, 무인비행체 체계설계, 유도무기 체계설계



이 정 민 (Jung-Min Lee)

2010년 2월 : 항공우주공학과 공학사
2006년 3월 ~ 현재 : LIG넥스원 유도무기연구소 선임연구원
※관심분야 : 공력가열 시뮬레이션, 무인비행체 체계설계, 유도무기 체계설계



유 필 중 (Pil-joong Yoo)

2011년 08월 : 동서의로공학과 공학석사
2021년 11월 ~ 현재 : LIG넥스원 유도무기연구소 선임연구원
※관심분야 : 유도무기, 탄 체계, 신호처리, 임베디드 시스템