

신경회로망을 이용한 공구마모 모니터링 시스템의 성능분석

Performance Analysis of a Tool Wear Monitoring System Using a Neural Network

*노민석¹, 정성현¹, 권정희¹, 홍대선²

*Min Seok Noh¹, Sung Hyun Jung¹, Jung Hee Kwon¹, #Dae Sun Hong(dshong@changwon.ac.kr)²

¹ 창원대학교 기계설계공학과, ² 창원대학교 메카트로닉스공학부

Key words : Remote, Monitoring, Tool wear, ART2, Neural Network

1. 서론

제조업 분야에서 인건비의 증가와 새 제품이 개발 되었을 때 설비 개선의 비용, 불량품에 대한 처리 등으로 인한 어려움이 나타나고 있다. 따라서 이것을 극복하고 제품의 단가를 낮추면서 제품의 품질을 향상시키는 유연성을 가진 무인가공 시스템이 활발하게 도입되고 있다. 이런 무인 가공 시스템을 도입하기 위해서는 발생 가능한 각종 오류를 진단 할 수 있는 시스템의 개발이 필수적이다. 오류 진단 시스템에서 생산설비의 상태 모니터링은 시스템의 신뢰성 및 가동률 향상을 위해 중요한 부분이며 이에 관한 여러 연구가 진행되고 있다. 제조공정에서 기계 가공의 효율성과 생산품의 품질은 공구 상태에 의해 직접적으로 영향을 받으며, 이런 마모 및 파손 된 공구는 작업의 안전성 및 가공시간의 손실 뿐 아니라 공정성과 생산품의 품질 저하에 더 심각한 문제를 일으킬 수 있으므로 자동화의 관점에서 공구가 적절한 시기에 교체 될 수 있도록 공정 중에 공구의 마모진행 상태 및 파손 금지를 위한 시스템^{1,2,3}의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 개발된 모니터링 시스템⁴을 이용하여 실제 현장의 티타늄 가공공정에 사용되는 두 가지 황삭용 공구와 한 가지 정삭용 공구를 대상으로 하여 공구마모 모니터링 성능을 분석하고자 한다.

2. ART2를 이용한 모니터링 시스템

ART2를 이용한 모니터링 시스템은 정상상태신호와 고장신호를 모두 입력패턴으로 하고, 이 패턴들에 의해 학습을 한다. 이에 대한 개념을 Fig. 1에 나타낸다.

ART2를 이용한 모니터링 시스템은 학습의 결과로 정상상태와 고장신호에 대한 여러 클래스를 생성시키고, 이렇게 학습한 ART2를 이용한 모니터링 시스템은 이후 기계의 성능저하 평가를 위한 모니터링에 사용된다. 즉 새로운 신호가 들어오면 이 신호는 학습된 클래스들과 비교하여 최종적으로 성능평가지표(CV)를 출력한다. 그리고 새로운 신호를 추가로 정상상태나 고장신호로 학습을 시켜야 되는 경우에 ART2를 이용한 모니터링 시스템을 재학습시킨다. 한편, 이 ART2 알고리즘을 이용하여 학습하는 경우 어느 정도의 유사도로 패턴을 분류할 것인가가 관심의 대상이 된다. 이를 결정하는 인자가 임계 유사도(Threshold Vigilance) ρ_i 로서, 이는 0과 1사이의 값으로 결정한다. 이 값을 높게 설정하면 분류 클래스 수는 증가하고, 낮게 설정하면 클래스 수는 감소한다.

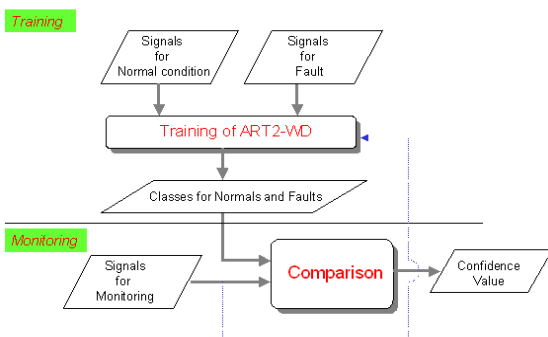


Fig. 1 Flow Chart of ART2 Monitoring System

3. 모니터링 시스템의 성능 분석 실험

실제 산업 현장에서 사용 중인 공작기계에 개발된 모니터링 시스템을 구축 하였다. 공구의 진동을 측정하여 공구의 마모 정도를 측정하는 시스템이므로 공구에 직접적으로 설치하면 가장 신뢰할 수 있는 데이터를 획득할 수 있으나 현실적으로 불가능 하므로 공구와 가장 근접한 곳에 가속도 센서를 설치하였다. 설치된 가속도 센서에 의해 진동 데이터를 서버 PC에서 랩뷰(Labview)⁵를 이용하여 획득하고 이 데이터는 로컬 PC에서 개발된 ART2 알고리즘에 의해 모니터링 된다. Fig. 2는 실험에 이용된 공작기계에 설치된 모니터링 시스템의 모습이다.

Fig. 3은 시스템의 성능을 분석하기 위해 실험에 이용된 가공하기 전 정상 상태의 공구로서 (a)는 정삭용 공구이고 (b), (c)는 황삭용 공구이다.

실험은 구현된 모니터링 시스템을 이용하여 학습데이터와 모니터링데이터를 연속으로 획득한 후 후처리 방식의 데이터 분석 방법으로 진행하였다.

랩뷰(Labview)에서 FFT형태로 출력된 데이터를 이용하여 매트랩(Matlab)⁶으로 만들어진 ART2 알고리즘에 의해 학습과 모니터링을 수행하였다. 초기 10분의 데이터를 정상신호로 학습 한 후 나머지 작업시간의 데이터를 모니터링 하는 방법을 사용하였다. 데이터의 획득 주기는 샘플링 시간은 1000ms이고, 주파수 범위는 0~500Hz이다.

Fig. 4 ~ Fig. 6은 획득한 데이터를 대상으로 모니터링 시스템에 적용해 분석한 그래프이다. 분석한 그래프를 보면 정삭용 공구 6FL.CO HSS END MILL의 경우는 정상상태일 때 작업 시작부터 작업 종료시까지 공구의 마모가 발생하지 않으면 일정 범위의 유사도값에 있음을 알 수 있고 일정 유사도값 이상을 유지하다가 이 후 마모가 발생하면 유사도값이 감소하는 것을 알 수 있다.



Fig. 2 Installation of the Monitoring System



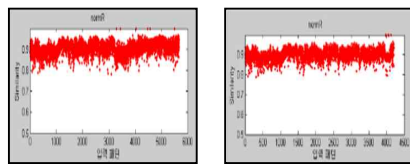
Fig. 3 Initial Shape of the Tools

이 그림을 보면 공구의 마모가 없는 가공 초기에는 일정 유사도 값을 유지하다가 가공이 진행되면서 공구의 마모가 발생하여 유사도 값이 급격하게 떨어진 걸 알 수 있다. 한편, 황삭용 공구 8FL. FINE PITCH END MILL와, 6FL.CO MINICUT END MILL의 경우는 그래프(Fig.5와 Fig.6)에서 알 수 있듯이 유사도 값이 일정하지 못하고 변화가 심함을 볼 수 있다. 이는 황삭의 경우 절삭 깊이가 깊어 진동 신호가 불규칙하게 발생하기 때문이다.

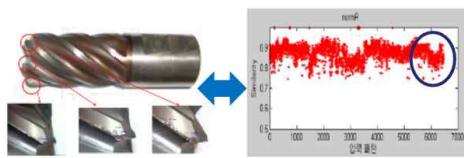
Table 1은 마모량에 따른 공구의 유사도 값을 나타낸 표이다. 여기서 공구 마모량은 공구 현미경을 사용하여 측정하였다.

Table 1 Vigilance with Respect to Tool Wear

	공구 마모량 (mm)	정상	마모
6 FL. MINICUT E/M	-	0.78~1	-
	-	0.79~1	-
	3.38	0.75~1	0.75~1
	2.74	0.75~1	0.75~1
8 FL. FINE PITCH E/M	-	0.79~1	-
	-	0.76~1	-
	2.00	0.75~1	0.75~1
6 FL. HSS E/M	-	0.85~0.97	-
	-	0.86~1	-
	0.73	1~0.83	0.95~0.8
	2.69	1~0.9	0.95~0.82

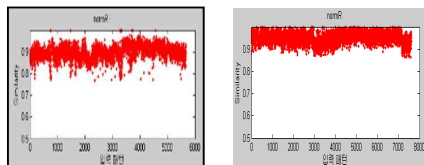


(a) Normal State

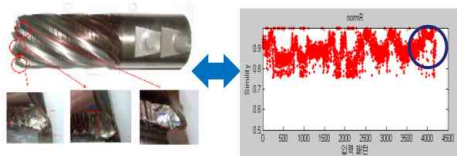


(B) Abrasion state

Fig. 4 Monitoring Result for 6FL. CO MINICUT END MILL

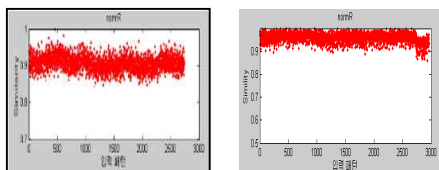


(a) Normal State

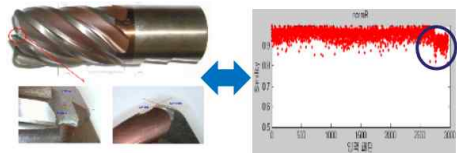


(B) Abrasion state

Fig. 5 Monitoring Result for 8FL. FINE PITCH END MILL



(a) Normal State



(B) Abrasion state

Fig. 6 Monitoring Result for 6FL.CO HSS END MILL

임계유사도를 0.88로 하였으므로 그 이하의 유사도가 나타나게 되면 이상신호로 판단할 수 있다. Table 1을 보면 정상상태에도 유사도의 값이 임계유사도($p=0.88$)이하로 발생함을 알 수 있다. 그렇지만, Fig. 4에 나타나 있는 정삭공구에 대한 모니터링 신호를 상세히 분석한 결과, 임계유사도 이하의 신호는 연속적이 아닌 순간적으로 나타나는 경우가 대부분으로서 이러한 현상은 통계학적인 방법을 이용하여 해결 할 수 있다.

4. 결론

현재 제조업 분야에서 인건비의 증가와 불량품으로 인한 원가 증가로 인하여 시스템의 유지보수가 필수적이며, 이는 원격 실시간 유지 보수의 개념으로 가고 있다.

본 연구에서는 개발된 모니터링 시스템을 이용하여 실제 현장의 티타늄 가공공정에 사용되는 두 가지 황삭용 공구와 한 개의 정삭용 공구를 대상으로 공구마모 모니터링 성능을 분석하여 마모량에 따른 성능평가지수(CV) 값의 변화를 통해 성능을 평가해 보았다.

황삭용 공구는 절삭 깊이가 깊어 진동 신호가 불규칙하게 발생하기 때문에 본 모니터링 시스템을 구현하더라도 신뢰성이 떨어진다고 판단된다. 반면에, 정삭용 공구는 일정 유사도 값을 유지하다가 작업이 끝날 때 썸 공구의 마모가 발생하면 유사도 값이 급격하게 떨어진 것을 알 수 있다. 이에 따라 정삭용 공구마모를 모니터링 하는데 본 시스템이 적당하다고 판단하여 추후 실시간 원격모니터링 시스템 개발에 적용하고자 한다.

본 연구를 통하여 공구의 마모 정도를 평가 할 수 있는 모니터링 시스템의 성능을 분석하였다. 이를 통하여 기계의 고장을 사전에 예방하여 고장으로 인한 경제적 손실을 줄일 수 있으며, 공구의 교체시기를 미리 예측 할 수 있어 산업 현장의 실시간 유지보수가 가능하게 된다.

후기

이 논문은 2009-2010년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음

참고문헌

1. 김문성, 유승선, 소정훈, 박훈성, "신경망을 이용한 실시간 고장 진단 시스템", 한국통신학회 논문지, 제26권, 제11호, pp.75-84, 2001.
2. 김선호, 김동훈, 한기상, 김찬봉, "공작기계의 지능형 고장진단과 원격 서비스 모델", 한국정밀 공학회 논문지, 제19권, 제4호, 2002.
3. 고택환, 김영태, 이상조, "선삭 공정에서 공구모니터링에 관한 연구(I)-공구마모", 한국정밀공학회지, 제17권, 제12호 pp54-60, 2000.
4. 김초원, "ART2 신경회로망을 이용한 공작기계의 원격 성능저하 평가에 관한 연구", 한국공작기계학회 논문지, 제18권, 제1호, pp. 42 ~ 49, 2009.
5. 김경태, "LABVIEW를 이용한 디지털 신호처리 이해하기", 인피니티북스, 2009.
6. 문경일, 이현엽, "Matlab을 이용한 지능형 정보시스템", 아진, 2003.