

쥐 좌골신경 신호를 이용한 발목관절 각도 추정

Estimation of ankle angle movement from rat sciatic nerve

*송강일¹, 추준욱¹, 최귀일¹, 서문고¹, 윤인찬¹

*K. I. Song¹, J. U. Chu¹, K. Choi¹, J-K. F. Suh¹, #I. Yoon¹(iyoun@kist.re.kr)

¹ 한국과학기술연구원 의과학연구소

Key words : Electroneurogram (ENG), Rat Locomotion, Dynamically Driven Recurrent Network

1. 서론

폐회로 기능적 전기자극시스템 (Closed-loop controlled FES) 은 운동기능 및 감각기능을 회복시키기 위해 개발된 효과적인 방법으로 알려져 있다[1]. 폐회로 기능적 전기자극시스템의 성능은 자극하는 시점을 정확하게 판단하는데 있으며, 되먹임 (feed-back) 이 자극하는 시점을 결정하는 중요한 요소이다. 최근 연구에서는 폐회로 전기자극시스템의 되먹임 방법으로 커프 전극을 이용하여 피부감각신호 (cutaneous afferent) 및 근육감각신호 (muscle afferent) 를 획득하여 사용하고 있다. 피부감각신호를 이용한 폐회로 기능적 전기자극시스템은 비복신경 (sural nerve) 에서 하지의 움직임에 따른 피부감각신호를 계측하여 되먹임 신호로 사용하고 있으나, 계측되는 환경의 변화에 따라 불안정한 되먹임 신호가 발생하는 단점을 가지고 있다[2]. 근육감각신호를 이용한 연구는 마취된 동물모델을 사용함으로써 피부감각신호가 배제된 상황을 전제하기 때문에 사람에게 적용될 경우 독립적인 근육감각신호를 계측하지 못하는 한계성을 가지고 있다[3]. 따라서 보행시 발생하는 피부감각신경신호 및 근육감각신경신호를 동시에 사용하여 하지의 궤적을 판단할 수 있는 알고리즘이 요구된다. 본 연구에서는 좌골신경신호를 사용하여 하지의 궤적을 판단 하도록 동적 구동 순환 회로망 (Dynamically Driven Recurrent Network) 방법을 제안하고 쥐 동물모델을 이용하여 좌골신경신호로부터 발목관절각도를 추정한다.

2. 연구방법

2.1 신경신호 및 발목관절 각도 획득

신경신호 획득 동물모델은 32 주령 쥐 (Sd-

Rat) 의 우측 좌골신경에 커프전극을 삽입 하고 등 부위에 증폭기를 삽입하여 구성한다. 발목 관절각도는 디지털카메라 (Marline F-033B, AVT) 로 촬영한 쥐 하지의 영상을 이용하여 계측한다. 반사마커는 슬관절, 복사뼈, 중족골에 부착하여 각각의 좌표를 알 수 있도록 하였고 관절각도 계산시 사용된다. 디지털 카메라는 트레드밀과 수직하게 위치하여 60Hz 샘플링 비율로 영상을 기록하며 동시에 트레드밀 위에서 40cm/s 속력으로 동물모델을 보행시켜 좌골신경신호를 획득한다. 신경신호는 아날로그-디지털 변환기 (NI PXI-1042C) 를 이용하여 16 bits, 24 kHz 로 샘플링 한다.

2.2 전처리 알고리즘

쥐 좌골 신경신호로부터 각도를 추정하기에 앞서 신경신호에 대한 전처리 과정을 수행한다. 전처리 과정은 웨이블릿 디노이징 (wavelet de-noising) 방법을 사용하여 베이스라인 잡음과 신경신호가 중첩된 경우에 신경신호만을 추출함으로써 계측된 신경신호와 관절각도의 상관관계를 증가시키도록 한다. 다음으로 신경신호의 진폭을 추출하기 위하여 절대평균값 (mean absolute value)을 계산하며, 이동윈도우는 1024 로 설정한다.

2.3 발목관절 추정 알고리즘

발목관절의 추정을 위하여 동적 구동 순환 회로망을 제안하며 그 구조는 그림 1. 에서 보인다. 동물모델부터 획득한 관절각도 및 전처리 과정을 통해 구성된 신경신호 진폭 데이터를 바탕으로 신경회로망을 학습시킨다. 전체 200000 개의 데이터에 대하여 전반부는 학습을 위해 사용하며 후반부는 성능평가를 위해 사용한다. 전반부 데이터에서 100000 개의 학습패턴이 무작위로 추출되며 각 패턴은 10 개의 연속

된 입력변수, 10 개의 연속된 상태변수, 그리고 1 개의 목표 상태변수의 집합으로 구성된다. 입력 및 상태변수의 시간지연 차수 및 은닉층의 뉴런의 개수는 시행착오법에 의해 결정한다.

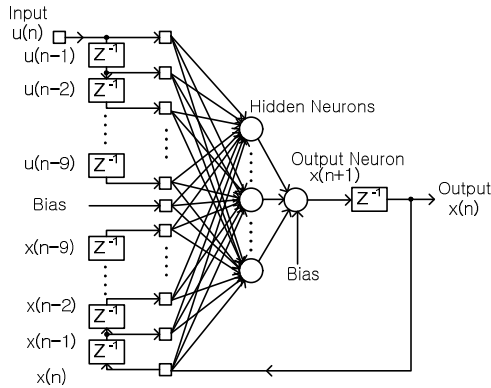


Fig 1. Configuration of dynamically driven recurrent network.

3. 결과

트레드밀 보행시 계측된 좌골 신경신호와 관절 각도는 그림 2. 에서 보인다. 한 주기의 보행에서 신경신호의 진폭은 주기성을 가지며 발목 관절의 주기와 유사함을 확인할 수 있다. 계측된 두 신호로부터 추정된 발목관절각도는 그림 3. 에서 보인다. 실선은 보행 시 발생하는 발목관절각도의 변화이며, 점선은 논문에서 제안한 순환신경망을 이용한 결과이다. 계측된 발목관절과 추정된 발목관절의 상관계수는 $R=0.9652$ 정도로 상당한 일치율을 확인하였다.

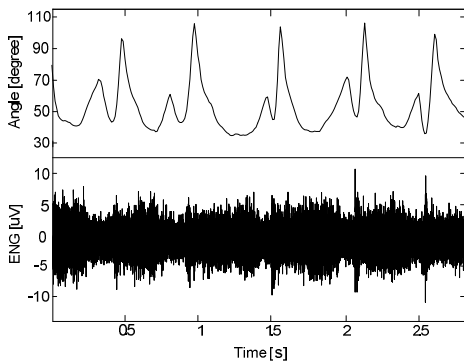


Fig 2. The measurement of the sciatic nerve signal and ankle angle

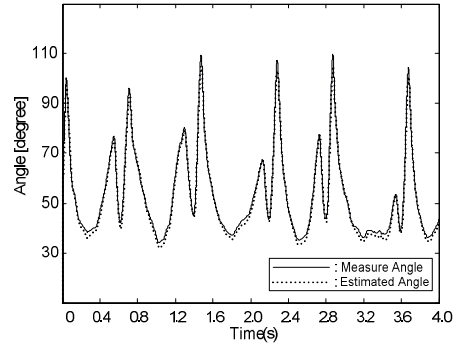


Fig 3. A result of the estimation of ankle angle during treadmill walking.

4. 결론

본 연구에서는 동적 구동 순환 회로망 (Dynamically Driven Recurrent Network) 을 이용하여 귀 좌골 신경으로부터 발목관절을 추정하였다. 추정 결과를 바탕으로 0.9652 의 상관계수를 확인 함으로써 좌골신경신호로부터 발목관절이 추정됨을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 미래유망 융합기술 파이오니어 사업 (20100019348), 2010 년도 정부(교육과학기술부) 의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구(No.20100020786)와 기초기술연구회 NAP 협동연구사업 연구과제의 지원으로 수행되었다.

참고문헌

1. M. K. Haugland, T. Sinkjer, "Cutaneous Whole Nerve Recordings Used for Correction of Footdrop in Hemiplegic Man," *IEEE Trans. On Rehabilitation Engineering*, vol.3 pp. 307-316, 1995
2. M. Hansen, K. H. Morten and T. Sinkjer, "Evaluating Robustness of Gait Event Detection Based on Machine Learning and Natural Sensors," *IEEE Trans. On Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol.12 pp. 81-87, 2004
3. W. Jensen, S. M. Lawrence, R. Riso "Effect of Initial Joint Position on Nerve-Cuff Recordings of Muscle Afferents in Rabbits," *IEEE Trans. On Rehabilitation Engineering*, vol.3 pp. 307-316, 1995