

# 유성기어를 이용한 다중 출력 차동장치 기술 개발 Development of multi-out differential gear using planetary gear

\*서중석<sup>1</sup>, #최혁렬<sup>1</sup>, 김호문<sup>1</sup>, 최윤석<sup>1</sup>

\*J. S. Suh<sup>1</sup>, #H. R. Choi(hrchoi@me.skku.ac.kr)<sup>1</sup>, H.M.Kim<sup>1</sup>, Y.S.Choi<sup>1</sup>

성균관대학교 기계공학과

Key words : multi-out , differential gear, sun and planetary gear.

## 1. 서론

다양한 차동장치가 있지만 대부분의 차동 장치는 서로 반대방향으로 두 개의 출력만을 제공한다. 따라서 3개 이상의 출력을 얻고자 할 때는 기존의 차동장치를 쓸 수가 없다. 예를 들어 In-pipe 로봇이 모터 한 개만 가지고 그 출력을 120° 간격의 3개의 바퀴에 전달하면서 곡관을 지나가게 된다면, 차동기어 없이는 지나갈 수 없다.<sup>1,2</sup> 하지만 무리해서 지나가게 된다면 그중 어느 바퀴는 미끄러지게 된다. 로봇 분야뿐만 아니라 차동이 필요한 모든 분야에서 실제로 다중 출력이 필요한 경우가 많다. 자동차도 4륜구동의 경우 회전할 때 4개의 바퀴가 모두 차동이 돼야 한다. 본 논문에서는 하나의 입력으로 다중 출력 할 수 있는 차동기어를 제안한다.

## 2. 다중출력 차동장치의 개발

Gear housing을  $n$  개 ( $n \geq 2$ ) 이상 가지면서 출력을  $n + 1$  개 이상 가지는 장치를 개발했다.

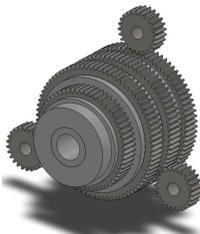


Fig.1 Multiple output differential gear

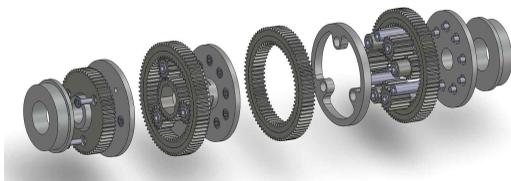


Fig.2 Each part of differential gear

Fig.2의 왼쪽에서 첫 번째 평기어는 구동용 모터로부터 동력이 들어오는 부분이다. 즉 동력이 첫 번째 Gear housing을 돌리게 된다. 첫 번째 Gear housing은 3개의 작은 유성기어들에 연결되어 있다. 각 유성기어들은 고정되어 있지 않고 Gear housing에 대해 상대적인 각속도를 가질 수 있게 된다. 유성기어 안쪽으로는 Sun gear와 접촉해 있고 바깥쪽으로는 내접기어가 접촉 되어 있는데, 바깥쪽의 내접기어도 위치가 고정되어 있지 않고 회전할 수 있는 구조이다.

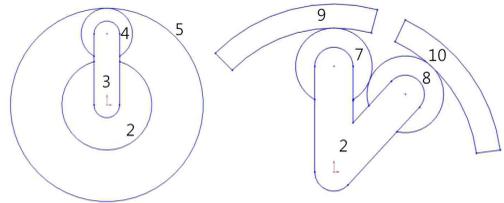


Fig.3 Inner component of differential gear

따라서 첫 번째 내접기어(5번)에 걸리는 외부 부하에 따라 유성기어(4번) 안쪽에 있는 Sun gear(2번)가 차동의 기능을 갖게 된다. 첫 번째 Gear housing에 있는 2번 기어는 곧 두 번째 Gear housing에 고정되어 있어서 같은 각속도를 갖게 된다. 두 번째 Gear housing(2번)이 회전함에 따라 2번째 내접기어(9번), 3번째 내접기어(10번)를 회전시킬 수 있다. 따라서 기존의 평기어 차동장치의 내부 유성기어처럼 접촉 위치가 다른 유성기어를 통해 내접기어 두 개는 차동의 기능을 갖게 된다. 그러므로 3개의 내접기어는 모두 차동의 기능을 갖게 된다.

## 3. 다중출력 차동장치의 특성 고찰

외접기어 3개가 모두 같은 방향으로 같은 속도로 회전을 해야 하는 상황이라면 내부에서 기어들의 상대 속도는 0 이다. 하지만 서로 다른 속도를 가져

야 하는 상황이라면 내부 기어들의 상대 속도가 만들어 지면서 차동의 기능을 갖게 된다. 각 기어들의 상대 속도를 알아보기 위해 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \omega_3 \\ \omega_{2/3} \\ \omega_{7/2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & (n_4/n_5)(-n_2/n_4) & 0 \\ 1 & 1 & (n_7/n_9) \\ 1 & 1 & -(n_8/n_{10}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \omega_5 \\ \omega_9 \\ \omega_{10} \end{bmatrix}$$

$n_i$  = 기어의 잇수,  $\omega$  = 기어의 (상대)속도

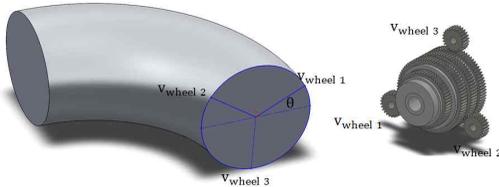


Fig.4 Assumption of experiment

Fig.4 는 3개의 내접 기어에 다른 속도 조건을 주기 위해서 구성한 실험 환경이다. 왼쪽은 직경 6inch의 파이프 중 1.5D의 곡률반경을 가지는 elbow 부분이다.<sup>3</sup> 파이프를 120° 간격을 갖는 3개의 바퀴로 주행을 한다고 가정을 한다면 3개의 바퀴의 속도가 모두 달라야 함을 알 수 있다. 각 바퀴의 속도는 내접기어들의 회전 속도와 종속적인 관계를 가지게 되는데 모든 상황을 고려하기 위해서 각도 첫 번째 바퀴와 곡관의 가장 바깥쪽이 이루는 각  $\theta$ 를 0° ~ 360° 까지 변화 시키면서 실험을 했다.

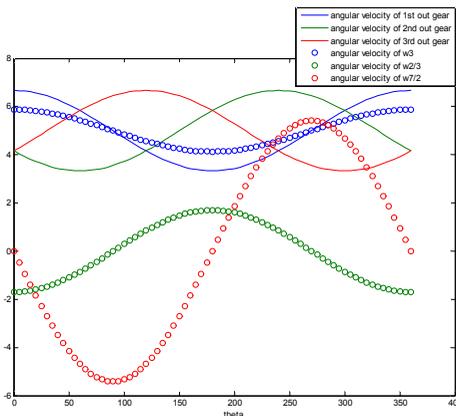


Fig.5 The graph of each gear's angular speed according to theta

Fig.5 그래프는 실험 결과를 나타낸 그래프이다. 우선 모듈 중앙의 정 방향 이동 속도를 5라고 가정했으며 그에 따른 각 바퀴의 속도를 위의 실선 3개로 나타내었다. 각 바퀴는 일정 기어비로 각

내접기어에 연결되어 있는데 그 비는 1로 가정 하였다. 그래서  $\theta = 0^\circ$  일 때 1번째 내접기어가 가장 빨리 회전해야 하며,  $\theta = 180^\circ$  일 때 첫 번째 내접기어가 가장 느리게 회전해야 하는 환경을 만들었다.

Fig.5에서 내접기어들의 속도에 따라 입력 각속도인  $\omega_3$ 가 달라져야 함을 알 수 있으며 또한 각도  $\theta$ 가 변함에 따라 내부기어들의 상대속도가 달라지면서 차동 되는 것을 볼 수 있다.

#### 4.결론

다중 출력을 위해서는 첫 번째 Gear housing을 추가하면서 출력을 한 개씩 증가 시킬 수 있다. 이 다중 출력 차동장치는 앞서 실험에서 언급 한 것처럼 파이프 내에서 3개의 바퀴, 혹은 그이상의 바퀴를 차동 할 때 활용 할 수 있을 것이다. 기계식 차동을 위해 3개의 차동 장치를 가진 4륜구동 자동차 같은 경우에도 본 다중 출력 차동 장치를 활용할 수 있을 것이다.

또한 각 Gear housing 사이의 마찰력을 조절 할 수 있다면, 기존 차동장치의 단점인 한쪽에 부하가 매우 작을 때 모든 동력이 그쪽으로 빠져서 미끄러지게 되는 단점도 보완 할 수 있을 것으로 생각된다.

본 논문에서는 하나의 입력으로 다중 출력 할 수 있는 차동기어를 제안하였다. 향후 In-pipe 로봇에 적용하여 개발된 차동장치의 성능을 평가 할 예정이다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 산업융합원천기술개발의 일환인 “8” 및 “16” Unpiggable 가스배관 비파괴 검사용 자가추진 로봇 기술 개발 사업”의 지원으로 수행 되었습니다.

#### 참고문헌

1. Se-gon Roh and Hyouk Ryeol Choi Differential-Drive In-Pipe Robot for Moving Inside Urban Gas Pipelines. 2005.
2. Hun-ok Lim, Taku Ohki. Development of the Inpipe Robot for Various Sizes. 2009.
3. H.R. Choi, S.M. Ryew. Robotic system with active steering capability for internal inspection of urban gas pipelines. 2002.