

## 메그네토 모티브 오디티를 이용한 나노 파티클 유체 측정

김지현\*

\*경북대학교 컴퓨터공학과

jeehk@knu.ac.kr

본 논문에서는 자기 나노파티클을 측정을 위하여 위상 변화 방식을 이용한 마그네토 모티브 (Magneto-Motive, 이하 MM) 방식의 확장을 보고한다. 옵티칼 도플러 토모그래피(Optical Doppler Tomography, 이하 ODT) 이미지 상에서 콘트라스트는 외부에서 인가해 주는 고자장 gradient로 나노파티클을 활성화 시킴으로 올려줄 수 있다. 본 논문에서는 oscillating 자기장 발생기를 포함한 MM-ODT 실험 조건에 대해 기술하고 외부 자기장을 인가할 때 superparamagnetic iron oxide(SPIO) 유체의 흐름에 대한 2차원 도플러 이동 이미지를 보여준다. 솔레노이드 코어는 큰 모양의 ferrite 코어로 되어 있고 약 960W 전력의 전류 앰프리 파이어로 구동된다. 이 자기장 발생장치는 측정 샘플 아래에 놓여지게 된다. 코어와 솔레노이드 구동은 코어 끝에서 자장을 집적시키고 ( $B_{\max} = 1\text{T}$  and  $\Delta|B|^2 = 220\text{ T}^2/\text{m}$ ) 샘플에 최대 자장 크기와 변화를 인가한다.

나노파티클 액체가 미세 유체관을 통해 일정 유속으로 흐르도록 펌프를 이용하였고 미세 유체관에 인가된 자기력은 sinusoidal 전류에 의해 SPIO의 움직임을 야기한다. SPIO 로는 Feridex I.V.를 사용하였고 이는 미국 식약청(FDA)에서 인체사용 허가가 된 제품으로 현재 자기영상(MRI)에서 사용되고 있는 제품이다. 이 SPIO 파티클 사이즈는 약 100nm에서 150nm정도이고 인체에 주입시 빠른 시간내에 간에서 대부분 흡수된다. 실험에서 사용된 SPIO는 50 mL의 5% dextros solution과 1 mL의 순 Feridex I.V.의 혼합으로 되어 있고 그 농도는 1.12 마이크로 그램/마이크로 리터이다. 유체흐름을 유도하기 위하여 이 SPIO 나노파티클 액체는 미세 유리관을 통하여 syringe 펌프로 정속도로 구동 되었다. 그림1은 서로 다른 유속에 대해 (3, 12, 30 mm/s) 나노파티클의 움직임으로 인한 oscillating 도플러 주파수 변화 이미지를 보여준다. ODT측정광은 유체 흐름 방향과 85도 차이가 나도록 입사하여 도플러 이미지상 파란색과 빨간색의 급격한 변화를 보여주는 phase wrapping이 일어난다. 특히 빠른 유속(30 mm/s)에서는 이러한 phase wrapping이 여러번 일어난다. 측정광은 먼저 자장발생기 코어의 정 중앙에 위치되었고 그 위해 미세 유리관을 올려 놓았다. 일반적인 경우 자장발생기에서는 미세 진동이 생기는데 이 진동이 측정치에 미치는 영향을 알아보기 위하여 자기 성분이 없는 액체를 통과시키고 자장을 인가하여 도플러 변화를 측정하여 보았으나 별 특이점이 나타나지 않았다. 그림1은 M-mode MM-ODT영상을 보여주는 것으로 634 \* 400 픽셀로 구성되어 있고 100ms 동안 측정한 결과이다. 이미지는 자기 발생시작 시점 5초 후부터 관측되었다. 인가 주파수는 50 Hz이지만 측정 주파수는 100 Hz로 자장력 관계식에서 나타나는 결과를 확인할 수 있었다. 그림 2는 B-mode MM-ODT이미지로 40 Hz의 자장의 영향을 보여준다. 그림 2(a)는 자장일 인가하기 전, (b)는 인가 후 이미지를 보여준다. 그림상에 하얀색 수직 수평막대는 200마이크로 미터를 나타낸다.

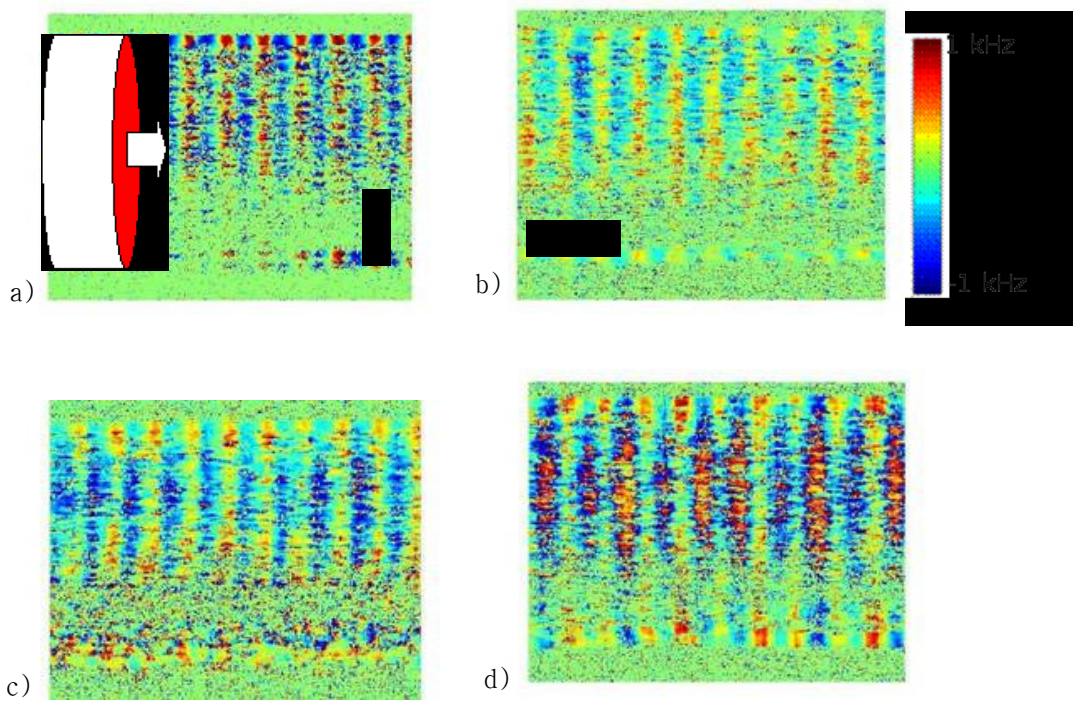


그림 1. M-mode MM-ODT images of diluted SPIO nanoparticle flow with an externally applied 50Hz magnetic field. (a), (b), (c), and (d): 0, 3, 12, 30 mm/s, respectively

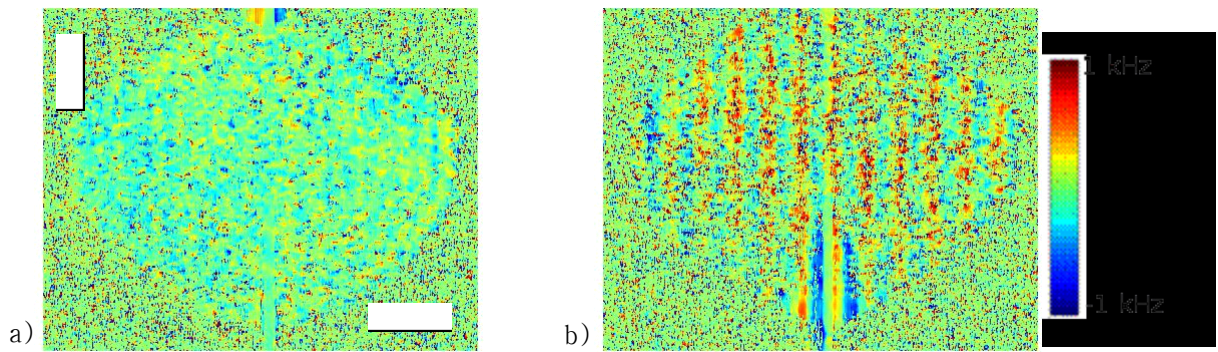


그림 2. Bmode MM-ODT images of diluted SPIO nanoparticle flow with an externally applied 40Hz magnetic field. (a), (b) ODT B-mode images without and with an external magnetic field, respectively.