

Multibody2003와 2003 ASME DETC의 논문들을 통해본 다물체동역학 연구의 세계적 연구추세

유완석*(부산대 기계공학부)

Recent Trends in Multibody Dynamics Researches reviewed from the papers presented in the Multibody2003 and in the 2003 ASME DETC

Wan-Suk Yoo*(Mechanical Engineering, Pusan National University)

Key Words: Flexible Multibody Dynamics(탄성다물체동역학), Vehicle Dynamics(차량동역학), Contact(접촉), Biomechanics(의공학), Real-time Challenges(실시간 시뮬레이션), Spatial manipulator and Control(공간메니퐁레이터 및 제어), Multidisciplinary Applications(학제간응용), Advanced Education(다물체동역학 교육)

Abstract

ECCOMAS Thematic Conference Multibody 2003 was held at IST (Instituto Superior Technico), Lisbon, Portugal from July 1 to July 4, 2003. And MBDV(Multibody Dynamics and Vibration) in the 2003 ASME DETC was held at Chicago, U.S.A. from September 2 to September 6. In this paper, the presented papers in these conferences were reviewed and the trends in the multibody dynamics are summarized. The session titles in these conferences include Flexible Multibody Dynamics, Vehicle Dynamics, Contact, Biomechanics, Real-time Challenges, Spatial manipulator and Control, Multidisciplinary Applications, and Advanced Education. The poster session was also organized for more discussions in the Multibody2003 conference.

1. 서론

1970년대부터 활발하게 진행된 다물체동역학 분야의 연구는 1980년대 들어와서 ADAMS⁽¹⁾, DADS⁽²⁾ 등 상용화 프로그램들을 세계시장에 내놓으므로 더욱 활발한 연구가 진행되기 시작하였다. 이 분야의 연구자가 많아짐과 더불어 연구자들이 모여서 세계적인 학술대회는 1983년 NATO 이름으로 먼저 모였다⁽³⁾. 이후, 1997년 미국기계학회(ASME)의 DETC(Design Engineering Technical Conference) 속에 MBDV (Multibody Dynamics and

Vibration)에 관한 심포지움이 A.A.Shabana 교수를 주축으로 만들어져, 2001년 9월 까지 제3회에 걸쳐 심포지움이 열렸다. 또한, 제4회 심포지움은 2003년 9월 2일에서 6일까지 시카고에서 열렸다.

또한, 아시아 권역에서도 이러한 학술대회를 가지자는 의견들이 모여진 결과 2002년 7월 일본 이와키에서 제1회 ACMD(Asian Conference on Multibody Dynamics)가 열렸으며, 2004년 8월 1일에서 4일까지 서울 올림픽파크텔에서 제2회 ACMD2004가 열릴 예정이다⁽⁴⁾.

NATO 관련 학술대회는 ARW (Advanced Research Workshop) 또는 ASI (Advanced Scientific Institute) 라는 이름으로 2년 정도의 주기로 열리고 있는데, 보통은 ASI가 ARW 보다 좀더 긴 기간동안에 열린다. 최근에는 2000년 7월 2일에서 7일까지 폴란드 Pultusk에서 NATO_ARW가 열렸으며, 2년 뒤인 2002년 6월 23일에서 7월 3일까

*부산대학교 기계공학부

E-mail : wsyoo@pusan.ac.kr

TEL : (051)510-2328, FAX : (051)512-9835

지 체코 프라하에서 NATO_ASI가 열렸다.

유럽쪽에서는 NATO 관련 학술대회가 없는 해에 NATO와는 다른 이름으로 이 분야의 학술대회가 열리는데, 2001년 9월 24일에서 27일까지 프랑스 과리인근 Cachan에서 열린 EUROMECH 427이나, 2003년 7월 1일에서 4일까지 포르투갈 리스본에서 열린 ECCOMAS Thematic Conference Multibody 2003⁽⁵⁾ 이 그 예라고 볼수 있다.

이 글에서는 2003년 7월에 포르투갈 리스본에서 열린 Multibody2003에서 발표된 논문들과 2003년 9월에 열린 ASME DETC의 Multibody Session에서 발표된 논문들을 정리하면서 다물체 동역학 연구의 세계적인 추세를 요약해 본다.

2. Multibody2003 세션구성 및 참가자

2.1 Multibody2003 세션의 구성

유럽에서 개최되는 이 분야의 학술대회는 대부분 하나의 발표장에서 이루어지며, 참가자는 발표장 이동없이 학술대회 기간동안 매일 아침부터 저녁까지 한 장소에서 각자의 논문을 발표하고, 다른 분들의 논문발표를 듣고 질문하는 형태로 구성된다.

표1 Multibody2003에서의 세션 및 발표논문 수

Session	Number of papers
Flexible Multibody Dynamics I, II, III	3
	5
	5
Vehicle Dynamics I, II	5
	6
Contact	5
Real-time Challenges	5
Multidiplinary Applications I, II	5
	6
Bio-mechanics	5
Optimization and Sensitivity Analysis	5
Advanced Education	5
Spatial Manipulators and Control I, II	6
	5
Poster Sessions I, II	9
	11

Multibody2003 역시 하나의 발표장에서 진행되었으며, 4일간의 일정 속에서 91편의 논문을 발표하기 위해 포스타세션(poster session)을 별도로 만들어 진행하였다.

이 포스타세션에서 발표하는 사람들 중에는 한 저자가 2편 이상의 논문을 발표하는 경우 주최 측에서 한편만 발표해 달라는 주문을 하였다고 전해지며, 발표자의 사정상 2편 이상을 하여야 하는 경우 포스타 발표로 옮긴 예도 있었다. 포스타 발표라 하더라도 일단 전체가 모인 발표장에서 5분씩 각자의 논문을 발표한 다음, 포스타가 설치된 곳으로 가서 질문들에 답하는 방법으로 진행된 것이라, 한국에서 열리는 학술대회의 포스타세션과는 약간 다르다고 볼 수 있겠다.

2.2 Multibody2003의 나라별 참가자들

주최 측에서 보내준 참가자들의 리스트를 보고 정리한 각 나라별 참가자 숫자를 표2에 나타내었다. 표2에서 보는 바와 같이 한국 측의 참가자가 많았던 점은 ‘2004년에 개최될 ACMD2004의 홍보를 겸하여 많이 참가하자’고 의견을 모았기 때문으로 생각하며, ACMD2004의 주최자로서 감사하게 생각한다.

표2 국적에 따른 Multibody2003 참가자들

Nation	Number of participants	Nation	Number of participants
Germany	21	Canada	3
Spain	14	France	3
Italy	14	Romania	3
Portugal	13	Denmark	2
Korea	12	Finland	2
Poland	9	Netherlands	2
Belgium	7	Austria	1
U.S.A.	5	Croatia	1
Czech	4	India	1
Japan	4	Israel	1
U.K.	4	Mexico	1

2.3 Multibody200에 발표된 한국인 저자 논문들

한국에서 참가한 사람들이 Multibody2003에서 발표한 논문들의 제목과 발표자는 표3과 같다. 대학교, 국책연구소, 기업체연구소, 회사 등에서 다양하게 참가하여 발표하였으며, ‘Web-based 다물체동역학 프로그램개발’ 논문이나 ‘ANCF를 이용한 시뮬레이션과 실험과의 매칭’ 등의 논문은 세계적인 학문흐름으로 볼 때 앞서가는 듯한 논문들로 보여졌기에 참가자들로부터 한국이 다물체동역학 분야에서 활동이 활발하다는 인상을 심어 주었다고 생각된다.

표3 Multibody2003에서 발표한 한국인 논문

발표자	제목
Y.Kwon	A multibody dynamic model for escalator handrail systems and its application to dynamic characteristics
J.H.Seo	Modeling and analysis of a satellite deployment system
S.S.Kim	Comparative Study on multibody dynamics formulations based on subsystem synthesis method for real-time vehicle dynamics
D.S.Bae	Integration methods for real time simulation of multibody vehicle models
J.H.Choi	Efficient contact and nonlinear dynamic modeling of automotive silent chain drive
H.Han	Development of a multibody dynamics analysis system using the object-oriented concept
J.Lee	Development of a web-based dynamic analysis system for multibody systems
W.S.Yoo	Large deflection analysis of a thin plate with ANCF: computer simulations and experiments

3. 2003 ASME DETC 발표논문

3.1 2003 ASME DETC의 세션구성

2003 ASME DETC에서는 MBDV(Multibody Dynamics and Vibration)이라는 분야로 꾸며졌는데, Fractal Differentiation 분야를 제외하고는 하나의 발표장에서 대부분 이루어졌으며, 마지막 날에만 두 발표장에서 이루어졌다.

표4 2003 ASME DETC의 세션 및 발표논문 수

Session	Number of papers
Flexible Multibody Dynamics I - IV	5
	5
	5
	4
Vehicle Dynamics I, II	5
	5
Multibody System Dynamics	4
Impact & Contact Modeling	5
Computer & Numerical Methods I, II	5
	5
Cable, Tether, and Belt Modeling I, II	4
	5
Multibody System Formulation & Applications I, II, III	5
	5
	5

3.2 2003의 DETC 참가자들

최종 프로그램에 나타난 발표자들의 리스트를 보고 정리한 각 나라별 발표자 수를 표4에 나타내었다. 표4에서 보는 바와 같이 미국에서 개최되는 학술대회라 미국에 있는 분들의 발표가 상

대적으로 많았으며, 한국 측의 참가자는 일본에 비해 상대적으로 작았다. 아마도, 두 달전 포르투갈에서 열린 Multibody2003에서 많이 참가하여 논문을 발표하였기 때문이라 사료된다.

표5 2003 ASME DETC 국적별 논문발표자 수

Nation	Number of presenters	Nation	Number of presenters
U.S.A.	26	Canada	1
Germany	7	Croatia	1
Japan	7	Egypt	1
China	3	Finland	1
Portugal	3	Greece	1
Spain	3	Italy	1
Austria	2	Lebanon	1
France	2	New Zealand	1
Korea	2	Russia	1
Roumania	2	U.K.	1
Bulgaria	1	Taiwan	1

4. 다물체동역학 연구의 경향

4.1 다물체동역학 연구의 경향

Multibody2003에는 22개국에서 132명이 참가하여 91편의 논문을 발표하였으며, 2003ASME DETC의 MBDV(Multibody Dynamics and Vibration)에는 22개국에서 온 69명이 논문을 발표하였다. 두 학술개회의 성격은 비슷하며, 참가자도 상당부분 중복된다고 보여진다. 공통적으로 포함된 세션을 보면 Flexible multibody dynamics, Vehicle dynamics, Contact modeling 등 이다. 또한 응용분야는 Multibody2003에서는 multidisiplinary application 이름으로 세션이 만들어졌으며, ASME DETC에서는 multibody system formulation & application 의 이름으로 세션이름이 붙여졌다.

아직까지는 탄성다물체계(flexible multibody) 또는 강체다물체계(rigid multibody) 분야의 운동방정식 유도(formulation)과 응용(application)이 공존하는 경향이며, 응용분야가 이공학(bio-mechanics)나 접촉(contact), 벨트(belt) 등으로 점점 다양해지고 있다.

4.2 Multibody2003의 Advanced Education 세션

Multibody2003에서는 「Advanced Education」이라는 세션을 만들어 ‘다물체동역학 교육’에 대해서 발표하고 토의하는 과정이 있었다. 유럽쪽

에서 몇 나라를 대표하여 교육에 관한 각자의 경험과 방법들에 대해 발표하고, 이에 따른 청중의 경험들을 주고 받으면서 앞으로의 교육방향을 모색하는 자리가 만들어졌다. 갈수록 졸업학점 수는 줄어지고 있는 우리나라 상황에서 동역학지식이 부족한 학생들에게 ‘어떻게 다물체동역학을 가르칠 것인가?’에 대한 걱정이 많은데, 이는 비단 우리나라만의 문제가 아닌 것으로 보여졌다.

4.3 Multibody2003에서 흥미를 끈 논문

일본에서 발표된 두 편의 논문이 나에게 가장 관심을 끌었다. 하나는 회전하는 원통(rotary barrel) 속에 크기와 재질이 다른 3종류의 작은 구슬들(particles)를 넣고 회전시켰을 때, 각 구슬(particle)들이 어떻게 분리되는가?를 확인하는 논문⁽⁷⁾이었다, 실험과 DEM(discrete element method)를 비교하여 DEM의 정확성을 비교한 논문이었다.

나의 관심을 끌었던 다른 하나의 논문은 Y.Terumichi 교수가 발표한 레일의 마모현상을 다물체동역학 문제로 모델링하여 마모를 예측하고 실험과 비교한 논문⁽⁸⁾이었다. 두 논문 모두 일본학자가 발표하였는데, 다물체동역학의 도입이 다소 늦었던 일본에서 응용분야에서는 뒤지지 않고 앞서고 있는 듯 보였다.

4.4 2003 ASME DETC의 발표논문

최근 들어서 Multibody Dynamics 분야에서 활발한 활동을 하던 연구자들이 은퇴하기 시작하였다. 미국에서는 E.J.Haug교수가 2003년 정식으로 은퇴하였으며, 독일에서는 Stuttgart 대학에서 많은 연구논문을 발표하고 후학들을 길러왔던 Werner Schiehlen교수가 또한 은퇴하였으며, Schiehlen 교수와 비슷한 시기에 독일에서 활동하였던 Hiller 교수나 Pfeiffer 교수도 은퇴를 하였거나 하는 시점에 와 있다.

2003년 9월 모였던 ASME DETC에서의 MBDV (Multibody Dynamics and Vibration)에서는 최근 정년퇴임한 Schiehlen 교수의 퇴임을 기념하여, 그의 뒤를 이어 Stuttgart 대학의 교수가 된 P.Eberhard 교수가 ‘Werner Schiehlen - Multibody Dynamics and more...’라는 제목으로 첫 발표를 시작한다.

5. 결 론

포르투갈에서 2003년 7월에 열린 Multibody2003과 2003년 9월에 시카고에서 열린 ASME DETC속에서의 다물체동역학 논문발표를 정리해보고, 이 분야의 학문추세를 진단해 보았다. Formulation 분야의 연구는 아직까지는 남아있기는 하나, 앞으로는 다물체동역학을 응용하는 분야의 논문들이 더욱 활발해질 것으로 예측된다.

후 기

본 연구는 국가지정연구실(NRL)의 지원(과제번호 M1-0203-00-0017-02J0000-00910)으로 이루어졌으므로, 지원기관에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) ADAMS(Automated Dynamic Analysis of Mechanical Systems). MSC, U.S.A.
- (2) DADS(Dynamic Analysis and Design System) User's Manual, Computer Aided Design Software Inc., U.S.A 1995
- (3) NATO-NSF-ARO Advanced Study Institute on Computer Aided Analysis and Optimization of Mechanical System Dynmaics, August 1-12, 1983, Iowa city, Iowa, U.S.A.
- (4) ACMD2004 (The Second Asian Conference on Multibody Dynamics), <http://www.acmd2004.org>
- (5) ECCOMAS Thematic Conference Multibody 2003, Advances in Computational Multibody Dynamics, July 1-4, 2003, IST, Lisbon, Portugal
- (6) 2003 ASME DETC, September 2-6, 2003, Chicago, U.S.A., <http://www.me.uic.edu/detc2003>
- (7) Y. Takahashi, M. Kataoka, M. Uekusa, and Y. Terumichi, "Behavior of three kinds of particles in rotary barrel with planetary rotation", proceedings of multibody dynamics 2003, IDMEC/IST, Lisbon, Portugal, July 1-4, 2003
- (8) Y. Terumichi, Y. Suda, T. Iwasa, and K. Sogabe, "Wear development on flexible track during passage of rolling disk", proceedings of multibody dynamics 2003, IDMEC/IST, Lisbon, Portugal, July 1-4, 2003