特輯 한국정밀공학회지 제10권 제3호 1993.9
Journal of the Korean Society of precision Engineering Vol. 10. No.3 Sep. 1993.

생산정보의 통합과 공정설계 자동화 과제

노 형 민*

Some issues in Computer Aided Process Planning for integration of manufacturing information

Hyung-Min Rho*

요 약

생산시스템에 지능을 부여하려는 기술개발을 선진국에서는 최근 IMS프로그램을 통해 시도하고 있다. 이중 '차세대 생산시스템을 구축을 위한 통합모델 기초 연구' 과제에 일본에서 많은 관심을 보이고 있으며, 이는 CIM기술 실현을 위해서 중요 과제로 판단된다. 이와같이 설계, 가공 및 생산관리 정보를 통합하려는 목적을 갖는 과제의 하나로 공정설계 자동화 과제가 있다. 이 과제에서는 생산정보의 통합을 위한 노력으로 특징형상(Feature) 기술과 데이터베이스 이용 기술 등을 개발하고 있다. 본 논문에서는 IMS사업의 관심과제, 생산정보 통합 측면에서 상기 기술에 대한 이해, 그리고 공정설계 자동화 연구과제를 제한된 범위에서 생각해 본다.

Key Words : Manufacturing information, CAPP, Feature, Database

1. IMS사업의 연구과제

선진국에서 현재 생산기술은 여러 사회적, 기술적 문제를 안고 있다. 숙련기술자의 부족, 젊은 인재의 제조업 이탈, 제조설비의 고가화, 제조업체의 다국적화, 소비자 요구의 다양화 등으로 제조업 관계자는 그 적응을 위한 노력에 필사적이다. 이러한 시도중 하나로써, 일본에서 현재 추진중에 있는 IMS(Intelligent Manufacturing System) 사업[1]대표적인 것이라 할 수 있다.

IMS사업은 1990년 초 일본이 미국과 EC에 공동으로 연구할 것을 제안한 이래 국제공동 연구과제 선정 및 체제 형성 중에 있으나, 지적소유권 문제로 그 체제가 쉽게 합의되지 못하고 있다. 1992년에 우선 그 시범사업(Test cases)으로 다음의 6개 분야 및 중심 기술을 선정하여[2], 1993년에 다국적 사이의 산, 학, 연 공동 시범연구를 진행하고 있다.

- Enterprise integation : modeling, system architecture, network systems, database technologies, product design technologies, product data exchange technologies
- Grobal manufacturing : concurrent engineering, organizational & economic aspects, supplier and distribution management
- System component technology : autonomous systems, design and simulation, sensor and information fusion
- Clean manufacturing technology : environmentally safe, waste free, energy conservation
- Human & organizational aspects : human-oriented production system, human-machine interaction, internal and external team workshop
- Advanced material processing technology : machining, forming, complex processing, process modeling & simulation

* KIST CAD/CAM 연구실

IMS사업을 주관하고 있는 일본은, 국제공동 연구과제로 제안하기 위한 과제 선정 작업을 목적으로 1992년말부터 일본 국내 제2차 타당성조사 연구를 수행하고 있다. 상기 6개 분야중 Clean manufacturing technology를 제외한 5개 분야와 관련하여 현재 일본에서 수행중인 24개 과제명을 표1에 정리하였다. 표1의 과제중 10개 이상의 일본 제조업체가 관심을 갖고 참여하는 과제로는

- Integrated model for next generation manufacturing systems(12개사),
- Standardization of material handling and material handling technology(14개사)의

2개 과제이며, 기타 과제는 평균 4개 제조업체가 참여하고 있다. 많은 제조업체가 관심을 보이는 기술이 차세대 중요 기술로 가정한다면, 전자의 과제인 '차세대 생산시스템 구축을 위한 통합 모델'과제 개발은 유의할 가치가 있다. 이 과제는 제품과 생산과정을 포괄적으로 모델화할 수 있는, 즉 모든 생산정보를 통합할 수 있는 가상생산환경(Virtual manufacturing environment)을

분 야	과 제 명
Enterprise integration	Integrated Model for Next Generation Manufacturing Systems Evaluation Method of Product Design considering Machinability and Assemblability Method of System Planning and System Evaluation Software Development of Quality Technology and Systematization
Global manufacturing	Architecture for Manufacturing Systems Fused with Bio-systems Integrated Information Processing Technology for Manufacturing Systems Design Methodologies of Intelligent Information Processing Administrative Supporting Systems for Autonomous-Integrated Manufacturing Systems Standardization of Material Handling and Material Handling Technology (Remote ID in Automobile Industry)
System component technology	High Performance Autonomous Machining Module for Intelligent Manufacturing Systems Metamorphic material handling systems inside factories Autonomous Physical Modules and Control systems for Next Generation Intelligent Manufacturing Systems Sensor Fused Intelligent Monitoring Systems for Optimizing Machining Process Intelligent Assembling System Cored Knowledge Base Automatic Inspection System for Appearance (Recognition and Inspection of 3D Objects) Sensual Inspection Systems applied AI Intelligent Module for Assembly 3D Metamorphic Conveyor System for Heavy Materials
Human & organizational aspects	Design Method for Human-Machine co-living systems Standardization for Design Method of Factories Harmonized with Local Environments Systematization of Terms for Factory Amenity
Advanced material technology	Standardization of Advanced Tooling Technologies using Intelligent Tools Functionally metamorphic complex Machining Systems Systematization of Design and Manufacturing Knowledge

표 1 IMS 관련 제2차 일본 국내의 5개분야 Feasibility study 과제명

실현하고 이용 가능한 소프트웨어로 체계화시켜 Concurrent engineering으로 대표되는 차세대 생산시스템 구축을 위한 기초기술 연구를 목적으로 하고 있다.[3]

본 논문에서는 차세대 생산시스템 구축의 일환으로 소프트웨어 개발을 추구하는 공정설계 자동화(CAPP)에서의 연구 과제를 생산정보의 통합 측면에서 검토하여 제시하고자 한다. 생산정보가 유기적으로 통합되어야 하는 데이터 베이스의 Entity 관계를 설명하고, 부품 설계기능 및 생산 관리기능과의 통합 분야에서 특징 형상기술 및 재일정계획 기술 등을 중심으로 검토한다.

2. 정보통합을 위한 데이터베이스

생산시스템에서의 각 기능 사이의 정보통합 체계에 대해서 여러 모델이 제시되고 있다.[4] ESPRIT 프로젝트 809를 통해 개발한 모델로써, 중소기업을 대상으로 한 생산기능들 사이의 정보를 교환하는 구조가 그림 1과 같다.[5] 즉 생산시스템을 5단계로 나누어, 가장 상위 단계인 'Factory'단계에서는 구매, 판매 및 수주, 설계, 기획의 기능들이 있으며, 그 아래에 'System', 'Cell', 'Workstation', 'Equipment' 단계를 두어 각 단계별로 공정설계, 일정계획, 생산제어, 기계가공 등의 기능들을 포함시키고 있다.

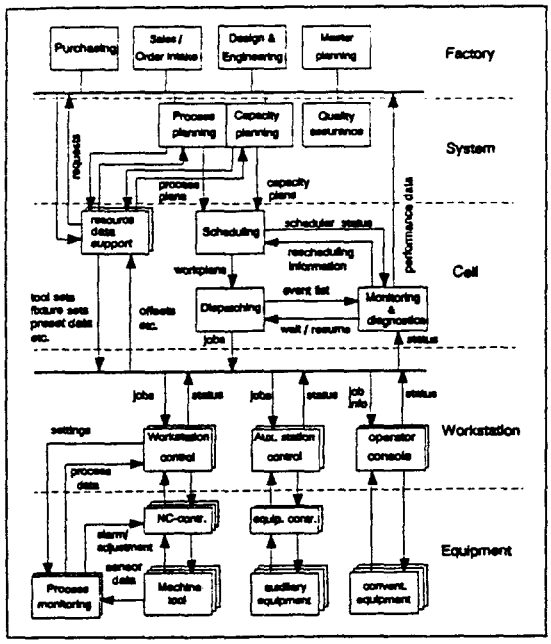

그림 1 생산기능들 사이의 정보교환 모델 예〈ESPRIT project 809〉

정보통합을 중요시하는 차세대 생산시스템 통합 모델에서는, 상위 단계의 기능들이 하위 단계의 기능들에게 생산정보를 전달하고 생산이 진행됨에 따라 실적 정보를 시간이 흐름에 따라 받는다는 개념보다는 각 기능들 사이에 정보가 짧은 시간내에 교환되어야 한다는 개념이 중요하다. 이는 제품 수명주기가 짧아짐에 따라, 생산시스템 각 기능들이 최적의 의사결정에 서로 영향을 주고 있음에 기인한다. 따라서 생산정보의 통합을 위해서는 각 기능들을 독립적으로 개발할 수 없고, 이웃 기능들과의 생산정보 입출력 현황조사를 통한 협동 개발만이 가능하다. 이러한 노력은 우선 데이터베이스의 개발을 통해 실현된다.

한 전자회사 금형공장의 관리정보 시스템을 구축하려는 과제에서, 데이터베이스 설계를 위한 Entity 관계도를 예로하면 각 기능들 사이의 정보통합 특성을 이해할 수 있다. 그림2는 금형을 수주 받아 대일정계획을 수행하고 금형설계를 제외한 공정설계 기능, 일정계획 기능, 가공현황 모니터링 기능 등 일련의 관리기능별 발생 혹은 정보조회 Entity들의 대략적 관계도를 나타낸다. 그림2에서 Entity는 공유하는 생산정보 (Attribute) 그룹으로 정의하며, Entity사이의 화살표는 관계하는 Entity개수를 나타낸다. 즉, '금형세트'와 '부품' 및 '사출대일정' Entity사이의 화살표 기호는, 각각 하나의 '금형세트'Entity가 항상 다수개 '부품'Entity들을 발생시키는 관계를 나타내고 또 하나의 '금형세트'Entity가 경우에 따라서는 '사출대일정'Entity를 발생시키지 않는 관계를 나타낸다. 그림1에서의 수주 기능은 물론 공정설계 기능, 일정계획 기능, 현황 모니터링 기능에 관계하는 Entity들이 그림2에서는 각 기능별로 Entity가 구별되지 않으며, 그 내부에 있는 생산정보는 기능에 관계없이 발생 및 이용되는 유기적 관계로 연결되었다.

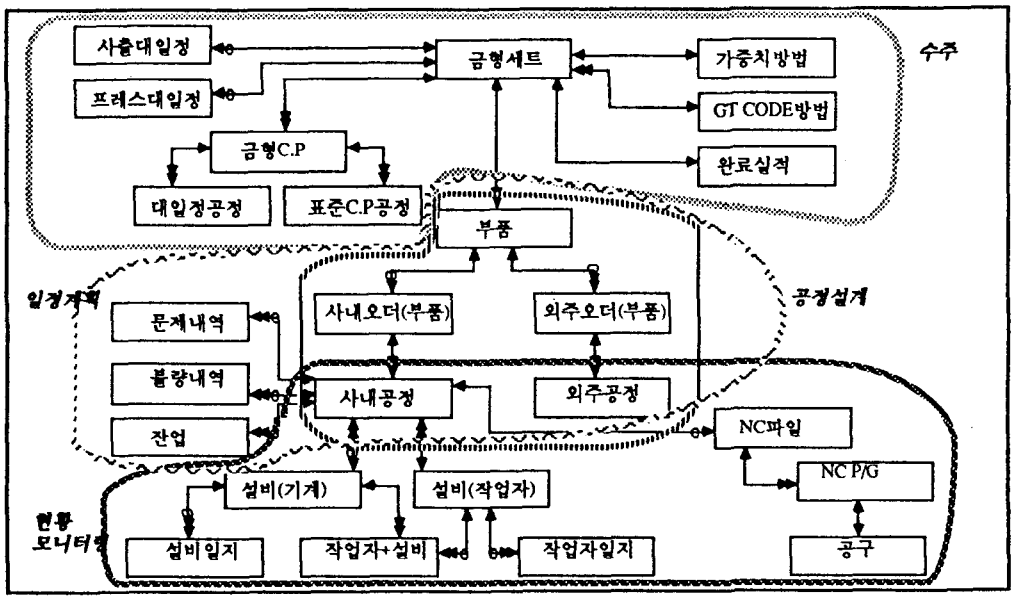

그림 2 금형 생산관리 정보시스템 구축을 위한 Entity관계도

3. 공정설계 자동화(CAPP)

공정설계 자동화는, 단순히 공정설계 기능을 자동화시키려는 1970년대의 개발로부터 CAD 및 CAM기능의 통합을 추구하려는 1980년대의 개발로 그리고 차세대 생산시스템 통합 모델의 기본을 세우려는 1990년대의 개발로 크게 변화하고 있다. 9개국 14개 기관에서의 CAPP연구 목적 및 현황, 연구계획 등에 대한 자료는 세계생산공학회(CIRP)의 CAPP working group의 보고서에 잘 정리되었다.[6] 공정설계 자동화에서는 가공뿐이 아닌 조립, 검사 활동을 대상으로하여 설계에서 가공, 생산관리에 이르는 많은 생산 기능을 포함하므로 그 활동에 대한 정의가 어렵다. 그러나 일반적으로 다음과 같은 기능을 포함한다.[7]

- 설계도면 이해
- 가공기계 선택
- 셋업 결정
- 고정구 설계
- 가공방법 결정
- 가공공구 선택
- 가공순서 결정
- 공구경로 계산
- 가공조건 계산
- NC프로그램 생성
- 부하계획

공정설계내의 기능들사이의 생산정보 통합뿐 아니라 설계 및 생산관리 기능과의 생산정보 통합측면에서 다음과 같은 특성을 생각할 수 있다

- 설계도면의 기하학적 정보로부터 변환된 가공특징형상(Manufacturing feature) 정보는 공정설계 각 기능의 의사결정에 공통으로 사용되므로 일관성 유지가 중요하다. 따라서 설계특징형상(Design feature)으로부터 가공내용으로 변환하는 표준화 체계가 필요하고, 그 결과를 데이타베이스에 저장함으로써 각 기능을 수행하는 작업자들이 정보를 공유하여 효율적 업무진행이 가능토록 한다.

- 가공기계 및 공구의 선택은 생산관리부문 특히 일정계획 및 공정현황관리 기능과 서로 의존적이다. 가공기계 및 공구를 선택하는 과정에서 생산관리로부터의 가공기계 부하현황, 치공구 사용현황 등에 대한 정보를 파악하여야만 최적설계가 가능하며, 일정계획에는 공정설계 결과인 선택된 기계, 공구, 공수 등의 자료가 필요하다.

1) CAD/CAPP 통합을 위한 Feature

설계, 가공, 생산관리 사이의 이러한 유기적 관계를 갖는 생산정보를 표현할 수 있는 표준 모델 개발을 위해서 동경대학에서는 제품의 기능설계, 제품의 유사설계, 공정설계, 공장설비, 공장물류 등을 포함하는 여러 형태의 모델 개발을 진행하고 있다. 대상물 모델(Object model), 생산활동 모델(Activity model), 물리적 프로세스 모델(Physical/Computational model)이 이에 포함된다. 생산정보가 통합된 이러한 모델을 'Product model'이라하여 연구를 진행하고 있으나, [8, 9, 10] 각기 다른 제품 특성과 사용자 환경에서도 사용할 수 있는 일반적인 모델 개발에는 많은 시간이 소요될 것으로 생각한다.

일반적으로 사용하는 설계모델러의 데이터베이스로부터 기하형상을 추출하여 표준형상과 비교를 통해 가공특징형상 및 가공인자(Parameters)를 추출하려는, 소위 특징형상 인식 방법이 1980년대 중반에 개발되었다. [11] 이 방법은 설계과정에 구애됨이 없이 마지막 결과만으로 공정설계를 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 가공특징형상이 복합되어 존재할 경우에 그 인식이 현재 불가능하고, 가공방법이 존재하지 않는 가공 특징형상의 인식은 무의미하여 그 개발이 어려운 현실이다.

한편 부품의 기하형상을 표준화된 가공특징형상의 합으로 표현할 수 있다면 가공특징형상을 이용한 설계를 할수 있다. 이러한 설계는 부품의 기하형상 및 위치관계(Topplogy) 이상을 표현할수 있고 설계특징형상을 인식하는 기능이 필요없지만, 설계자에게 공정설계자의 관점에서 설계를 수행케하여 부품의 기하형상 표현에 제약이 있어 비현실적이다. 일반 제품에 공통적인 특징형상을 개발하기는 어려우나, 그림3에 보이는 사출금형 가공특징형상처럼 제한된 제품별 특징형상 개발은 가능하다. [12] 또한 설계자의 제약을 없에는 방법으로, 스크린상의 설계도면으로부터 공정설계자가 가공특징형상을 정의하는 대화식 방법도 가능하다.

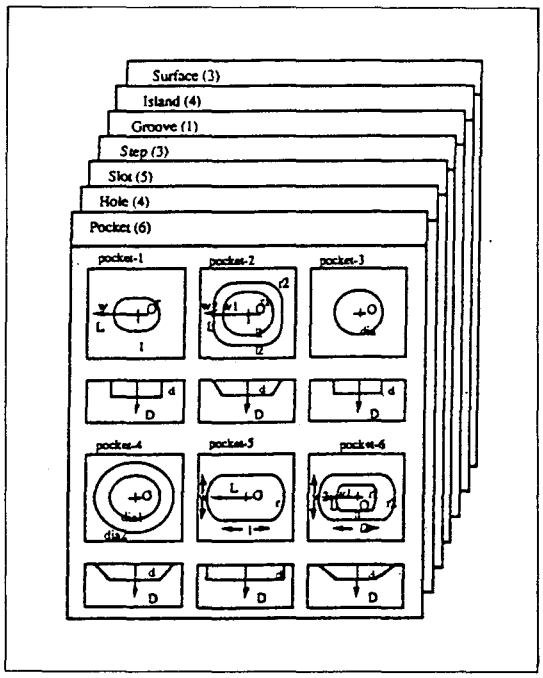

그림 3 사출금형에서의 가공특징 형상

2) CAPP/생산관리 통합

공정설계와 관련 기능과의 통합개발은 활발치 않으나, NC가공과의 통합개발은 Achen대학에서 많은 진전이 있었다. [13] 그리고 일정계획과의 통합이 Leuven대학 등에서 진행되고 있는 실정이다. 공정설계에서 가공기계 및 치공구 선택과 가공기계 사이의 가공순서 결정에는 한개 이상의 해가 존재할 수 있다. 또한 생산 현장에서는 공구파손, NC프로그래밍 오류, 가공기계 고장 등 예상하지 못했던 일들이 발생하여 생산라인의 흐름을 방해한다. 이러한 경우, 짧은 시간내에 대체기계 혹은 공구를 이용한 재일정계획(Rescheduling)이 필수적이며, Petrinets을 이용한 비선형(Non-inear) 공정설계를 연구하고 있다. [14]

설계도가 완성된후 공정설계 고유기능의 의사결정을 위해서는 공정설계 노하우는 물론 NC가공, 가공현장부하, 품질관리 등으로부터의 자료가 필요하다. 또한 가공기계 및 치공구 사양자료는 물론 부품에 대한 일반 자료도 참고하여 그 결과를 일정계획으로 출력하게 된다. 이러한 공정설계 중심의 생산정보의 흐름을 그림4에 정리하였다. 그림4에 보이는 것처럼 공정설계는 단일 정보에 의한 입출력 형태를 취하지 않고 여러 기능으로부터의 생산정보가 관계하므로, 관련 기능도 함께 전산화 시켜야한다. 그리고 생산 제품별 가공 노하우가 생산자별로 다른 관계 등으로 인하여 일반화된 상용시스템의 출현이 어려우나, Twente대학에서는 10여년간 개발한 PART시스템은 1992년 말에 상용화 하였다. [15]

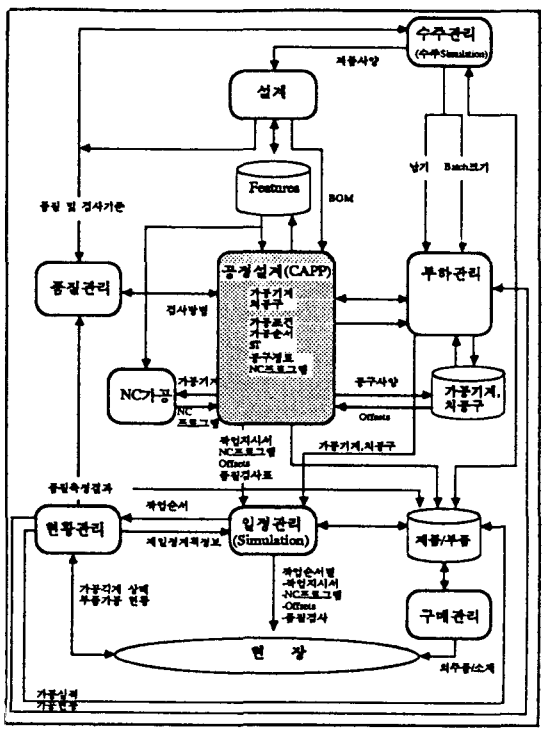

그림 4 생산활동에서 공정설계중심의 정보흐름

4. 맺 음 말

본 논문에서는 차세대 생산시스템을 위한 세계적 기술 개발 사업인 IMS사업의 개발과제들을 소개하였고, 그중 중요 과제의 하나인 차세대 생산 새스템 통합 모델에서 추구하려는 생산정보의 통합과 공정설계 자동화에서의 연구 진행 형황을 알아보았다.

생산관리 분야의 제 기능 사이의 생산정보를 통합하기 위해서는 각 기능 전문가들에 의한 공동작업으로 Entity 관계도 작성을 통한 데이터베이스가 설계되어야 한다. 또한 공정설계 자동화는 설계, 가공 및 생산 관리를 연결하는 기능으로써 그 연결을 위해 해결되어야할 많은 과제를 갖고 있다. 우선 서로 다른 가공 공정마다 갖고 있는 Know-how를 체계화하여 표준화시킨후, 설계 및 생산관리 분야와의 생산정보 교환을 생각하여야할 것이다. 특징형상은 이미 많은 개발 시도가 있었고, 재일정계획 및 NC가공과의 통합도 진행중에 있다.

짧은 연구경험으로 넓은 연구분야를 충분히 검토할 수 없었던 관계로 본 논문이 미흡하게 되었음을 양지하시기 바라며, 단지 이 분야에 대한 차후 연구 과제 이해 및 도출에 도움이 될수 있기를 기대합니다.

참고문헌

1. Adachi, "Japan Policy to Strengthen Manufacturing Industries", International Symposium on Production Technology and Policy toward 21st Century, Tokyo Metropolitan Univ., Mar. 30 1993
2. Chaiman's Report on the first meeting of the International Technical Committee (ITC) of IMS, Tokyo, Apr. 14~15, 1992
3. "차세대 생산시스템 구축을 위한 통합 모델에 관한 연구," 일본 IMS센타 보고서, 1992년 3월
4. Rembold, U. and B. Nnaji, "The role of

manufacturing models for the information technology of the factory of 1990s", Jou. of Design and Manufacturing, 1, 1991
5. Tiemersma, J.J. and J.J. Kals, "CIM in small batch manufacturing, Proc. of the Manufacturing International '90 ASME Conf., Atlanta USA, 1990
6. Ham, I., A Summary of Current and Future Research in CAPP, 1992 Survey result of CIRP-CAPP working group, Aix-en-Province France, Aug. 27 1992
7. Van Houten, F.J.A.M. and A.H. van't Erve, "PART, a parallel approach to Computer Aided Process Planning", Proc. of CAPE 4, Edinburg, 1988
8. Suzuki, H., M. Inui, F. Kimura and T. Sata, "A product modeling system for constructing Intelligent CAD and CAM systems", Robotics ans Computer Integrated Manufacturing, Vol. 4 No. 3/4, 1988
9. Kjellberg, T. and H. Schmekel, "Product Modeling and Information-Integated Engineering Systems", Annals of CIRP, Vol. 41/1/1992
10. Gindy, N.N.Z., "A product data Modelling for computer aided process planning systems", Int. conf. on Manufacturing and Automation, Hongkong, 1992
11. van't Erve, A.H., Generative Computer Aided Process Planning for Part Manufacturing, Ph. D. Thesis Univ. of Twente Netherlands, 1988
12. 노형민, 이진환, "사출금형의 CAD/CAPP통합을 위한 가공형상 데이터베이스", 대한기계학회논문집, 제16권 제2호, 1992
13. Eversheim, W., G. Marczinski and R. Cremer, "Structured Modeling of Manufacturing Processes as NC-Data Preparation", Annals of CIRP, Vol. 40/1/1991
14. Kruth, J.P. and J. Detand, "A CAPP system for non-linear process plans", Annals of CIRP, Vol. 41/1/1992
15. ICEM PART White paper, Control Data Frankfurt, Oct. 1992