

임베디드 환경의 해상작업 모니터링 시스템 개발

정성훈^{*} · 이봉근^{**} · 임재홍^{*}

^{*}한국해양대학교, ^{**}부산경상대학

Development of Embedded based Sea Operation Monitoring System

Sung-Hun Jung^{*} · Bong-Keun Rhee^{**} · Jae-Hong Yim^{*}

^{*}National Korea Maritime University, ^{**}Busan Kyungsang College

E-mail : jongro@hanmail.net

요 약

해상작업 모니터링 시스템은 해상에서 수행될 수 있는 국가와 국가간의 광케이블 매설 작업이나 낙도의 전기 공급을 위한 해저의 전선 매설 작업, 천연가스공사의 파이프라인 매설 작업 등 각종 해상작업에서 사용되는 선박 자동화를 위한 모니터링 시스템이다. 다양한 센서로부터의 입력과 환경 설정을 통해 얻어진 데이터를 가공 처리하고, 전자해도 데이터를 읽어 GPS의 위치정보와 함께 나타낸다. 또한, 작업과 관련한 루트파일의 정보를 오버레이하여 관련 데이터를 처리하며, 무선 네트워크 환경으로 구축된 무선접속장치(AP; Access Point)와 클라이언트 측의 휴대용 개인정보단말기(PDA; Personal Digital Assistants)를 무선랜으로 연동시켜 실시간으로 정보를 처리하도록 하며, 유효 반경 내에서의 자유로운 이동을 가능하게 하여 작업의 효율성을 높일 수 있다. 본 연구는 이러한 상황에서 해상작업과 관련한 모니터링 시스템을 임베디드 환경에서 설계 및 구현함으로써 선박 자동화와 선박의 안전 향해를 지원하고 해상에서의 작업 부하를 최소화시키며 사고 방지를 통한 선박의 경쟁력을 높일 수 있다.

ABSTRACT

Sea operation monitoring system is a system for the automatic ship operation that is used on the variety sea operations such as laying optical cables on the sea between the countries, laying cables on the seabed for a remote island, laying pipelines for the natural gas, and so forth. This system processes data which obtained through setting up environment and input from several sensors, and display GPS information with ENC data. And this system processes not only data of root file about sea operation, but also realtime information from PDA of client wirelessly connected with AP on wireless LAN. In addition, this system can improve efficiency of the operation as a result of enabling free movement within valid range. This paper design and implementation monitoring system from above appropriate to the embedded system, and improve competitive power of ship through prevention of a ship accident, to keep minimizing operation loads and support both the automatic ship operation and the safety voyage.

키워드

임베디드, 전자해도, 전자해도표시시스템, 모니터링 시스템, 해상작업, S-57, S-52, GPS, PDA

1. 서 론

선박이 점차 대형화되고 고속화됨에 따라 해상 안전과 관련하여 해난 사고가 빈번하고 그 피해도 선박이나 적재화물의 물적 피해를 넘어 환경

생태계를 위협하는 수준에 이르렀다. 이와 함께 선박자동화 및 컴퓨터기술의 발달로 안전항해를 지원하고 선원의 작업 부하를 덜어주는 자동화 시스템들이 속속 출현되고 있다. 국제기구와 선진

국들은 1980년 중반부터 선박 사고를 방지할 개선책으로 선박에 컴퓨터로 해도정보를 표시하는 전자해도표시시스템(ECDIS; Electronic Chart Display and Information System)의 도입을 검토하기 시작하였다.

10여 년 동안 분야별로 각 국의 전문가가 참여하고 국제적 합의를 통해 1995년 12월 ECDIS의 성능기준, 1996년 11월 ECDIS에 사용될 해도 정보인 전자해도(ENC; Electronic Navigational Chart)의 제작기준을 완성 및 발표하게 되었다. 우리나라도 1995년부터 전자해도 개발에 착수하여 금년까지 주요항만과 우리나라 주변 해역을 나타내는 해도 205종을 모두 전자해도로 만들어 공급하고 있다[1].

특히 해상 작업과 관련하여 국가와 국가 간 해저 광케이블의 매설 공사나 낙도의 전기 공급을 위한 전선 케이블의 매설, 해저의 유전 시설 및 천연 가스 생산 등 정밀한 해상 작업을 위한 선박용 응용프로그램들이 사용되고 있지만, 단순한 센서로부터의 입력과 자료의 가공 및 처리 프로그램에서 벗어나 전자해도를 기반으로 위성 위치 확인 시스템(GPS; Global Positioning System)과의 결합으로 선박의 위치나 자동 항법, 수심측량 및 항해거리 도출 등의 기능은 항해의 안전을 위한 필수적인 사항이 되었다. 이에 해상 작업과 관련한 응용 프로그램들도 해상 안전을 고려한 작업의 효율성과 신뢰성을 가지는 국제 표준의 시스템 개발에 대한 연구의 중요성이 대두되고 있다.

이러한 시점에서 본 논문은 임베디드 환경에서의 해상작업 모니터링 시스템을 설계하고 구현하여 선박 자동화와 선박의 안전 항해를 지원하고 해상에서의 작업 부하를 최소화시키며 사고 방지를 통한 선박의 경쟁력을 높이는데 있다.

II. 관련 연구

2.1 전자해도 표시 시스템

국제 해사 기구(IMO; International Maritime Organization)에서는 ECDIS에 관련된 일반적인 성능 기준들을 정의하고, 국제 수로 기구(IHO; International Homographic Organization)에서는 항해용 해도 데이터의 국제 표준인 디지털형 수로 데이터(S-57; Special Publication No.57)의 전송 및 ECDIS 내용 및 표시에 관한 표시 방법 및 기호의 통일성을 위해 IHO의 국제표준 사양서로 정하여 간행한 특수서지(S-52; Special Publication No.52)의 형식에 따른 전자해도 표시 기능들을 열거하고 있다. Fig. 1과 같이 항법 계산, 해도 업데이트, 항로 계획, 항로 감시, 시뮬레이션 등의 종이 해도에 관련된 전통적인 작업을 지원하게 된다. 선박의 안전항해를 위해 이용하는 종이 해도에는 해안선, 등심선, 수심, 위험물, 등대, 항계

등의 항해에 필요한 정보가 표시되어 있는데, 이를 전자해도 제작의 국제기준인 S-57에 따라 각국 정부 기관이 제작한 디지털 해도를 전자해도로 칭하며, 전자해도를 실제항해에 이용하기 위해서는 전자해도를 표시할 수 있는 소프트웨어와 하드웨어가 있어야 하는데 이를 전자해도표시시스템이라 칭한다[2].

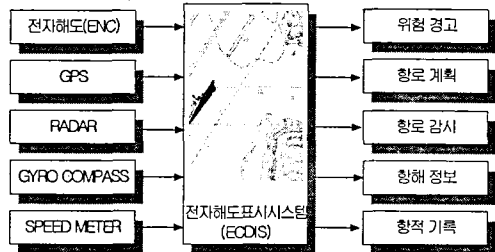


Fig. 1 Function of ECDIS

ECDIS는 국제해사기구가 정한 ECDIS의 성능 기준안과 국제수로기구가 발표한 국제기준 S-52에 따라 제작된 항해 장비로써 전자해도 자료를 받아들이고 후 GPS, 레이더, 속력계, 자이로콤파스 등의 항해장비와 연결되어 전자해도 표시시스템 화면상에서 선박의 위치, 속력, 방향, 주위의 다른 선박 등을 한 눈에 볼 수 있다. 위험물 접근 시나 항로 이탈, 다른 선박의 접근 등 위험상황이 발생하면 자동으로 경보를 울려 해난사고를 예방할 수 있는 가장 큰 장점을 가지고 있으며, 항적 기록이 저장되어 해난사고시 원인규명이 가능한 첨단 항해 장비이다.

2.2 전자해도

ECDIS는 단지 종이해도를 시각적으로 표현하는 시스템이 아니라 지리적 정보와 항해 정보를 종합하여 제공하는 새로운 개념의 항해 장비이다.

ENC는 ECDIS에 사용되는 공인 벡터자료로서 점, 선, 면의 형태로 표현되는 객체를 표현하기 위한 공간 정보와 속성정보로 구성된다. ENC에 관한 국제표준은 IHO가 준비하며 표준 문서로 S-52 와 S-57이 있다[3],[4].

S-57은 각 국 수로국 간의 수로자료의 교환은 물론 이를 ECDIS 생산자, 항해자 및 다른 이용자에게 공급하기 위해 IHO가 제정한 교환 표준으로서 1996년 12월 Ed. 3으로 개정된 후 향후 4년간 변경하지 않도록 결정하여 지금에 이르고 있다. S-52는 해도 데이터의 내용과 그 표현에 관한 표준으로서 1996년 11월에 Ed. 3으로 개정되었다.

S-57의 데이터 모델에서 데이터 표준은 실세계를 표현하는 변환으로 디자인되어 있으며, 속성 객체(Feature Object)와 공간 객체(Spatial Object)로 구성된다. 이러한 S-57 교환 표준은 컴퓨터 화면 표시를 위한 내부구조로 적합하지 않으므로 IHO에서는 효율적인 내부 자료구조로 변환하여

사용할 것을 권고하고 있으며 화면 표시 방법도 S-52의 부속 문서인 PL에서 자세히 규정하고 있고 구체적인 구현방법도 ECDIS 제작자에게 일임하고 있다. 그 결과 ENC를 저장하기 위한 자료 구조 및 처리 알고리즘에 따라 각 ECDIS는 성능에서 차이를 보이고 있으며, 효율적인 자료구조와 처리 알고리즘을 구현하는 것이 IMO에서 규정한 ECDIS 성능사양을 만족시키기 위한 중요한 요소이다.

III. 모니터링 시스템의 설계

3.1 ENC 파서

ENC 파서 프로그램은 데이터를 ISO 8211 규격에 실제 세계의 모델들이 데이터 구조 구현 테이블과 물리적 변환 파일의 형태로 저장되는지 파싱하여 그 결과를 화면으로 출력하며, ISO 8211의 변환 설정에 따른 파일, 레코드, 필드, 서브필드들을 데이터 집합 설명서, 카탈로그, 데이터 사전, 객체 데이터(속성, 공간)로 분류하여 각각의 레코드들로 구성된 테이블들을 출력한다.

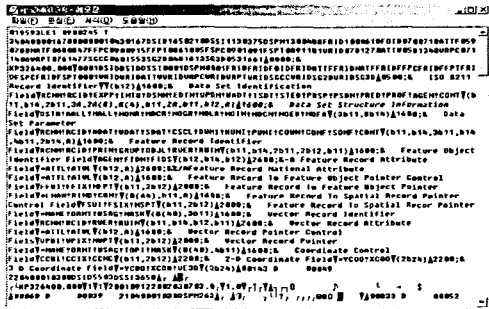


Fig. 2 ENC data of the ISO 8211

IHO의 표준 규격인 S-57과 S-52에 따른 ENC 파일에 대한 분석 및 객체의 파싱을 하기 위하여 국립해양조사원에서 제공하는 우리나라 전 연안의 전자해도 중에 Fig. 3의 "KP3264 00.000" 파일을 사용하였으며, 파일의 내부에 경위도 좌표 (34°90.3161, 129° 58.0972)가 있다.

ENC 데이터에 포함되어 있는 DDR 헤더의 정보로는 DDR 리더, DDR 디렉터리, DDR 필드 영역이 있으며, 실제적인 데이터로 여러 개의 DR 영역으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

ENC 데이터를 S-57 및 S-52 표준에 맞게 표시하려면 처리해야 할 파일의 종류는 확장자가 *.000인 데이터 집합, 확장자가 *.dic인 객체 카탈로그(예: objcatv3.dic) 및 속성 카탈로그(예: atrcatv3.dic)가 있어야 하고 기호 명령어, 색상 표, 참조표 등을 포함하는 확장자가 *.dai (예: Prslib03.dai)인 프레젠테이션 라이브러리가 필요하다.

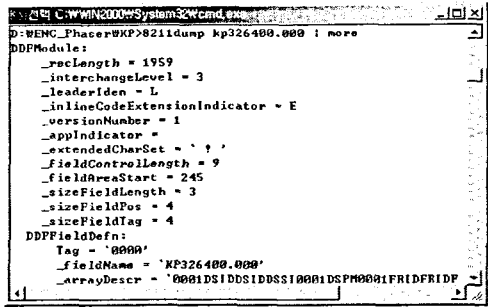


Fig. 3 Display screen of 8211DUMP

S-57과 S-52 규격에 맞게 자료의 표현을 위해서는 객체와 그 속성에 관한 정의를 담고 있는 객체 카탈로그, 속성 카탈로그 및 프레젠테이션 라이브러리를 프로그램 시작 시의 시스템 초기화 과정에서 미리 읽어두어야 한다.

이는 ENC 데이터로부터 파싱하여 인식한 객체 정보를 화면에 그리기 위하여 S-57 및 S-52의 표준을 만족하는 객체를 설계한다. ENC에는 새로운 데이터 집합, 갱신, 데이터 집합의 재발행, 데이터 집합의 개정판의 4가지 종류가 있으며, Fig. 4은 ENC의 레코드와 필드구조를 보인다. 데이터 집합의 일반적인 정보 레코드는 데이터 집합의 식별자와 데이터 집합의 구조 정보로 나뉘며, 데이터 집합의 지리적 참조 레코드는 데이터 집합의 매개변수이며, 벡터 레코드와 속성 레코드로 이루어진다.

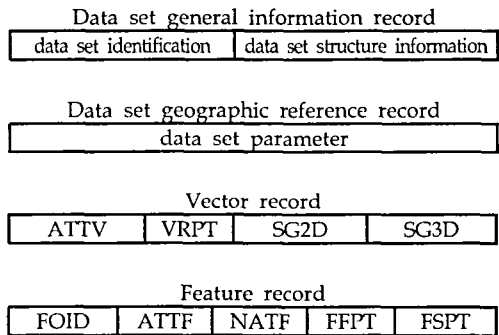


Fig. 4 Record and field structure of ENC

3.2 모니터링 서버

ENC 기반 모니터링 시스템에 있어서 Fig. 5와 같이 외부 센서들로부터의 각종 정보를 입력받아 내부적인 처리 및 계산 과정을 거쳐 선박의 위치 정보에 해당하는 SENC에 해상작업과 관련한 작업 경로 파일의 내용을 오버라이하거나 선박의 속도 및 해상 작업에서 사용되는 케이블, 전선 또는 파이프라인 등을 해저에 매설할 때 센서로부터 발생하는 장력의 정보를 화면에 그래프로 실

시간 처리하며, 작업에 이상이 발생하였을 때 경보음을 스피커로 출력하여 주는 기능 등을 포함한다.

센서 모듈은 입력 장치로부터 입력되는 정보는 담당하는 모듈로 RS-232 멀티포트 통신모듈, 모니터링 환경 설정 모듈, 실시간 데이터 추출 모듈이 있다.

SENC 모듈은 ENC 데이터 파일을 읽어 IHO의 표준 규격인 S-52 및 S-57을 만족하는 그래픽 화면을 제공하며, GPS로부터 실시간 입력되는 선박의 위치정보데이터를 처리한다. 이후 모니터링 클라이언트 프로그램이 있는 PDA의 무선 네트워크 환경으로 이미지 정보를 전송하기 위해 TCP/IP 소켓과 연동한다.

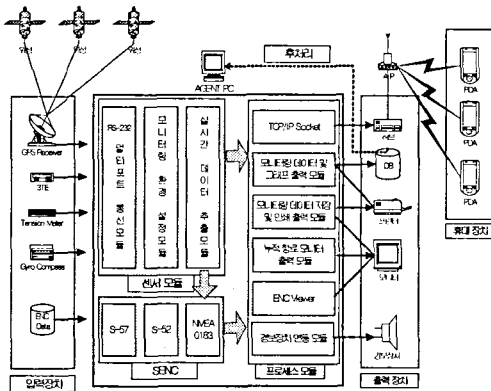


Fig. 5 Block diagram of full system

프로세스 모듈은 TCP/IP 소켓 모듈, 모니터링 데이터 및 그래픽 출력 모듈, 모니터링 데이터 저장 및 인쇄 출력 모듈, 누적 항로 모니터 출력 모듈, ENC 뷰어 모듈, 경보장치 연동 모듈로 구분된다.

3.3 모니터링 클라이언트

해상 작업을 수행하는 선박 내에는 모니터링 시스템과 관련 장비 사이의 인터페이스뿐만 아니라 Fig. 6의 네트워크 환경이 구축되어 있어야 하며, 클라이언트측은 PDA와 무선랜 환경 사용을 위한 무선랜과 액세스 포인트가 있어야 한다.

클라이언트는 서버로부터 실시간 입력되는 정보에 대하여 양방향 데이터 전송이 가능해야 한다. 서버로부터 TCP/IP 접속을 통한 실시간 또는 집약 정보의 처리를 수행한다.

클라이언트의 구성을 보면 첫 번째로, ENC 및 루트의 오버레이에 대한 이미지이다. 해당 ENC 이미지는 서버 측의 현재 선박의 위치에 따른 GPS의 실제 위치정보를 반영한 전자해도로서 PDA상의 구현을 위하여 ENC 엔진으로부터 이미지가화된 Map과 루트 정보의 이미지를 일차적으로 *.GIF 형태로 저장한다.

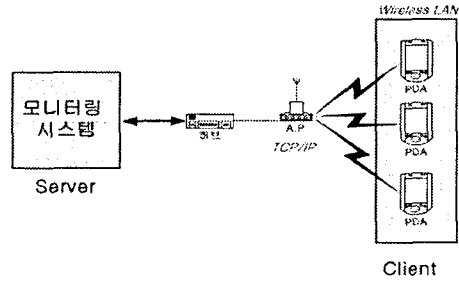


Fig. 6 Client structure based on the PDA

그 이유는 PDA상에서 표시되는 이미지의 기본이 BMP이며 고해상도를 지원하지 않기 때문에 이차적인 팔레트 정보의 재조정과 보정을 위하여 GIF 타입으로 저장하는 것이다. 이렇게 변환된 이미지 정보는 다시 저해상도의 비트맵 형식으로 변환하여 생성된 BMP파일은 TCP/IP의 이진 데이터 스트림으로 전송이 된다. 이때 전송되는 이미지는 유니 코드의 문자열이 아닌 바이트 형이어야 하며, 이미지 로딩 함수를 이용하여 나타내 줄 수 있다.

IV. 모니터링 시스템의 구현

4.1 모니터링 서버 시스템

해상작업 모니터링 시스템의 중추역할을 수행하는 서버 프로그램의 구현된 전체 화면은 Fig. 7과 같다.

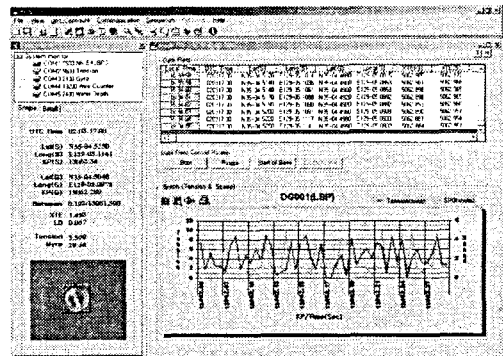


Fig. 7 Sea operation monitoring system

해상 작업에서 항해하는 선박에 대한 선박의 항해누적거리(KP; Kilometers between Positions)와 경로이탈오차(XTE; Cross Track Error) 결정을 위한 최적의 기하 알고리즘이 필요하다. KP는 항해 경로를 따라서 항해하는 선박이 작업의 기준 점으로부터 얼마나 진행했는지를 나타낸다.

XTE는 선정된 작업루트에서 항해하는 선박이

얼마나 벗어났는지를 나타낸다. KP와 XTE를 적용하기 위하여 Fig. 8의 KP 초기지정을 위한 설정창에서 설정할 작업 루트파일을 기반으로 하면 항해하는 선박과 작업 루트를 중심으로 2차원적으로 나타낼 수 있다. 즉 KP와 XTE 구현을 위한 기하 알고리즘을 구현하기에 앞서 정해진 루트를 따라 항해하는 선박의 이동을 설정할 수 있다.

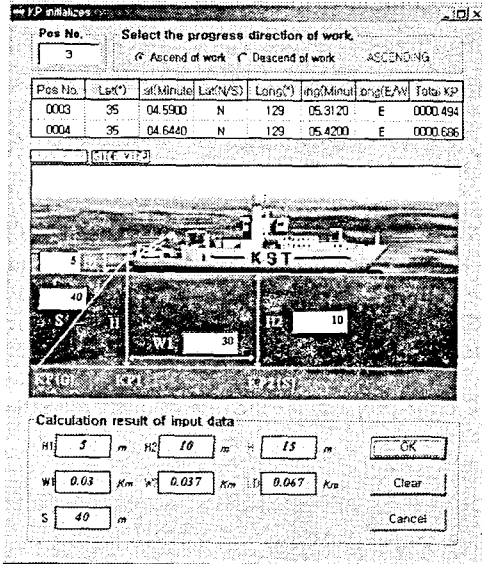


Fig. 8 Initializes of KP

여기에서 코스는 작업 선박이 진행하는 방향을 나타내고, KP는 작업 선박이 작업을 시작할 때의 작업 기준점인 작업 시작 루트 번호로부터 현재 선박이 위치한 곳까지의 항해 거리를 나타낸다.

4.2 모니터링 클라이언트 시스템

클라이언트 프로그램의 주 메뉴는 ENC, GRID, GRAPH, GPS, HDG, CHAT로 나눌 수 있다. Fig. 9와 같이 출력되는 ENC 화면은 다른 위치의 ENC로 갱신하기 위하여 위도와 경도 값을 입력할 수 있다.

현재까지 개발된 상태에서는 ENC에서의 자유로운 화면의 이동이나 확대, 축소의 기능보다는 실제 해상 작업이 이루어질 때 현재 위치에 대한 정보가 제일 중요하기 때문에 현재 위치 정보에 대한 ENC의 이미지정보만을 전송하도록 되어 있다. GRID 탭의 화면은 모니터링 서버 측으로부터 전송되어 온 실시간 데이터를 GRID 컨트롤에 직접적으로 출력함으로써 모니터링 서버에서 얻어진 다양한 정보를 확인할 수 있다.

Fig 9의 오른쪽 GRAPH 탭의 화면은 작업 거리와 시간에 따른 장력값과 선박의 속도를 실시간으로 나타내준다.

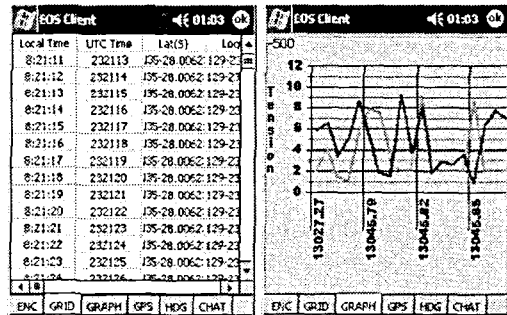


Fig. 9 GRAPH and GRID screen of client

V. 결 론

최근 들어, 중대형 이상의 선박에서는 전자해도 표시 시스템이 필수 장비로서 사용되고 있으며, 선박 내 자동화 시스템과 관련하여 전자해도를 기반으로 하는 소프트웨어 및 장비가 일반화되고 있는 추세이다. 특히, 선박 내 작업이 휴대가 간편한 PDA 단말기를 적용한 무선 환경이라면 해상에서의 작업은 보다 효율적이며 정밀성과 신뢰성이 필요한 경우라면 더욱 필수적일 수밖에 없다.

본 논문에서는 이러한 조건을 충족시킬 수 있는 전자해도 기반의 해상 작업 모니터링 시스템을 설계 및 구현하였으며, 작업 루트의 위치 계산 및 KP 계산 알고리즘과 XTE 계산 알고리즘을 구현하고 실험하였다. 실제 작업 현장에서 실험한 결과를 볼 때, 선박의 속력에 대한 다양한 알고리즘을 사용함에도 불구하고 파도와 바람 등의 영향에 의한 선체의 흔들림으로 GPS 정보에 대한 보정 알고리즘이 필요하다는 것을 알 수 있었다. XTE의 경우 보정의 한계치를 선체의 중심축으로 하여 계산할 경우 실제 선미(船尾)의 케이블 길이와 루트 상에 놓여지는 선박의 방향 등이 결정적인 오차 값으로 작용하였으며, 이러한 문제점에 대하여 보다 정밀한 측위 방법의 연구와 계산 기법의 고안이 필요하였다.

참고문헌

[1] 김옥수, 진준호, "전자해도의 기술 개발 동향", 한국박용기관학회지 통권 89호, 1월호, 2001.
 [2] IMO, "IMO Performance standard for ECDIS", 1995.
 [3] IHO, "Specification for chart content and display aspects of ECDIS", Special publication No.52, 1996.
 [4] IHO, "IHO Transfer standard for digital hydrographic data edition 3.0", Special publication No.57, November 1996.