

파랑중 운항선박의 안전항해를 위한 지원 시스템

이 판 목/한국기계연구원
선박해양공학연구센터

1. 머리말

최근에 내항성능이 우수한 초고속선의 등장으로 인하여 기존의 출항 통제 기준치 보다 거친 해상 상태에서 운항이 가능한 선박의 건조가 늘고 있으며, 해상 교통 수요의 증가로 인하여 악천후의 기상 조건에서도 선박이 운항하여야 할 필요성이 증대되고 있다.

이러한 선박이 출항 통제 기준을 초과한 해상에서도 운항이 가능하기 위해서는 불규칙한 해상에서도 안전하게 운항할 수 있다는 객관적인 근거 자료가 필요하다. 이를 위해서는 선박이 운항중인 해상의 기상 조건, 해상 상태, 선박의 운동 상태 및 운항 조건을 기록할 수 있는 시스템이 요구되며, 선체의 고유 운동 특성과 계측된 선체 운동 특성을 근거로 하여 항해 조건에 따른 안전 운항의 한계 해상 조건을 도출하는 과정이 요구된다.

또한, 각종 해난 사고 시에 원인 규명을 위하여 사고 해역의 해상 상태를 기록하고 사고 선박의 운항 상태와 사고 당시의 운동 상태를 기록할 필요가 있다. 한편, 해상 상태의 변화에 따른 선박의 운동 상태 변화를 계측함으로써 위험한 운항 상태가 발생하기 전에 항해자에 경보하여 해난 사고를 미연에 방지할 수 있는 조기 경보 장치가 필요하며, 위험한 상황에서 안전 항해를 위한 최적 운항 조건을 제시할 수 있는 항해 지원시스템이 필요하다.

장시간 작전 해역에 상주하는 군함이나 악

천후에도 출동해야 하는 구난작업선과 같은 선박에서는, 작전 해역의 해상 조건과 함정의 운동 상태를 항시 모니터링하는 것은 함정의 안전 항해와 성공적인 작전 수행을 위한 운항 조건을 최적하게 유지시킬 수 있는 중요한 자료로 사용될 수 있다.

본 고에서는 거친 파랑 중에 운항하는 선박의 안전 운항을 위하여 운항 중인 해상의 해상 상태와 선박의 운동 상태를 실시간으로 계측하며, 계측된 데이터를 이용하여 선박의 안전 상태를 실시간으로 판정하는 안전 운항 지원시스템에 관하여 개략적으로 소개하고, 어선과 같은 소형의 선박에 장착 가능한 시스템으로의 확장 가능성을 검토하고자 한다.

2. 안전 항해 지원시스템

일반적으로 해상에서 운항하는 선박의 운동 계측은 관성항법장치(Inertial Navigation System, INS), 선체 운동 계측 장치 등을 이용하여 선체의 운동 상태를 기록하고 있으며, 선장이 기상청의 기상 예보와 목적에 의한 파도의 진행 방향을 근간으로 운항 조건을 판단하고 있다. 선박의 안전 운항을 위한 기존 시스템은 기상청에서 예보하는 기상 예보에 따라 선박의 출항이 통제되고 있으며, 운항 중에는 기상 데이터를 근간으로 선장의 판단에 의하여 운항 조건을 결정하고 있다. 그러나 선박이 운항하는 실제 해상의 기상 상태는 예보와

는 다른 경우가 종종 있고 국부적으로 해상 조건이 변화할 수도 있으며, 운항자의 자의에 의한 운항 조건 판단은 경험에 의존하므로 객관적인 판단 기준이 미흡한 현실이다. 따라서, 선박의 안전 운항을 위해서는 선박의 운동 특성을 정확히 파악하고, 운항중인 선박의 운동과 해상 상태를 정밀하게 계측할 필요가 있다. 궁극적으로는 계측된 데이터를 근간으로 최적의 운항 조건을 제시할 수 있는 시스템이 요구된다.

현재 상용으로 시판되고 있는 선체의 운동 계측 시스템은 단순히 선박의 운동만을 계측하여 표시하는 시스템에 국한되어 있고, 파고 계측에 의한 선체 운동 측정법 등은 고가의 장비이므로 일부 대형 조선소에서만 시운전 선박의 실선 계측용으로 사용되고 있다. 운항 선박의 계측 장비로는 풍향, 풍속, 선속, 선박의 위치 등을 계측할 수 있는 장치가 널리 쓰이고 있으며, 고정 위치에서의 파도를 측정하는 시스템은 이미 개발되었으나, 이동 중인 선박에서 실시간으로 직접 관측할 수 있는 장치는 일부에 국한된 실정이다.

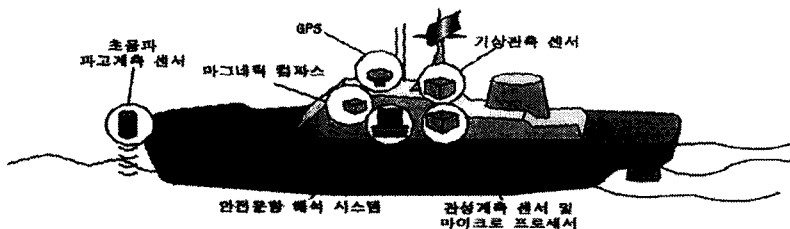
따라서, 본 고에서 소개하는 안전 운항 지원시스템은 실해역에서 실시간으로 파고를 계측하여 파도의 동적인 특성을 파악하는 시스템을 구현하고, 종래의 범용 계측 장치들을 이용하여 얻어지는 선박의 운동 상태와 기상 상태를 실시간으로 신호 처리하는 시스템을 구축하여 파도 특성과 연계된 운항 상태를 기록하는 시스템이다. 또한 데이터 베이스화된 선박의 운동 특성과 복원력 특성을 이용하여 선

박의 안전 운항을 위한 최적화된 운항 지침을 제시하는 기능을 보유한 항해 지원 장치이다.

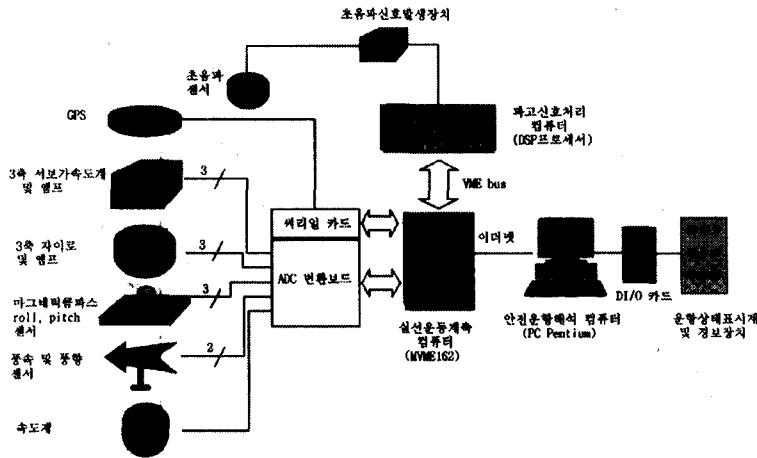
가. 안전 항해 지원시스템의 구성

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 안전 운항 지원시스템은 선체의 선수에서 초음파 거리 계측 센서를 이용하여 상대 파도를 실시간으로 계측하고, 관성항법센서를 이용하여 얻어지는 선체의 운동 데이터에 기초하여 선수의 상대 운동을 연산하여, 선수에서의 실제 파도를 계산하는 방법으로 운항 중인 선박의 실해역 파도를 계측하는 기능을 가지며, 이러한 기능이 실시간으로 이루어지도록 고속의 신호 처리 전용 프로세서(Digital Signal processing, DSP)와 다중처리(Multi-tasking) 전용 프로세서로 구현된 것이 특징이다. 또한, 항해 지원을 위한 최적 지침을 제시하기 위하여 기상 조건과 선박의 운항 조건을 입력받는 장치를 인터페이스하며, 기존의 선박 성능 해석과 복원력 해석을 위한 프로그램과 데이터 베이스를 용이하게 접목시키기 위하여 범용의 개인용 컴퓨터를 이용한다.

안전 운항 지원시스템은 세 개의 부시스템, 즉, 센서와 앰프를 내장하는 파도 및 실선 운동 계측 부시스템, 데이터 베이스를 포함하는 안전 운항 지원 부시스템, 운항 상태 표시와 경보를 위한 부시스템 등으로 구성된다. <그림 1>은 해상에서 운항 중인 선박에 장착된 항해 지원시스템의 각 부시스템의 배치도이다. 안전 운항 지원시스템의 파고 계측 장치는 선수에 설치되고, 관성 계측 센서와 신호처리 마이크



<그림 1> 안전항해를 위한 지원시스템의 배치도



〈그림2〉 안전항해를 위한 지원시스템의 하드웨어 구성도

로 프로세서는 정밀한 운동 계측을 위하여 선박의 회전 운동 중심에 설치되고, 마그네틱 컴퍼스는 자장의 영향을 최소화하기 위하여 외부에 설치되며 기상 관측 센서와 GPS(Global Positioning System) 센서도 외부에 설치된다. 최적 운항 지침을 제시하는 표시 장치와 사용자 인터페이스를 위한 항해 지원 해석 시스템은 선장실에 배치된다.

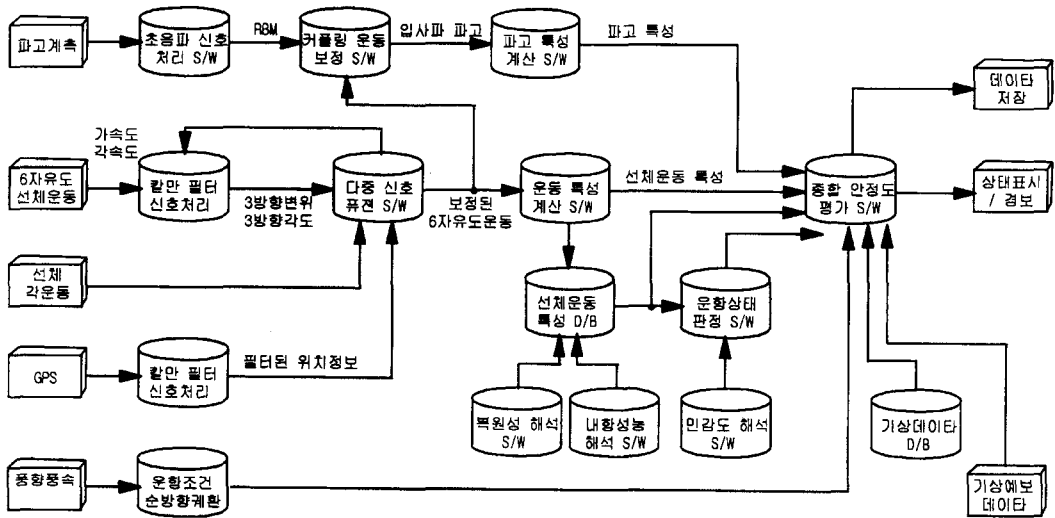
나. 안전 항해 지원시스템의 하드웨어

〈그림 2〉는 운항중 선체 운동과 해상 상태를 계측하고 신호 처리하는 항해 지원시스템의 하드웨어를 나타내는 개략도로써 시스템 각 부분의 기능을 설명하면 다음과 같다.

파고의 계측은 초음파 거리 센서에 의하여 이루어지며, 단일 센서로 송수신을 구현할 수 있는 초음파 신호 발생 장치에 의하여 초음파 센서 구동 신호가 생성되며, 디지털 신호 처리 프로세서(DSP)를 이용하여 선체에 의해 발생하는 노이즈, 다중 경로에 의한 신호 교란 및 신호 감쇠에 따른 노이즈 비율의 증가 등에 강인한 시스템으로 구성된다. VME 버스를 이용하여 신호 처리된 파도 데이터가 실시간으로 운동 계측 시스템에 전달 될 수 있다.

선체 운동 계측은 3축의 서보 가속도 센서를 이용하여 x, y, z 방향의 운동 가속도를 측정하고, 3축의 광 화이버 자이로를 이용하여 선체의 중운동(pitch), 횡운동(roll)과 선수운동(yaw)을 측정하고, 마그네틱 컴퍼스를 이용하여 지구 좌표계에 대한 선체의 선수각운동(yaw)를 측정하는 방식으로 구현된다. 선박이 운항하는 해상의 기상 조건을 계측하는 풍향 풍속계, 선박의 운항 위치를 나타내는 GPS 센서와 선박의 운항 속도계 등이 안전 운항을 위한 보조 센서로 사용된다.

이들 센서의 신호는 아날로그-디지털 변환기(ADC)를 통하여 얻어지며, GPS 수신 신호는 CPU가 내장된 세리얼 통신 보드에 의하여 실선 운동 계측용 프로세서로 전달된다. 센서를 이용하여 얻어진 선체의 6자유도 운동은 센서의 자체 특성과 외란에 의하여 부정확한 운동 상태를 나타내므로 이의 수정 보완을 수행하는 프로세서가 필요하다. 따라서, 실선 운동 계측을 위한 컴퓨터는 VME 버스 기능을 갖추고 실시간으로 여러 가지 신호 처리를 동시에 수행하는 기능이 요구되므로 다중 작업을 수행할 수 있는 32비트 다중처리(Multi-tasking) 마이크로 프로세서인 MVME162를



〈그림3〉 안전항해를 위한 지원시스템의 소프트웨어 구성도

이용하여 계산이 수행된다.

안전 운항을 위한 대용량의 데이터 베이스와 해석용 소프트웨어를 구동하기 위하여 범용의 개인용 컴퓨터를 이용하며, 실시간으로 얻어진 선체 운동과 파고의 계측 데이터는 선장실의 안전 운항 해석 컴퓨터에 고속으로 전송되어야 하므로 이더넷(Ethernet) 카드를 통하여 이루어진다. 운동 상태와 해상 상태의 모니터링과 안전 운항 최적 조건을 표시하는 기능은 컴퓨터의 모니터를 이용한다. 운항 상태 표기와 경보 발생을 위한 장치가 이 컴퓨터에 별도로 연결되어, 중요 해상 정보, 선박의 운항 상태 및 안전 운항 조건이 기준 범위를 초과하는 경우에는 경보 신호가 발생되어 선박의 조종자가 쉽게 운항 상태를 관측할 수 있도록 한다.

다. 안전 항해 지원시스템의 소프트웨어

〈그림 3〉은 안전 항해 지원시스템에 내장되는 소프트웨어의 기능별 흐름도를 나타내는 그림이다. 초음파 신호 처리 소프트웨어는 DSP 프로세서에 내장되고, 기타의 계측 신호

의 처리, 다중 신호의 융합(Fusion)과 파도의 커플링 운동 보정은 다중 처리 프로세서에서 수행된다. 파고의 특성 계산, 선체의 운동 특성 계산과 복원력 특성 계산, 데이터 베이스 운용, 운항 상태 판정과 종합 안전도 평가는 범용 개인용 컴퓨터에서 이루어지도록 구성된다.

계측된 파고 데이터는 선수의 쇄파에 의한 고주파수 노이즈, 선체 운동에 의한 반사파의 영향과 선체 운동에 의한 선수 상대 운동이 커플링된 거리 데이터를 나타내므로, 실제 해상에서의 파고를 얻기 위해서는 많은 양의 계산을 수행해야 한다. 이를 위해서 전용의 디지털 신호처리 프로세서(DSP)를 이용한다. 선체 운동 계측 데이터는 장주기의 신호 드리프트 성분을 내포하므로 이를 보정하기 위하여 여러 가지의 신호를 융합하여 연속적으로 신호의 보정이 이루어지는 융합 과정을 필요로 한다.

계측된 파고 데이터와 선체 운동 데이터를 스펙트럼 처리하므로써, 종합 안전도 평가 소프트웨어는 파고와 파도의 주기를 입력으로 하고 6자유도 운동을 출력으로 하여 선체의

실선 운동 특성을 주파수 영역에서 해석할 수 있다. 이러한 실선 운동 특성은 모형 실험 또는 이론 계산에 의해서 얻어진 선체의 운동 특성을 검증하는 자료로 사용될 수 있다.

선박의 건조 단계에서 계산되거나 실험적으로 얻어지는 선작의 정적인 복원력 특성과 동적인 내항성능 특성을 실선에 부합되는 데이터로 보정하고, 이를 근간으로 실험역에서 운항되는 선박의 안전 운항을 위한 기초 데이터로 사용한다. 안전 항해 지원시스템에서는 선체의 선도와 기초 데이터를 입력하여 이론적으로 운동 특성을 계산하는 기능을 보유한다.

운항 조건의 변화가 선체 운동에 미치는 영향을 민감도 해석 프로그램에서 처리하여 최적의 운항 상태 판정 소프트웨어에 제공하며, 안전도 판단을 위한 종합 안전도 평가 소프트웨어는 계측 데이터와 함께 신호 처리하여 안전 운항의 정도를 화상으로 처리하여 항해자에게 지시하는 기능을 갖는다.

3. 어선에의 적용 가능성

위와 같은 항해 지원시스템은 고가의 장비를 필요로 하고 바다의 거친 환경에 민감한 컴퓨터 시스템으로 구성되므로, 어선과 같은 소형의 선박에 장착하기에는 현실성이 부족하다. 이러한 단점을 극복하는 방편으로써, 고가의 장비 중에서 필수적인 계측 센서인 파도 센서와 선체 운동 계측 센서 중 가속도계와 경사각 센서를 이용하여 계측 시스템을 구성하고, 범용의 컴퓨터가 아니면서 소형의 밀폐된 용기에 내장될 수 있는 마이크로 프로세서를 이용하는 방법으로 항해 지원시스템을 구현할 수 있다. 이러한 계측 시스템은 선박의 3자유도 운동, 즉, 상하운동, 횡운동 및 종운동만을 계측하게 된다. 다중 처리가 되지 않는

프로세서를 사용하므로 신호 처리는 실시간성이 떨어지며 최적 운항 조건을 도출하기 위한 대형 소프트웨어를 장착할 수 없는 단점이 있지만, 안전 항해를 위한 기본적인 데이터 베이스의 운용과 계산 기능을 수행할 수 있다. 항해자에게 표시하는 장치는 소형의 액정 화면(LCD)를 이용하며, 신호 입출력은 소형의 단축기를 이용할 수 있다. 필요한 경우에는 개인용 컴퓨터를 연결하여 데이터를 받아 볼 수 있도록 안전 항해 지원시스템을 구성할 수 있다.

4. 맺음말

안전 운항을 위한 항해 지원시스템이 해상에서 운항하는 선박의 선체 운동과 해상 상태를 계측하는 장치로 구성되고 계측된 데이터와 선박의 동특성 데이터 베이스를 이용하여 선박의 운항 상태를 판별하는 시스템으로 구축되므로써, 운항 중인 선박의 안전 운항을 위한 객관적이며 정량적인 데이터를 제공하고 선박의 운동 특성에 적합한 최적 운항 조건을 제시하는 항해 지원을 위한 시스템으로 활용될 수 있다. 해상 상태를 정확히 계측하고 선체 운동을 정밀하게 계측하므로써, 해난 사고의 예방은 물론이고 선박의 특성에 최적의 운항 조건을 제시하여 출항 통제 기준 보다 거친 해상에서 선박이 안전하게 항해할 수 있는 지원시스템으로 기여할 수 있다. 운동 상태를 항상 모니터링하므로써 승무원이나 승객의 쾌적한 여행을 위한 기준 자료로 사용할 수 있다. 또한, 필수 센서와 단일 프로세서를 이용하여 저가의 시스템 구성이 가능하므로 일반 선박에 사용하기에 적합한 지원시스템이 될 수 있다.

검사받은 어선으로 마음놓고 조업하자