

최근 해상이동통신시스템 기술 발전 동향 연구

장동원¹, 조평동²
¹한국전자통신연구원

A Study on Technical Trends for Modernization of the Marine Mobile Communication Systems in International Organizations

Dong-won, Jang

¹Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : dwjang@etri.re.kr

요 약

IMO(International Maritime Organization)에서는 최근에 AIS, LRIT, SSAS 등 현대화된 통신 기술이 융합된 시스템을 도입하고 있으며 HF 및 VHF 대역에서 e-mail 등 현대화된 데이터 통신 기술을 도입하려고 한다. 이에 따라서 ITU-R에서는 현대화된 해상이동통신시스템에서 사용되는 스펙트럼의 재조정 및 통신방식 권고안을 작성 중에 있다.

본 고에서는 최근 IMO COMSAR회의 및 ITU-R SG8B회의 그리고 IEC TC80회의에 기고되어 논의 중인 해상이동통신시스템의 기술 및 표준화 동향을 분석하고 기술하였다. 특히 본 고에서는 2005년 9월에 개최되었던 ITU-R SG8B에 제출된 기고서를 중심으로 기술을 분석하고, ITU-R, IMO 그리고 IEC의 향후 대응 방향을 기술하였다.

키워드

해상통신시스템, 무선규칙, 권고, 간섭, 전파방사, GMDSS, DSC, AIS, NBDP, ITU-R, IMO, IEC

I. 서 론

ITU는 세계무선총회(WRC(World Radio Committ-ee)-03)의 결의서 351에 따라 해상통신이 MF와 HF 주파수 대역에서 해상이동서비스에 새로운 디지털 기술을 사용할 것을 요구하였다. 결의서 351은 해상이동통신에서 새로운 디지털 기술 사용 필요성이 급속히 대두되고 있으며 해상이동통신에 할당된 MF/HF 주파수 대역에서 새로운 기술 이용은 새로운 해상서비스를 위한 부상하는 요구에 보다 더 부응할 수 있다고 명시하고 있다.

또한 WRC-03에서는 초기 시험과 추후 새로운 디지털 기술 도입을 위해 자발적으로 다양하게 채널 및 대역을 사용할 수 있도록 무선규칙 부록 17을 수정하기로 하였다.

이러한 추세에 따라서 이미 여러 국가(미국, 노르웨이, 일본 등)에서는 MF/HF대역에서 e-mail 등을 사용할 수 있는 시스템을 개발하거나 사용 중에 있으며 무선규칙 부록 17을 수정해서 성능 및 용도를 다양화시키려고 노력하고 있다. 이러한 새로운 서비스는 기존 NBDP(Narrow Band Direct Printing)기능을 가지고 있으므로 새로 개발된 시스템으로 대체하려고 하고 있다.

2005년 9월에 개최된 ITU-R SG8B회의에서는 구체적으로 현대화된 GMDSS 장비 및 AIS 등에 대한 운용 결과 및 SDR과 같은 신기술 도입에 대한 깊이 있는 기고서들이 제출되어 논의되었다.

본고에서는 최근의 국제기구(IMO, ITU, IEC)에서 논의되었던 새로운 시스템을 분석하고 관련 기술에 대해서 기술하였으며 추후 개발 방향 등에 대해서도 분석하였다.

II. 본 론

최근에 선박이나 항공 무선통신기기에 최신의

기술을 활용한 다양한 무선통신기기들이 도입되고 있다. 특히 해상과 항공 무선통신기기들은 인명 안전에 직결된 장비이므로 국제 조약(SOLAS)에 규정되어 있다.

해상이동통신설비는 GMDSS로 현대화된 통합시스템으로 1998년도부터 시행되어 오고 있다. 그러나 각 장비로부터 발생하는 오류신호 등으로 인하여 각국은 이를 방지하기 위하여 IP기술 및 HF e-mail 등 새로운 기술을 도입할 것을 IMO에 제안하고 있다. 또한 ITU에서는 WRC-07을 앞두고 해상통신을 포함한 항공통신 등에 새로운 디지털 기술 도입하기 위해 적극적인 활동이 전개되고 있다.

2.1 해상통신에 도입될 기술 동향

2.1.1 DSC(Digital Selective Calling)

DSC는 매우 중요한 해상통신시스템으로 조난통신을 수행한다. 그러나 운용이 매우 복잡하므로 IMO는 운용절차를 단순화해 줄 것을 요구하였다. 9월 ITU-R SG8B 회의에도 이 문제는 중요 안건으로 채택되어 논의되었다. IMO에서는 현재 복잡하게 되어 있는 절차를 단순화시키고 미국은 이러한 문제를 해결하기 위해서 소프트웨어에 의한 자동 사용자 인터페이스를 제안하였다. 현재 미국은 IEC, ETSI와 협력해서 개발하고 있으며 이 결과를 ITU-R SG8B에 지속적으로 제공해서 권고 M.493에 반영시킬 예정이다.

2.1.2 AIS(Automatic Identification System)

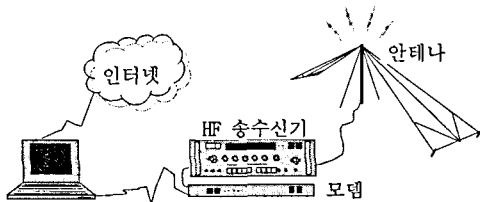
AIS는 현재 국제 항행 선박들에게는 반드시 갖추어야 하는 통신장비이다. 그러나 ITU-R 권고 M.1371은 국제 항행선박용(Class A) 기술 조건만을 규정하고 있다. 또한 기술된 권고 내용은 현재 IPR(지적재산권)에 대한 명백한 판단이 없어

서 제조회사들은 특허료를 지불하고 있는 실정이다. ITU-R SG8B 9월 회의에는 국내용 선박에 대한 기술적 조건(Class B)에 대해서 독일 등 여러 국가에서 제안하였으며 이에 대해 권고 M.1371을 개정할 예정이다. Class B는 Class A에서 사용한 SOTDMA 기술 이외에 특허 문제가 없는 CSTDMA 기술을 사용하고 있다. 이에 대해서 이미 여러 국가에서 호환성 시험을 수행했으며 오히려 SOTDMA 방식보다 호환성이 뛰어난 것으로 알려져 있다.

2.1.3 NAVTEX

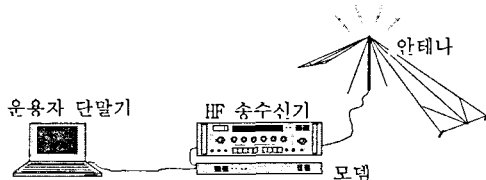
NAVTEX는 1999년에 채택된 GMDSS를 위해 모든 선박에 탑재하도록 규정된 해상통신장비이다. 그러나 일부 국가에서는 A2 해역에 대한 서비스를 시행하고 있지 않은 국가들이 있다. 그러므로 ITU-R에서는 이 장비를 조속히 탑재하도록 관련 최소 성능 기준을 향상시킬 수 있는 방법을 논의해 왔다. 이에 따라서 IMO는 A2 해역 보호 및 NAVTEX 영역을 결정하는 파라미터들을 검토하고 ITU-R 권고 M.1467의 부록 1에서 NAVTEX 대역폭을 500Hz에서 300Hz로 변경하기로 결정하였다.

2.1.4 E-Mail



(그림 1) HF e-mail 통신망 구성

ITU는 2003년에 개최된 세계무선총회(WRC-03)에서 결의서 351에 따라 해상통신이 MF와 HF 주파수 대역에서 해상이동통신이 새로운 디지털 기술을 사용할 것을 요구하였다. 결의서 351은 해상이동통신에서 새로운 디지털 기술 필요성이 급속히 대두되고 있으며 해상이동통신에 할당된 MF/HF 주파수 대역에서 새로운 기술 이용은 새로운 해상서비스를 위한 부수하는 요구에 보다 더 부응할 수 있다고 명시하고 있다. 이는 기존에 사용하던 NBDP의 대체를 포함하고 있다.



(그림 2) HF e-mail 송수신기 구성도

현재 MF/HF 주파수 대역(ITU 무선규칙 부록 17)에서 데이터 및 e-mail 통신을 위한 해상이동통신 시스템에 대한 권고안을 작성 중에 있다. 권고안 작성은 IMO의 COMSAR 전문위원회와 긴밀한 협력 하에 작성 중이며 이미 여러 국가들에서 서비스 중인 시스템에 대한 규격을 제출하였다.

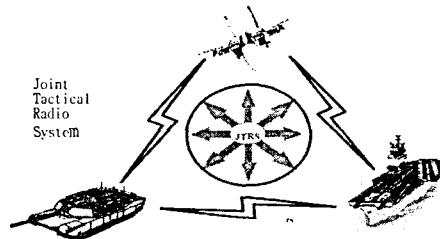
미국은 OFDM방식을 제안했으며 노르웨이는 PACTOR-III프로토콜 방식을 제안하였다. 또한 스

위에서도 PACTOR-III프로토콜을 사용하는 Global Link Network 시스템을 제안하였다. 이미 대부분의 시스템은 현장에서 활용 중이며 확대할 예정이다. 이와 같이 여러 방식의 시스템이 제안됨에 따라서 ITU에서는 관련 초안을 작성했다. 이 초안에는 이미 제출된 제안과 앞으로 제출된 제안들은 공통적으로 운용하기 편리하고 다른 통신 시스템과 상호운용이 가능할 것을 요구하고 있다. 이 시스템의 기본적인 구성도는 아래 (그림 1), (그림 2)와 같다.

2.1.5 GMDSS

GMDSS와 관련해서 많은 무선규칙과 권고 등이 관련되어 있으므로 계속적으로 이에 대한 검토가 요구되고 있다. 현재 VHF대역에서 데이터 통신을 위한 장비의 필요성이 요구되고 있으며 이에 대한 주파수 대역 관련 무선 규칙 검토가 필요하다. 또한 비GMDSS장비와의 관련 규정에 대한 검토가 요구되고 있으며 GMDSS장비인 DSC장비에 관한 권고인 ITU-R M.483-11과 M.541-9간에 무선규칙과 일치하지 않는 부분이 지적되어 이에 대한 검토가 진행되고 있다. 특히 디지털 시스템 도입과 관련해서 GMDSS 관련 무선규칙 및 권고를 어떤 방법으로 수정할 것인지 방법론에 대한 연구를 수행 중이며 WRC-07에 결과를 발표할 예정이다. 이러한 작업은 ITU-R SG8B회의나 IMO COMSAR 회의 기간 중에 해결하기는 어려우므로 IMO/ITU Joint Experts Group을 구성해서 수행하고 있다. 2005년 중에는 6월에 IMO본부에서 작업을 수행했으며 9월에 열린 ITU-R SG8B회의에서 검토하였다. 주요 검토 사항은 디지털 시스템 도입에 따른 VHF 주파수 관련 규정 및 새로운 시스템 도입에 따른 관련 규정에 대한 것들이다. VHF e-mail을 제안한 노르웨이는 이와 관련된 규정 개정을 위한 여러 편의 기고서를 제출하였다.

2.1.6 SDR(Software Defined Radio)



(그림 3) SDR로 구현된 통신장비(JTRS)

미국에서는 최근 무선통신에서 도입되고 있는 SDR 기술에 대해서 해상이동통신시스템에서도 도입이 예상되고 있으므로 SDR기술의 현재 상태 및 제1차적으로 도입될 해상통신시스템에 대한 기고서를 제출하였다.

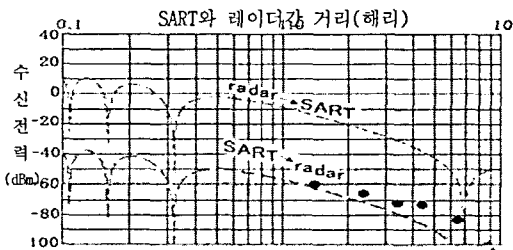
기존의 무선통신시스템은 하드웨어적으로 특정 기능 밖에 수행할 수 없었으나 SDR시스템은 프로세서의 소프트웨어를 변경시키면 다양한 기능을 수행하는 통신시스템이 된다. 즉 주파수 범위, 변조 방식, 출력 등 RF 파라미터들을 소프트웨어적으로 변경할 수 있다. 그러므로 기존 무선국의 통신시스템 일부를 새로운 기술로 교체하면 새로운 기능의 무선국이 된다.

2.1.7 SART(Search and Rescue Radar

Transponder)

일본에서는 SART에 대한 연구를 지속적으로 수행해 왔으며 이에 대한 결과를 권고 M.628에 수용해 줄 것을 ITU-R SG8B회의에 제안하였다. 주된 내용은 현재 SART 안테나 편파가 수평으로 규정되어 있으나 원형 편파가 더 효율적이므로 이에 대한 권고 개정에 대한 요구이다. 그러나 ITU에서 권고가 개정되면 IMO 결의서 A.802(19)도 개정되어야 한다.

(그림 4)에서 점으로 표시된 부분이 원형편파 SART의 수신전력값으로 수평 편파 이론값보다 더 먼 거리에서 보다 높은 전력이 수신되는 것을 나타낸다.



(그림 4) 원형 편파 SART 측정값 비교

2.1.8 GNSS(Global Navigation Satellite System)

IALA(International Association of Lighthouse Authorities)는 IMO에서 요구하는 자동 무선비이컨 선택 모드를 수행하기 위해 필요한 메시지 타입7과 관련된 방송용 메시지 타입27을 제안하였다. 이 메시지는 해상 Differential GNSS 무선비이컨 통신망에 위치, 주파수, 운용 상태, 무선국명을 제공한다. 이러한 정보는 GNSS 수신기가 기존 무선국의 ID를 제공하고 최적의 기준 무선국을 자동으로 선택하기 위해 현재 무선비이컨의 데이터베이스를 업데이트할 수 있도록 한다.

현재 GNSS에서 해상 무선비이컨 신호 전송을 위한 기술적 특성은 ITU-R 권고 M.823에 규정되어 있다. 사용 주파수 대역은 지역별로 다르며 유럽(Region 1)에서는 283.5-315kHz대역을 사용하고 미국(Region 2) 및 아시아(Region 3)에서는 285-325kHz대역을 사용하고 있다. 새로 제안한 메시지 타입은 GPS(Global Positioning System)와 GLONASS(Global Navigation Satellite System)에서 모두 #27이다.

2.2 국제 표준화 동향

2.2.1 ITU-R SG8B

2005년 4월에 개최되었던 ITU-R SG8B 회의에서는 새로 도입되거나 새로운 기술로 대체할 장비에 대한 기술적인 조건 및 스펙트럼 할당 문제를 논의하기 위해 ITU와 IEC, IMO 등이 Joint Working Group 운용 문제를 논의하였다. 특히 스펙트럼 문제는 ITU의 WRC회의에서 결정되므로 이 회의 시기를 놓치면 2 내지 3년 후에 논의할 수 있으므로 ITU회의에도 참가하는 대표단과 회기 중 지속적인 협의가 이루어져야 한다.

해상이동통신장비는 인명안전을 위한 장비로 IMO를 중심으로 세계적인 보호를 받아 왔다. 그러나 최근 전파기술 및 활용이 급속도로 확산되면서 전파환경이 악화되어 장거리 조난, 안전 등

에 사용하던 LF/MF/HF 등의 시스템이 제 역할을 하지 못하고 있다. 이는 Inmarsat이나 COSPAS-SALSAT 위성을 활용한 글로벌 통신의 비중이 높아지고 있으며 기존 음성 위주의 통신에서 고도화된 디지털 데이터 통신시스템의 도입이 이루어지고 있어서 기존에 문자통신으로 유용했던 텔렉스시스템(NBDP)이 새로운 기술 도입으로 상대적으로 비효율적인 시스템이 되고 있다.

IMO는 새로운 시스템 도입을 위해서 기존 시스템과 조화될 수 있는 기술적 특성에 관한 권고를 작성할 것을 ITU에 요구했다. 이는 ITU 무선규칙 Appendix 17에 기술된 할당주파수에 만족해야 한다. 이를 위해서 광대역 채널 사용, 기존 NBDP를 고속 데이터 채널로 변경, GMDSS를 위한 협대역 채널 일부 유지, GMDSS 무선전화 채널 사용, 그리고 현재의 해안국과 선박국간의 데이터 통신을 위한 비형평성 등에 대한 기고서 검토 및 대책 등을 논의하였다.

미국이 제출한 해상이동통신서비스에서 데이터 및 e-mail 통신을 위한 HF대역장비 기술적 특성에 대한 검토가 있었다. 권고안은 MF/HF 대역에서 해상이동통신 서비스를 위한 새로운 기술 도입에 관한 WRC-03 결의서 351에 따라서 미국은 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)방식을 사용하는 HF대역 데이터 통신 프로토콜을 제안하였다.

이 권고안에는 프로토콜 뿐만 아니라 변복조기에 대한 기술적 특성에 대해서 정의하고 있으며 현재 전세계적으로 6,000여 척의 선박에서 사용 중에 있는 것으로 발표하였다.

9월 회의에서는 2.1절에 있는 기술들에 대해 검토하고 아래와 같이 결정하였다.

ITU-R M.1371에 대한 개정안을 작성하였다. 이 권고는 AIS Class A에 대한 기술에 대해서만 규정하고 있었으나 이번 회의에서 미국, 독일 등 여러 국가에서 제출한 기고서를 바탕으로 AIS Class B에 대한 기술적인 규정을 추가하였다. 또한 SG8B에서는 미국에서 제출한 AIS Class A와 Class B간에 성능 및 호환성 시뮬레이션 결과를 검토하고 이에 대한 내용을 IMO에서 검토해줄 것을 요청하였다. 미국에서는 AIS 운용과 관련해서 터팅 현상에 의해서 성능에 영향을 줄 수 있다는 결과를 제출하였으며 SG8B에서 이에 대해 지속적으로 관심을 갖도록 촉구하였다.

SG8B에서는 AIS의 장거리통신 기능을 추가하기 위해서 여러 가지 기술적인 사항들을 검토하고 있으며 현재는 위성에서 AIS를 검출하기 위한 메시지를 검증하고 있다. 이에 대한 진행 사항을 IMO에 전달하기 위한 문서를 작성하였다.

MMSI는 해상통신시스템을 식별을 위한 것이다. 그러나 조난시에 공동으로 참여하는 항공통신시스템에서도 MMSI를 사용할 수 있도록 관련 권고 M.585를 개정하였다.

IMO는 현재 DSC 관련 권고의 기술적인 내용이 복잡하므로 해결해 줄 것을 요구하였다. SG8B에서도 이를 인정하고 보다 효율적으로 수행하기 위해서 IMO 및 IEC TC80의 협력을 요청하였다.

2.2.2 IMO COMSAR

COMSAR(COMMunication and Safety And Rescue)는 해상 무선통신 및 수색구조에 대한 국제적인 사안을 다루는 IMO의 소위원회이다. 이 소위원회는 수색구조, 통신, 해상보안 등 세 분야에 대한 각 국에서 제출된 기술적 안건들을 토

의한다.

2005년 2월 회의에서는 특별히 Tsunami에 대한 특별 세션을 비롯하여 2004년 9월에 ITU-R WP8B에서 결정된 NAVTEX의 대역폭 변경(500kHz → 300kHz)안 등에 대한 확인이 있었으며 해상이동통신에서 새로운 기술 도입 등에 따른 스펙트럼 할당 등에 대한 문제를 ITU의 WRC-07에 상정하기 위한 IMO position작성을 위한 논의 및 IMO/ITU 합동 워킹그룹 결성에 대해 논의하였다.

GMDSS 관련 안건 중에서 MF/HF대역 NBDP에 대한 검토가 있었다. 해상이동통신시스템 및 기술 개발에 대해 자세한 검토가 있었으며 관련 권고를 작성하였다. 이 권고에서는 현재 NBDP와 함께 개발될 새로운 기술 시스템은 데이터를 전송할 수 있는 시스템으로 개발하기로 합의하였다.

합의된 시스템 개발과 관련해서 무선규칙이나 관련 권고 수정사항이 발생되면 WRC-07에서 처리하기 위하여 2006년 여름 이전에는 NBDP 관련 IMO SOLAS 제4항 수정이 완료되어야 하므로 이에 대한 대책이 협의되었다.

ITU의 해상통신 관련 연구 그룹인 ITU-R SG8B와의 긴밀한 협조를 통해서 ITU 연락문서를 검토하고 NAVTEX서비스 제공을 위한 기술기준 관련 결의서 수정을 채택하고 이에 대한 MSC 결의서를 작성하였다. 또한 WRC-07에 대비한 해상통신 관련 IMO 입장 문서를 더 개발해야 하며 될 수 있으면 IMO/ITU전문가 그룹에서 검토해서 적절한 정의를 제공하여 활동내용을 개발하며 스펙트럼 요구사항을 위한 ITU-R 활동에 참여할 것을 결정하였으며 DSC운용절차 간소화, Inmarsat-E 서비스 중단, 오류 경보 처리 등이 논의 되었다.

E-mail과 같은 신기술 도입과 관련한 스펙트럼 문제에 관해서 육상 이동통신이 GMDSS하에서 요구되는 공공 대응 및 조난통신을 수행할 수 있고, 그러한 해상통신서비스에 대한 추후 스펙트럼 요구사항에 어떤 것이 있는지에 대해 검토하였다. 또한 GMDSS에서 IP통신망 사용에 대해 검토했으며 추후 관련 자료를 제출해서 차기회의에서 검토될 수 있도록 하였다.

해상보안 강화와 관련하여 현재 시행 중인 SSAS에 대한 테스트 프로토콜 개발을 논의하였으나 SSAS는 여러 통신망(위성망 포함)을 이용해서 서비스되므로 프로토콜의 개발은 거의 불가능한 것으로 결정하였다.

현재 표준이 진행 중인 LRIT는 우리나라가 제안한 VMS 연계 LRIT 뿐 만 아니라 IMSO가 구상하고 있는 중앙집중 방식의 LRIT 그리고 미국이 제안한 국가별 또는 서비스 사업자별로 구축된 로컬 데이터베이스 및 중앙의 데이터 베이스를 활용하여 분산방식 등이 논의되었다.

2.2.3 IEC(International Electrotechnical Commission) TC(Technical Committee) 80

IEC TC80은 해상 항행뿐 만 아니라 무선통신 장비 및 시스템에 대한 시험 방법 및 성능 요구 사항 등에 대한 국제적인 표준을 제정한다. 2005년 10월 3일에 개최된 회의에서는 IMO와 ITU-R과 연계해서 GMDSS(DSC, EPIRB, NAVTEX) 표준을 개정하고 있으며, CSTDMA방식의 Class B AIS 시험 방법 표준을 제정 중에 있다. 그 이외에도 VDR(Voyage Data Recorders) 및 해안국 AIS시스템 등에 대한 시험 방법 표준도 제, 개정 중이다.

III. 결 론

해상이동통신시스템은 SOLAS 국제조약에 따라서 GMDSS시스템으로 현대화되었다. 그러나 통신 기술의 급속한 발전으로 현재 GMDSS시스템은 부분적으로 비효율적으로 운용되고 있다. 대표적인 시스템이 NBDP로 채택될 당시에는 비음성 통신으로 기록을 유지할 수 있다는 장점 때문에 음성 통신에서의 언어 전달 문제를 해결할 수 있는 시스템으로 가치가 있었다. 해상 통신에서도 이미 데이터 통신의 일종인 e-mail통신이 이용되고 있어서 기존 협대역 중심의 스펙트럼 규정을 보다 다양하게 활용해서 해상통신시스템에 적용을 시도하고 있다. 노르웨이는 상용 무선 프로토콜인 PACTOR-III를 이용한 표준을 제안했으며, 미국은 OFDM방식을 사용하는 프로토콜을 제안하였다. 일본 역시 IP 프로토콜을 사용하는 디지털 통신 시스템을 제안하였다. 그러므로 제안된 시스템에서의 사용 스펙트럼 규정을 정하고 시스템간의 프로토콜 호환성 등이 연구되어야 한다. 또한 VHF 대역에서 e-mail통신 도입, 해상이동통신에 SDR 기술 도입, AIS의 기능 보완 등은 해상 통신을 효율적으로 운용하는데 필수적인 기술들이다. 본 고에서는 해상이동통신시스템의 신기술 도입과 관련해서 국제 기구인 IMO, ITU 그리고 IEC의 최근 회의 결과 및 기술 동향을 분석하였다. 해상통신 표준은 국제법으로 국내 기술기준 및 표준에 반드시 반영되어야 한다. 본 고는 국내 전과환경에 적합한 기술을 분석, 개발하고 제도도 마련해서 국제적으로 대응하는데 기여할 것이다.

참고문헌

- [1] 장동원, NBDP를 대체할 해상이동통신시스템 기술 동향 연구, 한국해양정보통신학회 추계학술대회, May, 2005.
- [2] IEC 61097-9, Global maritime distress and safety system(GMDSS) - Part 9 : Ship-borne transmitters and receivers for use in the MF and HF bands suitable for telephony, digital selective calling(DSC) and narrow band direct printing(NBDP), 1997.
- [3] IMO, COMSAR 9/19, Report to the maritime safety committee, 23 February 2005.
- [4] ITU-R, WP8B-Chairman, Report on the meeting of Working Party 8B, 15 April 2005.
- [5] ITU-R, SG8B/200, Proposal for a new technology for class B AIS with carrier sense technology to be implemented in Recommendation ITU-R M.1371-1, Germany, Sept. 2005.
- [6] ITU-R, SG8B/204, Outcome of the second meeting of a joint IMO/ITU experts group for WRC-07 preparation, IMO, Sept. 2005.
- [7] ITU-R, SG8B/208, Preliminary draft new Recommendation ITU-R M.XXX (HF mail), TELENOR AS, Sept. 2005.
- [8] ITU-R, SG8B/233, GMDSS modernization and accomodation of maritime MF/HF (2-30 MHz) digital services, U.S.A., Sept. 2005.
- [9] ITU-R, SG8B/208, Simplification of DSC : Automated procedures in shipborne equipment, U.S.A., Sept. 2005.
- [10] ITU-R, SG8B/254, Working document towards a preliminary draft new Report - The impact of software defined radio on the maritime mobile service and aeronautical mobile service, U.S.A., Sept. 2005.