

인공위성 네비게이션 시스템의 기술현황과 무기체계 응용

2005년 5월

해군사관학교 항해학과
전파항법 교수
해 군 대 령 고 광 섭

목 차

- 군사혁신과 미래전
- 최근의 전쟁과 미래전의 양상
- 인공위성 항법의 이해
- 인공위성 항법 체계와 신무기체계의 상관관계
- GPS Jamming과 운용대책
- GNSS개발과 최근의 국제협력
- 미래의 인공위성항법 체계(2010년 이후)
- 결 언



해군사관학교

GPS 연구실



군사혁신과 미래전

▲ MTR(Military Technical Revolution)

- 새로운 기술 + 기존의 군사력 결합(센서, 화력, 지휘, 통제, 네트워크)
 - 전투력 효과성에 혁명적 변화 초래
 - 장거리/정밀 타격 무기 + 정찰/타격 복합체
 - 기존의 전쟁 방식 탈피
- ※ 군사기술을 이용한 혁신적 군사분야 변화
(군사기술혁명)



해군사관학교

GPS 연구실



▲ RMA(Revolution in Military Affairs)

- MTR + 작전 운용/조직편성 상호결합
- ※ 전쟁방식을 변화시키는 보다 근원적 혁신
(군사분야 혁명)
- ※ Andy Marshall & Andrew Krepinevich

▲ RSA(Revolution in Security Affairs)

- 군사문제 : 정치, 경제, 기술, 산업, 심리, 문화와 밀접한 상관관계
- ※ 총체적 안보차원의 거시적 군사혁신



해군사관학교

GPS 연구실



▲ 군사혁신의 “예”

● 미래학자 Alvin Toffler

※ 새로운 문명이 기존 문명 붕괴

※ 전쟁 양상이 근본적을 붕괴

	5000년전	500년전	현대
사회변화	농업사회	산업사회	정보화
전투형태	선형	선형/비선형	4차원 입체형
전쟁양상	백병전	기동화력전	통합정보전



해군사관학교

GPS 연구실



● Vladimir I. Slipchenko 장군

※ 전쟁의 진화와 혁신과정



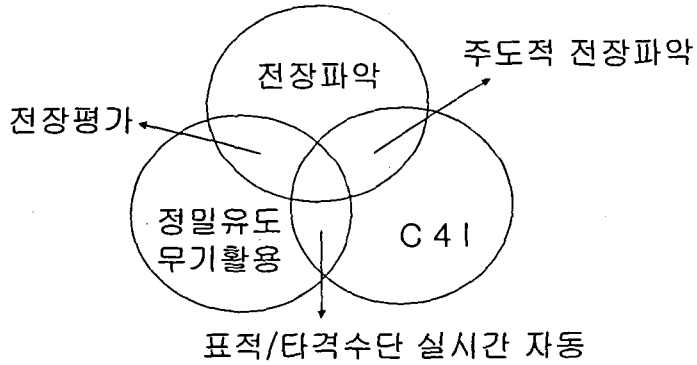
해군사관학교

GPS 연구실



● 미국

※ 신시스템 복합체계로 작전적 효과증폭



해군사관학교

GPS 연구실



최근의 전쟁과 미래전의 양상

▲ 이라크전 사용 첨단무기체계

- ※ 신무기체계 실험장
- ※ Navigation Warfare 훈련(Jamming/Anti-Jamming)
- ※ Satellite Navigation System의 무기체계 적용/위력과시
- ※ 민간인의 GPS 군사무기체계 인식
(정밀 유도/pin-point 타격 가능)
(전쟁 기간중 세계인을 놀라게 함)



해군사관학교

GPS 연구실



▲ 2003년 미-이라크전의 첨단무기

- TLAM(Tomahawk Land Attack Missile)
 - 1972년 개발 착수, 1983년 실전 배치
 - 함(잠)대지 유도탄
 - 초저공 지형추적 비행
(TERCOM:TERrain Contour Matching)
 - 유도 방식은 TAINS(TERCOM + INS)
 - BLOCK III 이후 GPS 유도 채택
 - 걸프전 당시 최초로 실전 배치, 명중률 80%



해군사관학교

GPS 연구실



- 제원 및 성능

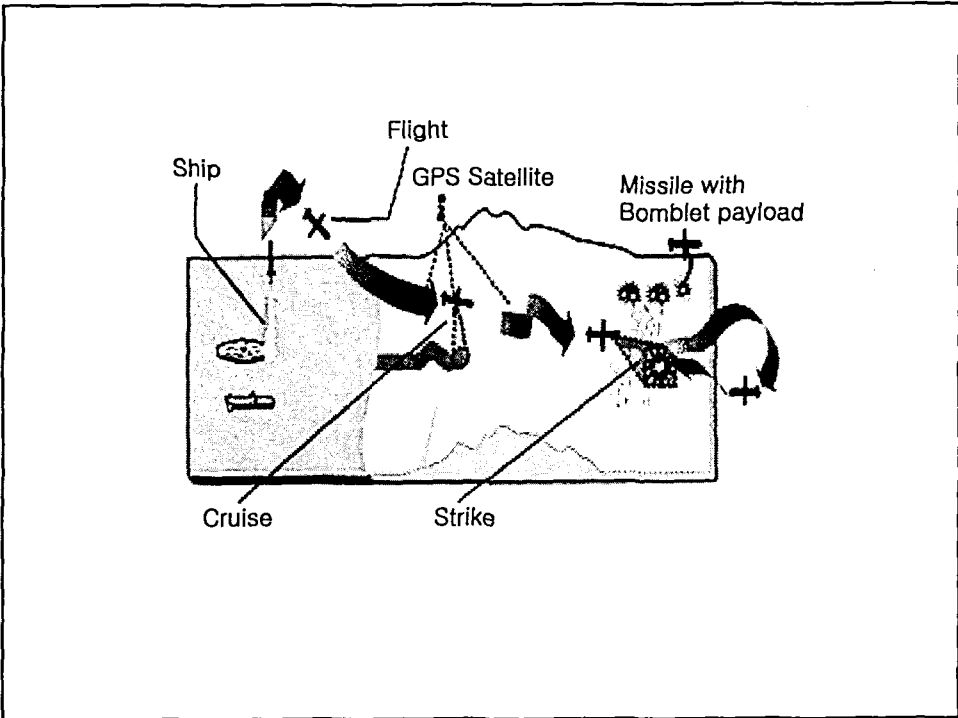
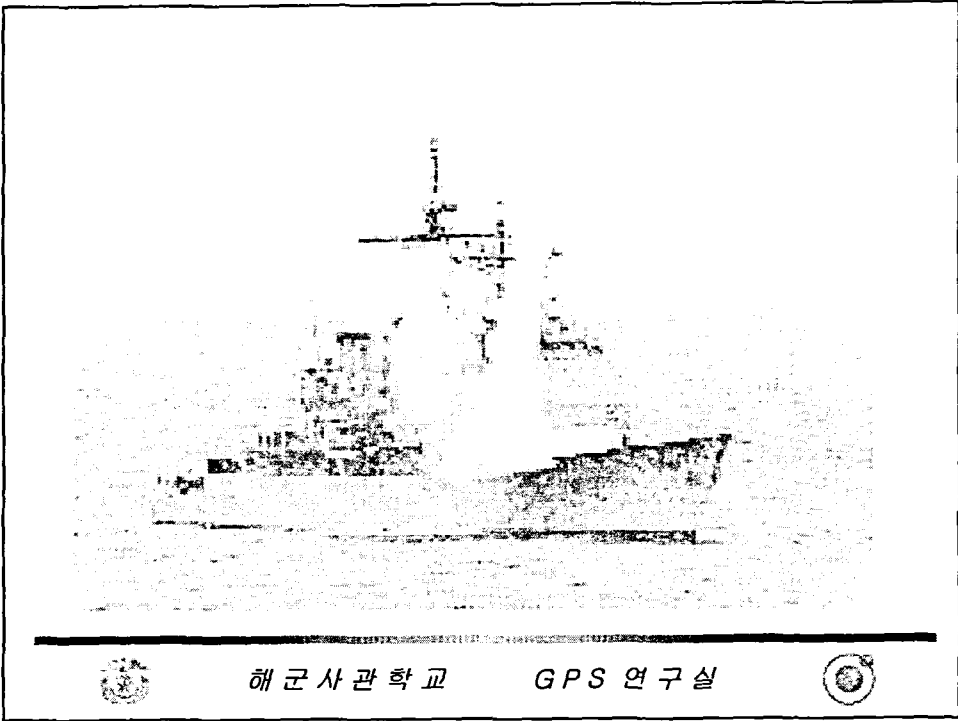
구 분	함대함(전술용)	함대지(전략용)		
	BGM-109B (TASM)	BGM-109C (TLAM)	BGM-109D (TLAM)	BGM-109A (TLAM)
전장/직경	6.25/0.53	6.25/0.53		
발사중량(Kg)	1,492	1,492		
탄두중량(Kg)	454/HE	452/HE		200kt/핵
유도방식	관성+AP	관성+TERCOM+DSMSC		TERCOM+관성
순항고도(m)	10	10		
사정거리(km)	460	수상함 : 1,300 잠수함 : 900		2,500
오차반경(m)		10		80



해군사관학교

GPS 연구실





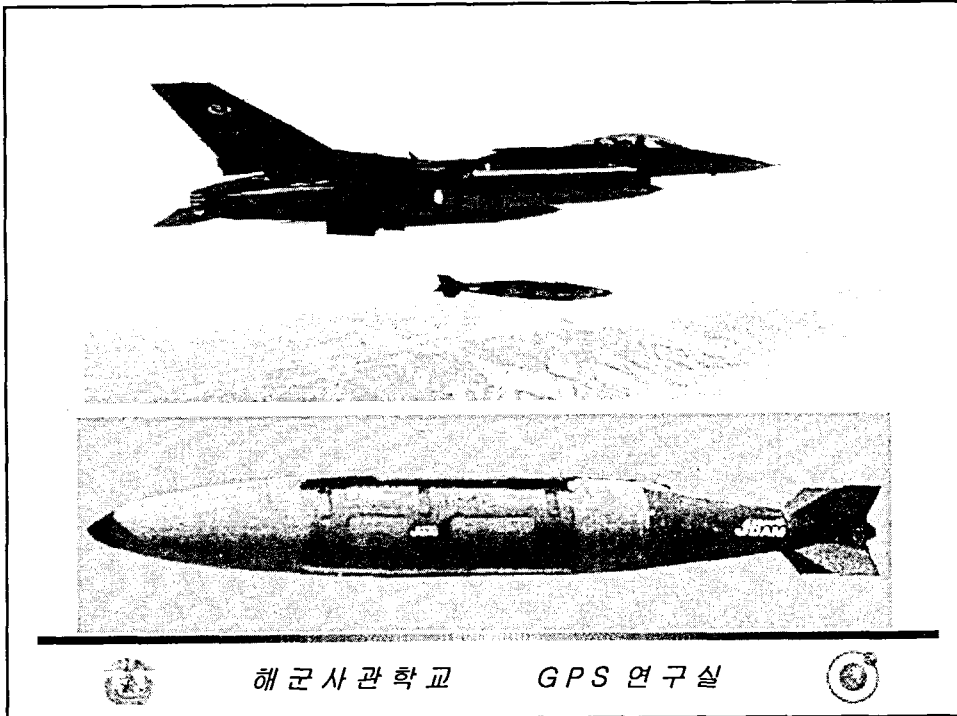
● JDAM(Joint Direction Attack Munition)

- 1994년 미공군 주도하에 공군/해군/해병대 항공기용 정밀직격폭탄 개발
- 2000년 이후 스텔스 폭격기에 장착 운용 중
- 재래식 폭탄(MK-82/84)에 GPS 관성유도키트 부착, 정밀 유도
- 지상의 주요 전략 표적 정밀 공격용으로 사용
- 종류 : GBU-29/30/31/32
- CEP : 13m



해군사관학교

GPS 연구실



해군사관학교

GPS 연구실



● E-Bomb(Electromagnetic Bomb)

- 미-이라크 전에 처음 선보이는
첨단무기
- 폭발과 동시 고에너지 전파 발사
- 반경 330m내 모든 전자장비 무력화
- 개전 첫 날 이라크군 지휘소,
방공시설, 핵심 지도층 아지트 등에
JDAM과 함께 사용 함



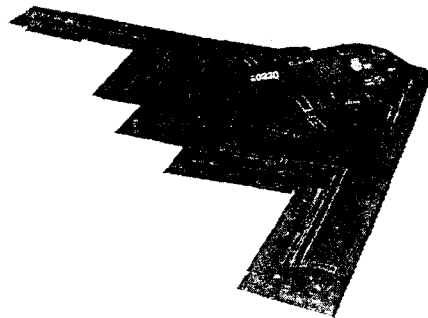
해군사관학교

GPS 연구실



● Stealth 폭격기

- 1989년 시험비행,
1993년 작전배치
- 복합재로 만들어진 특수한
형태의 동체와 전파를 흡수
하는 외면 도장에 의하여
RCS가 B-1B 폭격기의 1/10
인 0.1m²
- B-2는 대당 5억 3천만 달러로 항공기 중 가장 고가 / 가장 큰 약점
- 제원 : 마하 0.9, 탑재량 약 22톤, 항속거리 8,000 - 12,000km



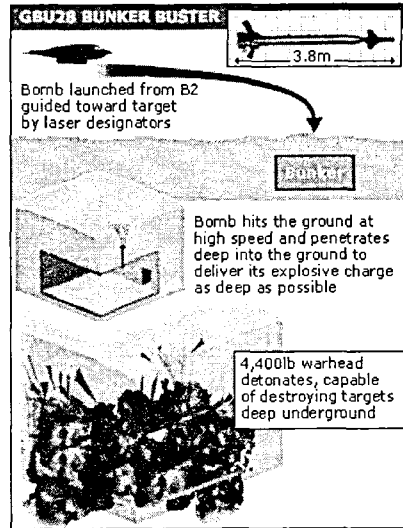
해군사관학교

GPS 연구실



● Bunker Buster

- 공대지, 지하벙커 및 동굴 파괴 폭탄
- 지면 30m, 콘크리트 6m까지 관통할 수 있는 고성능 폭탄
- 1991/1996년 실전배치
- 종류 : GBU-28(레이저 유도)
GBU-37(GPS/INS 유도)



해군사관학교

GPS 연구실



▲ 미래전의 양상

- 화력/기동 중심에서 정보중심의 전쟁으로 변화
- 정밀전과 비살상전 수행하의 전쟁 목적 달성
- 정밀유도 무기의 비중 증가
- 전선개념 소멸
- 동시 통합 작전에 의한 전력발휘 효과 극대화
- 비접적 하의 원거리 정밀타격전 등



해군사관학교

GPS 연구실





GNSS 란 무엇인가?

(Global Navigation Satellite System)

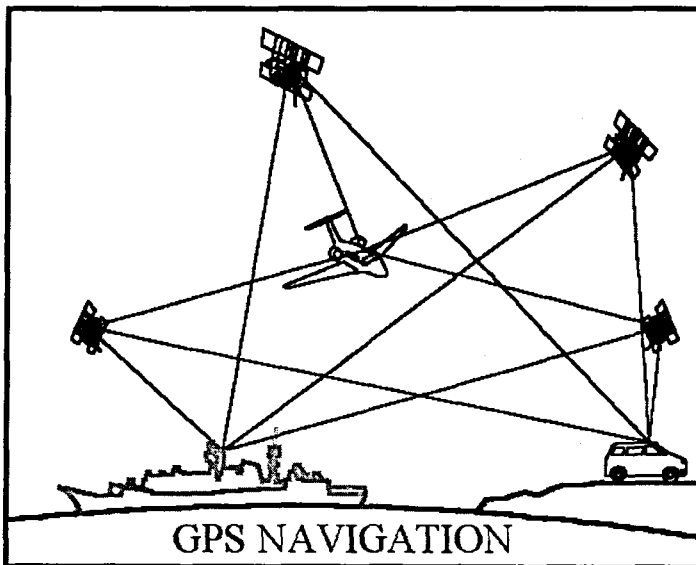


□ 독립시스템

- GPS(24위성) / 미국 / 운용 중
- GLONASS(24위성) / 러시아 / 운용 중
- GALILEO(30위성) / 유럽 / 개발 중

□ Differential System

- DGPS(중파, VHF, 위성전파 ...)
 - LAAS
 - WASS, EGNOS
 - EUROFIX
 - RBN/DGPS

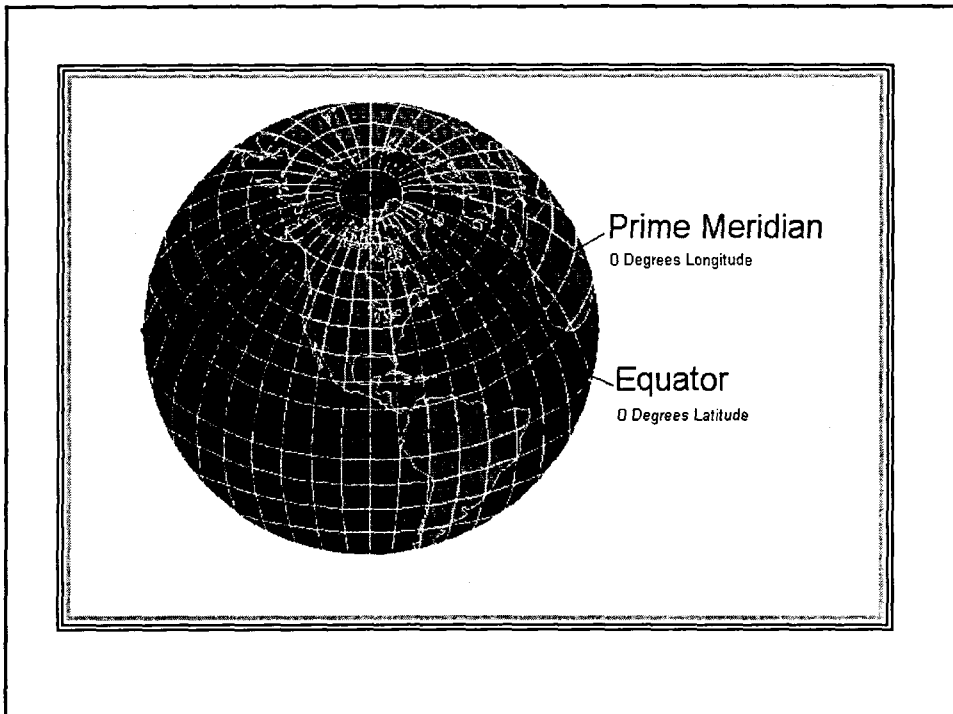
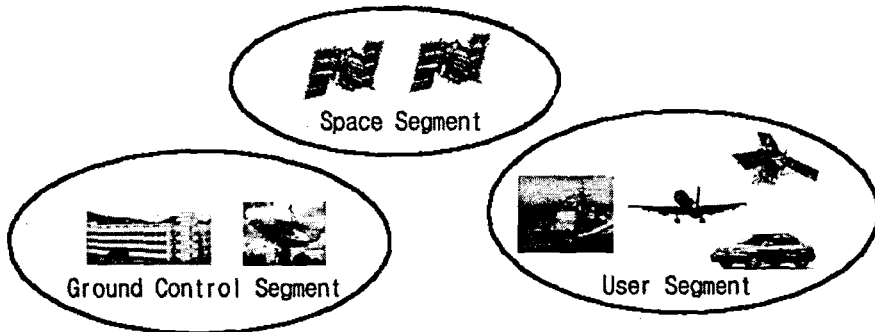


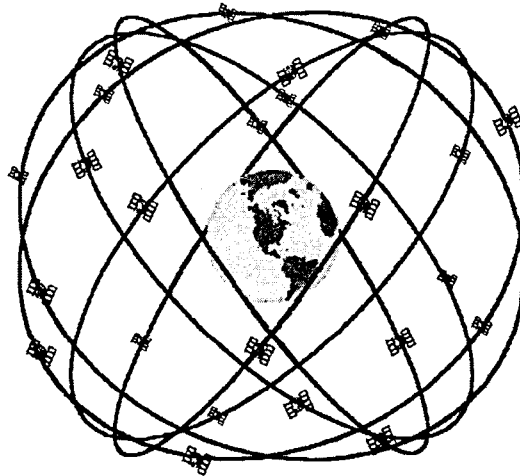


GPS 시스템 구성

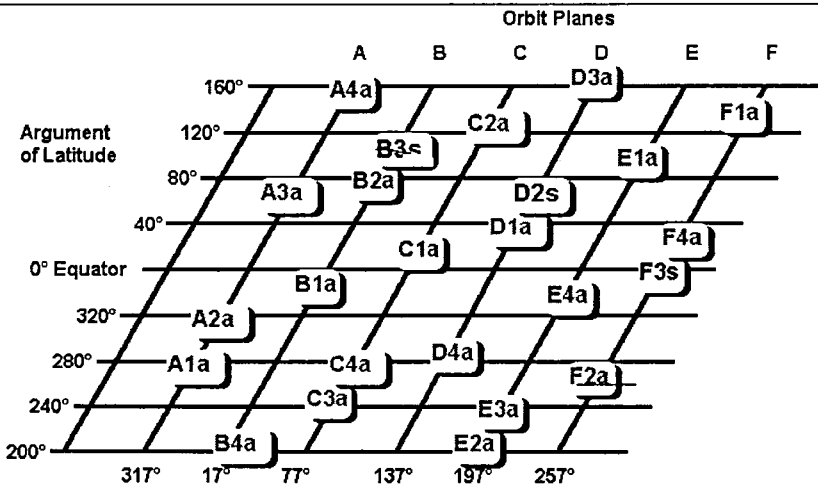


- 위성 부분 (Space Segment)
- 지상국 부분 (Ground Segment)
- 사용자 부분 (User Segment)

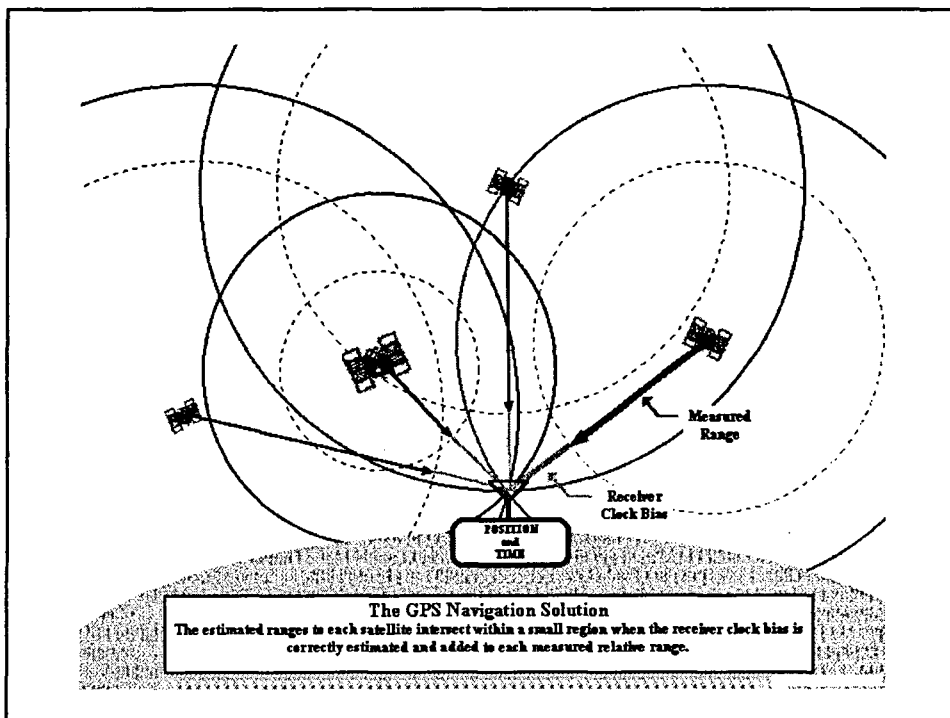
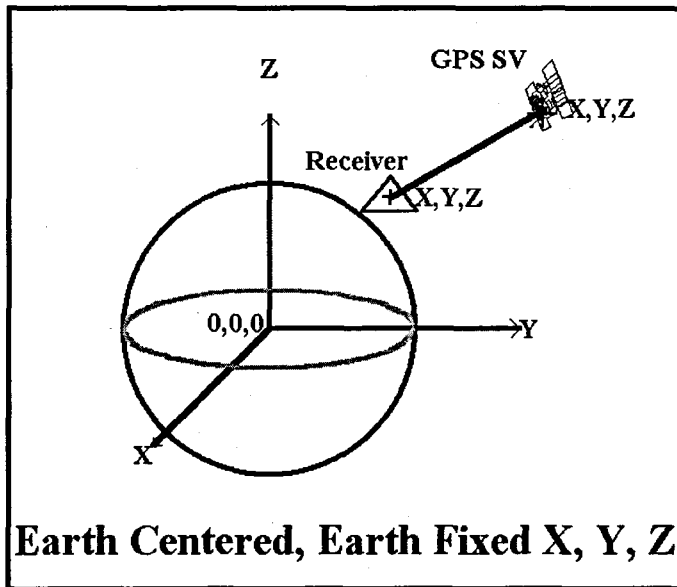




GPS Nominal Constellation
 24 Satellites in 6 Orbital Planes
 4 Satellites in each Plane
 20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

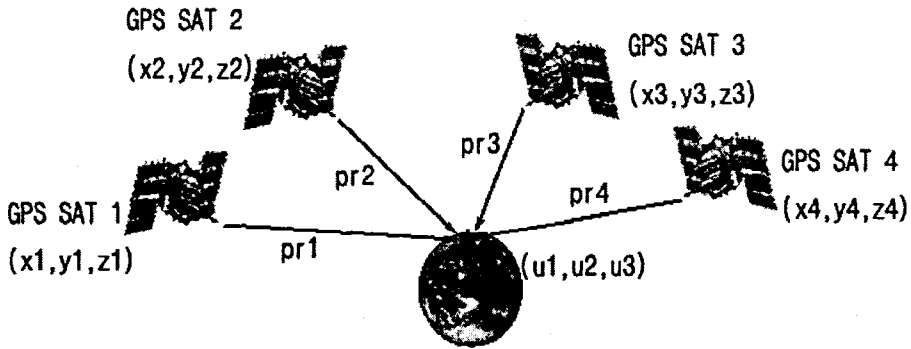


궤도와 위성배치





항법식(Navigation Equation)



□ 지구중심/지구고정좌표계 (Earth-Centered-Earth-Fixed Frame)

$$pr_i = \sqrt{(u_x - x_i)^2 + (u_y - y_i)^2 + (u_z - z_i)^2} + c \cdot \Delta T_b$$



항법식 (계속)



□ 지구중심/지구고정좌표계 (Earth-Centered-Earth-Fixed Frame)

$$pr_i = \sqrt{(u_x - x_i)^2 + (u_y - y_i)^2 + (u_z - z_i)^2} + c \cdot \Delta T_b = f(x_i, y_i, z_i, \Delta T_b)$$

$x_i, y_i, z_i = i$ 번째 위성의 위치좌표 (Known)

$u_x, u_y, u_z =$ 수신기의 위치좌표 (Unknown)

$\Delta T_b =$ 수신기의 위치좌표 (Unknown)

□ 4 개의 Unknown = $u_x, u_y, u_z, \Delta T_b$

4개의 위성으로부터 4개의 의사거리 측정값이 필요함



GPS 항법 서비스



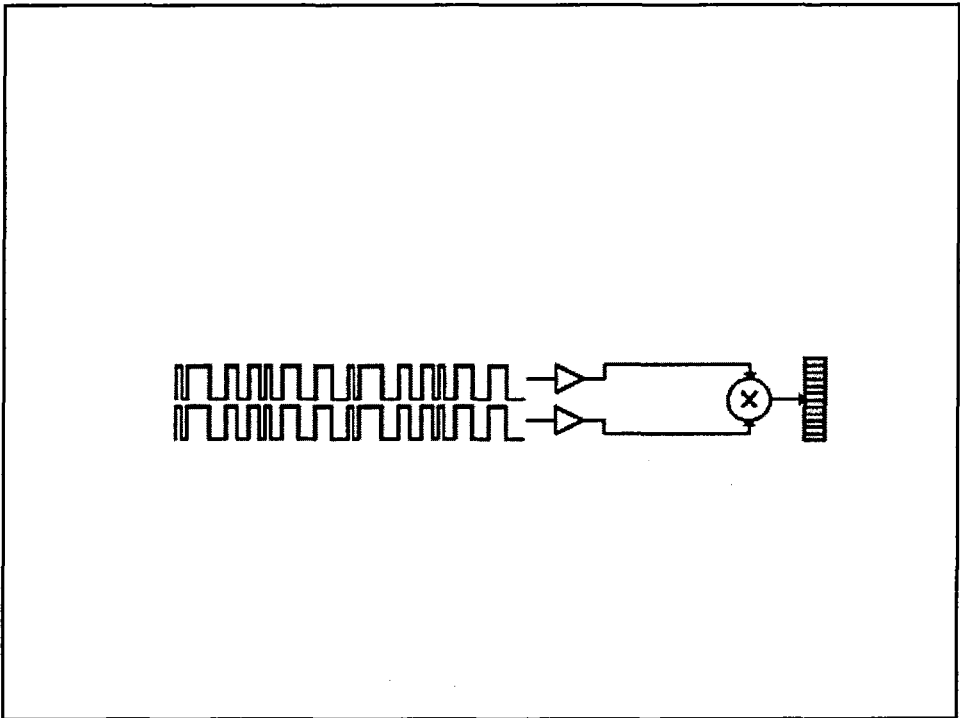
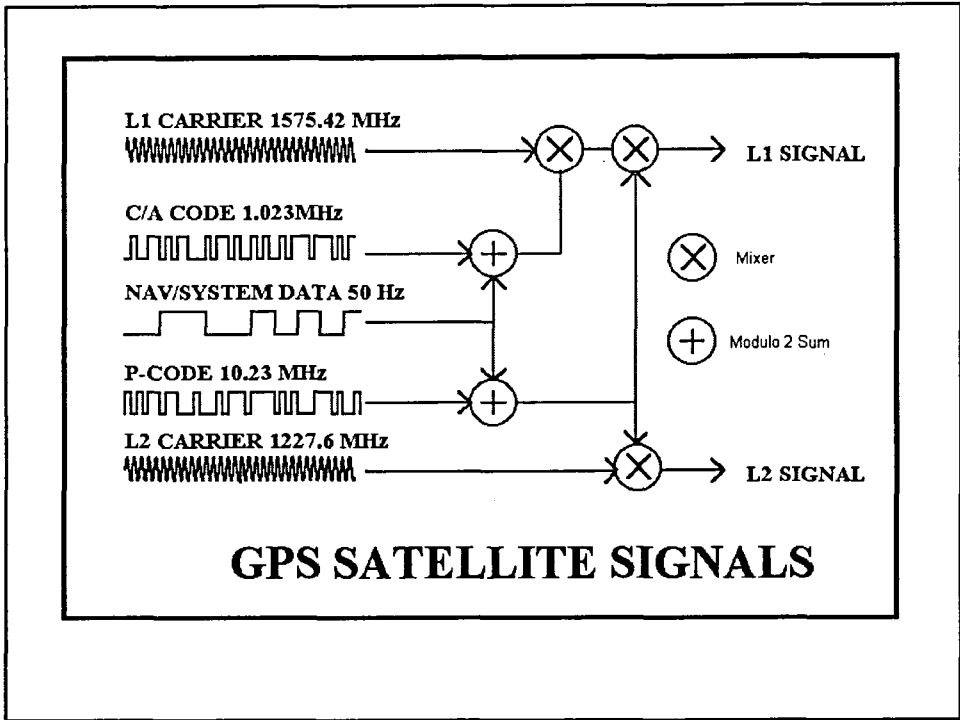
- SPS (Standard Positioning Service) : C/A 코드
 - 민간용 : SA 영향을 받음
 - L1 반송파만 사용 : 전리층 지연 보상 불가
 - 측정오차
 - 100m 2drms(distance root mean square) / with SA
 - 20m내외 2drms / without SA
- PPS (Precise Positioning Service) : P 코드
 - 군용 : SA 영향을 안 받음
 - L1, L2 반송파 사용 : 전리층 지연 보상
 - 암호화된 코드(Y 코드)로 발송
 - 측정오차 : 15m 내외 2drms



위성 신호



- PRN (Pseudo-Random Number) 코드
 - 위성마다 고유코드 (CDMA)
 - 수신기에서도 같은 코드 생성하여 신호 도착시간 측정
 - 2가지 코드
 - C/A 코드 (L1 반송파) : 민간용
 - P 코드 (L1, L2 반송파) : 군용
- 항법메세지 (Navigation Message)
 - 위성시계 보정치, 위성 궤도 파라미터, 전리층모델, 위성상태 등의 정보
- 반송파 (Carrier)
 - L1 반송파 (1.57552 GHz), L2 반송파 (1.2276 GHz)



첨단무기체계와 GNSS의 상관관계

- ▲ GNSS 정보의 첨단무기체계 활용 범위
 - 3D 절대좌표
 - 이동속도와 시간
 - 방위와 자세

- ▲ GNSS의 첨단무기체계 운용 혁신 선도 역할
 - 전세계적 사용 가능
 - Passive Sensor 역할
 - 기상과 무관하게 상시 사용 가능
 - Sensor의 소형화 및 사용 간편
 - 정보의 실시간, 정밀성, 연속성



해군사관학교

GPS 연구실



- ▲ GNSS 운용능력 = 첨단 무기체계 보유
 - 강대국 위주 개발(정치, 군사, 경제)
 - Land Based Radio Navigation 퇴출
 - 상용/군용 구분 사용 보호
 - 국가 안보/국익 차원의 갈등 소지



해군사관학교

GPS 연구실



GPS Jamming과 운용대책

- 미국방부의 GPS 이용/적대행위 제기 사항
 - ▲ GPS 유도 미사일 Jamming 방어 필요성 제기
 - ▲ GPS 신호 이용 전술적 위협
 - ※ 스커드, 노동미사일(25% 수준 향상)
 - ▲ 상용 GPS/DGPS 사용 거부책 필요성
 - ▲ 소형 Jammer 다수사용시 탐지, 격파 어려움
 - ※ 1Watt ; 22km 교란
 - ▲ 동맹국 및 국제 기구를 통한 GPS 위협 통제



해군사관학교

GPS 연구실



- 민간 피해에 대한 권고(각종 보고서)
 - ▲ 전자전시 GPS 신호 사용 방해
 - ▲ 미군당국의 공개 / 미공개 Jamming 훈련 / 실험시 민간 사용자 탐지 / 항의
 - ▲ Heritage Foundation 경고(2002. 1)
 - ※ Terrorist의 실용 GPS 신호 사용 적대행위
 - ※ 안전조치 강구 역설
 - ▲ Rand 및 Volpe 보고서(National Transportation)경고
 - ※ GPS를 유일수단 사용 FAA 계획
 - ▲ GPS/DGPS 이착륙 통제 항공기 위험
 - ▲ 지상 전파항법 전면 대체에 대한 위험성
 - ▲ Cross-check 없는 위치정보 활용 위험성



해군사관학교

GPS 연구실



■ 미국의 GPS Jamming 실험, 훈련 및 실전 현황

시 기	지 역	비 고
'96.8~9	-LA ~ San Diego 부근 *Jamming 실험(미해군추정)	-예고 없이 수행 -민간항공 비행사 식별 강력항의
'96.7	-미육군 WSMR 미사일 Jamming 실험 *L ₁ , L ₂	-50~480km 방해가능성 확인
'97.12.30~ '98.1.12	-Albany NY 부근 *미공군 연구소 실험	-5Watt/300km Jamming Zone설정 -민간 항공기 GPS 완전 소실 -심각한 위험직면 항의 (US Coast Guard)
'01	-아프카니스탄 *선택적Jamming	-Taliban의 상용 GPS 신호 사용거부 목적
'03.3.10~14	-알라스카 *미공군 Jamming 훈련	-훈련 공지
'03.3	-이라크전 *러시아제 Jamming사용추정	-Tomahwak 및 JDAM Jamming목적 *미대통령 러시아대통령 강력항의 *정밀폭격에 영향

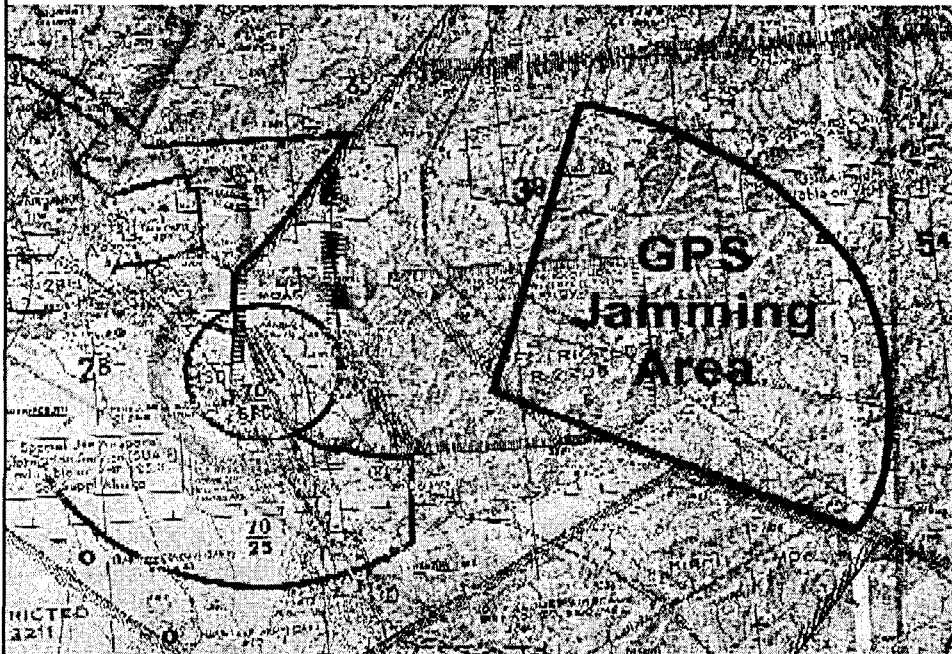


해군사관학교

GPS 연구실



(EX) 알라스카 미공군 Jamming 훈련



■ GPS Jammer 및 성능

- ▲ 러시아 민간회사 개발 GPS Jammer(1997)
 - 상용/군사용 GPS Jamming 가능
 - 4Watt/200km 간섭 가능
- ▲ 미국 민간회사 Jammer 제작 및 실험 성공 공개(2000)
 - ※ Radio Design Group 등
- ▲ CDMA/1.3~2.3GHz/5MHz Step Jammer
- ▲ A 회사의 Jamming 성능결과



Power(W)	No Anti-Jam	Anti-Jam	비 고
0.01	10 km	0.03 km	C/A Code
0.1	32 km	0.08 km	
1	100 km	0.22 km	
10	320 km	0.89 km	



해군사관학교

GPS 연구실



■ GPS Jamming 보호대책

- ▲ 전자보호 측면
 - GPS 위성 Power 증가(GPS III 교체)
 - Jammer 탐지 및 격파
 - Directional or steerable phased-array, pointed skyward
 - 기타 Anti-Jam 안테나 사용
- ▲ 운용 측면
 - Back-up 시스템 혼용 체계화
 - Cross-check 체계 유지
 - 비상시 훈련체계 구축



해군사관학교

GPS 연구실



GNSS개발과 최근의 국제협력

▲ GPS

- 미·일 협력 : QZSS
- 미·EU 협력
- 러시아, 인도

▲ GLONASS

▲ GALILEO

- EU



해군사관학교

GPS 연구실



미래의 GNSS 체계(2010년 이후)

▲ GNSS 형태

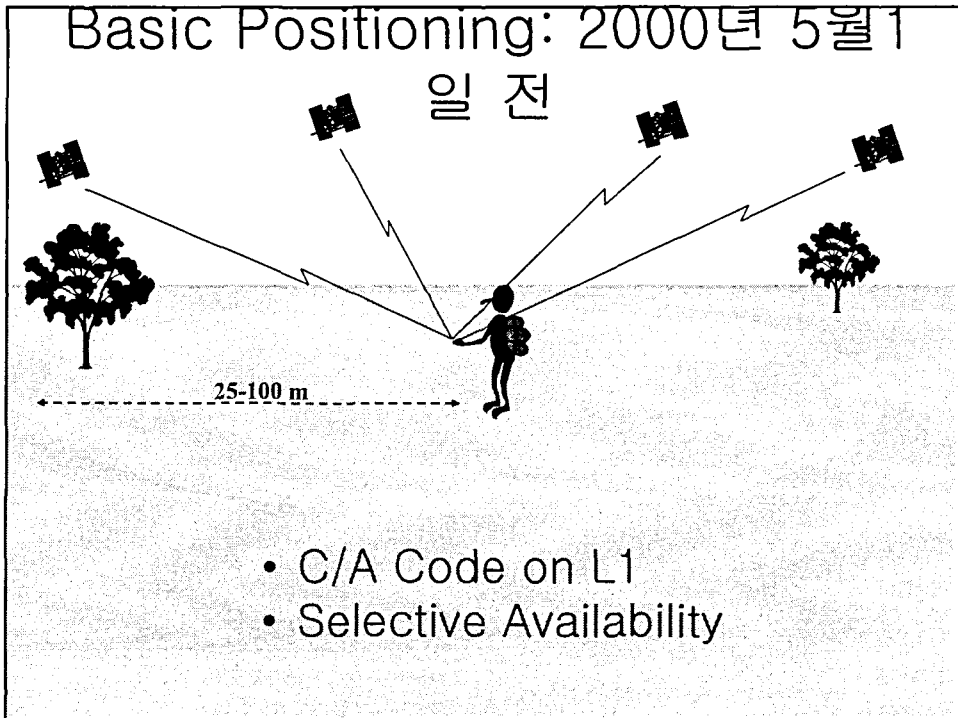
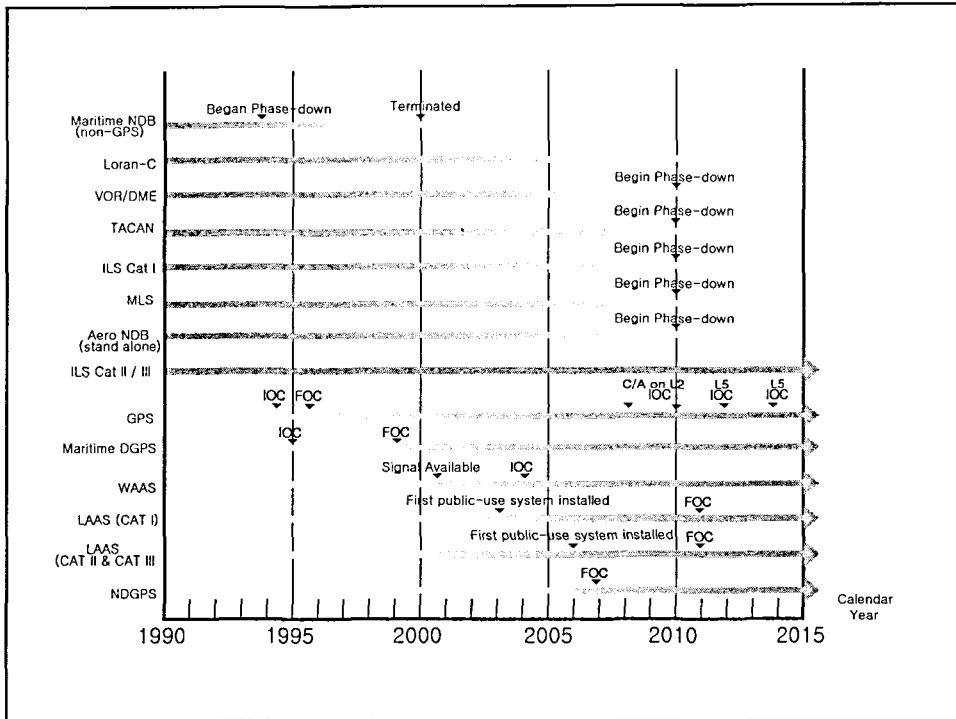
- 세계적 독립체계(Global/Independent System)
 - ※ GNSS(GPS, GLONASS, GALILEO)
- 지역적 종속체계(Regional/Dependant System)
 - ※ DGNSS(DGPS, DGLONASS, DGALILEO)
 - ex) WAAS, LAAS, MSAS ····
- 지역적 독립체계(Regional/Independent System)
 - ※ Redundant Navigation Satellite System
 - ※ Regional Navigation Satellite System
 - ex) QZSS



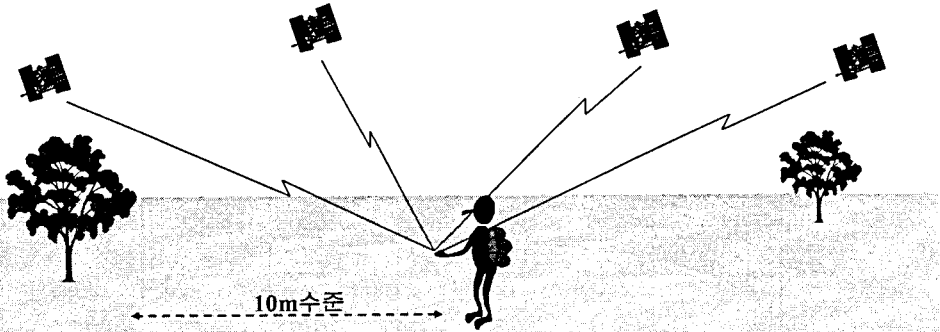
해군사관학교

GPS 연구실



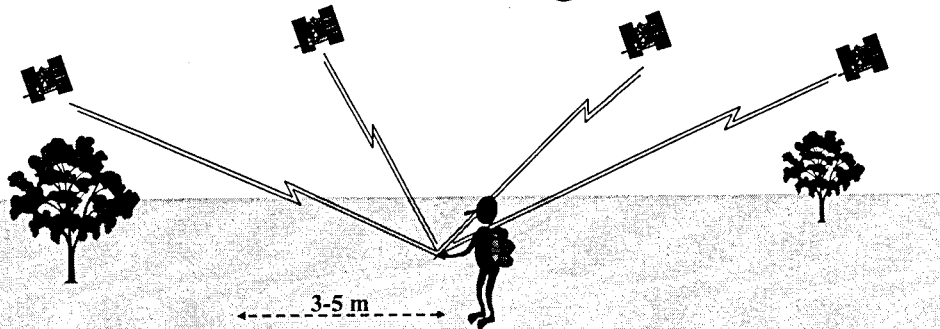


Basic Positioning: 2005년



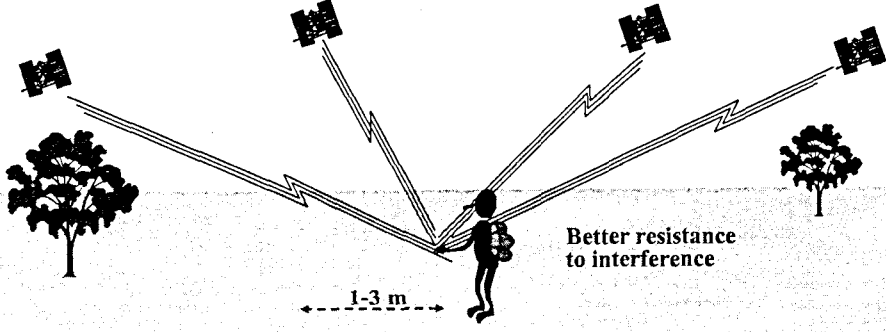
- C/A Code on L1
- No Selective Availability

Basic Positioning: 2010년



- C/A Code on L1
- C/A Code on L2

Basic Positioning: 2010년 후



- C/A Code on L1
- C/A Code on L2
- New Code on L5

▲ GNSS 운영 당사국의 협력/견제

- 평화시 민간 사용을 위한 협력(정치/외교 협력)
- 비평화시 국가안보/군사고유 목적을 위한 상호 견제
- 통합체계/다용도 수신기 개발(기술협력)



해군사관학교

GPS 연구실



▲ 예상되는 GNSS 서비스, 기능 및 기타사항

● 민간 서비스

- GNSS 위성 80여개 이상 지구 전역 서비스
- 통합 GNSS 서비스 가능(수신기 개발)
- DGNSS 체계의 기능 및 역할 퇴조
- GNSS기술 능력 평준화/RNSS(Regional Navigation Satellite System)
- 대체 Radionavigation 체계 유지
- 사용자 선택폭 확대



해군사관학교

GPS 연구실



▲ 예상되는 GNSS 서비스, 기능 및 기타사항

● 군사용도 서비스

- Navigation Warfare 상존(Security, ...)
- GNSS 운용/개발/서비스 제공 :
국가전략/안보 상황에 영향을 받음
- GNSS 시스템 미 보유국의 위성신호 사용 종속
※ 첨단 무기체계 사용 한계
- 군사 강대국(GNSS 보유국)의 상용 위성신호
무기체계 전용 감시 강화



해군사관학교

GPS 연구실



결 언

- ▲ 인공위성 항법 체계 가 정보화 사회 및 군사분야
(첨단무기체계)의 주요 시스템으로 부상
- ▲ 과학기술 혁신 ⇨ 군사기술 혁신의 원동력 ⇨ 미래전의
양상을 변화시킴
 - ※ “첨단 무기체계”가 미래전의 핵심요소
 - ※ Mobile Communication, Internet, GNSS, etc



※ 이라크전, 코소보전, 걸프전
해군사관학교 GPS 연구실



- ▲ 국제적 경쟁 및 견제 심화
 - 미래의 정치/외교/국가안보 측면의 국제적 관심
고조/상호견제
 - ※ Beautiful & Ugly
 - 평화적, 산업적 측면의 국제 협력 활발/주도권 확보
관심 제고
 - 필요시 위성 신호 사용 제한, 거부 및 감시 불가피



해군사관학교 GPS 연구실



▲ GNSS에 대한 세계적 정책/기술 개발 대응

- 사용자로서의 시스템 선택 범위
- 운용 파트너로서의 역할 확보
- 국가안보 측면의 인공위성 항법 체계 고려 필요
- 대체/독립항법 시스템 업그레이드 및 기술 개발



해군사관학교

GPS 연구실

