

Xilinx Zynq FPGA, TI DSP, MCU 프로그래밍 및 회로 설계 전문가 과정

강사 – Innova Lee(이상훈)
gcccompil3r@gmail.com

RC Battleship Concept Design





Architecture Concept

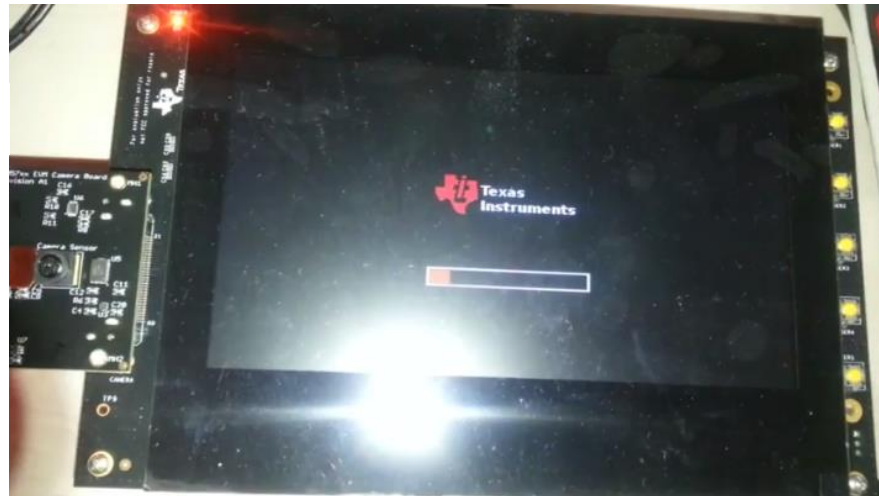
Cortex-R5F MCU



모터 제어
서보 제어
사이렌 제어
무전 시스템 제어
자세 제어
전원 안정성 검사
LED

CAN 통신

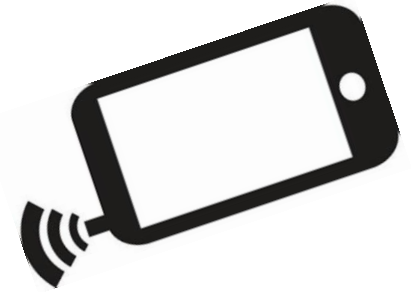
AM5728 Heterogeneous Architecture



영상 처리(영상 추적)
인공 지능 시스템
원격 제어

Wi-Fi

Mobile Phone



FPGA Zynq Zybo

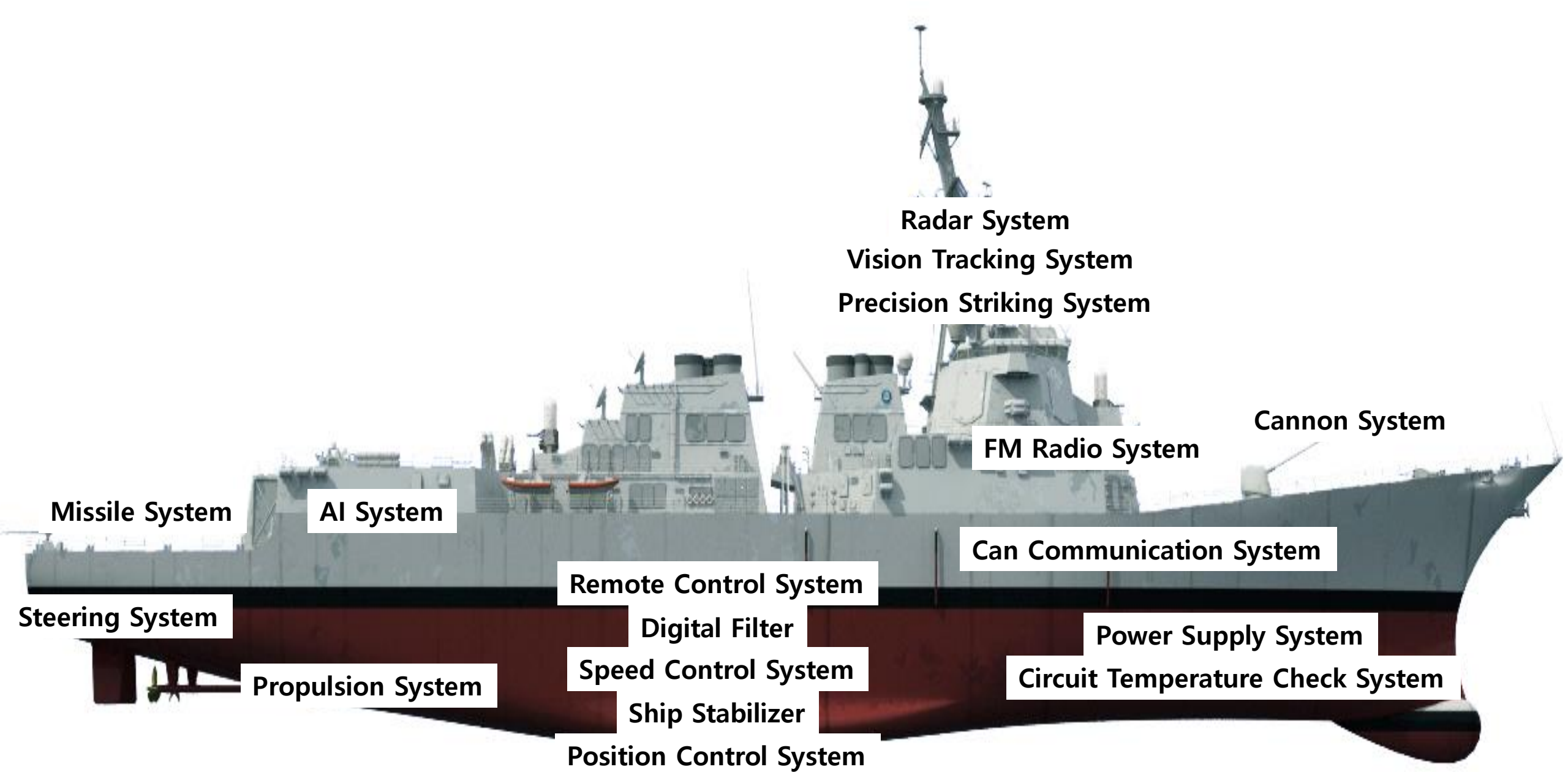


CAN 통신

포탑 제어
미사일 제어
Lidar 제어

Components

1. Cannon System(함포 시스템)
2. Water Rocket Missile System(물로켓 미사일 시스템)
3. Precision Striking System(정밀 타격 시스템)
4. Kalman Filter Based Ship Stabilizer(칼만 필터 기반 선박 자세 안정 장치)
5. Radar System(레이더 시스템)
6. Vision Tracking System(영상 추적 시스템)
7. Ship Propulsion System(선박 추진 시스템)
8. Ship Steering System(선박 조향 시스템)
9. PI Based Speed Control System(속도 제어 시스템)
10. PID Based Position Control System(위치 제어 시스템)
11. IIR/FIR Based Digital Filter(IIR/FIR 기반 디지털 필터)
12. Power Supply System(전원 공급 시스템)
13. Siren Alarm System(사이렌 경보 시스템)
14. CAN Communication System(CAN 통신 시스템)
15. FM Radio System(FM 무전 시스템)
16. Circuit Temperature Check System(회로 온도 점검 시스템)
17. Remote Control System(RC 기반 제어)
18. AI Based AP Network System(인공지능 기반 AP 네트워크 시스템)
19. LED(Just for Goodness)



Cannon System

함포 시스템은 기본적으로 공압 시스템으로 구동된다.
공압 시스템 구동을 위해 별도의 회로가 필요하다.
이 회로는 Power Supply System 의 일부에 해당한다.
12 V 6 A 혹은 24 V 3 A 회로가 사용되고 있다.

Precision Striking System 과 Radar System, Vision Tracking System, Ship Stabilizer 와 함께
물리적 연산을 수행하여 공기 저항이 접목된 미분 방정식을 신호 처리에 의거하여 처리하고
속도와 시간에 따른 위치의 함수가 구해지며
압축성 신호 처리에 의거하여 압축성 유체역학을 접목하여
압력을 제어하여 정밀하게 목표물을 타격한다.

이 작업은 Cortex-R5F MCU 혹은 FPGA Zynq Zybo 에서 수행하게 된다.

Water Rocket Missile System

물로켓 시스템은 기본적으로 공압과 수압 및 유압 시스템으로 구동된다.
이 시스템 구동을 위해 별도의 회로가 필요하다.
이 회로는 Power Supply System 의 일부에 해당한다.
12 V 6 A 혹은 24 V 3 A 회로가 사용되고 있다.

Precision Striking System 과 Radar System, Vision Tracking System, Ship Stabilizer 와 함께
물리적 연산을 수행하여 공기 저항이 접목된 미분 방정식을 신호 처리에 의거하여 처리하고
속도와 시간에 따른 위치의 함수가 구해지며
압축성 신호 처리에 의거하여 압축성 유체역학을 접목하여
압력을 제어하여 정밀하게 목표물을 타격한다.

압축성 유체역학에 해당하므로 아래의 일반적인 일반 물리학에서 다루는 로켓 추진 방정식이 적용되지 않는다.

$$F = ma = \frac{d(mv)}{dt} = \frac{dm}{dt}v + m\frac{dv}{dt} \neq \text{Water Rocket System}$$

이 작업은 Zynq FPGA Zybo 에서 수행하게 된다.

Precision Striking System

정밀 타격 시스템은 물체를 정밀하게 타격하기 위해 필요하다.
레이더 시스템과 영상 추적 시스템, 그리고 배의 자세 안정기가 협력하여 일을 수행한다.

자세 안정기와 엔코더를 통해 현재 아군 선박의 추진 속도와 가속도, 토크를 파악한다.
레이더 시스템을 통해 목표물의 위치값과 속도를 파악한다.
영상 추적 시스템을 통해 목표물을 계속 추적하여 위의 모든 값들이 정상적으로 수행될 수 있게 만들어준다.
(기준점이 망가지면 모든 데이터는 쓸모가 없어진다)

위의 모든 정보를 기반으로하여 목표물을 맞추기 위해 필요한 공기 압력과 필요한 물의 양을 조절한다.

이 작업은 Cortex-R5F MCU 혹은 FPGA Zynq Zybo 에서 수행하게 된다.

Kalman Filter Based Ship Stabilizer

특히 우리가 사용하는 9 축 센서에 MPU9250 은 잡음과 진동에 취약하다.
그렇기 때문에 FIR 및 IIR LPF 구현이 필수적이며 RC 회로로 최소화 시켜도 좋다.

또한 제어기가 정보를 빠르게 따라가지 못하므로 칼만 필터를 통해 빠른 추적이 가능하게 만들어준다.
물론 이 기법은 영상 추적에서도 사용된다.

조건부 기대값, 조건부 분산(베이즈 통계학), 다변수 가우시안 분포, 랜덤 통계학이 적용되는 분야다.

이 작업은 Cortex-R5F MCU 에서 수행하게 된다.

Radar System

Radar System 은 크게 Pulse Radar, FMCW Radar 라는 2 가지 방식으로 분류된다.
우리가 사용하는 Radar System 은 선박의 크기 제한에 의해 Lidar System 에 해당한다.

이 Lidar System 은 40 m 정도의 위치값을 센싱할 수 있다.
이 정보를 기반으로 차분 방정식을 세워 목표물의 속도 및 가속도를 구해낼 수 있다.
영상 추적 시스템과 함께 레이더 시스템이 지속적으로 목표물의 위치, 속도를 계산하게 된다.

이를 기반으로 언제든지 목표물을 타격할 준비를 할 수 있게 된다.

이 작업은 FPGA Zynq Zybo 와 AM5728 Heterogeneous Architecture 에서 수행하게 된다.

Vision Tracking System

영상 추적 시스템은 역시 정밀 타격용으로 사용하고 있는데

Linux Kernel 이 올라가 있는 AM5728 Heterogeneous Architecture 에서 영상 처리를 하여 수행된다.

이 아키텍처는 고속의 1.5 GHz Cortex-A15 x 2 + 최강의 DSP 에 해당하는 C6678 DSP x 2 + 모바일 GPU 최강인 Imagination 사의 SGX544 GPU x 2 + Cortex-M4 x 4 로 구성되어 있다.

OpenCL 을 활용하여 모든 코어를 최대한 활용하는 병렬 처리를 수행할 수 있다.

이를 수행함으로써 성능을 대폭 끌어올릴 수 있는데 이에 기반하여 영상 처리를 수행하고 있다.

Linux Kernel 의 Device Driver 인 V4L2 에 집중하여

관심 영역의 Frame 만 극대화 시키도록 드라이버가 개조되어 있다.

이 작업은 위에도 적어놨듯이 AM5728 Heterogeneous Architecture 에서 수행된다.

Ship Propulsion System

선박 추진 시스템은 선박 자세 안정 시스템과 함께 협력을 해야한다.
특히 조향중 과도한 추진을 수행할 경우 과도한 토크가 선박에 걸려 전복될 가능성이 매우 높아진다.

선박의 복원력을 고려하여 토크가 이를 초과하지 않게 만들어주기 위해
지속적으로 계산을 수행하며 추진을 수행해야 한다.

이 작업은 Cortex-R5F MCU 가 수행한다.

Ship Steering System

선박 조향 시스템은 선박 추진 시스템과 함께 협력을 해야한다.
단순히 조향만 한다 하더라도 서보 모터의 토크가 아주 강력한 경우 과도한 토크로 인해서 선박이 두동강 날 수도 있다.
특히 추진을 하며 조향을 아주 빠르게 할 경우엔 전복 혹은 프레임 자체가 쪼개질 수 있으므로 항상 안정성을 체크해야한다.

선박의 복원력을 고려하여 토크가 이를 초과하지 않게 만들어주기 위해
지속적으로 계산을 수행하며 추진을 수행해야 한다.

이 작업은 Cortex-R5F MCU 가 수행한다.

PI Based Speed Control System

속도 제어 또한 위의 시스템들과 유기적으로 정보를 주고 받으며 작업해야 한다.
엔코더를 통해 현재 속도를 측정하여 피드백 제어를 수행한다.

이 작업은 Cortex-R5F MCU 에서 수행한다.

PID Based Position Control System

위치 제어를 수행하기 위해 PID 제어를 수행한다.

선박 키의 경우엔 MR 센서(자기장 센서)를 사용하여 ADC 를 통해 피드백 제어를 수행한다.

반면 함포 사격 및 미사일 발사 시스템의 경우엔

영상 정보와 레이더 정보를 기반으로 피드백 제어를 수행하게 된다.

위치 제어가 필요한 부분이 함포를 회전 시키고 미사일을 쏘 방향을 결정짓는데 사용된다.

장거리 포격 및 장거리 발사체가 아니므로 지구 자전의 영향을 받지 않는다.

그러므로 전향력(코리올리 포스)를 고려하지 않아도 된다.

이 작업 또한 Cortex-R5F MCU 에서 수행된다.

IIR / FIR Based Digital Filter

센서 정보 및 이미지 정보등에 대한 필터 처리를 수행하기 위해 사용한다.
사용하는 모든 시스템에서 필요한 작업이다.

특히 MPU9250 같은 센서에는 디지털 필터가 필수적으로 필요하다.
그 외의 여러 센서들은 잡음에 취약하기 때문에 반드시 필터 처리가 필요하다.

이 작업은 AM5728, Cortex-R5F, FPGA 에서 모두 필요하다.

Power Supply System

전원 회로에 해당하는 부분이다.
현재 우리가 사용하는 전원 회로의 리스트는 아래와 같다.

12 V 1 A
12 V 5 A
5 V 2.5 A
5 V 200 mA
6 V 1 A
5 V 100 mA
6 V 100 mA
3.3 V 2.5 mA
24 V 1 A
24 V 3 A
12 V 6 A

위와 같은 전원을 제공하는 회로 시스템에 해당한다.

Siren Alarm System

레이더와 영상에 기반하여 목표물을 인식할 경우 비상 전투 체제에 돌입하기 위한 사이렌을 울린다.
단순히 GPIO 에 Open Collector 회로와 Darlington Current Amplifier 회로를 통해 이를 수행한다.

역시 회로 시스템에 해당한다.

CAN Communication System

MCU, DSP, FPGA 간에 통신을 수행하기 위해 CAN 통신을 활용한다.
DSP 가 중앙 제어 유닛이 되어 MCU 및 FPGA 와 CAN 통신을 수행한다.
이를 수행하여 CAN 제어를 수행하게 된다.

이 작업은 MCU, DSP, FPGA 모두에서 수행해야 한다.

FM Radio System

무선 시스템으로 FM 송신기에서 명령을 내린다.
그리고 FM 수신기를 통해서 명령을 받도록 한다.
그 외에 FM 라디오의 기능을 수행할 수도 있다.

이 작업은 Cortex-R5F MCU 에서 수행하도록 한다.

Circuit Temperature Check System

달링턴 회로등 여러 전원 회로들을 사용하고 있다.

발열이 너무 심하게 발생할 경우 전원 문제로 심각한 위험에 빠질 수 있으므로 이를 검사하는 시스템이다.
주변 온도를 체크하여 임계치에 도달할 경우 강제로 파워를 내려버리도록 만든다.

이 작업은 Cortex-R5F MCU 에서 수행한다.

Remote Control System

중앙 제어 유닛인 AM5728 에 Wi-Fi 및 BT 인터페이스를 통해 원격 제어를 수행한다.
Linux Device Driver 프로그래밍을 통해 Wi-Fi Device Driver 를 활성화시킨다.
이를 기반으로 일반적인 통신 모드로 변환할 수도 있고 AP 모드로 변환할 수도 있다.

휴대폰과 Wi-Fi 통신을 수행하여 휴대폰 기반으로 RC 제어를 수행하도록 한다.

이 작업은 휴대폰과 AM5728 에서 수행한다.

AI Based AP Network System

동일 제품군이 여러개 혹은 서로 다른 시스템들이 AM5728 을 통해
네트워크를 구축할 경우 집단 지성으로 작전을 수행할 수 있게 만드는 기능이다.
함대의 경우 함대전을 지능화 시키고 공중, 해상, 지상에서 보다 유기적으로 작전을 수행할 수 있도록 만들어준다.

이 작업은 AM5728 에서 수행한다.

LED for Goodness

그냥 멋으로 예쁘장하게 달아준다.

이 작업은 OC 회로를 구성하여 Cortex-R5F MCU 에서 수행한다.