


Кафедра електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей
 Факультет авіонавігації, електроніки та телекомунікацій (ФАЕТ)


Електронні системи
Electronic Systems

Lecture #11
Яновський, Фелікс Йосипович
 професор, доктор технічних наук,
 лауреат Державної премії України, IEEE Fellow

Орієнтовний тематичний план лекцій

Основи теорії систем, сигнали і первинні перетворювачі електронних систем

1. Вступ. Визначення і термінологія, класифікація	2	
2. Характеристики електронних систем	2	
3. Теорія систем, аналіз електронних систем	2	
4. Первинні перетворювачі електронних систем	4	
5. Сигнали електронних систем	2	
6. Компоненти і обробка сигналів в ЕС	1	7 семестр
7. Експлуатаційні характеристики електронних систем	2	
8. Технічні характеристики електронних систем	2	2
9. Технічна реалізація системи	1	
10. Електронні системи локації	18	
11. Електронні системи зв'язку	8	8 семестр
12. Електронні системи авіоніки	19	
Всього годин	63	

Електронні системи локації

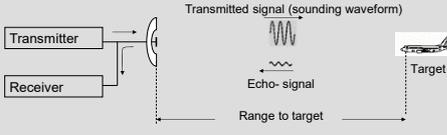
1. Основні терміни, принцип дії, класифікація та застосування.	2
2. Відбиваючі властивості об'єктів.	2
3. Виявлення сигналів.	4
4. Дальність дії локаційної системи.	2
5. Роздільна здатність локаційної системи.	2
6. Вимірювання дальності та швидкості об'єктів.	2
7. Вимірювання кутових координат.	2
8. Методи підвищення роздільної здатності і точності вимірювань.	2
18	

Introduction to Radar

- Principal Terms and Definitions
- Basic Principle of Radar
- Classification of Radar Systems
- Radar Applications

Basic Principle and Definitions

- Radar (or radiolocation) is a field of science and technology that covers methods and means of detection, location, velocity measurement, and recognition of various objects using EM waves.
- Radar is an EM system for the detection, location, etc.
- Basic principle of Radar:



Determination of Target Range

- Radar engineers use the term **range** to mean **distance**.
- RADAR = RAdio Detection And Ranging.
- The range is found by measuring the time $\Delta t = T_R$ it takes for the radar signal to travel to the target and return back to the radar

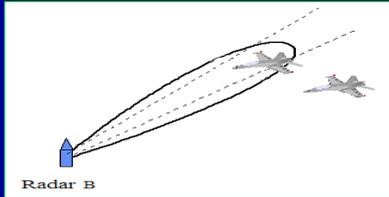
$$R = \frac{c T_R}{2}$$

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- Each 1 μs of round-trip travel time corresponds to $R=150 \text{ m}$

Determination of Target Bearing

- The target's location in angle can be found from the direction that the narrow-beamwidth radar antenna points when the received echo signal is of maximum amplitude.



Other Information about a Target

- If the target is in motion, there is a shift in the frequency of the echo signal due to the Doppler effect. This shift is proportional to the velocity of the target relative to the radar (the radial velocity).
- Radar Surveillance.
- Target is an object of radar surveillance, e.g. aircraft, ships, spacecraft, vehicles, people, and the natural environment.

Classification of Targets

- Radar targets can be of different classes.
- A class of target is a set of the objects with common features, which differ this class from others.
- Depending on the location, targets can be:
 - ground-based (bridge, city, tower, car, forest, person, ...)
 - above-water (ship, boat, beacon, small island, ...)
 - in air (plane, helicopter, cloud, rain, hail, bird, insects, ...)
 - in space (spaceship, satellite, planet, ...)
- On the origin, target can be:
 - Natural (hill, lake, snow, tornado, lightning, planet, ...)
 - Artificial, that is, man-made (helicopter, car, runway, building, ...)
- On belonging under the State:
 - Friend (e.g. Ukrainian military aircraft)
 - Foe (e.g. military aircraft of foreign states)
 - IFF - Identification Friend or Foe

Radar Information and Signals

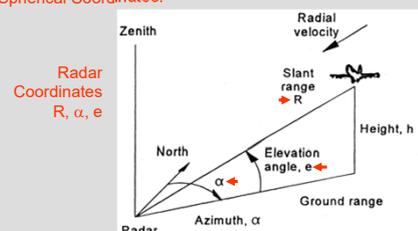
- Radar information** is a set of data about the objects (targets) obtained by radar means.
- Radar information consists of the data on:
 - the **presence or absence** of a target in the zone of radar coverage;
 - the **number and classes** of targets;
 - the **co-ordinates and parameters of motion** of every target individually.
- Radar signal is a carrier of radar information. Signal exists in two forms:
 - as EM wave (microwave) **radiated by a target**;
 - as electric signal (Low Freq) got by transformation of EM waves received from a target.
- Sounding 'signal' doesn't contain any information about a target. It is called waveform.

Tasks of Radar Surveillance

- Detection** is decision making on presence or absence a target in each radar cell with minimum allowable probabilities of erroneous decisions.
- Measurement** is a process to estimate the co-ordinates and parameters of motion of a target with minimum allowable errors.
- Resolution** is separate surveillance (detection and measurement) of individual target at the presence of other targets
- Recognition** is ascertainment that a resolved target belongs to the given class of targets.
- Target tracking** is the use of measurements for tracking
- All kinds of main radar tasks (detection, measurement, resolution, and recognition) are fulfilled as an integrated process. But it is expedient to consider them separately.

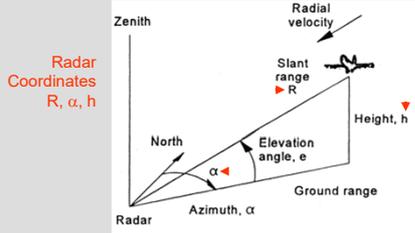
Radar Coordinates

- Measurements of position and velocity of a target can be implemented in three spatial coordinates: spherical (polar), cylindrical, and Cartesian rectangular coordinates.
- Spherical Coordinates:**



Radar Coordinates

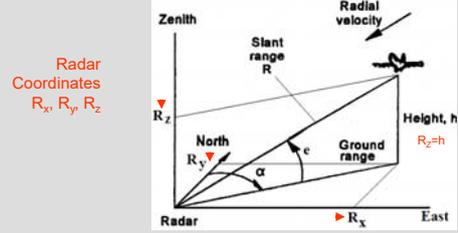
- Measurements of position and velocity of a target can be implemented in three spatial coordinates: spherical (polar), cylindrical, and Cartesian rectangular coordinates.
- Cylindrical Coordinates:



Radar Coordinates R, α, h

Radar Coordinates

- Measurements of position and velocity of a target can be implemented in three spatial coordinates: spherical (polar), cylindrical, and Cartesian rectangular coordinates.
- Rectangular coordinates:



Radar Coordinates R_x, R_y, R_z

Літерні позначення	Діапазон частот	Діапазони, виділені для радіолокації Міжнародно спільною радіозгодою	Відповідні діапазони, традиційні для країн СНД	Нові позначення, ГГц
Letter Designation	Nominal Frequency Range	Specific Frequency Ranges for Nominal Radar based on ITU	Typical Wavelength Band (Tradition of the FSU States)	New band designation, GHz
HF	3-30 MHz		КВ (100 - 10 м)	A
VHF	30-300 MHz	138-144 MHz; 216-225 MHz	Метровий (2 н 1,4 м)	A < 0,25; B > 0,25
UHF	300-1000 MHz	428-450 MHz; 850-942 MHz	Дециметровий (70 н 35 см)	B > 0,5; C < 0,5
L	1-2 GHz	1215-1400 MHz	Дециметровий (21-24 см)	D
S	2-4 GHz	2300-2500 MHz; 2700-3700 MHz	Дециметровий (10-13 см) і Сантиметровий (8-10 см)	E < 3,0; F > 3,0
C	4-8 GHz	6250-6925 MHz	Сантиметровий (5 см)	G < 6,0; H > 6,0
X	8-12 GHz	8500-10,680 MHz	Сантиметровий (3,2 см)	I < 10,0; J > 10,0
K _u	12-18 GHz	13,4-14,0 GHz; 16,7-17,7 GHz	Сантиметровий (2 см)	J
K	18-27 GHz	24,05-24,25 GHz	Сантиметровий (1,2 см)	J < 20,0; K > 20,0
K _a	27-40 GHz	33,4-36 GHz	Міліметровий (9 мм)	K
V	40-75 GHz	59-64 GHz	Міліметровий (5 мм)	L < 60,0; M > 60,0
W	75-110 GHz	76-81 GHz	Міліметровий (2 мм)	
mm	110-300 GHz	126-142 GHz; 144-149 GHz; 231-235 GHz; 238-246 GHz	Міліметровий (1,2 мм)	

Radar Classifications

may be done on the basis of:

- Place of installation (Ground based, Airborne, Spaceborne, or Ship based radar systems)
- Interaction with a target (active, passive; primary, secondary)
- Number of positions (monostatic or multistatic)
- Frequency band (A, B, ... , L, M)
- Antenna type (reflector-type antenna, antenna array, slot antenna, etc.)
- Waveforms utilized (Pulsed, CW), etc.

Another classification is concerned with the mission and/or the functionality of the radar

Radar Classifications

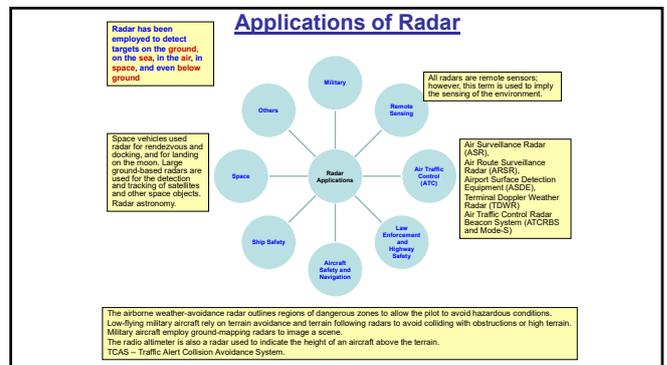
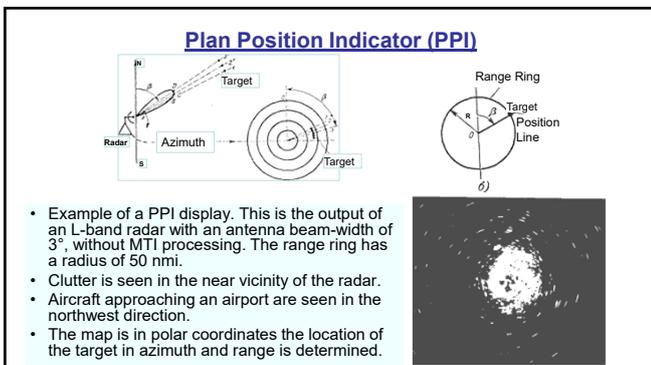
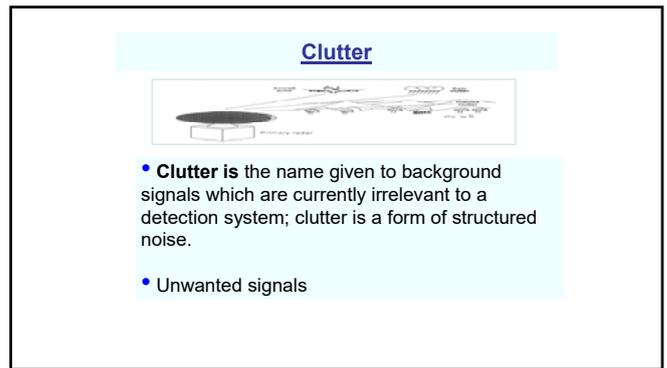
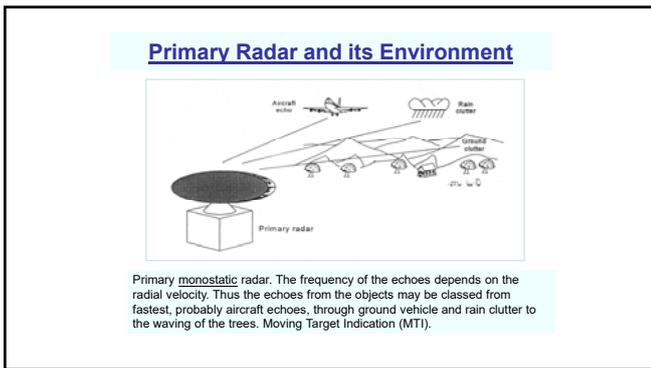
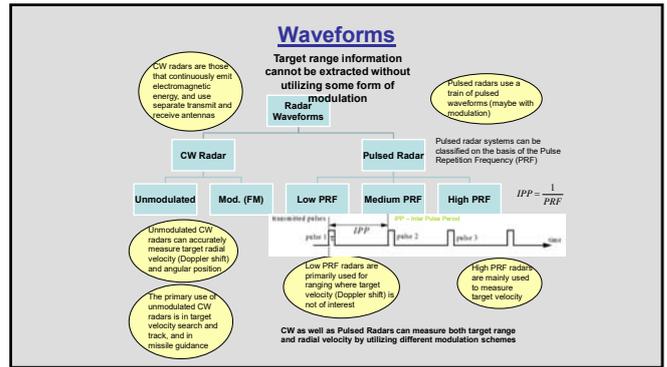
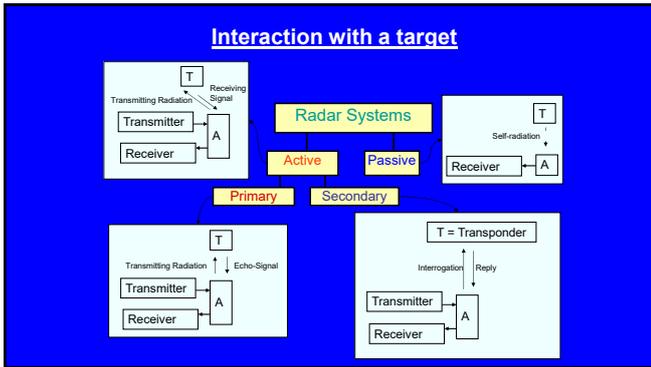
Examples of Ship based radar systems



Radar Classifications

Examples of Airborne radar systems





Applications of Radar



Over the Horizon Radar (HF-band)



5 – 28 MHz

The United States Over The Horizon Backscatter (U.S. OTH/B) radar which operates in the frequency range of 5 – 28 MHz

Ballistic Missile Early Warning System (VHF- Band)



Radars whose only functions are initial detection and sector location of a target are called Early Warning, Search, or Acquisition radars.

The Ballistic Missile Early Warning System (BMEWS) search and track monopulse radar which operates at 245 MHz.

“Volga” Radar Transmitting Antenna



36x36 m²

“Volga” Radar Receiving Antenna



Perimeter and Acquisition Radar (PAR) (UHF- Band)



PAR is a very long range multifunction UHF phased array radar. The PAR can detect and track multiple targets the size of a basketball at a range of 2,000 miles. North Dakota.

L- Band ATC and Air Route Radars

Radars in the L-band are primarily ground based and ship based systems that are used in long range military and air traffic control search operations.

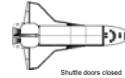


Raytheon's ASR-23SS is L-Band primary surveillance ATC radar.

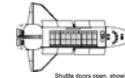


Air Route Radar Complex UTES-T, 23 cm (Lianozovo)

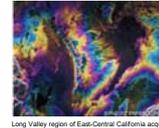
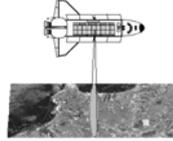
Spaceborne L- Band SAR system (23 cm)



Shuttle doors closed



Shuttle doors open, showing SRR-CX-SAR antenna



Long Valley region of East-Central California acquired by SRR-CX-SAR interferometer (L-Band, 23 cm)

Photos and images from NASA/JPL Propulsion Laboratory

S- Band Radars (10 cm)

Most ground and ship based medium range radars operate in the S-band.



The Airport Surveillance Radar (ASR) used for ATC



Ship based U.S. Navy AEGIS multifunction phased array radar.



TARA System



DARR System

S- Band Radars (10 cm)



The Airborne Warning And Control System (AWACS)

and



the National Weather Service Next Generation Doppler Weather Radar (NEXRAD)

are also S-band radars.

C- Band (5 cm)

However, most weather detection radar systems are C-band radars. Medium range search and fire control military radars are also C-band.



MARS-I radar system is based on a Canadian Marconi C-band transmitter. Small, low power, low cost weather radar intended for local use.



"Tomas" Height Helicopter Finder. The FPS-6 radar is capable of height determination of targets flying between elevation angles of -2 and +32 degrees for any azimuth throughout 360°.

C- Band (5 cm)

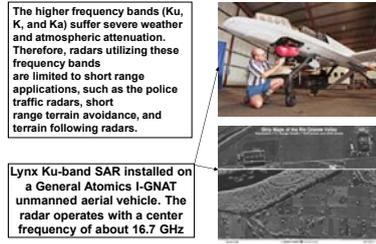


Weather Radar of Jordan Meteorological Department in Amman Airport

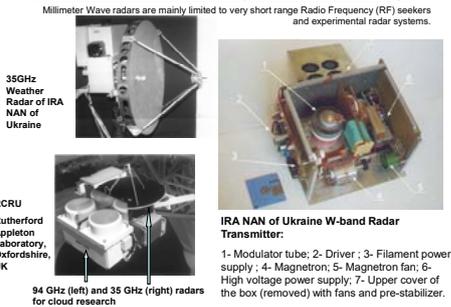
X- Band (3.2 cm)



Ku- Band (2 cm)



Ka, V, and W-Bands (8, 5, and 3 mm)



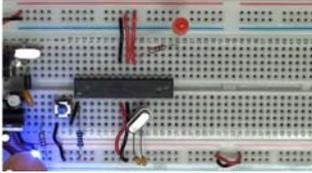
RT-70



Снаторія, UKRAINE

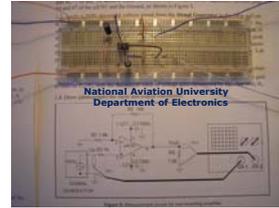


Макетні панелі широко використовуються для проведення лабораторних робіт на кафедрах електроніки провідних європейських та американських університетів. Так само і в НАУ.



Solderless breadboards

Студенти збирають схеми електронних пристроїв на макетних панелях BBE307, а потім підключають вимірвальні прилади та необхідну напругу

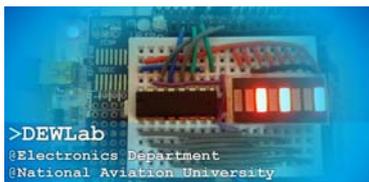


Internet of Things (IoT)

• IoT covers everything that is technologically smart and able to communicate with other devices, networks, systems, and things.



Лабораторія цифрових, вбудованих та бездротових систем DEWLab



IoT можна розглядати як комунікаційну мережу між різними об'єктами з обміном інформацією і даними. Але в чому є роль людини? Не так просто передбачити, як на наше суспільство вплинуть ці новації. Умови можуть бути добрими або поганими. І у випадку IoT, як завжди, це залежить від того, як це буде застосовуватися.

The IoT bases – sensors and microprocessors

The image shows various IoT components. On the left, a human figure is annotated with sensors like Accelerometer, Gyroscope, GPS, and others. In the center, a car is shown with sensors such as Radar, Lidar, Camera, and Infrared. On the right, there are images of MEMS components, including accelerometers and gyroscopes, with labels like 'Components of MEMS', 'MicroSensors', and 'MicroActuators'.

Radar

The image displays various radar applications. It features a diagram of a radar wave, a large radar dish on a ship, a smaller radar dish on a truck, and a radar unit on a vehicle.

Мініатюрні радари

The image shows miniature radar components and their applications. It includes a 'Low Cost FMCW radar component', 'FMCW integrated solutions', and 'High-End fully integrated FMCW radar component'.

Распознавание жестов с использованием 60Гц радара

(Проект Soli от Google)

Soli is a new sensing technology that uses miniature radar to detect touchless gesture interactions.

The diagram illustrates a hand interacting with a miniature radar sensor. The sensor is emitting waves that detect the hand's position and movement.

Your hands are the only interface you'll need

Sensor data showing four gestures performed by five users

The image shows a grid of 20 heatmaps, arranged in 4 rows and 5 columns. Each row represents a different gesture, and each column represents a different user. The heatmaps show the spatial distribution of the sensor data for each gesture.

Де це можна застосувати?

- Такий радіолокаційний чіп може бути вбудований в «носимі» прилади (wearables)
- В телефонах
- В комп'ютерах
- В автомобілях
- В приладах IoT ...

- Такий мініатюрний радіолокатор не має рухомих частин
- Він фактично є IC (чіп)
- Споживає мало енергії
- На нього не впливають умови освітлення
- Він працює крізь більшість матеріалів

ВИСНОВОК

Просто уявіть безмежні можливості технологій електроніки, IoT і сучасної радіолокації ...



І все це – електронні системи