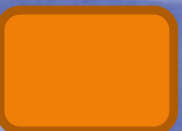


Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski



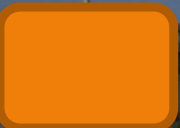
Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Józef Wiesław Modelski



Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Józef Wiesław Modelski



Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Józef Wiesław Modelski



Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Józef Wiesław Modelski



Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski





Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Józef Wiesław Modelski



Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski



Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski

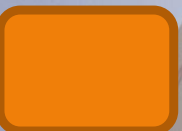
Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Józef Wiesław Modelski



**Mikrofale – co przyniosły
naszej cywilizacji?**



Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski

Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?



Józef Wiesław Modelski



Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Józef Wiesław Modelski

Institute of Radioelectronics and Multimedia Technology



Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?

Plan prezentacji:

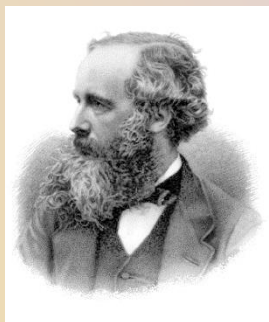
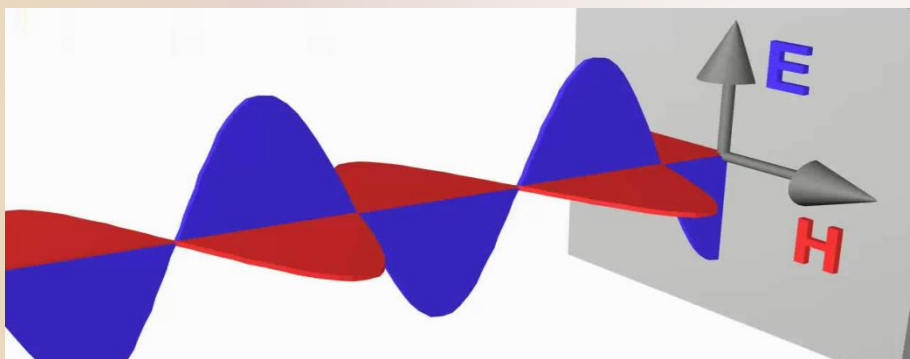
- ❑ Co nazywamy mikrofalami?
 - ❑ Specyficzne właściwości mikrofal
 - ❑ Wybrane zastosowania:
 - Telekomunikacja
(radiolinie, systemy komórkowe, łączność satelitarna, WiFi)
 - Radiolokacja i radionawigacja
(radary, GPS, UWB)
 - Radioastronomia
 - Grzanie mikrofalowe
 - ❑ Tendencje rozwojowe
 - ❑ Podsumowanie
- } czyli – krótki wstęp

Krótki wstęp

Fala elektromagnetyczna

Czyli

- rozchodzące się w przestrzeni zaburzenie pola elektromagnetycznego

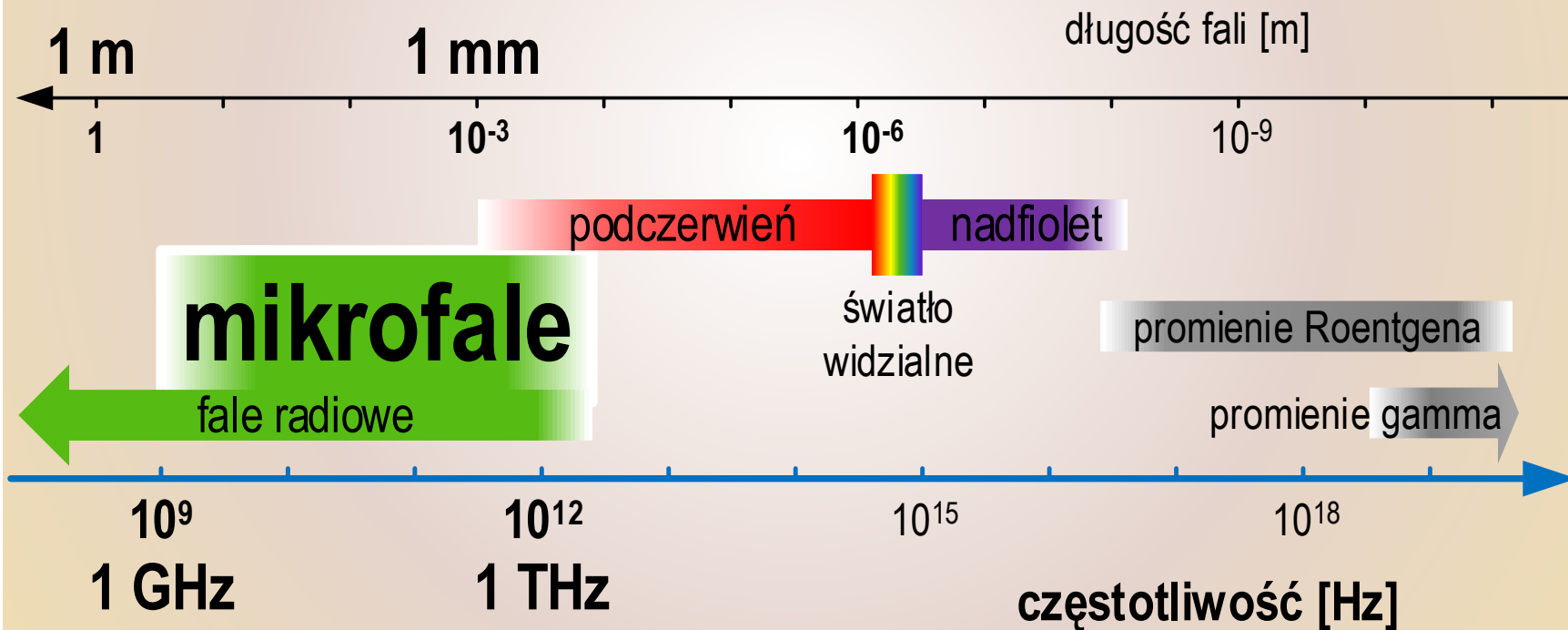


Równania Maxwella

$$\begin{cases} \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{D} = \rho \\ \nabla \cdot \vec{B} = 0 \end{cases}$$

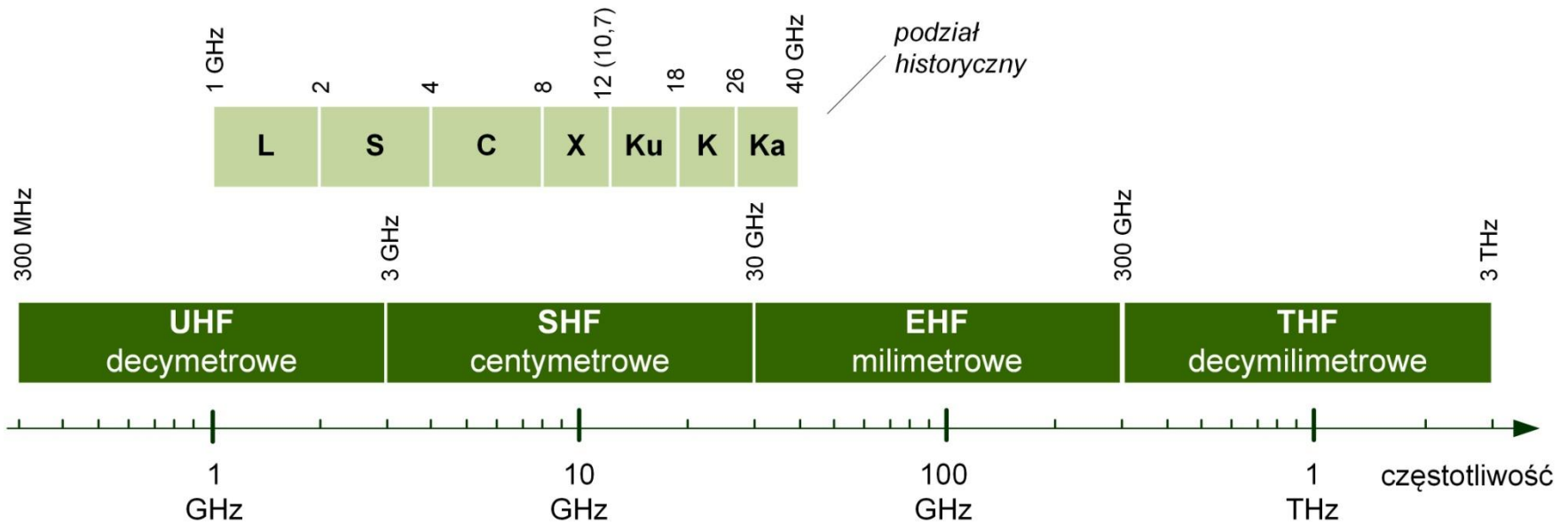
Krótki wstęp

Fale elektromagnetyczne



Krótki wstęp

Fale elektromagnetyczne



Krótki wstęp

Fale elektromagnetyczne

Tylko znikoma część
mocy nadawanej (P_N)
trafia do odbiornika (P_o)

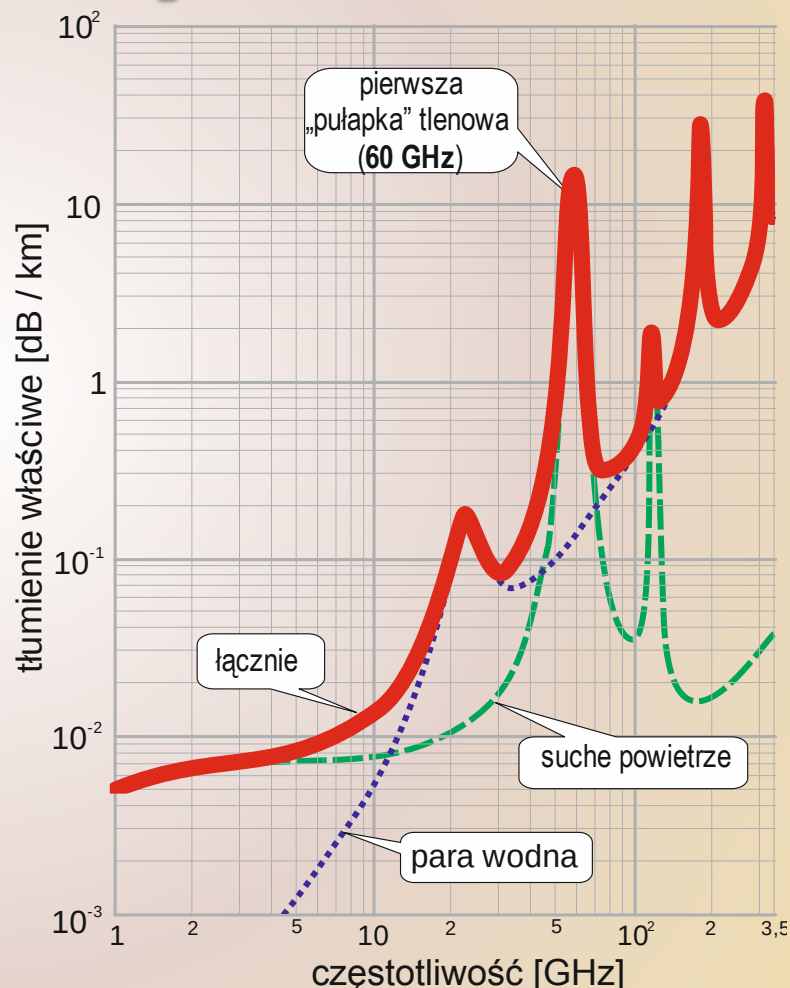
W wolnej przestrzeni:

$$\frac{P_o}{P_N} = \frac{c^2}{(4\pi)^2 f^2 d^2}$$

c [m/s] – prędkość światła,

f [Hz] – częstotliwość fali,

d [m] – odległość między antenami
(nadawczą i odbiorczą),



Mikrofale

– zastosowania w telekomunikacji

Duże tłumienie propagacyjne
ale

- możliwość wykorzystania szerokich pasm transmisji
- możliwość budowy anten o niewielkich rozmiarach i dużych zyskach

duże
szybkości
transmisji

ograniczenie
mocy
nadawania

- Linie radiowe
- Systemy komórkowe
- Łączność satelitarna
- Telewizja satelitarna
- Sieci Wi-Fi



zastosowania w telekomunikacji

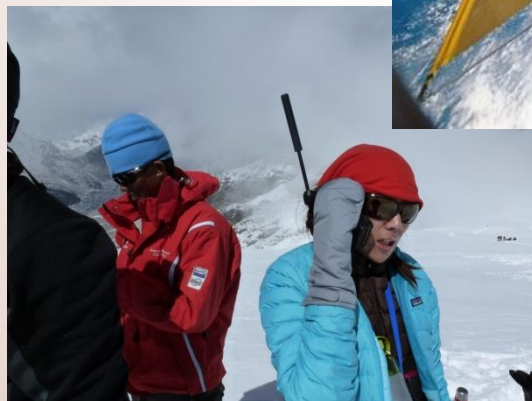
- Linie radiowe
- **Systemy komórkowe**
- Łączność satelitarna
- Telewizja satelitarna
- Sieci Wi-Fi



zastosowania w telekomunikacji

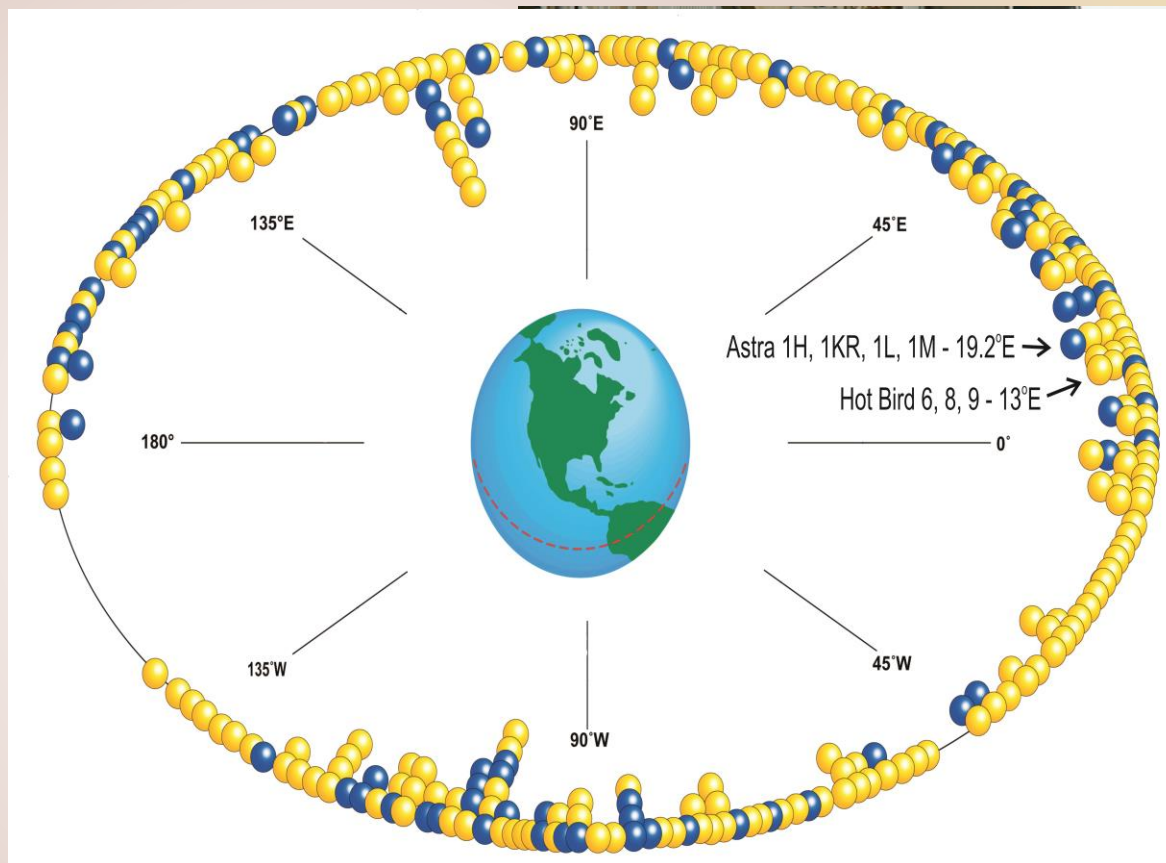
5G

- Linie radiowe
- Systemy komórkowe
- Łączność satelitarna
- Telewizja satelitarna
- Sieci Wi-Fi



zastosowania w telekomunikacji

- Linie radiowe
- Systemy komórkowe
- Łączność satelitarna
- **Telewizja satelitarna**
- Sieci Wi-Fi

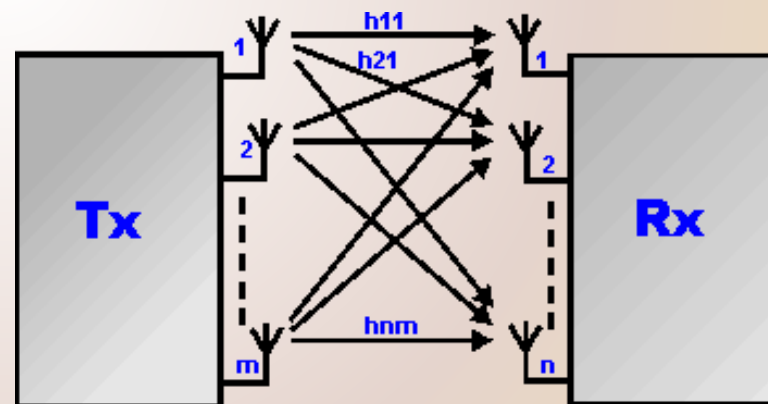


zastosowania w telekomunikacji

Pamiętajmy o satelitach



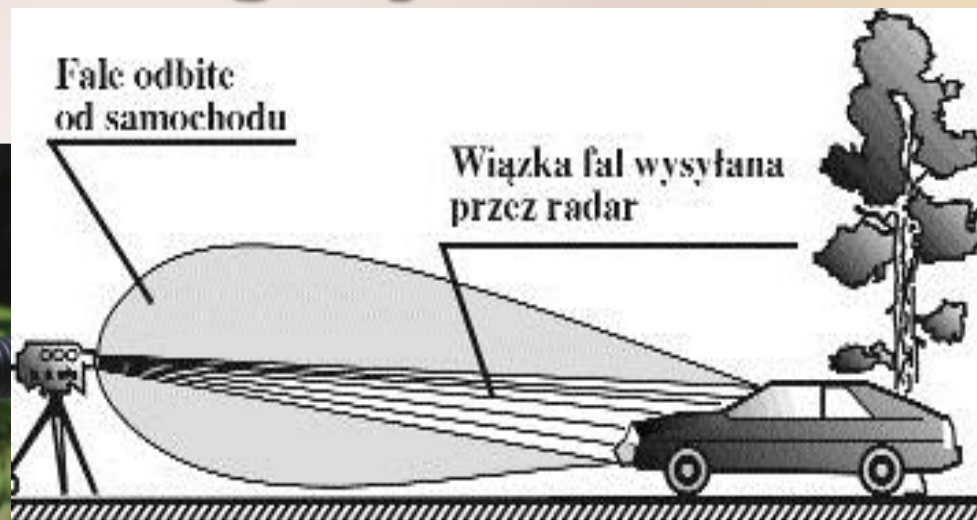
- Linie radiowe
- Systemy komórkowe
- Łączność satelitarna
- Telewizja satelitarna
- Sieci Wi-Fi



zastosowania w telekomunikacji

Mikrofale

– zastosowania w radiolokacji i radionawigacji



Szerokie pasmo emisji → poprawa precyzji lokalizacji.

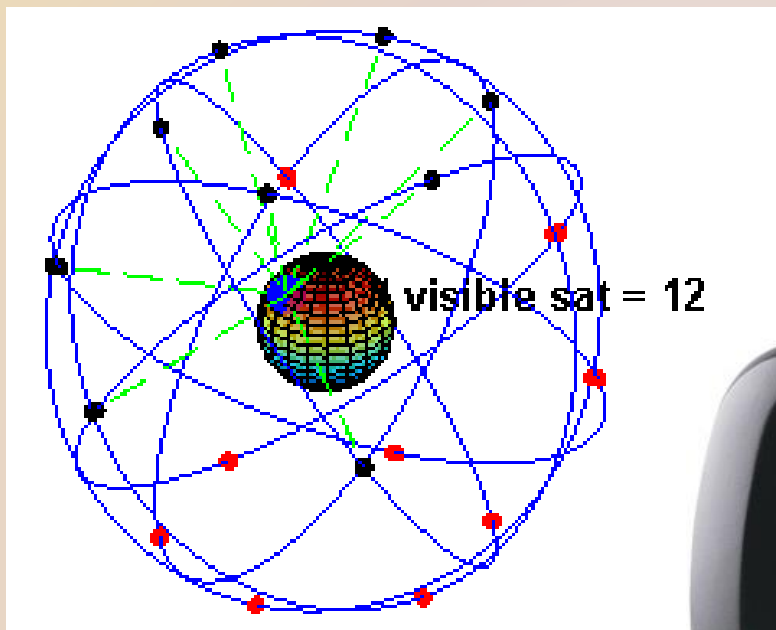


**zastosowania w radiolokacji i radionawigacji
- radary**

Radar pasywny PaRaDe



**zastosowania w radiolokacji i radionawigacji
- radary**



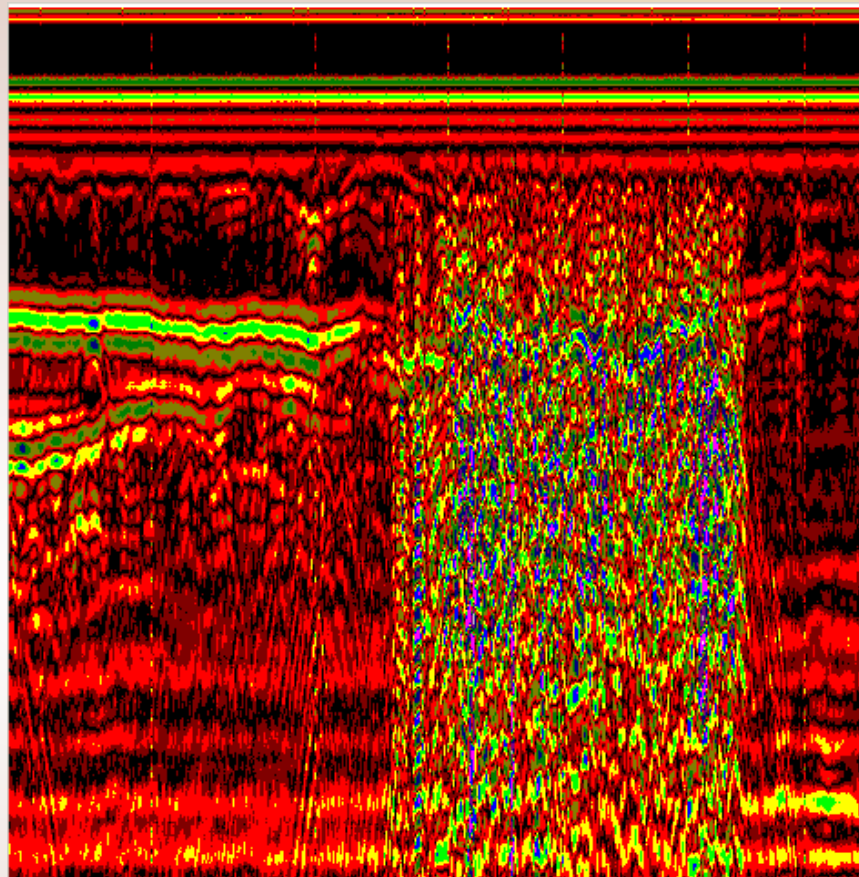
GPS

GLONASS

Galileo



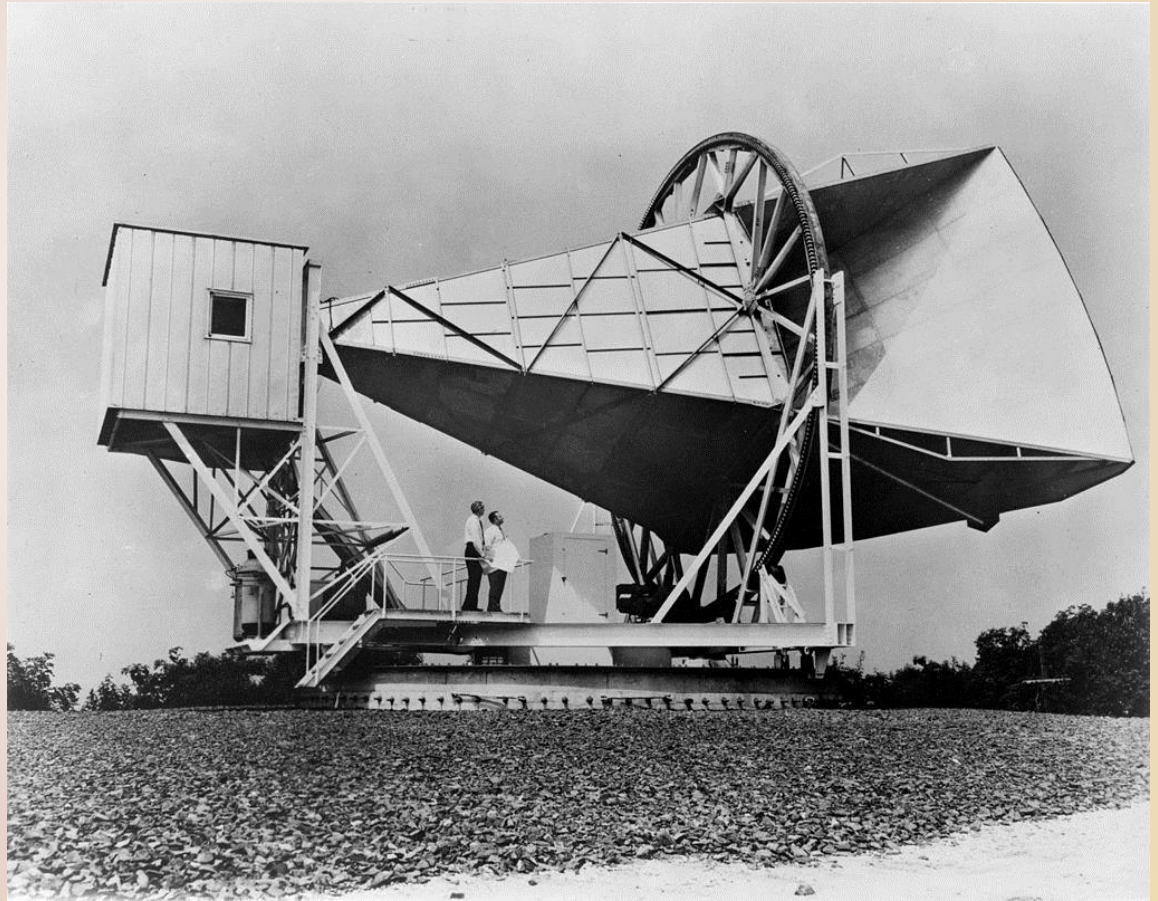
**zastosowania w radiolokacji i radionawigacji
- nawigacja satelitarna**



Obraz obszaru zanieczyszczonego użytym olejem. (do głębokości 5m)

**zastosowania w radiolokacji i radionawigacji
techniki ultraszerokopasmowe (UWB)**

Mikrofale – radioastronomia





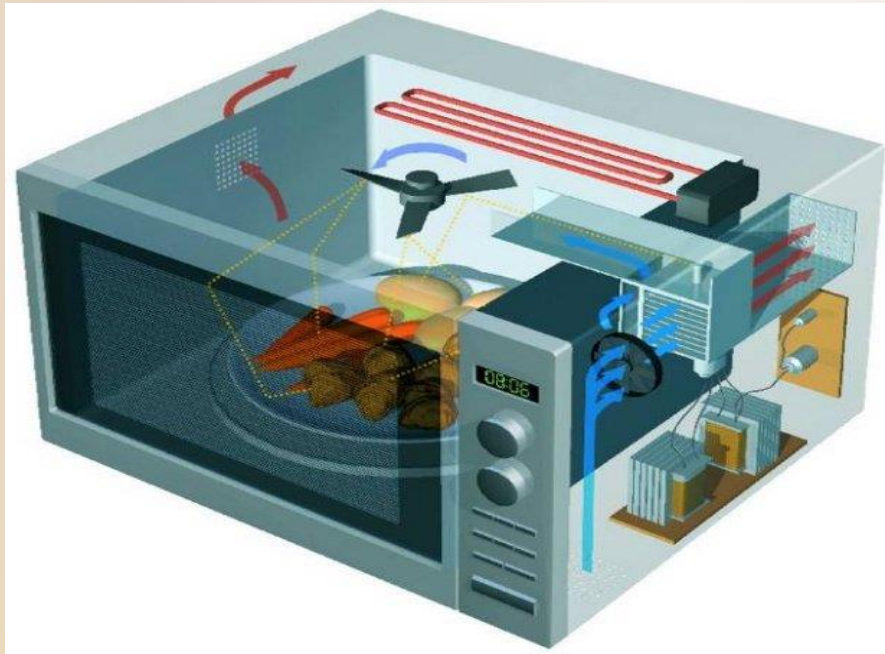
Arecibo (Portoryko)



Piwnice pod Toruniem

Radioastronomia

Mikrofale – grzanie mikrofalowe



Mikrofale

– zastosowania przemysłowe i medyczne

- **Przemysł spożywczy**
- **Przemysł drzewny**
- **Przemysł chemiczny**
- **Tomografia mikrofalowa**
- **Diatermie mikrofalowe**
- **Terapia mikrofalowa**
- **Broń elektromagnetyczna**

Perspektywy rozwojowe – Techniki terahercowe [THz]

Fale terahercowe:

Częstotliwości : od 300 GHz do 3 THz;

długości fal: od 1 do 0,1 mm

- Obrazowanie medyczne
- Wykrywanie przedmiotów
- Wykrywanie i identyfikacja substancji i przedmiotów
- Transmisja danych



Skaner terahercowy

Trendy rozwojowe

więcej Inteligencji w urządzeniach radiowych

**więcej, szybciej,
wszędzie**

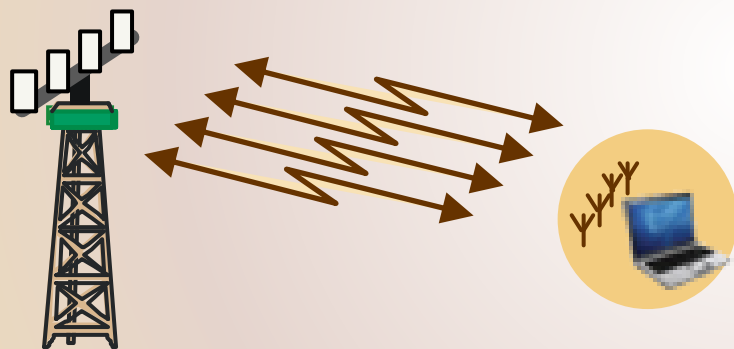
(radiokomunikacja i
multimedia)

**efektywność
wykorzystania
widma**

**więcej
w urządzeniach
radiowych**

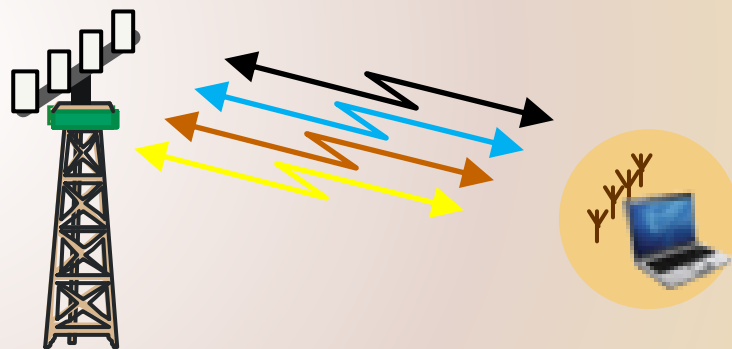
Zwiększanie możliwości sieci radiowych - MIMO

Nadawanie zbiorcze,
odbiór zbiorczy



zwiększenie pojemności,
poprawa jakości transmisji

Multipleksacja
przestrzenna



zwiększenie przepływności,
poprawa jakości transmisji

Urządzenia radiowe coraz bardziej samodzielne

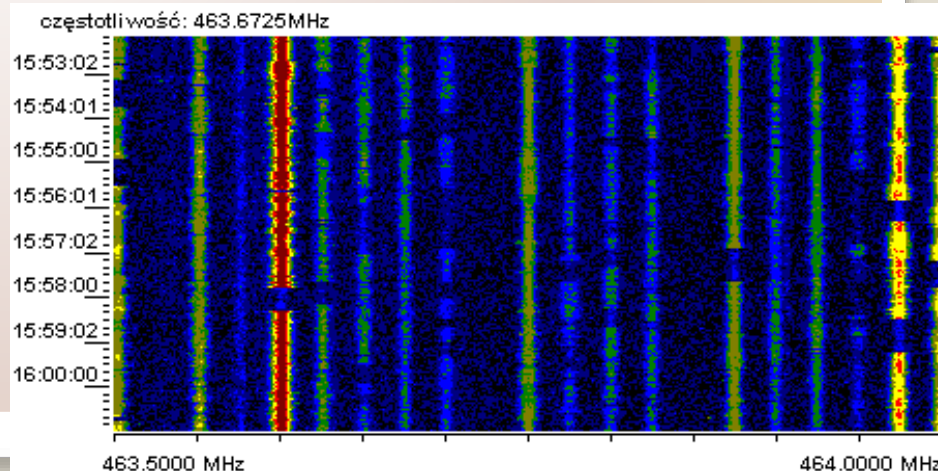
- SON
(Self-Organizing Networks)

Samoorganizująca się sieć - nowość w systemie LTE



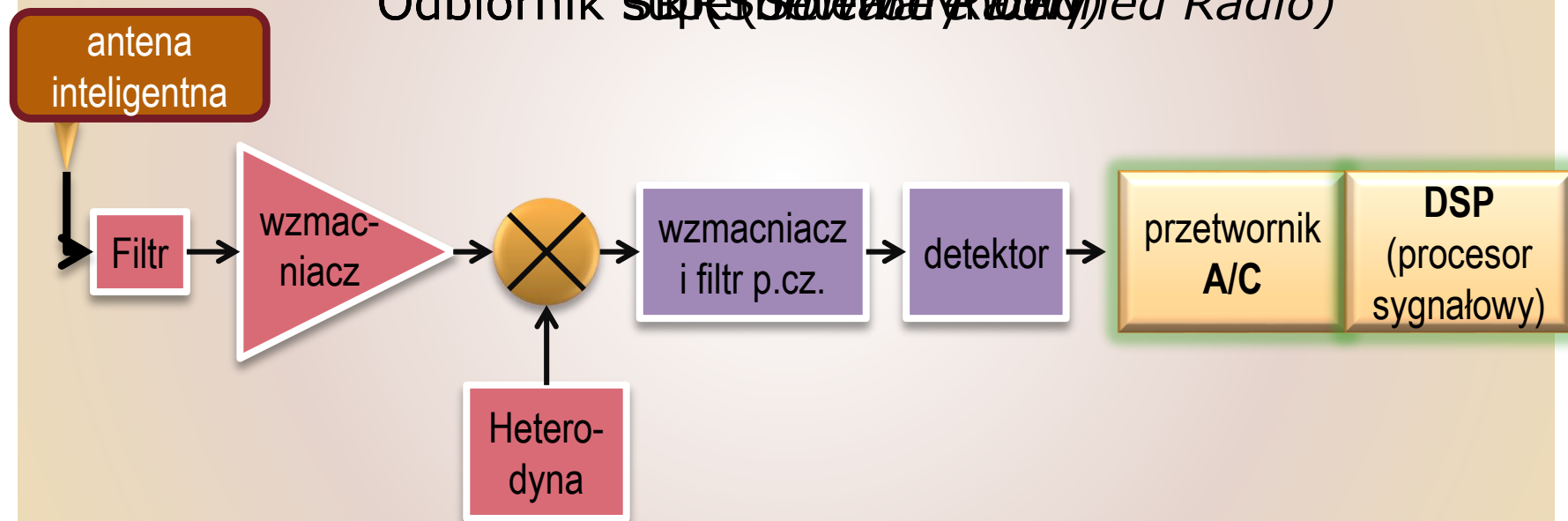
- Radio kognitywne

dynamiczne zagospodarowanie wolnych (nawet chwilowo) zakresów widma

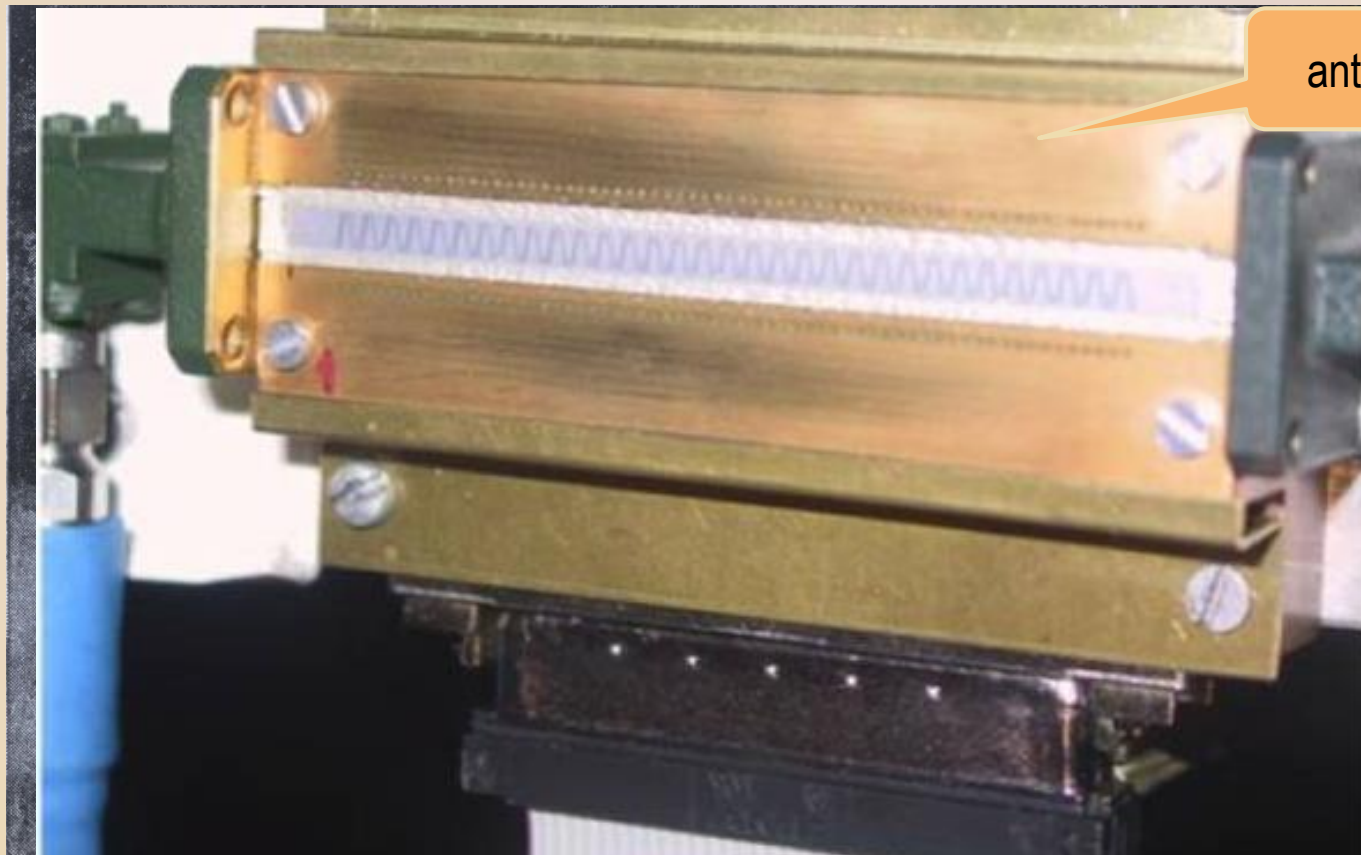


Przetwarzanie cyfrowe coraz bliżej „eteru” - Software Radio

Odbiornik Superheterodyny (Software Radio)



Anteny inteligentne (*Smart Antennas*)



Modern Mechanics, 1933

opracowanie IR PW - 2008

Co nas czeka?

- Globalny dostęp do Sieci
- Połączenie „wszystkiego ze wszystkim”



MIKROFALE – CO PRZYNNIOSŁY NASZEJ CYWILIZACJI?

pora na podsumowanie....

dostęp do kultury i edukacji

bezpieczeństwo

**rozwój kontaktów
międzyludzkich**

zdrowie

rozrywkę

czas wolny

MIKROFALE – CO PRZYZNIOŚŁY NASZEJ CYWILIZACJI?

pora na podsumowanie....

TELEKOMUNIKACJA

ELEKTRONIKA

**INŻYNIERIA
BIOMEDYCZNA**

**AUTOMATYKA
i ROBOTYKA**

INFORMATYKA

Milestones w mojej karierze zawodowej

- Stypendium Fulbrighta (1976-77)
- Design method of analog phase modulator; *International Microwave Symposium IEEE MTT-S, Orlando, 1979*
- Application of a dielectric resonator on microstrip line for a measurement of complex permittivity; *International Microwave Symposium IEEE MTT-S, San Francisco, 1984*
- Low-cost method of the measurement of microwave ferrite parameters; *International Microwave Symposium IEEE MTT-S, New York, 1988*
- International Group for Mode Standardization in Dielectric Resonators (1989-1990)
- Surface resistance measurements of HTS films by means of sapphire dielectric resonators; *IEEE Trans. on Applied Superconductivity, September 1993*
- Rigorous Analysis and Investigations of the Scan Antennae on a Ferroelectric Substance; *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 53, no.2, 2005*
- Development and Investigation of an Antenna System With Reconfigurable Aperture; *IEEE Trans. on Antennas and Propagation. vol. 57, no. 1, January 2009*

Rezonatory dielektryczne

