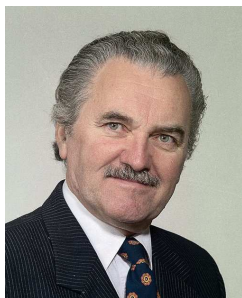


Widmo fal radiowych

Dlaczego państwo zajmuje się nim?

Ryszard Strużak



Ryszard Strużak *Prof.zw. Dr.Hab.*

- Academician, International Telecommunication Academy
- IEEE Life Fellow
- Profesor w Instytucie Łączności
- Co-Director, ICTP School on Wireless Networking,

Uprzednio:

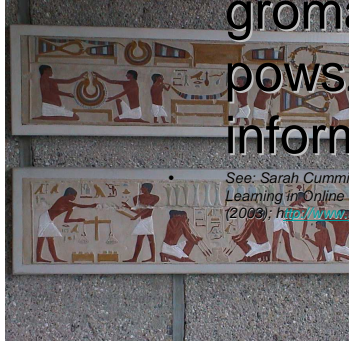
- V-Chair, ITU Radio Regulations Board, ITU, Geneva
- Head, CCIR Technical Department A, Geneva
- Co-Chair, URSI WG on Spectrum Utilization & Management, Brussels
- Co-Founder & Chair, International Wrocław Symposium on EMC
- V-Chair, CCIR SG1 on Spectrum Management and Monitoring
- Chair, CCIR IWP on ISM Equipment
- Editor-in-Chief, Global Communications, London
- Professor, Institute of Electrical Metrology,
- Consultant: ITU, UN-OCHA, WB, ...

etc...

www.ryszard.struzak.com

ryszard@struzak.com

- Postęp ludzkości: gromadzenie i rozpowszechnianie informacji (wiedzy)



See: Sarah Cummings, Richard Hanks & Marleen Huysman, "Knowledge and Learning in Online Networks in Development: A Social Capital Perspective (2009); <http://www.sed.manchester.ac.uk/ldpm/publications/wal/index.htm>



Mowa żywa → pismo



(CC) R

Trendy

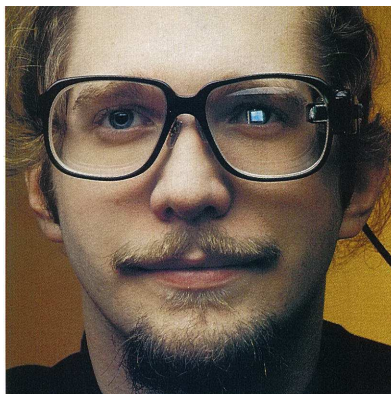


40% populacji świata używa telefonów mobilnych



(CC) Ryszard Struzak

4



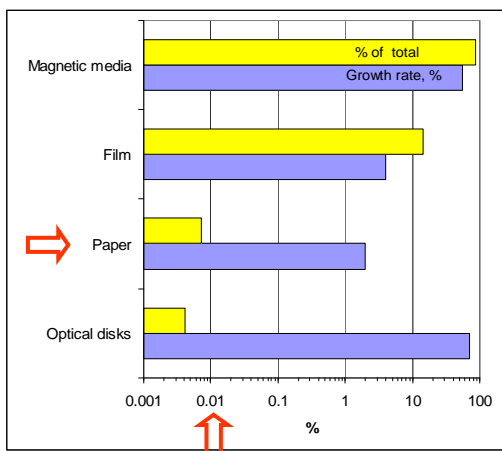
- Multimedialne „inteligentne” terminale osobiste
- Komunikacja między automatami

(CC) Ryszard Struzak

5

Ilość informacji na świecie

- **Produkcja:**
~800Mb informacji na osobę (ekwiw. ~10m książek)
- **Przechowywanie:**
Druk: <0.01% wszystkich przechowywanych informacji
- **Transmisja:**
Telefon, radio, TV, Internet – 3.5 razy więcej niż przechowywanie
- **Efekty:**
Polityka
Kultura
Jakość życia
Bezpieczeństwo
Biznes ...



Lyman P. Varian HR: How Much Information?, SIMS, University of California at Berkeley, 2000-2003. (<http://www2.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/execute.html#summary>)

(CC) Ryszard Struzak

6

- Ilość informacji podwaja się co ~3 lata
- W ciągu 3 lat, wyprodukujemy tyle *nowej* informacji ile zgromadziliśmy w ciągu całej historii ludzkości
- 99% nowej informacji - w formie elektronicznej
 - » <http://www.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/>
- Czy będzie ona dostępna?

(CC) Ryszard Struzak

7

World Summit on the Information Society

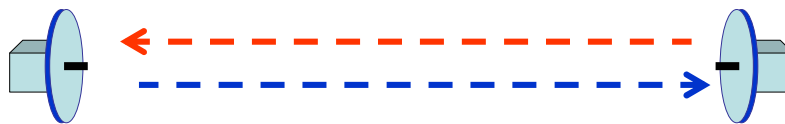
„We, the representatives of the peoples of the world, assembled in Geneva from 10-12 December 2003 (...) declare our common desire and commitment to build a people-centered, *inclusive* and development-oriented Information Society, where *everyone* can create, access, utilize and share information and knowledge, enabling individuals, communities and peoples to achieve their full-potential in promoting their sustainable development and improving their quality of life

[World Summit on the Information Society, Declaration of Principles,
<http://www.itu.int/wsis/docs/geneva/20031212.html>]

8

Dlaczego radio?

Fale radiowe niosą informacje do stałych i ruchomych użytkowników z szybkością światła



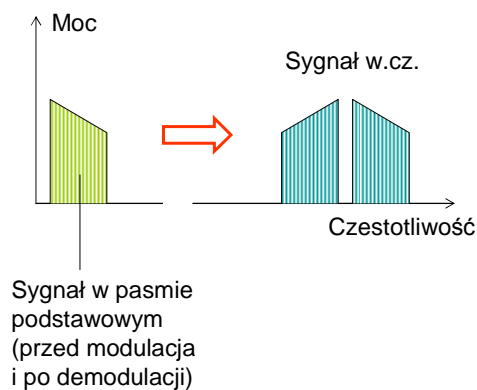
- Połączenie z dowolnego miejsca, w dowolnej chwili...
- Szybkość rozwinięcia sieci – ważne w sytuacjach krytycznych!
- Zbędne kable (produkcja, transport, ułożenie, utrzymanie...)
- Zbędne negocjacje prawa przejścia
- Odporność na narażenia (kradzież, śnieg, wiatr, powódź, ...)
- Większość przyszłych urządzeń - mobilna
- Często najtańsze rozwiązanie

(CC) Ryszard Struzak

9

Translacja częstotliwości

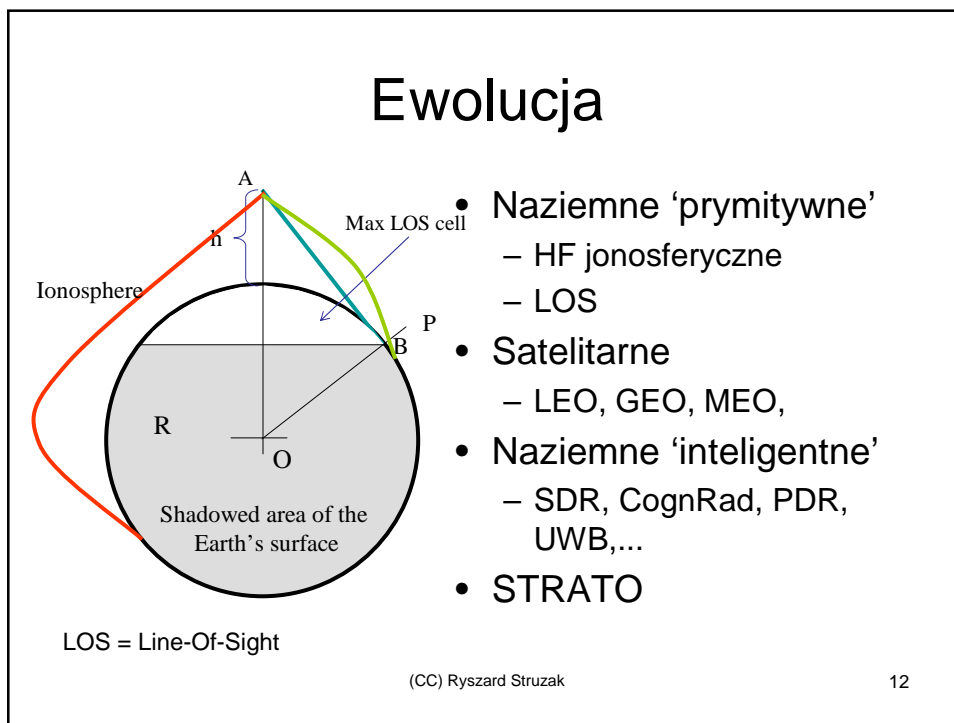
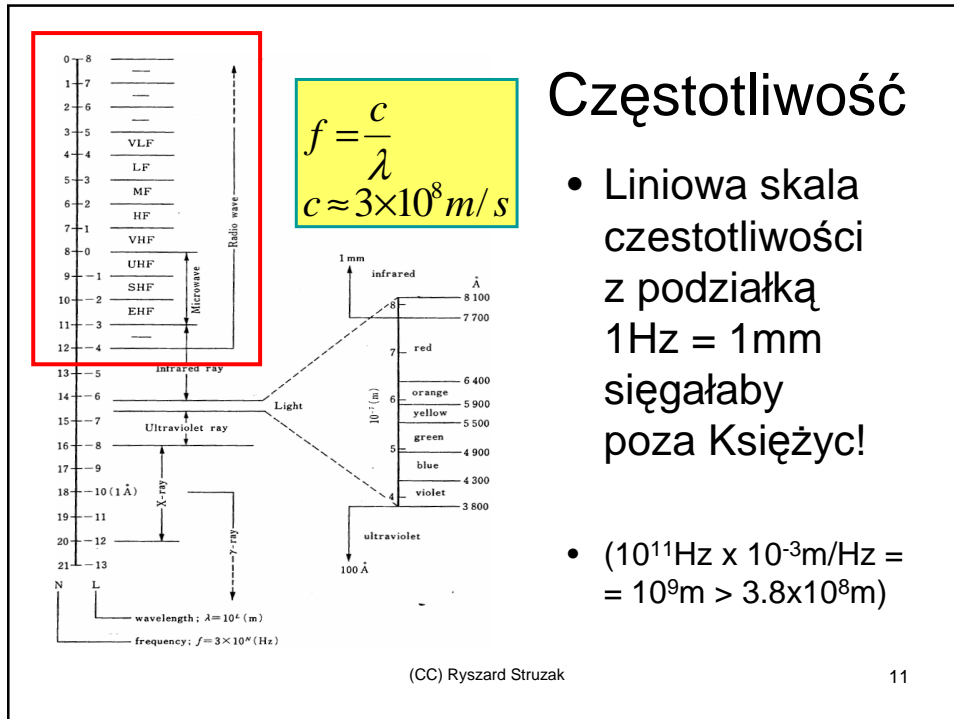
Przykład: mowa 20Hz – (4) 20 kHz



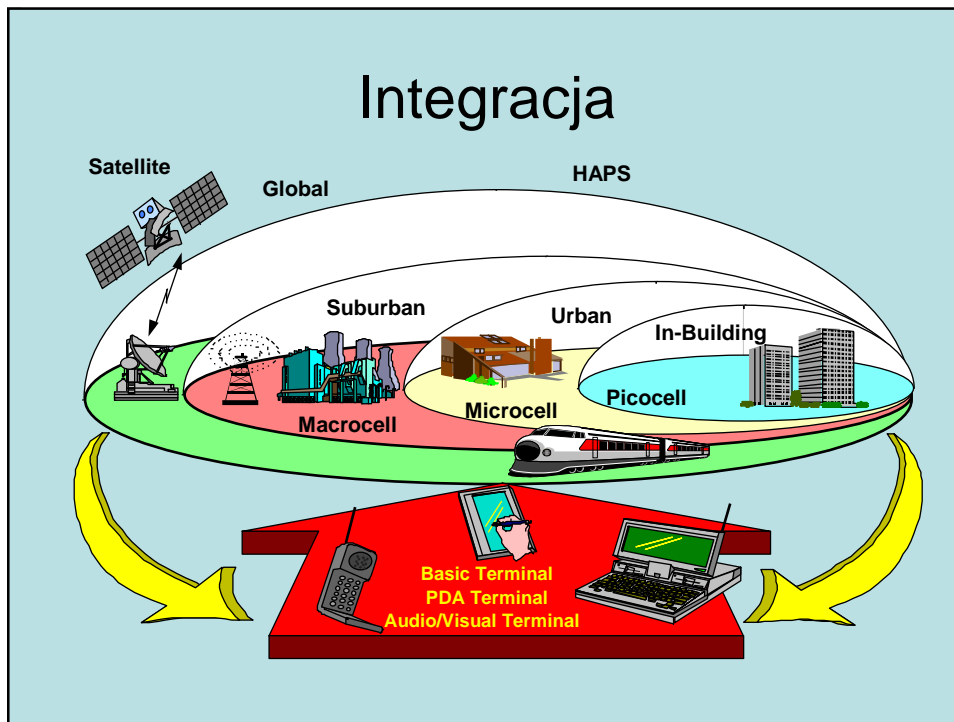
- Pasmo podstawowe zawiera wszystkie składowe niosące informację.
- Modułacja przesuwa je do wielkich częstotliwości aby umożliwić ich wypromieniowanie w postaci fali radiowej.
- Fala radiowa:
 - energia,
 - częstotliwość,
 - prędkość,
 - kierunek,
 - polaryzacja,
 - modułacja
 - protokół
 - kod ...

(CC) Ryszard Struzak

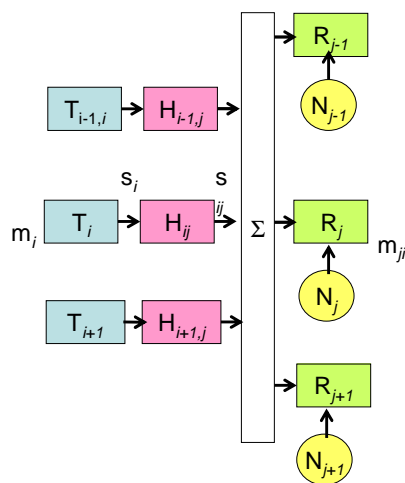
10



Integracja



'Ekologia'



- *Ekologia* (gr. *oikos* + *lógos* - dom + słowo, [wiedza](#), nauka) -- nauka o 'domu' zamieszkałym przez wszystkie organizmy.
- By dom ten był bezpieczny dla wszystkich jego 'mieszkańców' musi panować w nim porządek. [Wikipedia]

Formalizacja

		Nadajniki		
		...	T_j	...
Odbiorniki
	R_j	...	D_{ij}	...

		Nadajniki		
		...	T_j	...
Odbiorniki
	R_j	...	H_{ij}	...

$$D_{ij} = \begin{cases} 1; & S_{jw} \rightarrow \max \\ 0; & S_{ju} \rightarrow 0 \end{cases} \Bigg|_{\text{cond}}$$

$$S_{jw} = \sum_i T_i D_{ij} H_{ij}$$

$$S_{ju} = \sum_i T_i (1 - D_{ij}) H_{ij}$$

W praktyce nie jest możliwe uzyskanie $S_{ju} = 0$

(CC) Ryszard Struzak

15

Konflikty - Zakłócenia

- Wg. praw fizyki, fale radiowe rozchodzą się w całej przestrzeni bez granic
- Fala użyteczna dla X może być niepożądana dla innych i może powodować konflikty (zakłócenia)
- Zakłócenia radiowe -- działanie niepożądanej energii na transmisję sygnałów radiowych
 - degradacja jakości (QoS), błędy transmisji, i/ lub utrata informacji, jakie nie miałyby miejsca w braku tej niepożądanej energii
 - Wiele czynników niekontrolowanych → podejście statystyczne
 - Ilość potencjalnych konfliktów rośnie szybciej niż ilość urządzeń!
 - Efekty zakłóceń mogą być poważne

(CC) Ryszard Struzak

16

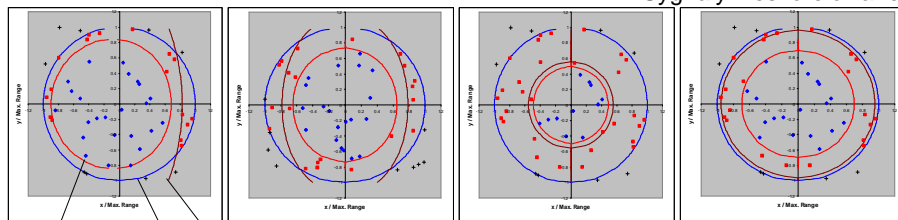
Katastrofa F16



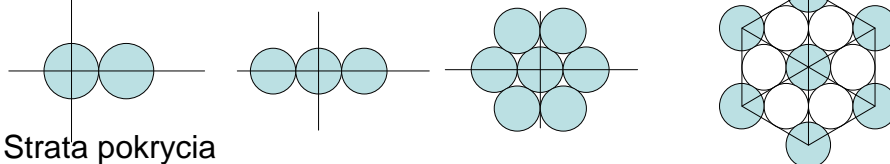
- Myśliwiec F-16 rozbił się kiedy przelatywał w pobliżu nadajnika radiowego Voice of America w RFN
 - F16 jest z natury niestabilny i pilot musi polegać na komputerze pokładowym „fly-by-wire”. W późniejszym okresie F-16 zmodyfikowano. „fly-by-wire” = układ sterowania, w którym brak jest mechanicznego połączenia pomiędzy pilotem samolotu a powierzchniami sterowymi. (Wg NASA Reference Publication 1374, lipiec 1995)

Straty pokrycia

Sygnaly nieskorelowane



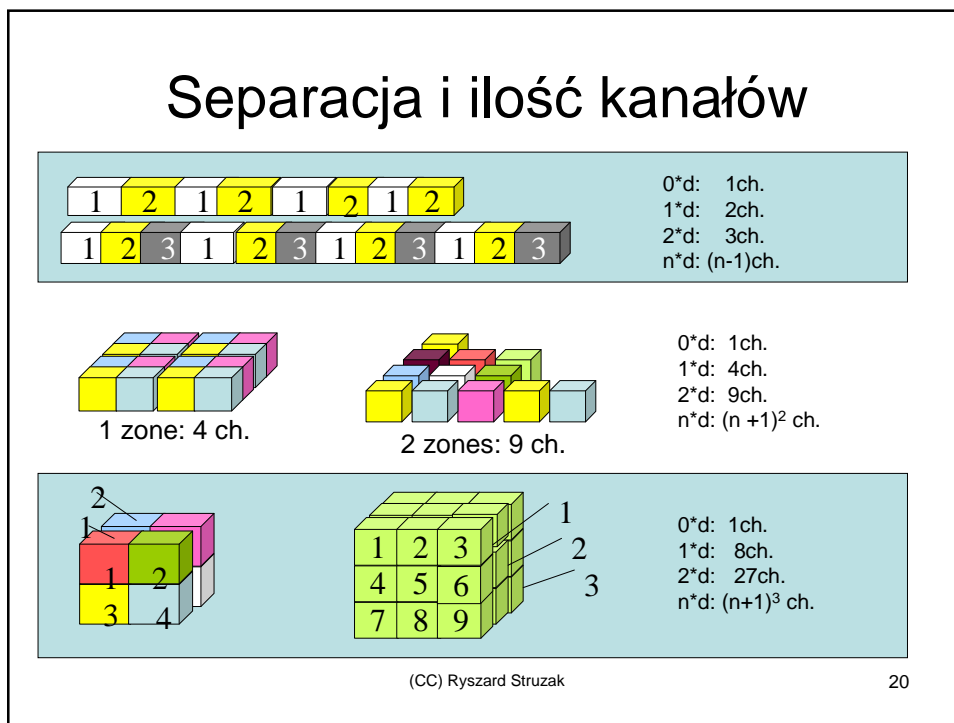
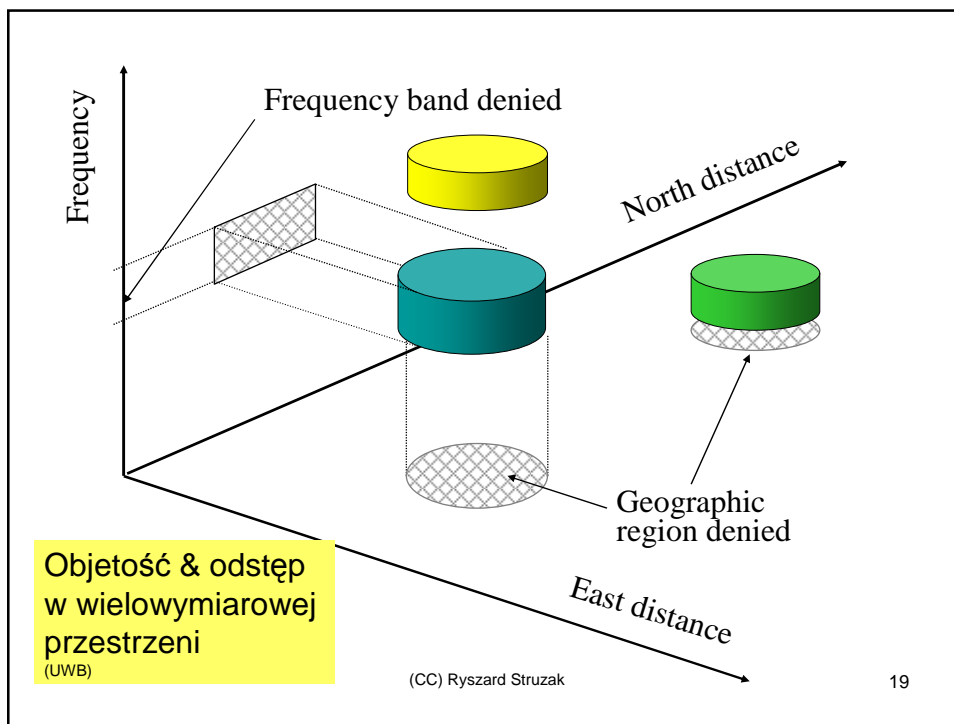
Aktualne I=0 N=0



Strata pokrycia

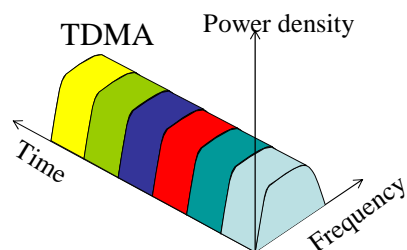
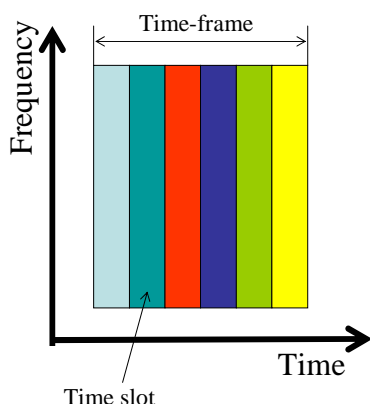
~30%	~50%	~75%	~50%
------	------	------	------

Struzak R: Simulation model for evaluating interference threat to radiocommunication systems; Telecommunication Journal, Vol. 57 – XII/1990, p. 827-839



Koordinacja: dziedzina czasu - TDMA: SFN, ...

Time Division Multiple Access, Single-Frequency Network – kombinacja z OFDM, COFDM



Każdy użytkownik ma zarezerwowany przedział czasu („ramkę czasową” zawierającą grupy impulsów), powtarzany okresowo.

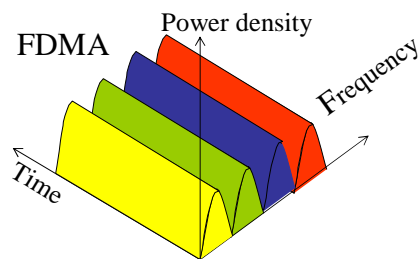
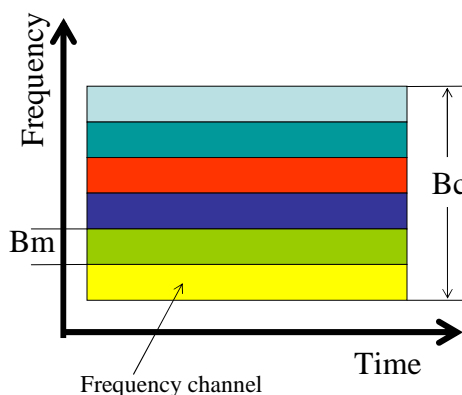
Przykład: DECT (Digital enhanced cordless phone) Ramka trwa 10 ms, zawiera 24 przedziałów czasowych po 417 μ s

(CC) Ryszard Struzak

21

Koordinacja: dziedzina częstotliwości: FDMA, MFN, OFDM, COFDM, ...

Multiple-Frequency Networks, Frequency Division Multiple Access, Orthogonal Frequency-Division Multiplexing



Każdy użytkownik ma zarezerwowany oddzielny kanał (lub grupę kanałów) częstotliwości

Przykład: Telefonii $B_m = 3\text{-}9\text{ kHz}$

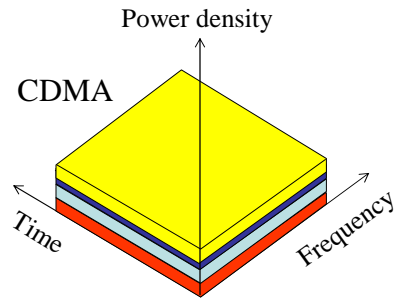
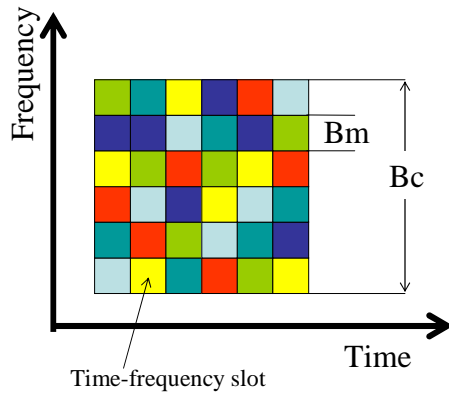
(CC) Ryszard Struzak

22

Koordinacja: dziedzina kodu

(czas + częstotliwość - CDMA, FHSS, DSSS, ...)

Code Division Multiple Access, Frequency-Hopping Spread Spectrum, Direct-Sequence Spread Spectrum



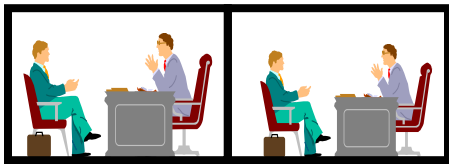
Każdy użytkownik ma zarezerwowaną sekwencję przedziałów „czas-częstotliwość” wg. specyficznego kodu.

(CC) Ryszard Struzak

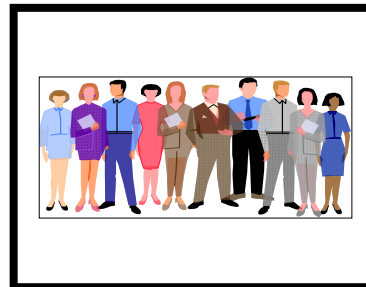
23

Analogie

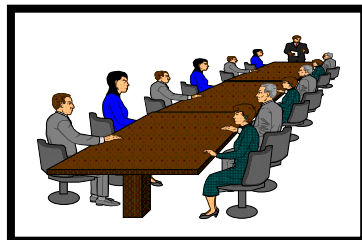
FDMA



CDMA



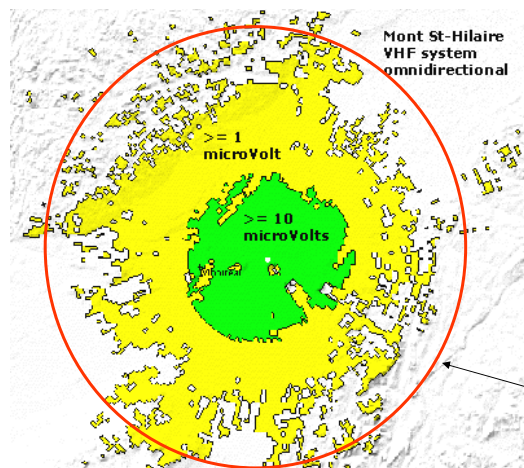
TDMA



(CC) Ryszard Struzak

24

Pokrycie



- Propagacja fal radiowych b.wcz. zależy od wielu czynników

Zasięg 1 uV wg. uproszczonego modelu teoretycznego

Source: <http://www.cplus.org/mw/rme.html>

(CC) Ryszard Struzak

25

Propagacja

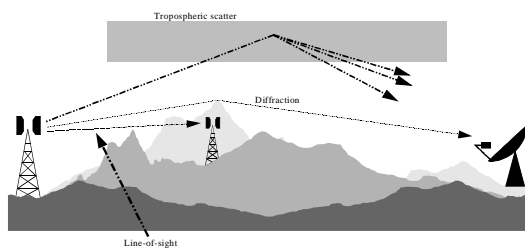
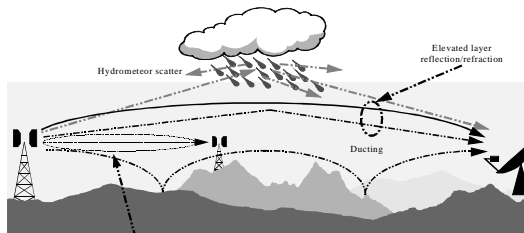


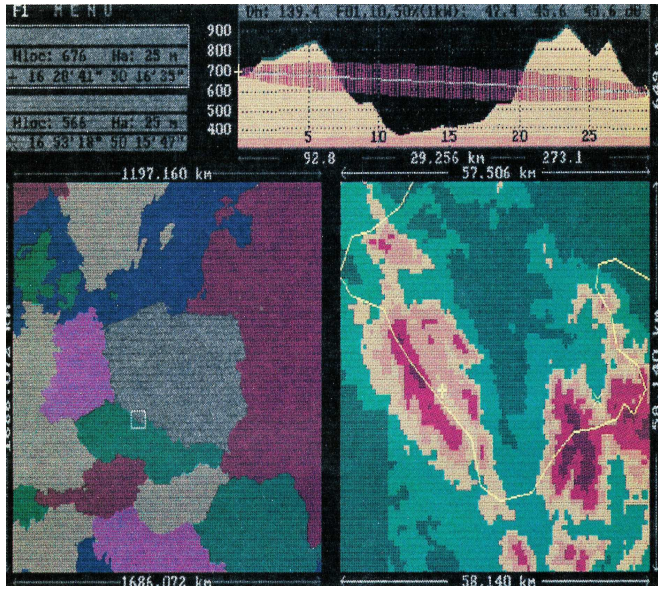
FIGURE 2
Anomalous (short-term) interference propagation mechanisms



ITU

0452-02

26



Pierwszy system symulacyjny wykorzystujący dokładne modele propagacyjne i cyfrowy model środowiska

(Instytut Łączności: Prof. R Struzak, Dr W Sega, Dr W Waszkis, mgr A Marszałek i inni; 1975-1985)

(CC) Ryszard Struzak

27

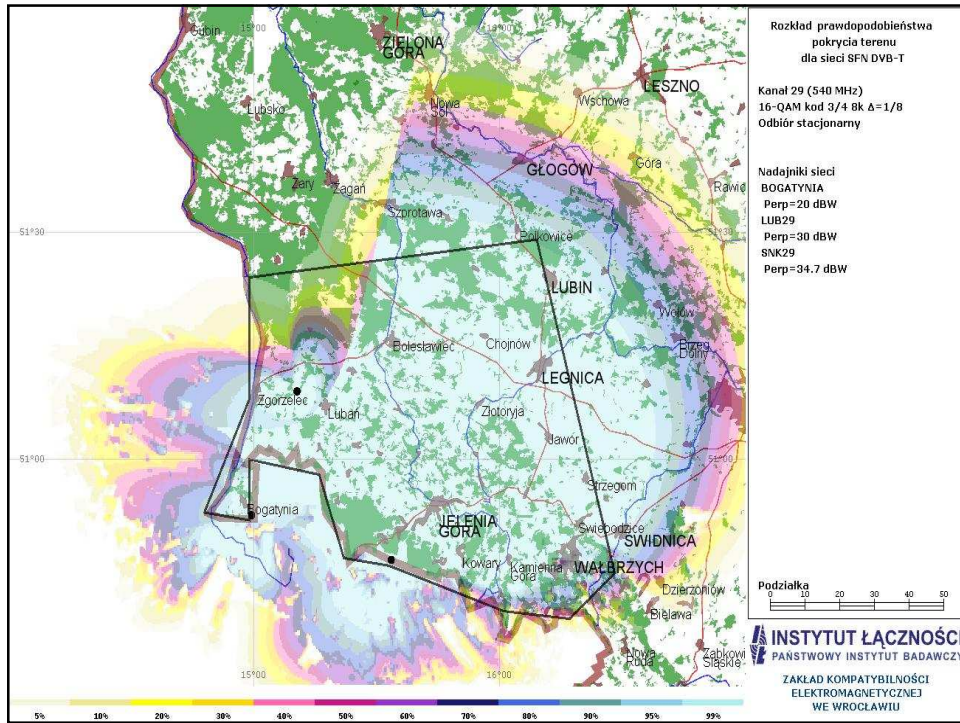


Baza danych

- Rzeźba
- Pokrycie
- Klimat
- Anteny
- Maszty
- ...

(CC) Ryszard Struzak

28



Courtesy: Rohde & Schwarz



Pierwsze Latające Laboratorium Kontrolno-Pomiarowe (Instytut Łączności: prof. R Strużak, Dr E Zernicki i inni; 1975-1985)

Regulacja – po co?

- Zapobiegać konfliktom ‘*ex ante*’
- Chronić przed błędami wolnego rynku
- Osiągać cele socjalne

(CC) Ryszard Struzak

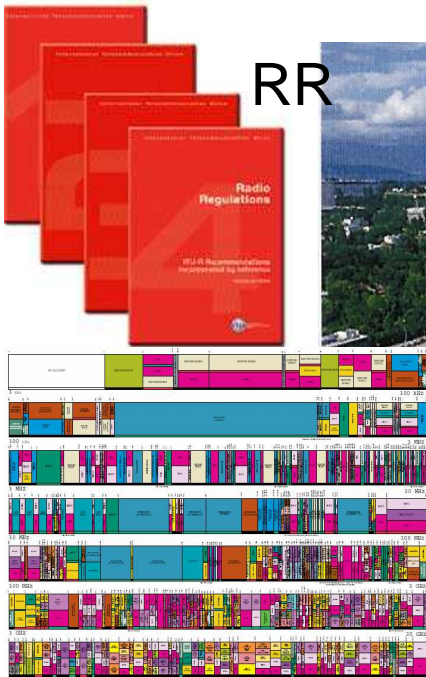
31

- Uzupełnić konkurencję niezbędną dozą współpracy, której wymagają:
 - Racjonalna gospodarka wspólnymi zasobami
 - Współpraca różnych sieci/ operatorów
 - Masowa produkcja urządzeń
- Chronić inwestycje


(CC) Ryszard Struzak

32

RR



- Traktat Międzynarodowy
 - Podstawowe uzgodnień dot. wykorzystania fal radiowych oraz unikania i rozwiązywania konfliktów (4 tomy, ~2000 str. + Zalecenia ITU-R + Procedury RRB; Modyf. od 1906)
 - Widmo EM podzielone na pasma przeznaczone (zarezerwowane) dla (~40) służb radiowych
 - W pasmach współużytkowanych ustalone zasady współdzielenia
- Wymiar ekonomiczny: ~2%PNB



yżard Struzak 33

Widmo fal radiowych: doktryny

- Wspólne dobro dostępne *bez ograniczeń*
 - Zaniechana w latach 1920
- Reglamentowane/ regulowane dobro publiczne
 - Bezpłatny dostęp – radioamatorzy – ISM - ITU ;
 - Płatne Licencje:
 - Pierwszeństwo; 'Konkursy piękności'; 'Losowania'; Aukcje
- Własność prywatna
 - Precedensy: opłaty za 'tranzyt' i 'parking'
 - Wolny rynek, podaż, popyt, kupno, sprzedaż
 - Swoboda przeznaczeń, łączenia, dzielenia, itd. – WTO
 - » Analogia prywatyzacji commons w Anglii XVI w
- Wspólne dobro dostępne bez ograniczeń dla *inteligentnych systemów*

- Społeczeństwo składa się z grup o różnych poglądach i różnych interesach
- Ci, którzy nie mają dostępu do zasobów chcą zmian
- Ci, których potrzeby zostały zaspokojone chcą utrzymania „*status quo*” -- nie chcą utracić korzyści
- Co jest dobre dla jednych nie zawsze jest korzystne dla drugich
- Prawo określa ‘*najlepszy*’ sposób wykorzystania wspólnych zasobów – kryterium ulega zmianom

(CC) Ryszard Struzak

35

Trendy 2



http://ant.edb.miyako-u.ac.jp/INTRODUCTION/Gakken79E/Page_04.html

„Inteligentne”
urządzenia
monitorują
potrzeby
i otoczenie,
komunikują się
i pomagają
sobie
wzajemnie...

jak mrówki...

(CC) Ryszard Struzak

36

- ‘Inteligentna’ sieć kooperujących ze sobą ‘inteligentnych’ robotów komunikacyjnych
- Regulacje, standardy, strategie, protokoły, + *monitoring* + *dynamiczna adaptacja* -- -- wbudowane w hardware i software urządzeń: *SDR*

Source: <http://research.microsoft.com/mesh/>

37

Dlaczego państwo zajmuje się falami radiowymi?

- Widmo fal radiowych to nie tylko fizyka...
- To także “...*technology, industry, money, culture and power...*” [J.D. Bedin]

Dziękuję za uwagę

R. Struzak: Introduction to International Radio Regulations; ICTP 2003 ;
ISBN 92-95003-23-3 http://users.ictp.it/~pub_off/lectures/vol16.html

(CC) Ryszard Struzak

39

Important notes

- Copyright © 2007 Ryszard Struzak. This work is licensed under the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/1.0>) and may be used freely for individual study, research, and education in not-for-profit applications. Any other use requires the written author's permission. These materials and any part of them may not be published, copied to or issued from another Web server without the author's written permission. If you cite these materials, please credit the author.
- Beware of misprints!!! These materials are preliminary notes for my lectures and may contain misprints. If you notice some, or if you have comments, please send these to r.struzak@ieee.org.

(CC) Ryszard Struzak

40