

ZESPÓŁ LABORATORIÓW TELEINFORMATYKI TRANSPORTU

**ZAKŁAD INŻYNIERII TRANSPORTU LOTNICZEGO
I TELEINFORMATYKI (ITLIT)**

**Politechnika
Warszawska**

**Wydział
Transportu**



LABORATORIUM ZITLIT

INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA NR 3

**Emisje i modulacje w systemach łączności radiowej,
radio SDR**

© ZITLIT WT PW, DO UŻYTKU WEWNĘTRZNEGO

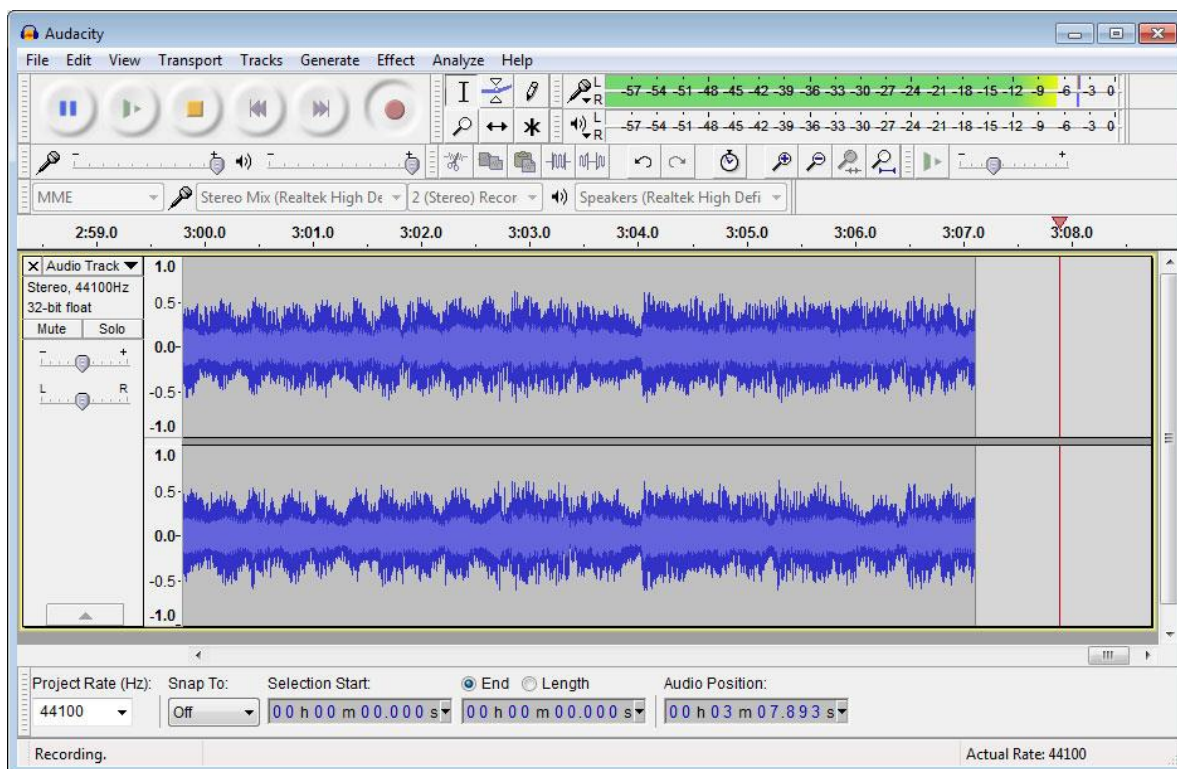
Warszawa 2023

1. Cel i zakres ćwiczenia

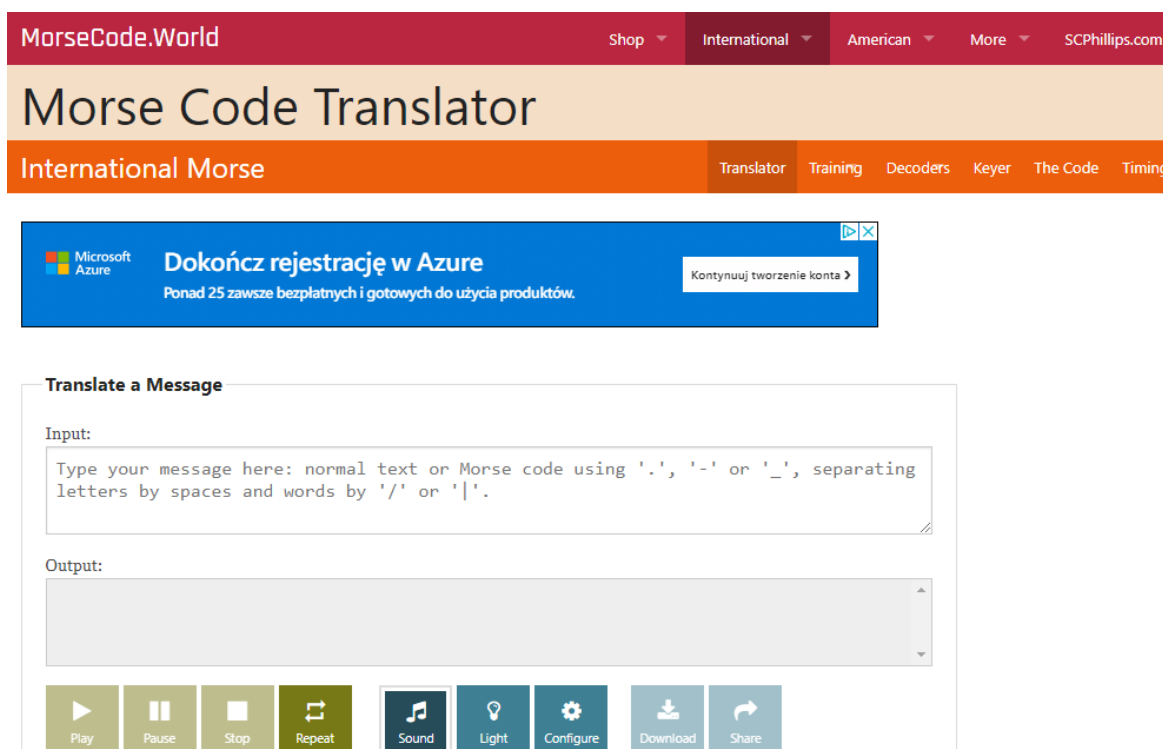
Celem ćwiczenia jest prezentacja elementarnych zagadnień z zakresu radiokomunikacji amatorskiej i profesjonalnej, przy wykorzystaniu tzw. radia programowalnego SDR. Zakres ćwiczenia obejmuje identyfikację m.in. takich parametrów i zagadnień, jak pasmo, widmo, częstotliwość, modulacja czy kodowanie. Dodatkowo przy wykorzystaniu SDR prezentowane są zagadnienia z zakresu obsługi wirtualnych urządzeń nadawczo-odbiorczych a także prowadzenie nasłuchu rzeczywistych emisji radiowych oraz nawiązywanie łączności.

2. Wykaz wykorzystanych przyrządów

- komputer PC z systemem Windows 10,
- program do rejestracji i obróbki dźwięku Audacity (rys. 2.1), dostępny pod adresem: <https://www.audacityteam.org/download/>,
- strona do emisji telegrafii Morse'a (rys. 2.2), dostępna pod adresem: <https://morsecode.world/international/translator.html>,
- strona do dekodowania telegrafii Morse'a (rys. 2.3), dostępna pod adresem: <https://morsecode.world/international/decoder/audio-decoder-adaptive.html>,
- analizator widma online (rys. 2.4) <https://www.edukator.pl/site/?applet=1928> lub oprogramowanie analizatora widma Sonic Visualiser (rys. 2.5) dostępny pod adresu: <https://www.sonicvisualiser.org/download.html>,
- program SeaTTY do otrzymywania raportów pogodowych, ostrzeżeń nawigacyjnych i map pogodowych (rys. 2.6), do pobrania z adresu: <https://www.dxsoft.com/en/products/seatty/>,
- aplikacja (płatna) dla systemu Android LiveATC do pobrania z Google Play https://play.google.com/store/apps/details?id=net.liveatc.liveatc_app lub (bezpłatna) AirRadio <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.w.waplay> (rys. 2.7),
- program SDR Console do obsługi radia SDR i łączności internetowej (rys. 2.8), dostępny do pobrania z adresu: <https://www.sdr-radio.com/download>.



Rys. 2.1 Program do rejestracji i obróbki dźwięku Audacity



Rys. 2.2 Strona do emisji telegrafii Morse'a

The screenshot shows the top navigation bar of the MorseCode.World website. The main header is dark red with the text 'MorseCode.World' on the left and navigation links 'Shop', 'International', 'American', 'More', and 'SCPhillips.com' on the right. Below this is a light orange banner with the title 'Morse Code Adaptive Audio Decoder'. Underneath is a dark orange navigation bar with the text 'International Morse Decoders' and three sub-menu items: 'Audio Decoder', 'Audio Decoder (Expert)', and 'Gaze Decoder'.

Morse Decoder

This is an experimental tool for listening to, analysing and decoding [International Morse code](#) all done in Javascript using the [Web Audio API](#). I know it works in the latest Chrome and Firefox browsers on Windows, it might work in Safari and it just can't work in Internet Explorer. No information from the microphone is transmitted to the server, but the connection to the server is encrypted nonetheless.

If you cannot produce your own Morse code sounds then try using my [Morse code translator](#) to play or download some.

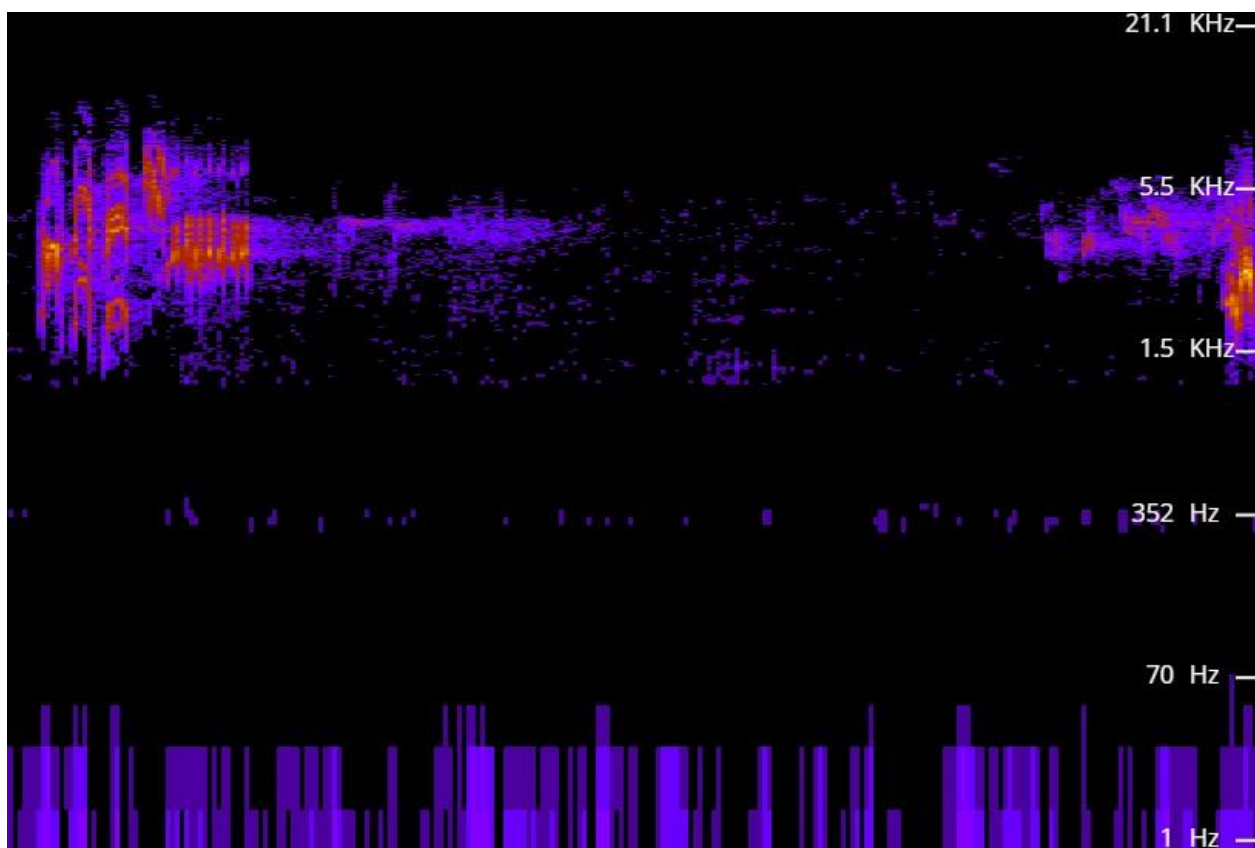
Use the microphone:

Two buttons are shown: a green 'Listen' button with a microphone icon and a light green 'Stop' button with a square icon.

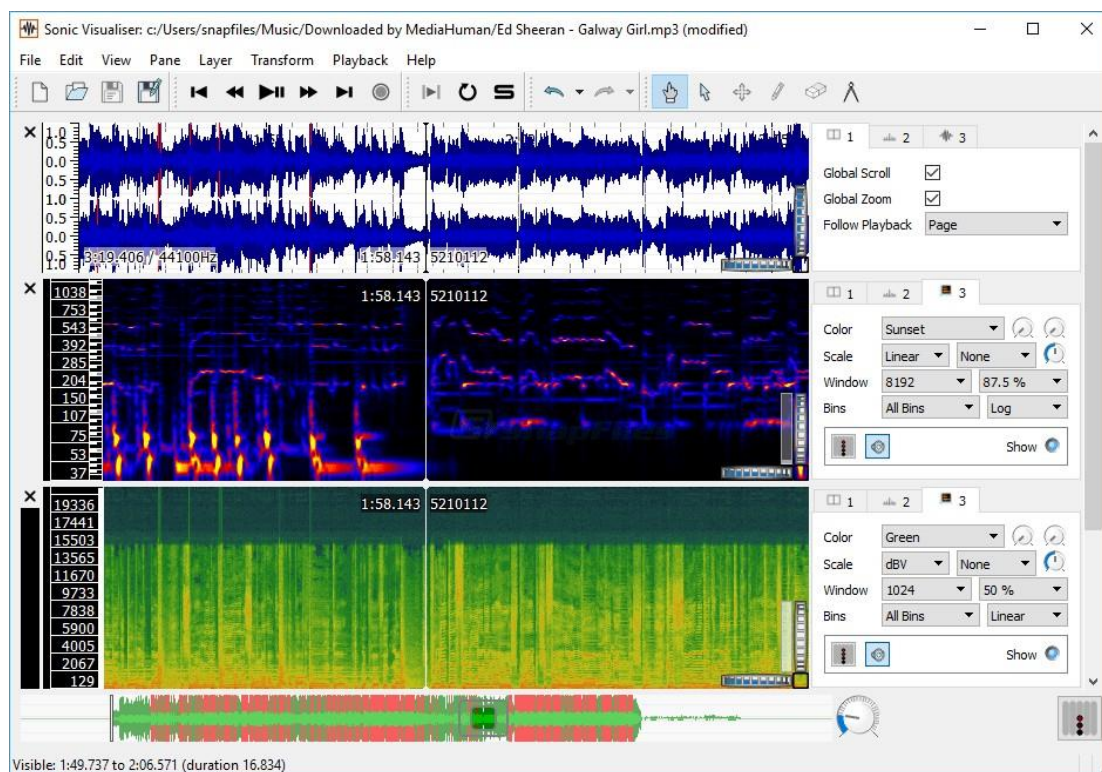
Or analyse an audio file containing Morse code:

Three buttons are shown: a green 'Upload' button with an upload icon, a light green 'Play' button with a play icon, and a light green 'Stop' button with a square icon. To the right of these buttons is the text 'Filename:' followed by a large, empty light grey rectangular input field.

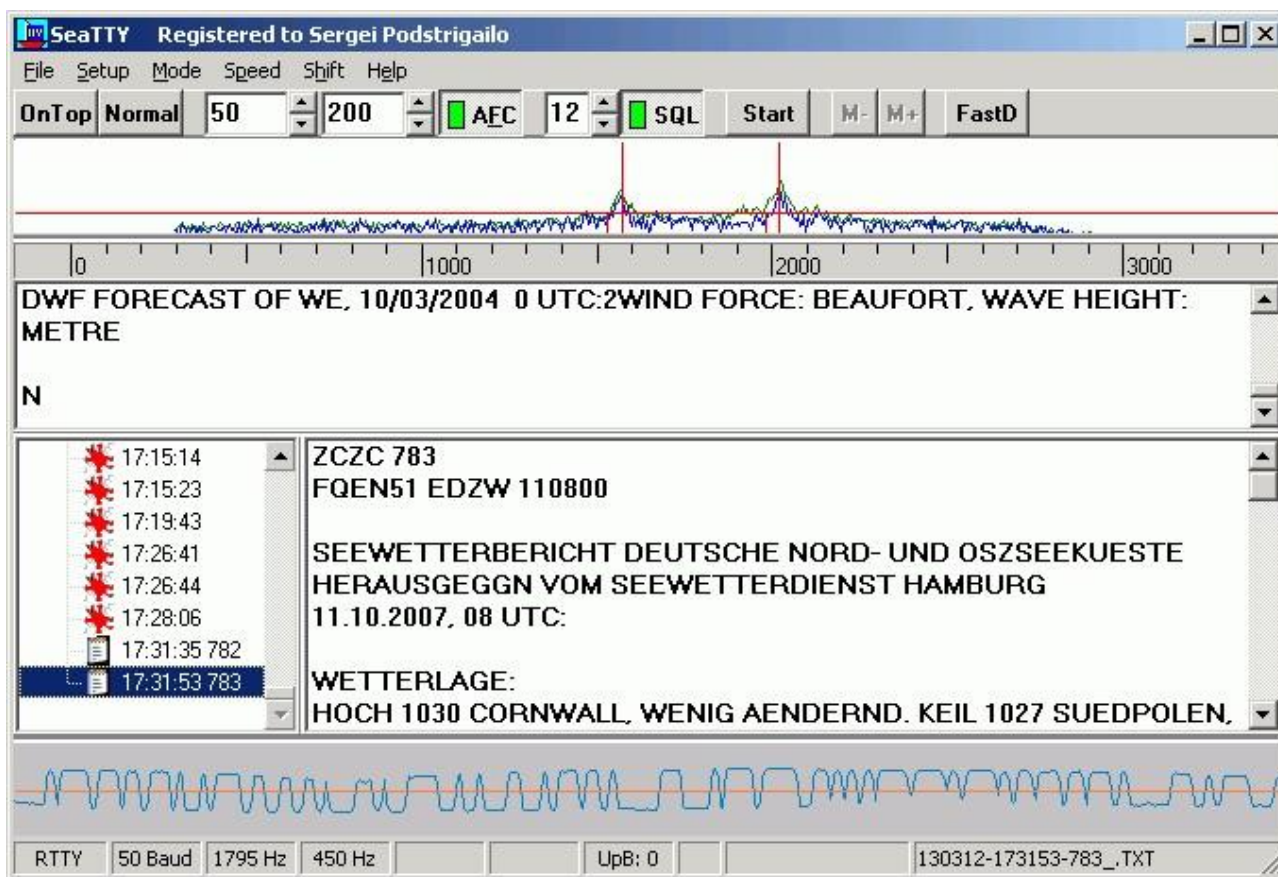
Rys. 2.3 Strona do dekodowania telegrafii Morse'a



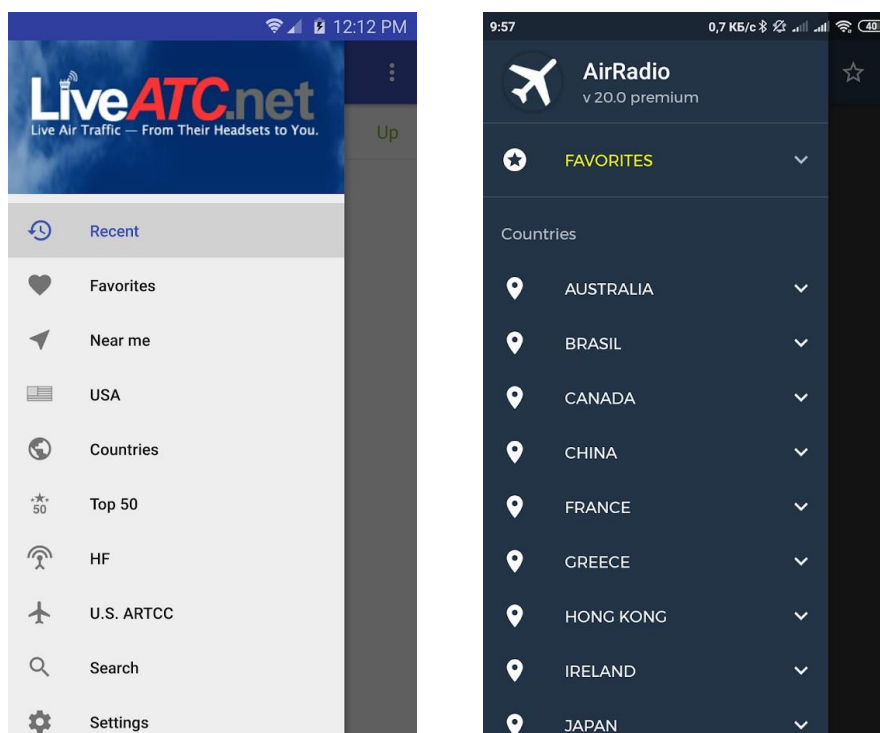
Rys. 2.4 Analizatora widma online



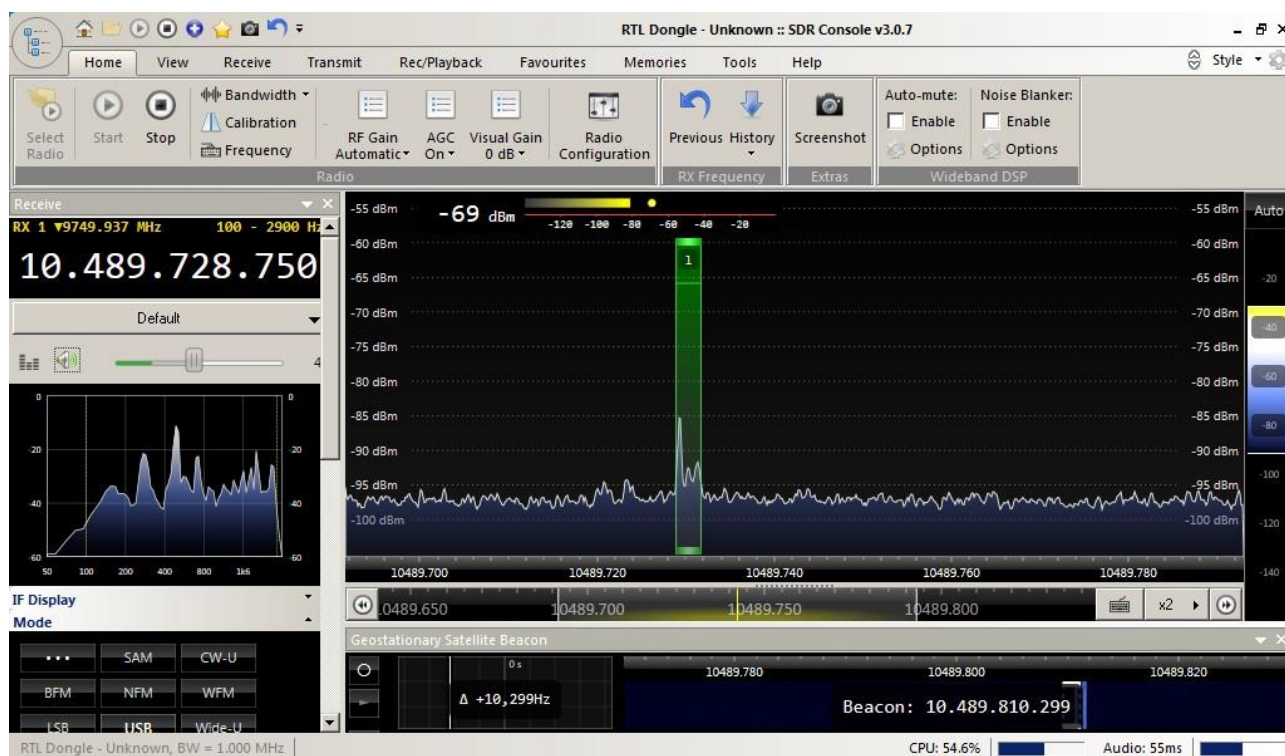
Rys. 2.5 Program analizatora widma Sonic Visualiser



Rys. 2.6 Program SeaTTY do otrzymywania raportów pogodowych, ostrzeżeń nawigacyjnych i map pogodowych



Rys. 2. 7 Aplikacje dla systemu Android LiveATC i AirRadio



Rys. 2.8 program SDR Console do obsługi radia SDR i łączności internetowej

2. Wprowadzenie

Radiokomunikacja to dział telekomunikacji, w którym do przenoszenia sygnałów wykorzystywane są fale elektromagnetyczne, głównie fale radiowe. Początki radiokomunikacji sięgają końca XIX w., kiedy to Guglielmo Marconi i Aleksander Popow, niezależnie od siebie (1895 - 1897 r.) opracowali urządzenia nadawczo-odbiorcze pozwalające na generację, bezprzewodową propagację oraz odbiór fal elektromagnetycznych. Choć trzeba zdawać sobie sprawę, że ich wynalazki nie były by możliwe, gdyby nie wcześniejsze teoretyczne prace J. Maxwella (1865 r.) przewidujące istnienie fal radiowych i doświadczenia H. R. Hertza (1887 r.), które te przewidywania potwierdziły. Początkowo drogą radiową przesyłane były tylko znaki alfabetu Morse'a, ale rozwój techniki, w tym opracowanie generatorów i wzmacniaczy lampowych, pozwolił w latach 20-tych XX w. na przesyłanie drogą radiową także ludzkiego głosu. Początkowo propagacja była realizowana na falach długich i średnich, ale wraz z rozwojem techniki wzrastał też zakres wykorzystywanych częstotliwości, przez fale krótkie i ultrakrótkie, aż po mikrofales. Ogólny podział pasma radiowego prezentuje tabela 1.

Tabela 1. Umowny podział fal radiowych

Częstotliwość	Długość fali	Nazwa tradycyjna	Podział dekadowy (ITU)	Oznaczenie
3 ÷ 30 [kHz]	100 ÷ 10 [km]	bardzo długie	Myriametrowe	VLF (<i>Very Long Frequency</i>)
30 ÷ 300 [kHz]	10 ÷ 1 [km]	długie	Kilometrowe	LF (<i>Low Frequency</i>)
300 ÷ 3000 [kHz]	1000 ÷ 100 [m]	średnie	Hektometrowe	MF (<i>Middle Frequency</i>)
3 ÷ 30 [MHz]	100 ÷ 10 [m]	krótkie	Dekametrowe	HF (<i>High Frequency</i>)
30 ÷ 300 [MHz]	10 ÷ 1 [m]	ultrakrótkie	Metrowe	VHF (<i>Very High Frequency</i>); UKF
300 ÷ 3000 [MHz]	100 ÷ 10 [cm]	mikrofale	decymetrowe	UHF (<i>Ultra High Frequency</i>)
3 ÷ 30 [GHz]	10 ÷ 1 [cm]		Centymetrowe	SHF (<i>Super High Frequency</i>)
30 ÷ 300 [GHz]	10 ÷ 1 [mm]		Milimetrowe	EHF (<i>Extremely High Frequency</i>)
300 ÷ 3000 [GHz]	1 ÷ 0,1 [mm] ¹		decymilimetrowe	

W najogólniejszym przypadku, radiokomunikację można podzielić następująco:

1) ze względu na kierunek transmisji:

- **radiokomunikacja porozumiewawcza**, w której sygnały przesyłane są w dwóch kierunkach między dwoma lub więcej punktami. Przesyłanymi sygnałami mogą być ludzka mowa (w radiotelefonii i telefonii komórkowej), znaki alfanumeryczne lub inne (radiotelegrafia, teledacja) oraz obrazy nieruchome (symilografia) i ruchome (wideokonferencje),
- **radiokomunikacja rozsiewcza** (Radiodyfuzja), gdzie przesyłanie sygnałów odbywa się w z jednego nadajnika do wielu odbiorców. Do tego rodzaju radiokomunikacji zaliczane są radiofonia i telewizja,
- **radiokomunikacja zbiorcza**, w której przekazywanie sygnałów odbywa się z wielu punktów do jednego odbiornika.

2) Ze względu na rozlokowanie elementów systemu radiokomunikacyjnego:

- **Radiokomunikacja stała**, gdzie wszystkie elementy biorące udział w łączności radiowej umieszczone są w nieruchomych obiektach zlokalizowanych na powierzchni Ziemi (np. radiolinie)

- **Radiokomunikacja ruchoma**, gdzie przynajmniej jeden z elementów może się przemieszczać. Do tej kategorii zalicza się systemy konwencjonalne, systemy przywoławcze, systemy trunkingowe, telefonię bezprzewodową (np. DECT) i komórkową (np. GSM) oraz sieci dostępu bezprzewodowego (np. WLAN)
- **Radiokomunikacja satelitarna**, w której do przeprowadzenia łączności wykorzystuje się sztuczne satelity Ziemi umieszczone na orbitach w odległości od 500 km do 40 tys km od powierzchni Ziemi. Do tego typu systemów należą m.in. INMARSAT umożliwiający łączność ze statkami morskimi czy EUTELTRACS, wykorzystywany w transporcie drogowym.

2.1 CB Radio

Za twórcę CB radia uznaje się Amerykanina Ala Gross'a, który pod koniec II Wojny Światowej opracował przenośny radiotelefon pracujący w paśmie 260 MHz. W roku 1945, w Stanach Zjednoczonych zrodziła się koncepcja radia obywatelskiego, czyli wydzielenia zakresu częstotliwości, z którego mogłyby korzystać osoby bez specjalnych kwalifikacji. Początkowo do tego celu przewidziano wykorzystanie pasma 460 – 470 MHz, ale w roku 1958 decyzją amerykańskiej Federalnej Komisji Łączności (FCC - *Federal Communications Commission*) regulującej zasady wykorzystania częstotliwości radiowych na obszarze Stanów Zjednoczonych, dla potrzeb obywateli przeznaczono częstotliwości pasma 27 MHz. Szczególne zainteresowanie łączność CB wzbudziła w połowie lat 70-tych XX w. wśród kierowców ciężarówek, którzy wykorzystywali radiotelefony do informowania się o patrolach policji. W Polsce, oficjalną możliwość korzystania z pasma 27 MHz datuje się na rok 1989, choć wówczas wymagało to odpowiedniego zezwolenia. Od 30 lipca 2004 roku urządzenia CB mogą być używane bez pozwoleń. Najnowszą regulacją prawną tej kwestii jest rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 3 lipca 2007 r., zgodnie z którym, nie jest wymagane pozwolenie radiowe na używanie urządzeń nadawczych lub nadawczo-odbiorczych Radia Obywatelskiego CB (ale wyłącznie w zakresie częstotliwości 26,96 - 27,41 MHz) pracujących z modulacją częstotliwości lub amplitudy (FM/AM/SSB) z mocą wyjściową nadajnika do 4 W dla FM i AM, oraz z mocą 12 W (PEP) dla SSB. To samo rozporządzenie dotyczy także możliwości nielicencjonowanego użytkowania radiotelefonów PMR w paśmie 446 MHz.

Jak z powyższego wynika CB to system łączności radiowej wymagający od użytkowników jedynie posiadania odpowiedniego (homologowanego) sprzętu. W ramach tego systemu

użytkownicy mają do dyspozycji 40 kanałów radiowych o częstotliwościach przedstawionych w tabeli 2.

Tabela 2. Częstotliwości kanałów wykorzystywanych w CB Radio (podstawowa czterdziestka)

NR KANAŁU	CZĘSTOTLIWOŚĆ [MHZ]	UWAGI	NR KANAŁU	CZĘSTOTLIWOŚĆ [MHZ]	UWAGI	NR KANAŁU	CZĘSTOTLIWOŚĆ [MHZ]	UWAGI	NR KANAŁU	CZĘSTOTLIWOŚĆ [MHZ]	UWAGI
1	26,960		11	27,080		21	27,210		31	27,310	
2	26,970	taxi	12	27,100		22	27,220		32	27,320	
3	26,980		13	27,110		23	27,230		33	27,330	
4	27,000		14	27,120		24	27,240		34	27,340	
5	27,010		15	27,130		25	27,250		35	27,350	
6	27,020		16	27,150		26	27,260		36	27,360	
7	27,030		17	27,160		27	27,270		37	27,370	
8	27,050		18	27,170		28	27,280	wywoławczy	38	27,380	
9	27,060	ratunkowy	19	27,180	drogowy	29	27,290		39	27,390	
10	27,070		20	27,200		30	27,300		40	27,400	

Jak z powyższej tabeli można wywnioskować, odstęp międzykanałowy (odstęp między częstotliwościami środkowymi sąsiednich kanałów) wynosi 10 kHz. Wyjątek stanowią częstotliwości **26,990, 27,040, 27,090, 27,140 i 27,190** określane mianem dziur międzykanałowych. Częstotliwości te są wykorzystywane w niektórych systemach alarmowych, systemach zdalnego sterowania (np. klawiatury i myszy bezprzewodowe) oraz przez radiowe urządzenia podsłuchowe dzieciennego pokoju, stąd w celu uniknięcia zakłóceń wykluczono ich wykorzystanie w ramach systemu CB Radio. W Polsce częstotliwości 26,995, 27,045, 27,095, 27,145 i 27,195 [MHz] są stosowane do sterowania modelami.

Do łączności CB wykorzystywane są radiowe urządzenia nadawczo-odbiorcze pozwalające na przetwarzanie mowy na sygnały elektryczne i ich emisję w postaci fali elektromagnetycznej. Przetwarzanie mowy odbywa się poprzez modulację amplitudy (AM) lub modulację częstotliwości (FM). Wytworzony w ten sposób sygnał doprowadzany jest do spolaryzowanej pionowo anteny (a więc linie sił pola elektromagnetycznego są prostopadłe do powierzchni Ziemi) i emitowany z tą samą mocą we wszystkich kierunkach.

W najogólniejszym przypadku, urządzenia do łączności radiowej przyjęto dzielić na:

- Przenośne,
- Przewoźne,
- Stacjonarne.

Podstawowymi parametrami tego typu urządzeń są selektywność (czyli zdolność wyodrębniania sygnału o określonej częstotliwości), czułość odbiornika (zdolność odbioru sygnału o określonym poziomie mocy) oraz moc wyjściowa nadajnika.

Łączność CB realizowana jest w trybie **simpleks**, co oznacza, że w danym momencie na danym kanale radiowym może nadawać tylko jeden użytkownik systemu i dopiero kiedy on zwolni ten kanał mają do niego dostęp pozostali użytkownicy. Natomiast wszelka korespondencja jest odbierana przez wszystkie urządzenia odbiorcze lub nadawczo-odbiorcze, pod warunkiem pracy na odpowiedniej częstotliwości. W trybie tym nie ma więc możliwości równoczesnej korespondencji w dwóch kierunkach. Taką możliwość daje natomiast praca w **trybie dwukierunkowym**, gdzie do dwukierunkowej transmisji wykorzystywane są dwa różne kanały (np. częstotliwości) i nie ma potrzeby przełączania urządzenia między odbiorem i nadawaniem. Oprócz wspomnianych dwóch trybów w literaturze [5] można też znaleźć wyodrębnienie transmisji duosimpleks i semidupleks.

CB radio jest systemem do realizacji łączności o stosunkowo niewielkim zasięgu, choć przy odpowiednim sprzęcie (instalacja antenowa, czułość, odporność na modulację skrośną) i w sprzyjających warunkach propagacyjnych (odbicia od jonosfery) możliwa jest także łączność dalekiego zasięgu (tzw. DX-owa). Przyjmuje się, że radiotelefony przewoźne, stanowiące obecnie zdecydowaną większość wszystkich urządzeń CB, pozwalają na uzyskanie łączności na odległość do 15 km, choć trzeba tu zaznaczyć, że jest to uzależnione od wysokości usytuowania promiennika anteny oraz ukształtowania terenu wpływającego na propagację sygnału.

2.2 Radiotelefony PMR

Radiotelefony PMR (*ang. Private Mobile Radio*) to urządzenia nadawczo-odbiorcze wykorzystujące do łączności 8 kanałów częstotliwościowych w paśmie 446 MHz i pracujące z mocą nie przekraczającą 500 mW. Do łączności wykorzystywany jest kanał częstotliwościowy o szerokości 12,5 kHz, a w celu zmniejszenia zakłóceń międzykanałowych i zapewnienia pewnego poziomu poufności przekazu wykorzystuje się system 38 tonów CTCSS (*ang. Continuous Tone Coded Sub-audible Squelch*). Tony te (nazywane także kodami), to ustalone częstotliwości

podakustyczne z zakresu $67,0 \div 250,3$ Hz emitowane w sposób ciągły razem z sygnałem mowy pozwalające na redukcję zakłóceń wprowadzanych przez innych użytkowników systemu korzystających z tego samego kanału radiowego. Radiotelefony korespondentów odbierają te sygnały i porównując częstotliwość odebranego tonu z własnym wzorcem określają czy są adresatem wychwyconej transmisji. Jeśli występuje zgodność częstotliwości odebranego tonu i zaprogramowanego wzorca, głośnik radiotelefonu zostaje odblokowany i korespondent odbierze treść przekazu. Użytkownicy innych radiotelefonów, pracujących na tej samej częstotliwości radiowej kanału lecz z odmiennym ustawieniem tonu CTCSS nie będą słyszeli treści prowadzonych rozmów ponieważ ich odbiornik nie odblokuje głośnika ze względu na brak zgodności tonów podsłyszalnych. Nie oznacza to jednak, że użytkownik radiotelefonu PMR posiada prywatną częstotliwość radiową, bowiem jest ona dostępna także dla innych uprawnionych użytkowników. Tony CTCSS nie są sposobem kodowania rozmowy i nie powinny dawać użytkownikom poczucia prywatnej korespondencji. Zaznaczyć jednak należy, że w danym momencie może na niej nadawać tylko jeden użytkownik niezależnie od tego jaki kod CTCSS wykorzystuje grupa, do której należy. Kody CTCSS są stosowane do celów uruchamiania i sterowania pracą automatycznych, stacjonarnych stacji retransmisyjnych – inaczej przemienników. Przemienniki wykrywają odpowiedni kod CTCSS po czym załączają nadajnik i powodują retransmisję sygnału korespondenta na innej częstotliwości ze zwiększoną mocą sygnału zapewniając większy zasięg stacji ruchomej PMR.

2.3 Radiotelefony profesjonalne

Jest ich olbrzymia ilość, zarówno pod względem producentów, typów, rodzajów, obsługiwanych mocy i pasm, wersji wykonania itd. Za przykład niech posłużą produkty bardzo popularnego (ze względu na korzystny stosunek ceny do jakości) chińskiego producenta Baofeng, które stały się standardowym wyposażeniem np. strażaków. Kolejną istotną cechą produktów tej firmy (ale nie tylko tej) jest możliwość ROZBLOKOWANIA, co umożliwia pracę (odbiór i nadawanie) w PEŁNYM zakresie VHF 136-174MHz oraz UHF 400-520MHz. UWAGA!!! Kwestia zgodności z prawem nadawania to już oddzielny temat, jednak radio technicznie umożliwia pracę na PMR, zakresie amatorskim, Walkie Talkie, Policji, Straży, Pogotowia, PKP, TAXI, Ochrony, wszelkich innych służb mundurowych, komunalnych, prywatnych firm oraz wiele innych korzystających z tego zakresu częstotliwości.

Przykładem takiego radia jest Baofeng UV-5R, dwupasmowy radiotelefon (duobander) o mocy max. 5 watów z podwójnym wyświetlaczem, klawiaturą DTMF i funkcją „podwójnego odbiornika”, tzw. Dual Watch, czyli możliwości prowadzenia nasłuchu na dwóch kanałach jednocześnie. Oba aktywne kanały wyświetlają się na wyświetlaczu, dzięki czemu możemy mieć jeden ważny kanał w ciągłym nasłuchu oraz drugi, do łączności pomiędzy jednostkami, itd. Radio oczywiście odbiera "używany" kanał w pierwszej kolejności i słucha go do zakończenia transmisji.

Wbudowane radio FM pozwala w przerwach rozmowy słuchać ulubionej stacji, automatycznie przełączając się na wybrany kanał po odebraniu sygnału od drugiej stacji. Podstawa zasilająca pozwala ładować tak radiotelefon jak i samą baterię.



Rys. 2.3.1 Radiotelefon Baofeng UV-5R

Jak podaje producent zakres częstotliwości odbioru [RX] zawiera się w wartościach 136 – 174MHz, 400 – 520MHz oraz 68-108MHz (radio FM) natomiast nadawania [TX] 136 – 174MHz, 400 – 520MHz. Jest to na pewno mocną stroną tego radia albowiem w zakresie obsługiwanych częstotliwości zawiera się całe krótkofalarskie pasmo 2m (144 Mhz) oraz 70cm (430 Mhz). Ponadto mamy do dyspozycji „coś” poza pasmem i tutaj dobra wiadomość dla tych, którzy nie chcą podjąć próby zdania egzaminu na operatora urządzeń radiowych w służbie radiokomunikacyjnej amatorskiej. Otóż na znanych portalach aukcyjnych z łatwością można kupić licencję na użytkowanie danej częstotliwości. Polega to na tym, iż przedsiębiorstwo wykupuje od Urzędu Komunikacji Elektronicznej jakąś częstotliwość i potem „odsprzedaje” je docelowemu klientowi (jedynie użytkowanie). W praktyce wygląda to tak, że wyszukujecie aukcję, wydajecie około 30 złotych i macie możliwość użytkowania dwóch częstotliwości przez okres 10 lat. Haczyk polega na tym, iż musicie mieć w posiadaniu konkretne radio tj. np. właśnie opisywanego Baofenga UV-5R i korzystać z jego oryginalnej anteny. Podłączenie tego radia do stacjonarnej instalacji antenowej nie będzie zgodne z warunkami zawartej umowy. Bardziej szczegółowy opis jest dostępny np. na stronie: <https://edc79blog.wordpress.com/2018/12/26/radiostacja-baofeng-uv-5r/>.

3. Podstawowe rodzaje modulacji stosowane w radiokomunikacji

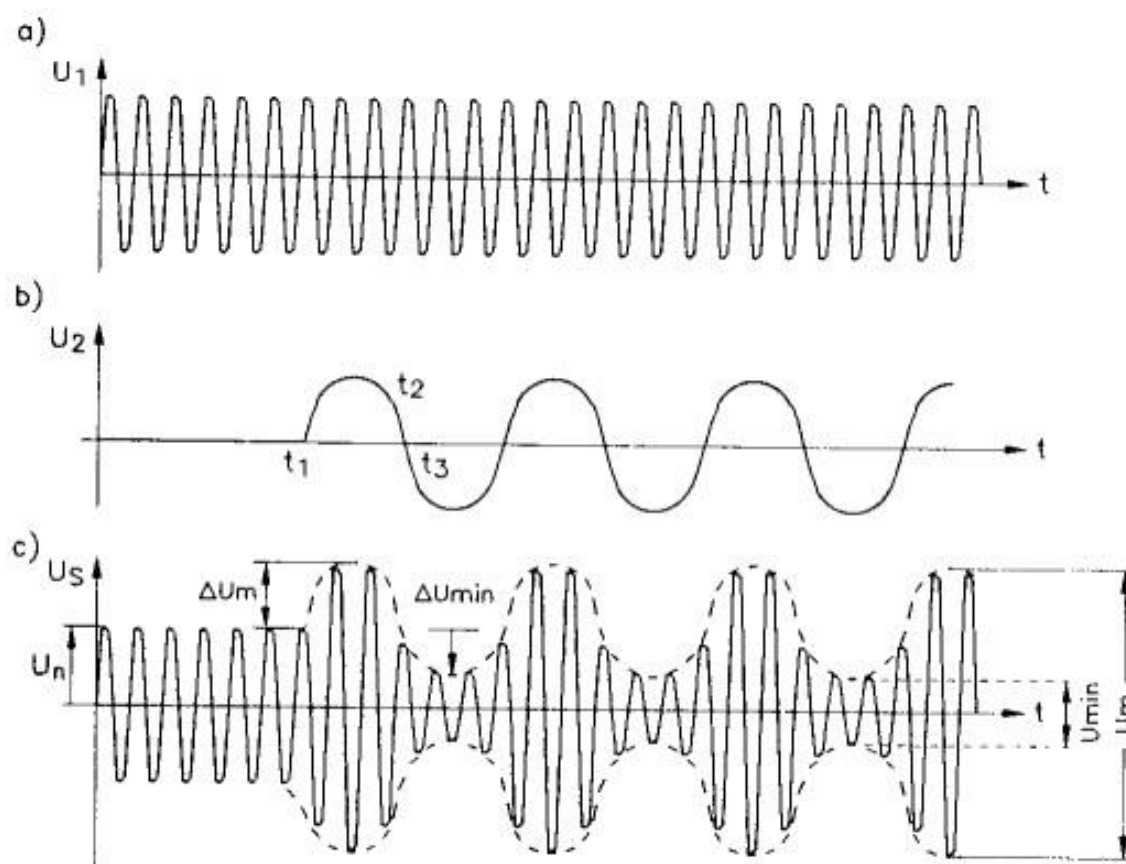
W prostych systemach radiokomunikacji wykorzystuje się 3 podstawowe rodzaje modulacji analogowej. W przypadku modulacji ciągłej, w zależności od tego, który z parametrów fali nośnej jest zmieniany w takt sygnału informacyjnego, wyróżnia się **modulację amplitudy (AM)**, **modulację fazy (PM)** i **modulację częstotliwości (FM)**.

Modulacja to proces przekształcania w nadajniku sygnału informacyjnego rozumianego jako różnowartościowa funkcja czasu (np. mowa ludzka) do postaci dogodnej dla transmisji przez kanał telekomunikacyjny, polegający na zmienianiu jednego z parametrów fali nośnej zgodnie ze zmianami tego sygnału informacyjnego. Ujmując rzecz bardziej obrazowo, modulacja stanowi przeniesienie sygnału informacyjnego do zakresu częstotliwości o kilka rzędów wielkości wyższego od tego sygnału i w związku z tym bardziej dogodnego do transmisji. Najbardziej ogólnie, modulacje dzielimy na ciągłe i impulsowe. Modulacje ciągłe, ze względu na charakter fali nośnej, nazywane są również modulacjami sinusoidalnymi. Natomiast w modulacji impulsowej „falę nośną” stanowi okresowy ciąg impulsów prostokątnych.

3.1 Modulacja AM

Modulacja amplitudy (*Amplitude Modulation*) jest najstarszym i najprostszym sposobem modulacji wykorzystywanym w systemach radiokomunikacji ruchomej. Stosowana jest ona w urządzeniach pracujących w zakresie fal długich, średnich i krótkich.

Modulacja amplitudy polega na nakładaniu sygnału modulującego f_m (rys 3.1.b) na częstotliwość nośną f_s (rys 3.1.a) w ten sposób, że w takt zmian napięcia sygnału modulującego zmiana ulega wartość amplitudy sygnału modulowanego, przy czym $f_s \gg f_m$. Ilustrację tego procesu przedstawia rysunek 3.1.



Rys. 3.1 Modulacja amplitudy

Równanie opisujące częstotliwość nośną f_s o pulsacji Ω jest następujące:

$$f_s = A_0 \sin(\Omega t) \quad (1)$$

gdzie f_s – częstotliwość fali nośnej [Hz]

A_0 – amplituda fali nośnej [V]

$\Omega = 2 \cdot \pi \cdot f_s$ gdzie $\Omega \gg \omega$ – pulsacja sygnału nośnego [Hz]

Równanie opisujące przebieg modulujący f_m o pulsacji ω (sygnał przenoszący informacje) jest następujące:

$$f_m = A_m \sin(\omega t + P) \quad (2)$$

gdzie f_m – częstotliwość fali modulującej [Hz]

A_m – amplituda sygnału modulującego [V]

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f_m$ – pulsacja sygnału modulującego [Hz]

P – moc sygnału modulującego [W]

Równanie opisujące sygnał po procesie modulacji amplitudy jest następujące:

$$y(t) = (A_0 + A_m \sin(\omega t + P)) \sin(\Omega t) \quad (3)$$

Podstawowym parametrem charakteryzującym modulację amplitudy jest współczynnik głębokości modulacji.

Współczynnik głębokości modulacji m wyraża stosunek zmian amplitudy przebiegu modulującego do amplitudy fali nośnej. Wartość tego współczynnika określa wzór:

$$m = \frac{A_m}{A_0} = k_a A_m \quad (4)$$

gdzie: A_0 – amplituda fali nośnej [V]

A_m – amplituda sygnału modulującego [V]

k_a – współczynnik proporcjonalności przyjmujący wartości z zakresu (0;1)

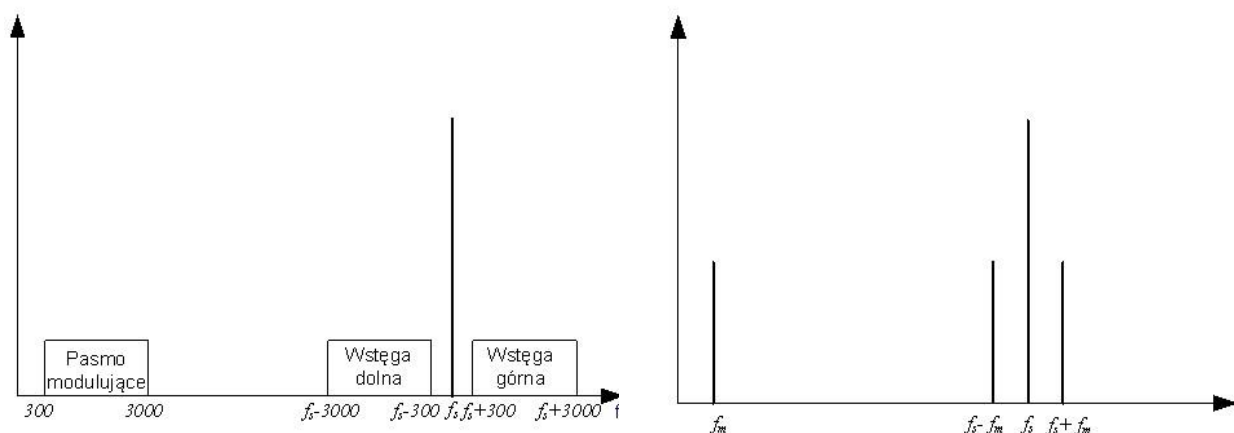
Współczynnik głębokości modulacji często wyrażany jest w procentach i wyliczany ze wzoru:

$$m = \frac{A_m - A_0}{A_0} * 100\% \quad (5)$$

a uzyskana w ten sposób wielkość określana jest mianem **sprawności modulacji**.

Współczynnik ten nie powinien przekraczać wartości 1 (100 %), w przeciwnym bowiem wypadku nastąpi przemodulowanie sygnału, co spowoduje zniekształcenie jego obwiedni i problemy z odtworzeniem z niego sygnału informacyjnego w procesie demodulacji. Z praktycznego punktu widzenia przyjmuje się, że wartość współczynnika głębokości modulacji powinna oscylować w okolicy 80%, co zapewnia odpowiednią rezerwę na sygnały o większych chwilowych wartościach amplitudy.

W procesie modulacji amplitudy pojedynczym sygnałem f_m wokół częstotliwości nośnej f_s powstają dwa prążki o jednakowych amplitudach i częstotliwościach $f_s - f_m$ oraz $f_s + f_m$. W systemach radiokomunikacji ruchomej sygnałem modulującym jest zazwyczaj ludzka mowa czyli sygnał akustyczny o określonym paśmie. W przypadku systemów radiowych przyjmuje się, że to pasmo tworzy przedział $\langle 300, 3000 \rangle$ [Hz]. W związku z powyższym, w rzeczywistych systemach, wokół częstotliwości nośnej powstają dwie odpowiednie wstęgi boczne, rys.3.2.



Rys. 3.2 Widmo sygnału AM

Jak można wywnioskować z rysunku 3.2.b, zmodulowany przebieg AM, w związku z występowaniem wstęg górnej i dolnej, zajmuje dwukrotnie większe pasmo niż sam sygnał modulujący. Dokładniej rzecz ujmując, pasmo sygnału AM jest dwukrotnie większe od maksymalnej wartości częstotliwości sygnału informacyjnego. Z punktu widzenia wydatku

energetycznego transmisja takiego sygnału jest nieefektywna, stąd powstały modulacje amplitudy eliminujące nadmierne zapotrzebowanie na energię, takie jak modulacja amplitudy z wytłumioną falą nośną DSB czy modulacja jednowstęgowa SSB.

3.2 Modulacja FM

Modulacja FM (*Frequency Modulation*) czyli modulacja częstotliwości jest postacią modulacji kąta, przy której częstotliwość chwilowa $f_i(t)$ sygnału nośnego zmienia się liniowo wraz z sygnałem informacyjnym zgodnie z zależnością (5), natomiast amplituda pozostaje bez zmian:

$$f_i(t) = f_s + k_f m(t) \quad (5)$$

gdzie: f_s – częstotliwość modulowanej fali nośnej [Hz],
 k_f – czułość częstotliwościowa modulatora (indeks modulacji) [Hz/V],
 $m(t)$ – sygnał informacyjny [V],
 t – czas [s]

przy czym zaznaczyć należy, że sygnał informacyjny (modulujący) jest postaci:

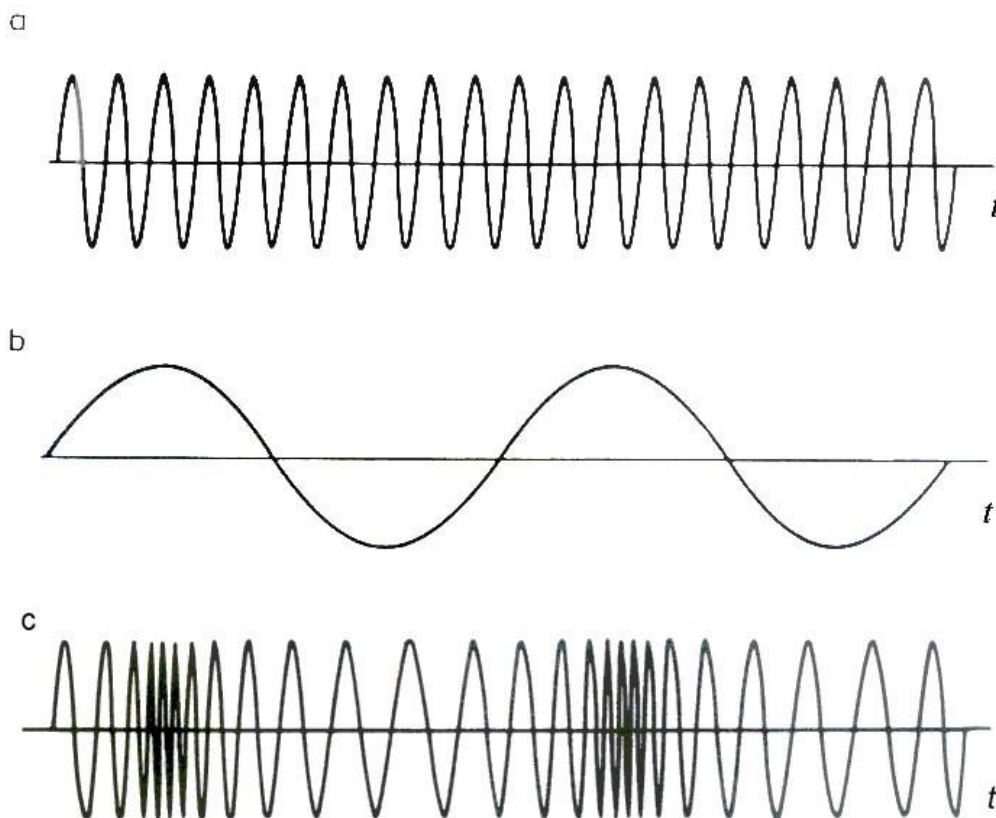
$$m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t) \quad (6)$$

gdzie: A_m – amplituda sygnału modulującego [V]
 f_m – częstotliwość sygnału modulującego [Hz]

W efekcie nakładania sygnału informacyjnego na sygnał nośny powstaje zmodulowany przebieg FM wyrażany równaniem:

$$s(t) = A_0 \cos \left[2\pi f_s t + 2\pi k_f \int_0^t m(t) dt \right] = A_0 \cos [2\pi f_s t + \beta \sin(2\pi f_m t)] \quad (7)$$

gdzie: A_0 – amplituda fali nośnej [V],
 β - wskaźnik modulacji [rad]



Rys. 3.3 Sygnał FM uzyskiwany przy modulacji pojedynczym tonem

a) fala nośna, b) sinusoidalny sygnał modulujący, c) sygnał zmodulowany częstotliwościowo

Przykładowy przebieg sygnału FM w powiązaniu z przebiegiem nośnym i sygnałem przedstawiony jest na rys. 3.3. Zaznaczyć należy, że rysunek 3.3 przedstawia przypadek najprostsz tzn. sygnał zmodulowany jednym tonem sinusoidalnym, natomiast w rzeczywistych systemach radiokomunikacyjnych sygnałem modulującym jest pasmo rozmówne, czyli dla telefonii zakres 300-3400 Hz.

Modulację częstotliwości charakteryzują dwa parametry:

- **dewiacja częstotliwości** będąca maksymalnym odchyleniem częstotliwości chwilowej $f_i(t)$ sygnału FM od częstotliwości nośnej f_s wyrażona wzorem:

$$\Delta f = k_f A_m, \quad (8)$$

Inaczej mówiąc, dewiacja to różnica między najniższą i najwyższą częstotliwością fali nośnej w trakcie modulacji, a sygnał zmodulowany częstotliwościowo zmienia się w zakresie $\langle f_s - \Delta f; f_s + \Delta f \rangle$

- **wskaźnik modulacji** stanowiący stosunek dewiacji częstotliwości Δf do częstotliwości modulującej f_m

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m}, \quad (9)$$

Ze wzoru (9) wynika, że dewiacja częstotliwości jest proporcjonalna do amplitudy sygnału modulującego i nie zależy w żaden sposób od jego częstotliwości. Przyjęcie dużej, w stosunku do maksymalnej częstotliwości modulującej, wartości tego parametru (czyli co za tym idzie także dużego wskaźnika modulacji) pozwala na ograniczenie zakłóceń częstotliwościowych pojawiających się podczas transmisji przez kanał radiowy, gdyż zarówno zakłócenia atmosferyczne, jak i radiowe wpływają głównie na amplitudę sygnału wielkiej częstotliwości, a nie na jego częstotliwość. Jednak okupione jest to wzrostem zajętości pasma sygnału FM.

W zależności od wartości wskaźnika modulacji, wyróżnia się dwa rodzaje modulacji FM:

- wąskopasmową, gdy β jest mniejszy lub równy 1 [rad],
- szerokopasmową, gdy $\beta > 1$ [rad]

Dla dużych wartości wskaźnika modulacji β szerokość pasma transmisyjnego zbliża się do pełnego zakresu zmian częstotliwości $2\Delta f$, pozostając nieznacznie od niego większa. Z drugiej strony dla małych wartości wskaźnika modulacji β , widmo sygnału FM ogranicza się efektywnie do częstotliwości nośnej f_s i jednej pary częstotliwości bocznych $f_s \pm f_m$, tak, że szerokość pasma jest bliska $2f_m$. Do oszacowania szerokości pasma B zajmowanego przez sygnał FM zmodulowany pojedynczym tonem sinusoidalnym f_m (rozważania dotyczące modulacji niesinusoidalnej można znaleźć np. w [3]) służy empiryczna Reguła Carsona, wyrażona wzorem:

$$B = 2 (\Delta f_{max} + f_{mmax}) \quad (10)$$

Ze wzoru (7) wynika, że zmodulowany częstotliwościowo sygnał $s(t)$ jest nieliniową funkcją modulującego sygnału $m(t)$, mimo że częstotliwość chwilowa zmienia się liniowo wraz z sygnałem modulującym. Oznacza to, że modulacja częstotliwości jest procesem nieliniowym. Powoduje to, że

widmo sygnału FM nie jest w prosty sposób związane z widmem sygnału modulującego. Przebieg zmodulowany częstotliwościowo składa się z częstotliwości nośnej i wstęg bocznych, złożonych z prążków przyległych do częstotliwości nośnej i powtarzających się w odstępach równych częstotliwości modulującej. Amplituda i liczba występujących par prążków, a więc i szerokość zajmowanego pasma zależy od wartości wskaźnika modulacji, a więc zmienia się w zależności od wartości dewiacji lub częstotliwości modulującej.

Ważną cechą sygnału FM jest jego stała obwiednia, równa amplitudzie fali nośnej, gdyż jedną z pożądanych cech modulacji stosowanych w radiokomunikacji ruchomej jest stałość obwiedni sygnału zmodulowanego, wynikająca z konieczności wykorzystywania całej charakterystyki wzmacniacza mocy, również w jej nieliniowym zakresie.

Modulacja częstotliwości, w porównaniu z modulacją amplitudy wykazuje dwie zasadnicze zalety tzn. stałą moc przebiegu zmodulowanego, niezależną od wskaźnika modulacji oraz mniejszą podatność na zakłócenia. Natomiast wadą modulacji FM jest mniejszy zasięg niż AM oraz zajmowanie szerszego pasma i konieczność stosowania bardziej skomplikowanych układów elektrycznych.

4. Emisje i modulacje radiowe

Emisja radiowa to po prostu wysyłanie sygnałów za pomocą promieniowania fal radiowych. Jednak sposobów „przygotowania” fali do jej wysłania w przestrzeń radiową, a także zapisania w niej informacji jest bardzo wiele. W celu ich łatwego rozróżnienia stosuje się krótkie, kodowe oznaczenie. Przykładowo **A1A**.

I tak:

- pierwszy znak określa rodzaj modulacji,
- drugi znak określa naturę sygnału modulującego falę nośną,
- trzeci znak określa rodzaj przekazywanej informacji.

Znak pierwszy (rodzaj modulacji):

Amplitudowe:

A - dwie wstęgi boczne

- H - jedna wstęga boczna, pełna fala nośna
- R - jedna wstęga boczna, zredukowana lub regulowana fala nośna
- J - jedna wstęga boczna, wytłumiona fala nośna
- B - niezależne wstęgi boczne
- C - szczątkowa wstęga boczna

Kątowe:

- F - modulacja częstotliwości
- G - modulacja fazy
- D - modulacja w amplitudzie i fazie (jednocześnie lub sekwencyjnie)

Impulsowe:

- P - niemodulowana sekwencja impulsów
- K - sekwencja impulsów modulowanych w amplitudzie
- L - sekwencja impulsów z modulacją szerokości (czasu)
- M - sekwencja impulsów z modulacją położenia (fazy)
- Q - sekwencja impulsów, w których fala nośna jest modulowana kątowo w czasie trwania impulsu
- V - sekwencja impulsów będących kombinacją powyższych lub innych
- W - przypadki nie ujęte powyżej
- X - inne przypadki nie ujęte powyżej

Znak drugi (natura sygnału modulującego):

- 0 - brak sygnału modulującego
- 1 - pojedynczy kanał modulujący, zawierający informację skwantowaną lub cyfrową, bez użycia podnośnej (bez TDM - multipleksowania z podziałem czasu)
- 2 - pojedynczy kanał modulujący, zawierający skwantowaną lub cyfrową informację z użyciem podnośnej (bez TDM)
- 3 - pojedynczy kanał modulujący, zawierający informację analogową
- 7 - dwa lub więcej kanałów modulujących, zawierających informację skwantowaną lub cyfrową

- 8 - dwa lub więcej kanałów modulujących, zawierających informację analogową
- 9 - sygnał złożony z jednego lub więcej kanałów zawierających informację skwantowaną lub cyfrową oraz jednego lub więcej kanałów zawierających informację analogową
- X - przypadki nie ujęte powyżej

Znak trzeci (rodzaj przekazywanej informacji):

- N - brak nadawanej informacji
- A - telegrafia dla odbioru słuchowego
- B - telegrafia dla odbioru automatycznego
- C - Faksymile
- D - transmisja danych, telemekatronika, zdalne sterowanie
- E - telefonia (i radiofonia)
- F - telewizja (sygnał wizji)
- W - kombinacja powyższych
- X - przypadki nie ujęte powyżej

AM (modulacja amplitudy) - często stosowana w radiach CB do użycia w podstawowej czterdziestce, dostępna w wielu urządzeniach krótkofalarskich. Polegają na kodowaniu sygnału informacyjnego (szerokopasmowego o małej częstotliwości) w chwilowych zmianach amplitudy sygnału nośnego. Uzyskany w wyniku sygnał zmodulowany jest sygnałem wąskopasmowym, który nadaje się np. do transmisji drogą radiową. Składa się z 2 wstępnych oraz fali nośnej.

AM-SC (DSB, DSB-SC) (ang. Amplitude Modulation Suppressed Carrier, Double Side Band) - dwuwstępowa modulacja amplitudy z wytłumioną falą nośną.

ISB (Independent Side Band) - modulacja amplitudy z dwoma niezależnymi wstęgami bocznymi i częściowo wytłumioną lub wytłumioną falą nośną (B3E)

VSB (Vestigial Sideband) - modulacja amplitudy z częściowo tłumioną wstęgą boczną (C3F)

FM (Frequency Modulation) (modulacja częstotliwości) bardziej odporna na zakłócenia, lecz o nieco mniejszym zasięgu od AM. Dostępna w większości urządzeń radioamatorskich oraz często dostępna w radiach CB. Kodowanie informacji w fali nośnej następuje przez zmiany jej chwilowej częstotliwości w zależności od sygnału wejściowego, tj. jej modulację.

SSB (Single Side Band) (modulacja jednowstęgowa) SSB jest tylko jedną wstęgą boczną (USB Upper SideBand - górną wstęgą, LSB Lower SideBand - dolną wstęgą) z wytłumioną falą nośną. Jest to emisja o największym zasięgu. Jest to rodzaj modulacji amplitudowej charakteryzującej się znaczną oszczędnością mocy i szerokości pasma.

SSB-FC (Single Side Band Full Carrier) - jednowstęgowa modulacja amplitudy z falą nośną (H3E)

SSB-RC (Single Side Band Reduced Carrier) - jednowstęgowa modulacja amplitudy z częściowo wytłumioną falą nośną (R3E)

SSB-SC (Single Side Band Suppressed Carrier) - jednowstęgowa modulacja amplitudy z wytłumioną falą nośną (min. 45 dB) - oznaczana często jako SSB (J3E)

CW (Continuous wave(form)) – rodzaj emisji ze stałą amplitudą i częstotliwością – na przykład fala ciągła z kluczowaną nośną A1A. Fala nadawana tą emisją jest emitowana z przerwami, a długości czasu nadawania i przerw kodują przenoszoną informację. Obecnie używana głównie do transmisji alfabetem Morse’a.

RTTY (Radioteletype) - emisja asynchroniczna. Znaki nadawane są kolejno bez grupowania w bloki i bez dodatkowych informacji zarządzających transmisją bądź ułatwiających wykrycie błędów i przekłamań. Jest bardzo wolna w porównaniu z nowoczesnymi systemami. Typowa szybkość transmisji wynosi 45 bodów (średnio 60 słów na minutę).

Packet Radio - posiada mechanizmy pozwalające na wykrycie i korektę przekłamań, nadawane dane organizowane są w bloki ze znakami nadawcy i adresata. Stosowany jest protokół AX.25. Prędkość transmisji wynosi 1200, 2400, 9600, 19200 bps i więcej.

SSTV (Slow Scan TeleVision) - system przesyłania pojedynczych obrazów drogą radiową. Pojedynczy obraz jest przesyłany w ciągu od kilkunastu sekund do kilku minut)

ATV - telewizja amatorska. Najczęściej stosowana w paśmie 70 cm oraz 23 cm.

AMTOR - emisja pośrednia między RTTY a Packet Radio. Występują zabezpieczenia przed przekłamaniami oraz jest możliwe wywołanie selektywne. Transmisja synchroniczna. Długość impulsów w systemie AMTOR wynosi 10 ms.

PACTOR - łączy w sobie zalety emisji Packet Radio i AMTOR. Wykorzystywany do pracy na falach krótkich.

PSK31 (Phase Shift Keying, 31 Baud)- Umożliwia przeprowadzenie dwustronnej "czatu" pomiędzy operatorami, tekst wpisywany u jednego pojawia się u drugiego i odwrotnie, wymaga komputera i modemu lub karty dźwiękowej.

MT63 - do przesyłania informacji są używane jednocześnie 64 zmodulowane tony. Przez to staje się bardzo odporna na chwilowe zakłócenia i zaniki.

MFSK - emisja wielotonowa o szerokości pasma 316 Hz.

D-STAR (Digital Smart Technology for Amateur Radio) - jest to standard komunikacji cyfrowej dla radioamatorów, posiada dwa sposoby komunikacji: DV - Digital Voice oraz DD - Digital Data

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) - kwadraturowa modulacja amplitudowo-fazowa. Służy do przesyłania danych cyfrowych przez kanał radiowy, stosowana m. in. w transmisjach DVB.

CLOVER oraz **CLOVER II** - Zastosowano tu wielotonową modulację AFSK kombinowaną z modulacją fazy PSK. Stosowane są dwu-, cztero-, ośmio- i szesnastofazowe systemy modulacji fazy kombinowane z dwupoziomową modulacją amplitudy. Sygnał nadawany składa się z czterech impulsów o długości 32 ms i odstępach czasu 8 ms.

PSK (Phase Shift Keying), kluczkowanie fazy - rodzaj modulacji cyfrowej, w której reprezentacja danych odbywa się poprzez dyskretne zmiany fazy fali nośnej.

ASK (Amplitude-Shift Keying) - kluczkowanie amplitudy. Typ modulacji cyfrowej reprezentującej sygnał cyfrowy w postaci zmieniającej się amplitudy fali nośnej.

FSK (Frequency-Shift Keying) - modulacja częstotliwości dla sygnałów cyfrowych, czyli kluczkowanie z przesuwem częstotliwości.

6. Emisje cyfrowe w łącznościach amatorskich

Tryby cyfrowe stały się bardzo popularne nie tylko w zastosowaniach profesjonalnych, ale również w łącznościach amatorskich. Odpowiada za to znaczący wzrost dostępności i mocy obliczeniowej komputerów osobistych i ich standardowe wyposażenie w karty dźwiękowe. To zaowocowało powstaniem wielu programów komputerowych, służących do kodowania i dekodowania. Większość z tego typu oprogramowania wykorzystuje wizualny wyświetlacz „wodospad” (ang. Waterfall), graficznie przedstawiający wycinek pasma radiowego aby ułatwić znalezienie, strojenie i odbiór stacji na danej częstotliwości.

Tabela 3. Częstotliwości emisji cyfrowych

Częstotliwości emisji cyfrowych						
Pasmo	PSK	RTTY	JT65	JT9	FT8	FT4
160m	1.838 MHz		1.838 MHz	1.839 MHz	1.840 MHz	
80m	3.580 MHz	3.590 MHz	3.570 MHz	3.572 MHz	3.573 MHz	3.575 MHz
60m					5.357 MHz	
40m	7.040 MHz	7.043 MHz	7.076 MHz	7.078 MHz	7.074 MHz	7.0475 MHz
30m	10.141 MHz	10.143 MHz	10.138 MHz	10.140 MHz	10.136 MHz	10.140 MHz

20m	14.070 MHz	14.080 MHz	14.076 MHz	14.078 MHz	14.074 MHz	14.080 MHz
17m	18.098 MHz	18.105 MHz	18.102 MHz	18.104 MHz	18.100 MHz	18.104 MHz
15m	21.070 MHz	21.080 MHz	21.076 MHz	21.078 MHz	21.074 MHz	21.140 MHz
12m	24.920 MHz	24.925 MHz	24.917 MHz	24.919 MHz	24.915 MHz	24.919 MHz
10m	28.070 MHz 28.120 MHz	28.080 MHz	28.076 MHz	28.078 MHz	28.074 MHz	28.180 MHz
6m	50.305 MHz	50.600 MHz	50.310 MHz	50.312 MHz	50.313 MHz	50.318 MHz

- dla emisji JT65, JT9, FT8 i FT4 podane częstotliwości są określone dla Regionu 1,
- dla emisji PSK i RTTY nie są to krytyczne częstotliwości, ale zwykle stacje są słyszalne na tych częstotliwościach.

7. Pasma radiowe

Przeznaczony do łączności radiowej zakres fal radiowych podzielony jest na tzw. pasma, czyli wyznaczone i oznaczone zakresy częstotliwości. Różnią się one od siebie często bardzo znacznie. Przede wszystkim właściwościami propagacji, zasięgiem łączności, wykorzystywanymi mocami nadajników i rodzajami modulacji oraz emisji. Dobrze i przejrzyste zestawienie można zobaczyć tutaj: <https://sp9cxn.pzk.pl/pasma.html>.

8. Radio programowalne SDR

8.1 Czym jest SDR

SDR (od ang. software-defined radio, radio definiowane programowo) to system komunikacji radiowej, w którym działanie podstawowych elementów elektronicznych (mieszaczy, filtrów, modulatorów i demodulatorów, detektorów) jest wykonywane za pomocą programu komputerowego. Choć idea SDR nie jest nowa, dopiero gwałtowny rozwój możliwości elektroniki cyfrowej umożliwił praktyczną realizację wielu jej elementów, rozważanych dotąd

jedynie w teorii. Najprostsza realizacja SDR może składać się z komputera wyposażonego w kartę dźwiękową lub inny przetwornik analogowo-cyfrowy oraz front-end radiowy (układ elektroniczny odbierający zmodulowany sygnał wysokiej częstotliwości i przenoszący go do niższego pasma, znajdującego się w zakresie przetwarzania karty dźwiękowej). Większość procesu przetwarzania sygnału jest realizowana przez procesor ogólnego przeznaczenia (zamiast układów specjalizowanych). Tak zaprojektowany odbiornik może obsługiwać różne typy transmisji radiowych jedynie dzięki zmianie programu przetwarzającego sygnał.

Radio programowalne jest szczególnie użyteczne w szybko rozwijających się systemach, które często podlegają unowocześnianiu i zmianom techniki nadawania, na przykład w sieciach komórkowych lub wojskowych. Systemy radia programowalnego są również powszechnie używane na uczelniach i w badaniach akademickich, zarówno polskich uczelni jak i uczelni zagranicznych. W zajęciach dydaktycznych pozwalają studentom zapoznać się z szeroką gamą systemów radiowych (analogowych i cyfrowych) a w badaniach naukowych pozwalają na zbudowanie prototypów i empiryczną weryfikację hipotez. W przypadku techniki radia programowalnego kluczowym elementem jest oprogramowanie. Obecnie istnieje wiele pakietów oprogramowania pozwalającego na budowanie oprogramowania SDR i bardzo często jest to bardzo zaawansowane oprogramowanie, które rozpowszechniane jest całkowicie bezpłatnie.

8.1 Odbiornik SDR

Jedną z istotnych przyczyn rozwoju i upowszechnienia idei SDR w prywatnych zastosowaniach jest możliwość wykorzystania tanich (poniżej stu złotych) odbiorników DVB-T, podłączanych do komputera przez port USB. Istotne jest tutaj wykorzystanie w odbiorniku układu RTL2832U. Odbiornik taki, po odblokowaniu, może pokryć pasmo nawet do 2GHz. Przykład takiego odbiornika jest przedstawiony poniżej na rys. 8.1.

Sprzedawany jest w zestawie z anteną zewnętrzną, pilotem zdalnego sterowania i oprogramowaniem multimedialnym. Odbiornik oparty jest właśnie na układzie RTL2832U oraz głowicy 820T2, dzięki czemu może być sterowany programowo, co jest warunkiem SDR. Pozwala na odbiór m.in. DVB-T, DAB+, FM, satelit pogodowych NOAA i wielu innych. Dołączona antena ma przystawkę magnetyczną, co umożliwi umieszczenie jej na gładkiej powierzchni. Należy jednak mieć świadomość, że antena z zestawu jest bardzo kiepskiej jakości i powinno się ją zastąpić. Pewnym problemem są ceny profesjonalnych anten, zaczynające się od kwoty przewyższającej dwukrotnie cenę odbiornika. Sam odbiornik też nie ma zbyt wysokich parametrów,

ale mimo to działa dość efektywnie w stosunku do ceny. Istnieją oczywiście specjalizowane odbiorniki SDR o znacznie lepszych parametrach i funkcjach. Ich cenę i charakterystykę oraz kryteria wyboru można zobaczyć np. tutaj: <https://www.inradio.pl/aktualnosci/403-sdrplay-rsp1a-rspdx-rspduo> oraz <https://www.inradio.pl/sklep/odbiorniki-szerokopasmowe/sdrplay/producent/sdrplay>.



Rys. 8.1 Odbiornik DVB-T, podłączany do komputera przez port USB, jako tani odbiornik SDR

8.2 Oprogramowanie SDR

Do odbioru sygnałów (nawet z taniego tunera DVB-T na USB) można wykorzystać wiele różnych programów. W systemach Unixowych, najpopularniejszym rozwiązaniem jest oprogramowanie GNU Radio oraz graficzna nakładka GQRX. Pod Windowsem, najpopularniejsze oprogramowanie to AirSpy SDR# (do pobrania z <https://airspy.com/download/>). Dawniej projekt ten obsługiwał jedynie tanie tunery DVB-T. Od niedawna jego twórcy rozwijają również serię własnych urządzeń – odbiorników przeznaczonych typowo do zastosowań SDR. Choć bazują one na tych samych chipach, mają więcej funkcji i również więcej kosztują. Są to jednak nieporównywalnie mniejsze koszty w porównaniu z drogimi, profesjonalnymi analizatorami widma, dla których projekt ten może być alternatywą. Wsparcia dla tanich tunerów DVB-T nie porzucono. Więcej pod adresem: <https://www.dobreprogramy.pl/okokok/Nasluch-laczności-služb-i-krotkofalowcow-skaner-radiowy-z-taniego-tunera-DVBT,75865.html>

Innym ciekawym oprogramowaniem jest SDR Console (do pobrania z <https://www.sdr-radio.com/>). Jego twórcy deklarują ścisłą współpracę z producentami sprzętu, aby zapewnić

aktualność i jakość oprogramowania. Zakres obsługiwanego sprzętu jest bardzo szeroki. Jednak niezwykle istotną cechą tego oprogramowania jest obsługa serwerów, retransmitujących pasma radiowe. Dzięki temu w jednej chwili po instalacji oprogramowania można rozpocząć nasłuch emisji radiowych z całego świata BEZ żadnego sprzętu radiowego!

Program HamSphere to klasa sama w sobie, ponieważ jest to coś więcej niż oprogramowanie SDR. To właściwie wirtualny transceiver, czyli radiowy nadajnik-odbiornik. Jego pomysłodawca i właściciel, Kelly (SM7NHC i 5B4IT), twierdzi, że nie jest to typowa „gadałka”, VOIP jakich jest już kilka w Internecie, ale prawdziwy program łączności dla krótkofalowców, tyle że internetowy, z zachowaniem wszelkich atrybutów właściwych dla prawdziwego radia. Mamy tam wydzielone te same pasma amatorskie KF i UKF (a nawet pasmo 11m – tradycyjne dla CB). Przesłuchując pasma słyszymy „biały szum”, by jeszcze wzmocnić wrażenie realności. Program (jego otoczka i strona) umożliwiają prowadzenie rzeczywistej (choć internetowej) łączności, logów stacji, wysyłanie i otrzymywanie kart QSL, uczestnictwo w zawodach, zdobywanie dyplomów itd. Wszystko to oczywiście wirtualnie, ale bez żadnych licencji, zezwoleń i koncesji. Więcej na stronie <https://www.hamsphere.com/> oraz <https://hf51.pl/co-to-jest-hamsphere/>. Program jest dostępny w wersji testowej, po rejestracji i podaniu imienia, miejscowości oraz adresu email.

9. Uwagi praktyczne

Pod żadnym pozorem nie należy „upraszczać” ćwiczenia i próbować wykonywać pomiarów/obserwacji jednocześnie z kilku punktów instrukcji. Jest to najszybsza droga do pomyłki w identyfikacji przebiegów, co skutkuje odrzuceniem sprawozdania.

Pomimo, że w instrukcji zawsze używa się określeń typu „połącz”, „zestaw połączenie”, to jest bardzo prawdopodobne, że dane połączenia będzie już wykonane. Nie należy, więc automatycznie rozłączać tego, co jest połączone – najpierw sprawdzamy istniejące połączenia.

W nawiasach klamrowych {} podane są ustawienia podstawowych parametrów przyrządu pomiarowego – odnoszą się do przyrządu powołanego przed nawiasami.

Dla uproszczenia i zwiększenia przejrzystości instrukcji wprowadzono poniższe symbole, które zostały wykorzystane w tekście.:



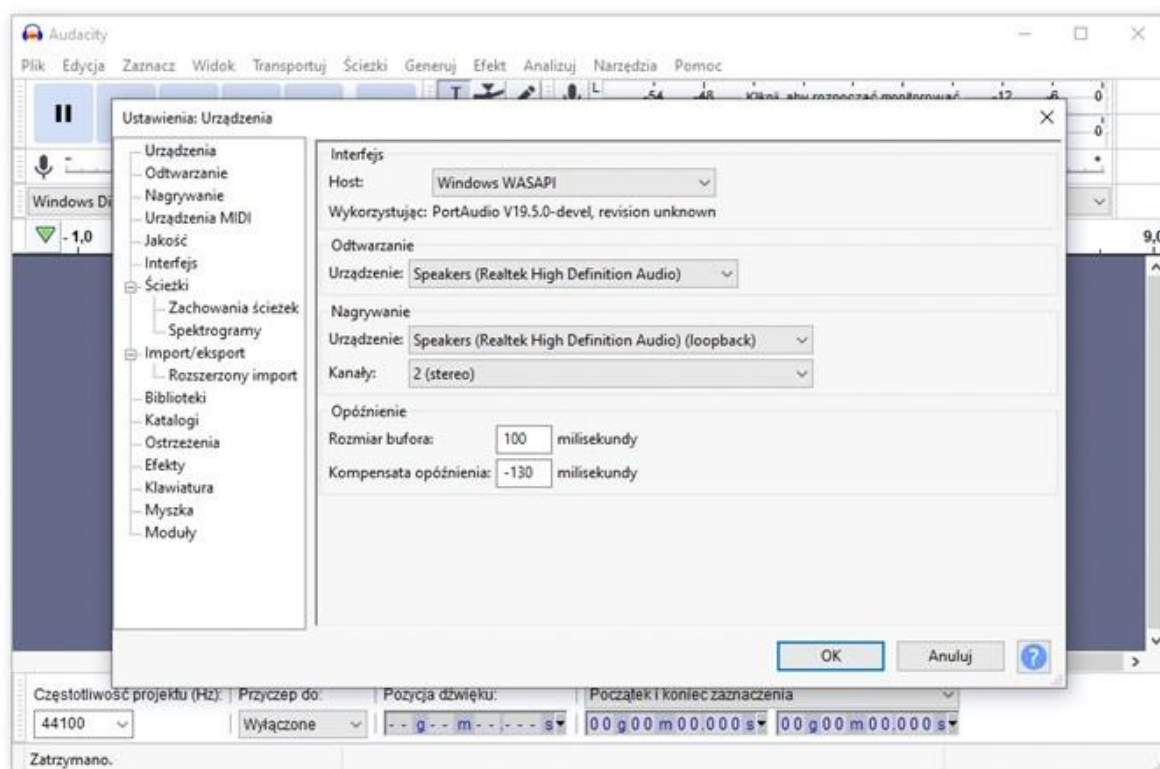
zapisz przebieg na dysku,



pytanie, na które odpowiedź musi znaleźć się w sprawozdaniu,

10. Przebieg ćwiczenia

- 10.1 Zainstaluj i uruchom program *Audacity*. Musisz skonfigurować ustawienia dźwięku w systemie *Windows 10*, aby *Audacity* mogło nagrywać dźwięk z aplikacji a nie przez mikrofon. Aby to zrobić, w *Audacity* otwórz z menu *Edycja -> Ustawienia...* Przejdź do pierwszej pozycji *Urządzenia*. Wybierz Host: *Windows WASAPI*, Odtwarzanie - *Urządzenie Speakers* (nazwa Twojej karty dźwiękowej) oraz Nagrywanie - *Urządzenie Speakers* (nazwa Twojej karty dźwiękowej) - nie mikrofon. Kanały: 2 (stereo).

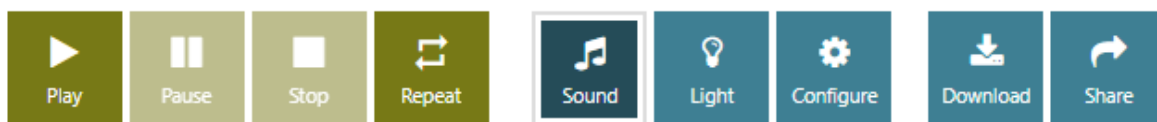


- 10.2 Stwórz plik tekstowy o dowolnej nazwie. Zapisz w nim tekst "*IndeksXXXXXXDataRRRRMMDD*" (bez spacji), gdzie *XXXXXX* to Twój numer indeksu a *RRRRMMDD* to data wykonania ćwiczenia, Następnie powiel ten tekst 5 razy. Na końcu dodaj słowo *KONIEC*. Przykład: *Indeks012345Data20200403Indeks012345Data20200403Indeks012345Data20200403Indeks012345.....KONIEC*

Emisja telegraficzna CW

10.3 W przeglądarce internetowej otwórz stronę <https://morsecode.world/international/translator.html>.

10.4 Do pola tekstowego *Input* wklej zawartość stworzonego pliku tekstowego. Kliknij ikonę *Configure*.



10.5 Dokonaj czterech zmian (konfiguracji) ustawień – *Frequency* na 1000 i 2000 Hz oraz *Charakter speed* na 20 i 30. Za każdym razem odsłuchaj zakodowany tekst, naciskając ikonę *Play*. Za każdym razem zapisuj stworzony plik, naciskając ikonę *Download*. 📁 Co różni pliki? Na co wpływa zmiana ustawień? 🤔

Sound type
CW Radio Tone

Frequency
1000

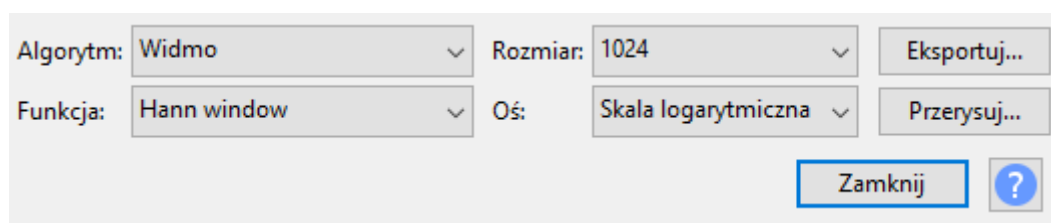
Volume
80

Character speed
20

Farnsworth speed
10

10.6 Uruchom program *Audacity*. Otwórz pierwszy z zapisanych plików *WAV*. Korzystając z funkcji *Plik -> Nowy* lub kombinacji klawiszy *Ctrl+N* otwórz nowe okno programu *Audacity* i otwórz kolejny plik *WAV*. Powtórz to dla pozostałych plików.

- 10.7 Zapisz każdy przebieg (zrzut) do sprawozdania. 🖨️ Korzystając z ikon lupy (z plusem i minusem) powiększaj i pomniejszaj zarejestrowany przebieg dźwięku. 🖨️ Czemu odpowiadają szerokie i wąskie "prostokąty" i przerwy między nimi? Co je tworzy (widać po kilkukrotnym powiększeniu)? Czym różnią się oba pliki/przebiegi? ?
- 10.8 W obu oknach ustaw kursor na końcu przebiegu. Jaki jest czas trwania obu przebiegów? Który jest krótszy a który dłuższy i dlaczego? Jaka jest szybkość transmisji? ?
- 10.9 W każdym oknie (dla każdego pliku) zaznacz cały przebieg kombinacją klawiszy *Ctrl+A* lub wybierając z menu *Zaznacz -> Wszystko*. Z menu *Analizuj* wybierz *Narysuj widmo...* Sprawdź, czy ustawienia skali i funkcji przetwarzania przebiegu odpowiadają ustawieniom.



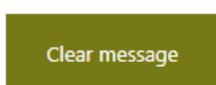
- 10.10 Porównaj otrzymane przebiegi widma dla każdego z plików WAV. Zapisz je do sprawozdania. 🖨️ Czym różnią się przebiegi? Czemu odpowiada „pik” w przebiegu? Czy ich szerokości są różne czy takie same i dlaczego? ?
- 10.11 W przeglądarce internetowej otwórz w czterech kartach stronę <https://www.edukator.pl/site/?applet=1928> Wybierz przykładowe dźwięki i zapoznaj się z analizatorem widma. Przełącz wykres na skale logarytmiczną. Wybierz i załaduj pliki WAV, włącz odtwarzanie. Czym różnią się przebiegi? Skąd różnica? 🖨️ ? *UWAGA!!! O wiele lepsze rezultaty, dzięki bogactwu funkcji i możliwościom skalowania przebiegów, da wykorzystanie oprogramowania analizatora widma Sonic Visualizer. Jest on trudniejszy w obsłudze, ale warto z niego korzystać. Instrukcja: <https://www.sonicvisualiser.org/doc/reference/4.0.1/en/> .*
- 10.12 W przeglądarce internetowej otwórz stronę <https://morsecode.world/international/decoder/audio-decoder-adaptive.html> . Korzystając z ikony *Upload* załaduj kolejno zapisane pliki WAV.

Use the microphone:



Or analyse an audio file containing Morse code:

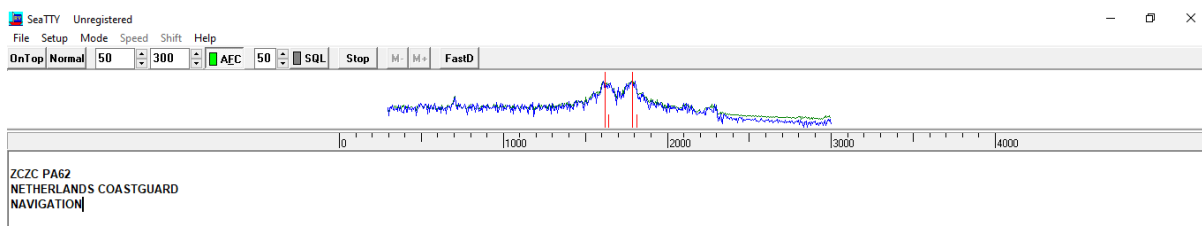




- 10.13 Odtwórz je kolejno i zapoznaj się ze zdekodowanym tekstem oraz przebiegiem. Czy tekst odpowiada zakodowanemu tekstowi (numer indeksu, data)? Czy wystąpiły błędy? Zapisz fragment otrzymanego przebiegu. Zaznacz w nim 2-3 wybrane znaki i na nieś nad nimi kod Morse'a.

Emisje danych i map meteorologicznych NAVTEX, HF-FAX

- 10.14 Pobierz i zainstaluj program *SeaTTY*. Pobierz na dysk komputera pliki *navtex.wav* i *hf-fax.wav*.
- 10.15 Uruchom program *SeaTTY*. Z menu *Mode* wybierz tryb *NAVTEX*. Wybierz z menu *File* -> *Decode From File*. Otwórz plik *navtex.wav*. W górnym białym polu program rysuje widmo sygnału z pliku *WAV*. Pilnuj aby w widmie dwa czerwone marker (pionowe czerwone kreski) znajdowały się na maksimach sygnału.



- 10.16 Plik *navtex.wav* zawiera dwie depecze. Ich treść w postaci tekstu pojawi się w polu tekstowym pod widmem sygnału. Zapisz tę treść lub skopiuj z plików. **UWAGA!!! Program zapisze depecze do pliku w katalogu *C:\ProgramData\SeaTTY\Messages*, jednak katalog *ProgramData* może być katalogiem ukrytym i niewidocznym w Eksploratorze plików!** 📁
Czego dotyczą te depecze? Jakich regionów i krajów? 🤔
- 10.17 Z menu *Mode* programu *SeaTTY* wybierz tryb *HF-FAX*. Powinno otworzyć się drugie okno programu z tytułem *FAX*. Wybierz z menu *File -> Decode From File*. Otwórz plik *hf-fax.wav*. Jeśli w oknie *FAX* automatycznie nie rozpocznie się dekodowanie sygnału naciśnij klawisz *START*. Poczekaj na odbiór całego obrazu (mapy), co zajmie ok. 10 minut. Zapis powinien zakończyć się automatycznie, jeśli nie to można go zakończyć klawiszem *STOP*. Zapisz mapę klawiszem *SAVE*. 📁 **UWAGA!!! Program zapisze mapę do pliku w katalogu *C:\ProgramData\SeaTTY\Messages*, jednak katalog *ProgramData* może być katalogiem ukrytym i niewidocznym w Eksploratorze plików!** Ile czasu zajęło dekodowanie mapy? Jaka jest wielkość pliku mapy? Jaka jest rozdzielczość mapy? Jaka była szybkość dekodowania, liczona w liniach na minutę? 🤔
- 10.18 Otwórz oba pliki *navtex.wav* i *hf-fax.wav* w analizatorze widma, online lub w programie *Sonic Visualizer* (zalecane). Zapisz widma sygnałów. 📁 Czy są one podobne do siebie? Czy są podobne do widm poprzednich sygnałów? Jakie są, szerokie czy wąskie? Co można powiedzieć o kodowaniu, czy są jakieś elementy wspólne lub powtarzające się? 🤔

Lotnicza łączność radiowa

UWAGA!!! Część instrukcji *Lotnicza łączność radiowa* wymaga dostępu do smartfonu lub tabletu z systemem Android. Brak jej wykonania NIE BĘDZIE skutkować obniżeniem oceny za sprawozdanie.

- 10.19 Nie musisz niczego instalować, aby wysłuchać przeznaczonego dla pilotów radiowego komunikatu o panujących na danym lotnisku warunkach pogodowych. Wystarczy np. dla lotniska im. Chopina w Warszawie zadzwonić na numer +48 22 574 5957. Jest to tzw. komunikat *ATIS*, który nadawany jest na częstotliwości 120,45 MHz, emisją *AM*. Szczegóły na <https://pl.wikipedia.org/wiki/ATIS> . Telefon jest tu prostym substytutem radioodbiornika,

wykorzystanym na potrzeby ćwiczenia. Jeśli to możliwe zarejestruj ten komunikat i dołącz w formacie *mp3* do maila ze sprawozdaniem. 📎

- 10.20 Zapoznaj się z nagraniem <https://www.youtube.com/watch?v=IgrWF3OruDA> . Powstało przy wykorzystaniu znanej już strony *FlightRadar24.com* i aplikacji (płatnej) *LiveATC*. Zainstaluj jej bezpłatny odpowiednik *AirRadio*.
- 10.21 Uruchom program *AirRadio*. Wspierając się stroną *FlightRadar24.com* znajdź lotnisko, które jest na liście w programie *AirRadio* i w pobliżu, którego znajduje się podchodzący do lądowania samolot – w sytuacji drastycznego zmniejszenia liczby lotów może to nie być łatwe. 📎 Spróbuj „złapać” (klawisz *Play*) rozmowę lotniska z pilotami. **UWAGA!!!** Program *AirRadio* w przypadku braku rozmowy/sygnалу nie emituje charakterystycznego radiowego szumu tylko ciszę, co może dawać mylące wrażenie, że nie działa. Jeśli to możliwe zarejestruj tę rozmowę i dołącz w formacie *mp3* do maila ze sprawozdaniem. 📎

Emisje radiowe na pasmach krótkofalarskich przy wykorzystaniu Internetu i SDR

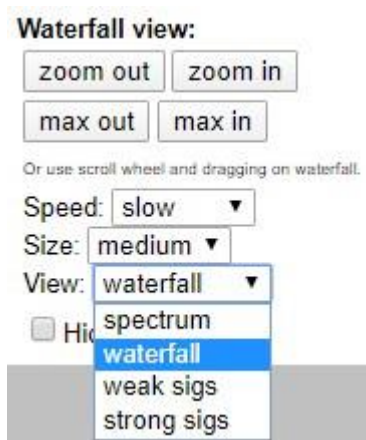
- 10.22 W przeglądarce internetowej otwórz stronę <http://www.websdr.org/> . Szczegółowa instrukcja „obsługi” tej strony znajduje się w pliku pdf pod adresem: http://sp9moa.moa.edu.pl/wp-content/uploads/2015/12/WebSDR_Przewodnik.pdf w punktach 2 i 3. Zignoruj archaiczny wygląd tej strony i skoncentruj się na treści. *WebSDR* to bowiem projekt o światowym zasięgu, którego celem jest umożliwienie odsłuchu emisji krótkofalarskich z dowolnego miejsca przy wykorzystaniu jedynie Internetu. Na stronie tej w tabelce znajduje się wykaz stron z całego świata, na których odbywa się internetowa retransmisja sygnałów radiowych. Pierwsza kolumna tabelki *Location and URL* zawiera podstawowe informacje o odbiorniku, jego lokalizacji oraz adres internetowy, umożliwiając dostęp do niego. Dodatkowo pokazywana jest aktualna liczba użytkowników *Users*, co może być wskazówką dla oceny aktywności i atrakcyjności strony. Druga kolumna *Frequency range* obejmuje informacje na temat pasm, które obejmuje dany odbiornik. W trzeciej kolumnie *Antenna* można znaleźć nazwę i typ anteny (anten) wykorzystanych do budowy odbiornika.

- 10.23 Z tabelki na stronie *WebSDR* wybierz stronę, która Ci odpowiada. Przy wyborze pamiętaj o różnicach w czasie i fakcie, że na pasmach krótkofalarskich najwięcej emisji z reguły ma

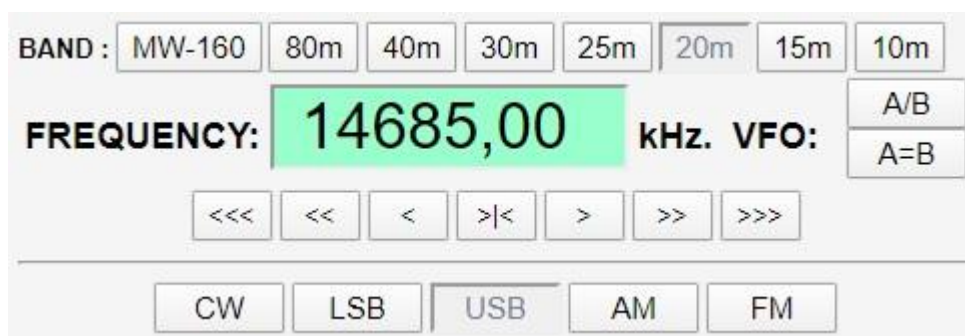
miejsce wieczorem i w nocy. Pomocny może być „zegar światowy”, np. <https://dayspedia.com/world-clock/?lang=pl> . Przejdź do wybranej strony. Wszystkie te strony wyglądają podobnie, ponieważ zostały stworzone na tych samych narzędziach. Mogą się różnić w szczegółach, czasem zależnych od rodzaju i wersji przeglądarki. Aby cokolwiek było słychać, trzeba najpierw włączyć dźwięk. Służy do tego przycisk (czasem w wyskakującym okienku) *Start audio*. On też może mieć różny tekst zależny od rodzaju przeglądarki, np. *Chrome audio start*. Zawsze znajduje się on u góry, ale czasem z lewej, a czasem z prawej strony. Może też wymagać wyboru pomiędzy wersją *Java/HTML5*.

Waterfall: Java HTML5 Sound: Java HTML5 **Chrome audio start**

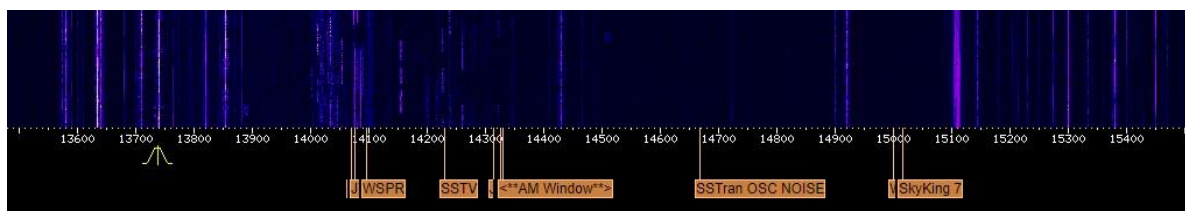
- 10.24 Po włączeniu dźwięku powinien być słyszalny przynajmniej szum. Drugi ważny element to *View*, czyli widok/podgląd. Jest to ruchomy w zawartości, domyślnie zwykle od dołu do góry, obraz w kształcie prostokąta, który przedstawia zawartość wybranego fragmentu danego pasma. On także może wymagać dokonania wyboru pomiędzy wersją *Java/HTML5*. Może też mieć różny wygląd. Najbardziej przydatny będzie domyślny *Waterfall*, czyli wodospad lub *Spectrum*, czyli klasyczny obraz widma.



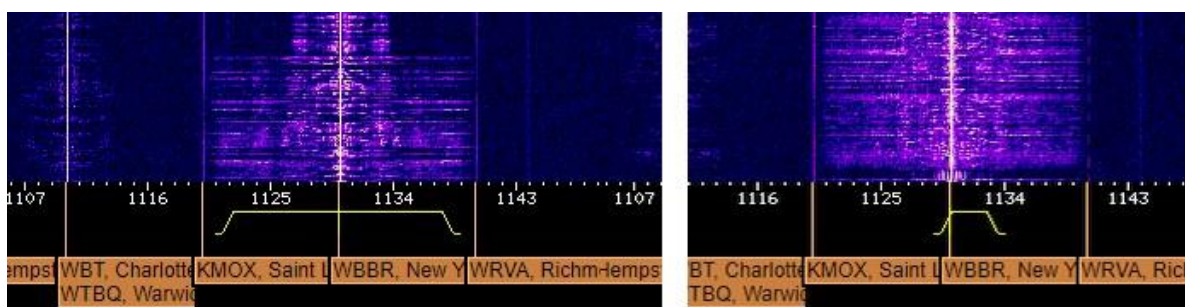
- 10.25 Poszczególne strony obsługują zwykle kilka pasm, nawet 8. klikając odpowiednią opcję można przełączać się między nimi: *160m, 80m, 40m, 30m, 25m, 20m, 15m, 10m*. W tych okolicach znajdują się też zwykle przyciski wyboru rodzaju emisji/modulacji: *CW, LSB, USB, AM, FM*.




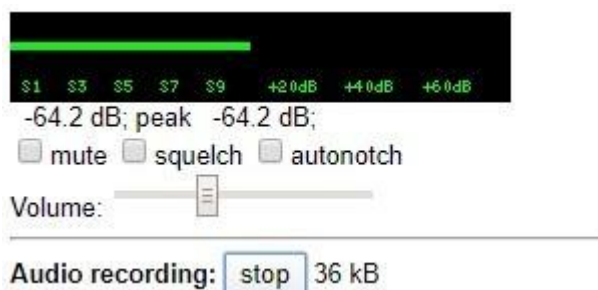
10.26 *Waterfall* jest graficzną podpowiedzią, gdzie należy szukać sygnału, czyli dźwięku innego niż szum. Zasada jest prosta – tam gdzie jaśniejsza i wyraźniejsza pionowa kreska, tam powinien być sygnał. Dodatkowym ułatwieniem są znaki stacji/operatorów pod wykresem. Kliknięcie na któryś z nich od razu dostraja nas do danej stacji. Najeżdżenie i kliknięcie na *Waterfall* myszką pozwala jej rolką poszerzać/powiększać i zawężać/zmniejszać przedstawiany zakres pasma, co ułatwia dostrojenie. Do tego samego służą też przyciski *Zoom out/Zoom in*. Poniżej *Waterfall* i wartości częstotliwości znajduje się (zwykle żółty) mały wskaźnik wyboru/dostrojenia danej częstotliwości.




10.27 Przeszukaj, minimum 3, pasma pod kątem zajętości i realizowanych tam emisji radiowych. Znajdź częstotliwość, na której słychać ludzką mowę. Zapisz *Waterfall* 📄. Zmieniaj typ emisji/modulacji *CW*, *LSB*, *USB*, *AM*, *FM* i obserwuj jak zmienia się żółty, mały wskaźnik wyboru/dostrojenia danej częstotliwości. Jak zmienia się wskaźnik? Co to oznacza? Czy wpływa on na dźwięk, odsłuch mowy? ❓



10.28 Korzystając z przycisku *Start* przy etykiecie *Audio recording*: włącz nagrywanie dźwięku/mowy na 30-60 sekund. Zatrzymaj tym samym przyciskiem, tym razem z etykietą *Stop*. Zapisz plik WAV na dysku. Po konwersji do formatu *mp3* dołącz ten plik do sprawozdania. 



10.29 Spróbuj wyszukać emisję telegraficzną CW lub dalekopisową RTTY. Po nagraniu na dysk spróbuj zdekodować wiadomość w programach używanych wcześniej. 

Emisje radiowe na pasmach krótkofalarskich przy wykorzystaniu oprogramowania SDR

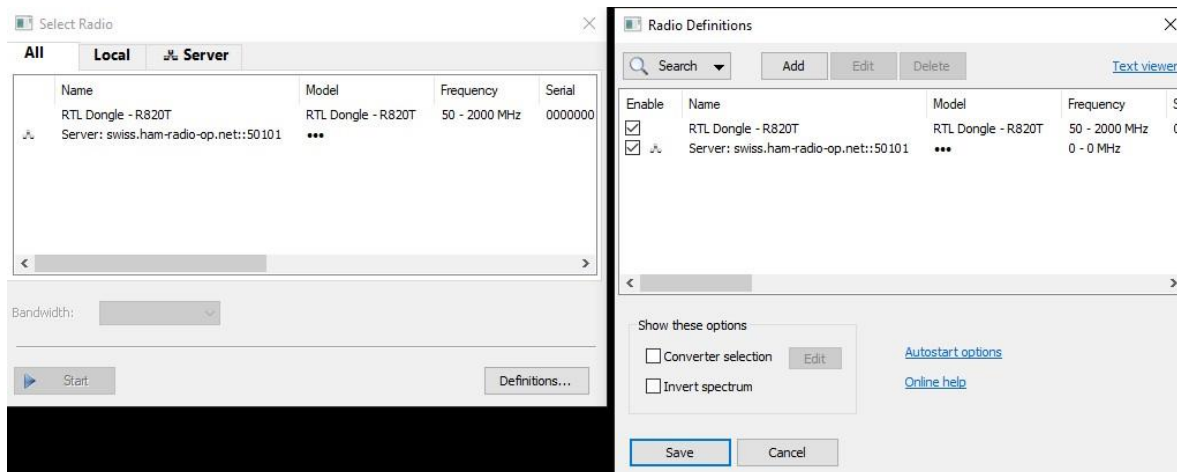
UWAGA!!! Ta część instrukcji, ze względu na konieczność instalacji i obsługi bardzo rozbudowanego oprogramowania SDR, może sprawiać pewne problemy. Brak jej wykonania NIE BĘDZIE skutkować obniżeniem oceny za sprawozdanie. Warto jednak spróbować.

10.30 Pobierz i zainstaluj program *SDR Console*. Uruchom ten program.

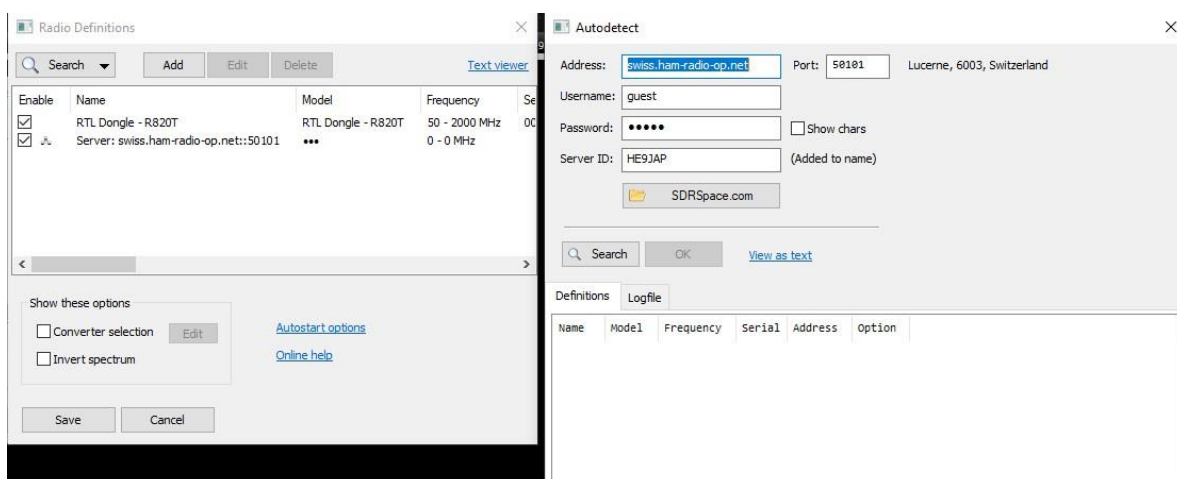
10.31 Z głównego menu wybierz *Select Radio*, co otworzy małe okno.



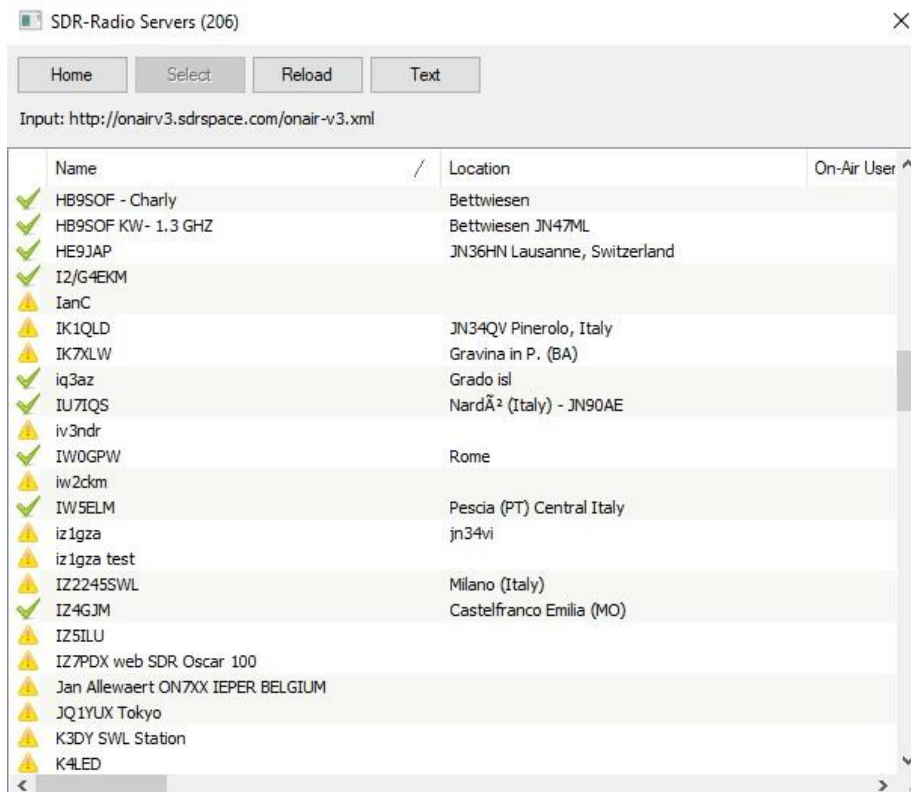
10.32 Przy pierwszym uruchomieniu lista będzie zapewne pusta, na rysunku są dwie pozycje. Następnie kliknij na przycisk *Definitions...*, co otworzy kolejne okno.



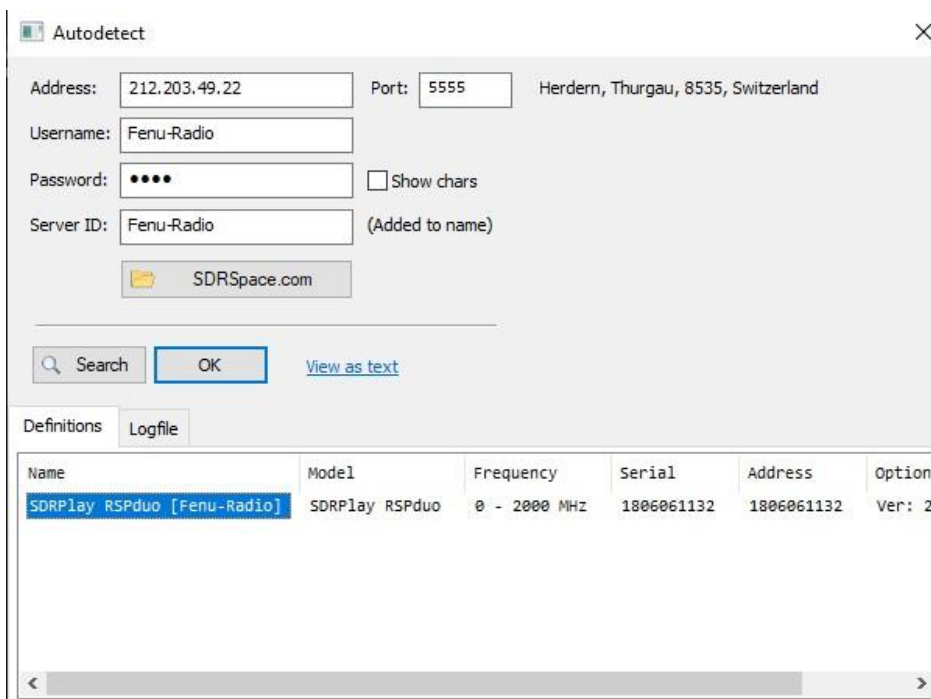
10.33 Kliknij na przycisk *Search* i wybierz z listy pozycję na samym dole *V3 Serwer*. Poczekaj chwilę na wczytanie listy. Otworzy się kolejne okno.



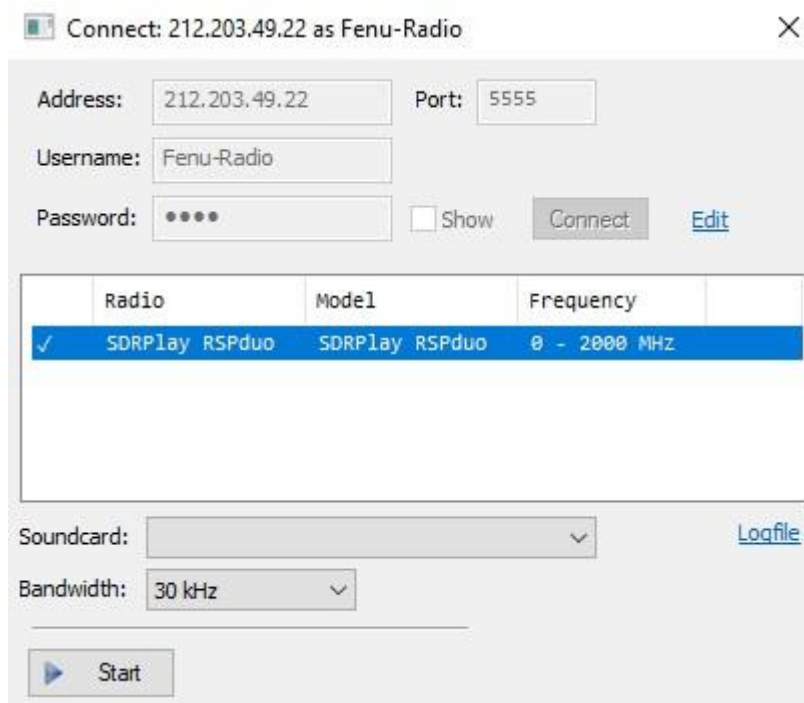
10.34 Kliknij na klawisz *SDRspace.com*, co otworzy kolejne okno *SDR_Radio Servers* z listą serwerów. Ich liczba jest w nawiasie w belce okna. Wykonaj zrzut tego okna. 🖨️ Ile jest wszystkich serwerów? 🤔



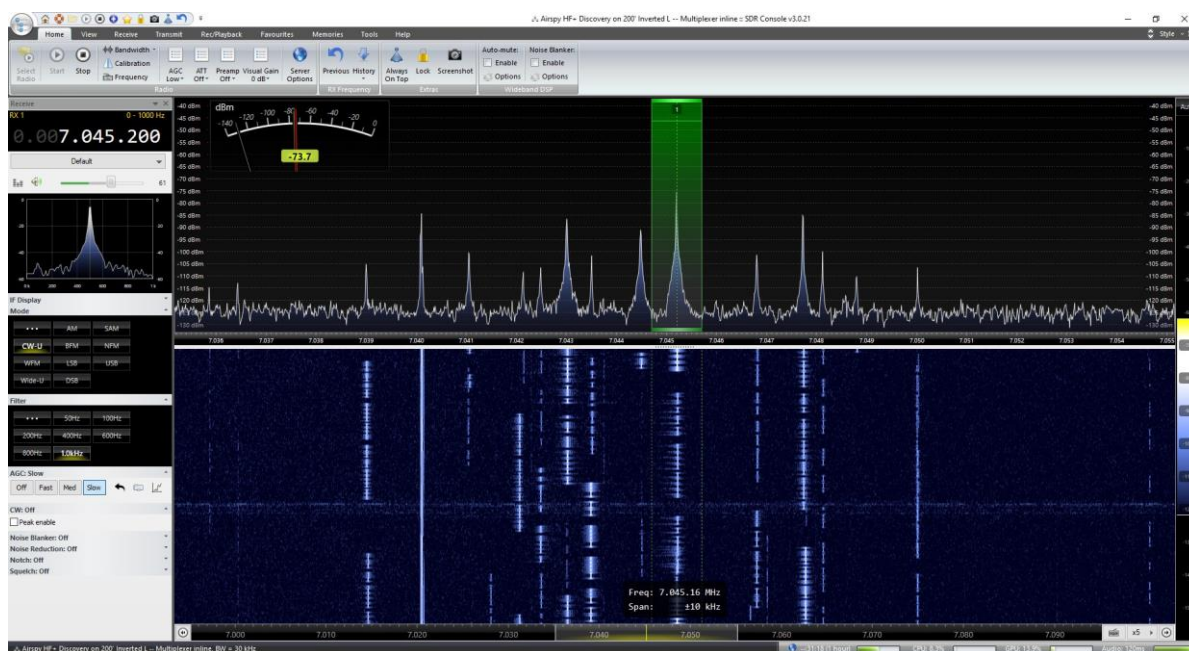
10.35 Wybierz aktywny serwer (zielony znaczek z lewej strony) i kliknij na niego dwukrotnie. Powrócisz do poprzedniego okna, ale serwer pojawi się na liście zakładki *Definitions*. Kliknij na niego a następnie *OK*. Pojawi się okno wyboru *Update/Replace*. Potwierdź.



10.36 W oknie *Radio Definitions* wybierz serwer i kliknij *Save*. W kolejnym oknie ponownie go wybierz i kliknij *Connect*. Po pozytywnym połączeniu pojawi się okno *Connect: ...* z nazwą serwera. Kliknij na *Start*.



10.37 Pojawi się kolejno okno z listą odbiorników (od jednego do kilku, 2-4) serwera i obsługiwanych przez nie pasmami. Wybierz jeden z nich i kliknij na *Start*. Po udanym połączeniu powinno być słychać w głośnikach szum (małe jest prawdopodobieństwo trafienia na jakiś sygnał) a pole pasma powinno zacząć się „ruszać”.



10.38 Od tej chwili program *SDR Console* zachowuje się tak, jakby był podłączony do rzeczywistego odbiornika *SDR*. Pozwala na jego strojenie, wybór pasma, rodzaju emisji, filtrów i jeszcze dużo więcej. Najważniejsza to oczywiście zmiana częstotliwości. Można ją zmienić klikając u góry lub u dołu poszczególnych cyfr pola *Receive*, z lewej strony, poniżej menu. Inna możliwość to ręczne wpisanie częstotliwości w oknie, które pojawia się po kliknięciu na *Frequency*, obok ikony *Stop*. Kolejną ważną funkcją jest zmiana trybu/rodzaju emisji/modulacji. Można tego dokonać w oknie *Mode*. **UWAGA!!!** W domyślnych ustawieniach może nie być modulacji *AM*, więc trzeba ją dodać klikając na „...” (trzy kropki i zaznaczając na liście). Kolejną istotną funkcją to *Filter*, pozwalająca na zmianę szerokości zastosowanego filtra.



10.39 Znajdź aktywną radiostację. Prawdopodobnie najłatwiej będzie znaleźć emisję telegraficzną *CW*. W tym celu wybierz odpowiednie pasmo, korzystając ze wskazówek pod adresem <http://www.hamradio.biaman.pl/bandplankf.htm> oraz <https://sp9cxn.pzk.pl/pasma.html>.

Warto zacząć od 7MHz. Pamiętaj o wyborze trybu *CW*. Równolegle można uruchomić

poznany wcześniej program *CwGet* i sprawdzić, czy może on coś zdekodować. Nie wszystko musi być zrozumiałe. Pomijając kwestię języka w tego typu łącznościach stosowanych jest wiele skrótów i kodów, np. kod Q: http://sp9krj.pl/viewpage.php?page_id=8 . Później spróbuj z fonią, czyli z po prostu z mową. Przeszukaj inne pasma. Zapisz, wykorzystując program *Audacity*, odebrane stacje do pliku WAV na dysku, 30-60 sekund. Po konwersji do formatu *mp3* dołącz te pliki do sprawozdania. 📁 Zapisz widmo w chwili dostrojenia do stacji. 📁 Jaki jest adres serwera? Co on udostępnia, jakie odbiorniki, jakie pasma? Jak są odstępy (różnice w częstotliwościach) pomiędzy poszczególnymi stacjami nadawczymi CW? W którym zakresie częstotliwości jest najwięcej stacji? Jak wpływa zmiana trybu/rodzaju emisji/modulacji na odbiór? Jak wpływa zmiana parametru filtra na odbiór? ❓

Dla zainteresowanych (nie dotyczy już wykonania ćwiczenia i sprawozdania, ale ich tematyki) - warto poznać oprogramowanie *HamSphere*, oferujące jeszcze coś innego i tworzące wirtualny *Transceiver* (nadajnik-odbiornik), który umożliwia rzeczywistą komunikację bez fizycznego sprzętu. Do pobrania z adresu: <https://www.hamsphere.com/> . Program jest udostępniany w wersji testowej, ograniczonej czasowo. Wymaga jednak rejestracji i podania imienia, miejscowości oraz adresu email. W takich przypadkach zawsze warto korzystać z dodatkowego (innego niż swój główny) adresu email, stworzonego np. na którymś z portali. Podczas rejestracji (głównie przy połączeniu z Internetem przez „kablówkę”) może się zdarzyć, że „strona rejestracji” nie rozpozna kraju i będzie się domagać numeru telefonu celem weryfikacji. Nie należy go podawać! Problem powinien zniknąć przy rejestracji z telefonu, ale z połączeniem nie przez WiFi, ale przez transmisję danych telefonu.



10. Wykonanie sprawozdania

Nie należy umieszczać w sprawozdaniu podstaw teoretycznych, ani opisów stanowiska laboratoryjnego.

Sprawozdanie musi zawierać wszystkie wyniki pomiarów/obserwacji oraz wszystkie zarejestrowane dane i zrzuty ekranu 🖨️ prezentowane wg kolejności ich wykonania. Każdy tekst i obraz muszą być opatrzone numerem punktu instrukcji wg, którego zostały zarejestrowane. Muszą być opatrzone opisem, wyjaśniającym, co przedstawiają. W sprawozdaniu muszą się znaleźć odpowiedzi na wszystkie postawione w instrukcji pytania, ❓ ponumerowane wg punktów, w których zostały postawione. Zarówno opisy, jak i odpowiedzi, mają być zwarte, ale przedstawione pełnymi zdaniami.

11. Literatura

- [1] Dąbrowski K., Nie tylko fonia i CW, poradnik dla krótkofalowców, Bogmar 1994, http://www.swiatradio.com.pl/virtual/download/n_t_f_i_CW.pdf,
- [2] Janeczek A., *CB radio*, WKŁ 1997,
- [3] Komsta Ł., *Krótkofalarstwo i radiokomunikacja Poradnik*, WKŁ 2001,
- [4] Haykin S. *Systemy telekomunikacyjne t.1*, WKiŁ Warszawa 2004,
- [5] Smyczek J. *Systemy transmisji informacji. Tom 1. Teoria sygnałów, modulacje analogowe*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2004,
- [6] Czarnowski J., Okienzyc W., *Telekomunikacja stosowana w transporcie*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1978,
- [7] Wielka Encyklopedia PWN, t.23, Warszawa 2004.