

<p style="text-align: center;">Urządzenia peryferyjne</p> <p style="text-align: center;">Laboratorium 4 – Systemy nawigacji satelitarnej (GPS)</p>	
<p style="text-align: center;">Michał Lewandowski, Dominik Kilijan</p> <p style="text-align: center;">Grupa F</p>	<p style="text-align: center;">Czwartek 17:30 – 19:30 TNP</p> <p style="text-align: center;">09.11.2023</p>

1 Wstęp teoretyczny

1.1 Zasada działania systemu GPS

GPS działa poprzez pomiar czasu, który jest potrzebny na dotarcie sygnału radiowego z satelitów do odbiornika. Proces ten opiera się na znajomości prędkości fali elektromagnetycznej i dokładnego czasu wysłania sygnału. Na podstawie tych danych można obliczyć odległość między odbiornikiem a satelitami. Sygnał GPS zawiera informacje o rozmieszczeniu satelitów na niebie (almanach) oraz o ich teoretycznej drodze i odchyleniach od niej (efemeryda).

W pierwszej fazie działania odbiornik GPS aktualizuje te informacje i przechowuje je w pamięci. Następnie używa ich do ustalenia odległości od poszczególnych satelitów, które są w zasięgu odbiornika. Za pomocą przestrzennego wcięcia wstecznego mikroprocesor odbiornika może obliczyć pozycję geograficzną, włączając długość, szerokość geograficzną oraz wysokość elipsoidalną. Ostateczne wyniki są podawane w wybranym układzie odniesienia, zazwyczaj w standardzie WGS 84, wraz z aktualnym czasem GPS o bardzo wysokiej dokładności.

Sygnał docierający do użytkownika składa się z dwóch częstotliwości nośnych: L1 o częstotliwości 1575,42 MHz (o długości fali 19,029 cm) i L2 o częstotliwości 1227,6 MHz (o długości fali 24,421 cm). Różnica faz między tymi sygnałami umożliwia precyzyjne określenie czasu propagacji, który podlega niewielkim fluktuacjom z powodu zmiennego wpływu jonosfery. Te zmiany nie uniemożliwiają jednak określenia współrzędnych.

Aby skompensować wpływ jonosfery, użytkownicy cywilni otrzymują przybliżoną poprawkę jonosferyczną poprzez depezę nawigacyjną lub za pośrednictwem systemu DGPS (Differential Global Positioning System). To pozwala na skorygowanie ewentualnych błędów spowodowanych zmiennością warunków jonosferycznych i utrzymanie dokładności określania współrzędnych.

Identyfikacja satelitów w systemie GPS opiera się na technologii podziału kodu CDMA (Code Division Multiple Access). Każdy z satelitów nadaje na tych samych częstotliwościach, jednak sygnały są modulowane unikalnymi kodami.

Aby precyzyjnie określić pozycję w trójwymiarowej przestrzeni i czasie, niezbędny jest jednoczesny odbiór sygnałów z przynajmniej czterech satelitów. Odbiornik oblicza trzy pseudoodległości do satelitów oraz koryguje odchyłki czasu, wynikające z różnic pomiędzy zegarem kwarcowym na odbiorniku a dokładnym zegarem atomowym na satelicie.

W depeszy nawigacyjnej, którą transmituje satelita, zawarte są istotne informacje, takie jak aktualny czas, almanach (opisujący układ satelitów na orbicie) oraz efemerydy (parametry lotu satelity). Dzięki tym danym, odbiornik GPS jest w stanie precyzyjnie obliczyć współrzędne satelity w chwili nadania sygnału. Wykorzystując pseudoodległości do czterech satelitów, odbiornik może następnie obliczyć swoją własną pozycję

1.2 Budowa systemu GPS

System GPS składa się z trzech głównych komponentów: satelitów, odbiorników oraz stacji kontrolnych.

Satelity GPS:

Satelity są rozmieszczone tak, aby zawsze były dostępne dla odbiorników na powierzchni Ziemi.

Każdy satelita transmituje sygnały GPS, które zawierają informacje o pozycji satelity oraz precyzyjny czas.

Odbiorniki GPS:

Odbiorniki GPS są przenośnymi urządzeniami lub wbudowanymi systemami, które odbierają sygnały od satelitów GPS

Odbiorniki są wyposażone w anteny, które odbierają sygnały z co najmniej czterech satelitów, aby precyzyjnie obliczyć pozycję użytkownika.

Odbiorniki zawierają również zegar, który jest synchronizowany z dokładnym czasem dostarczonym przez satelity.

Stacje kontrolne GPS:

Składa się z kilku stacji naziemnych na całym świecie oraz jednej głównej stacji kontrolnej.

Stacje te monitorują sygnały z satelitów, precyzyjnie mierzą ich pozycje i czas oraz wysyłają korekty do satelitów w celu utrzymania ich dokładności.

1.3 Systemy nawigacji satelitarnej

1.3.1 GLONASS (Global Navigation Satellite System) - Rosja:

- **Struktura:** Składa się z 24 satelitów na orbicie ziemskiej.
- **Zasady działania:** Korzysta z łączności radiowej między użytkownikiem a satelitą, umożliwiając precyzyjne określenie pozycji.

1.3.2 Galileo - Unia Europejska :

- **Struktura:** Planowane 30 satelitów (pełna konstelacja) na różnych orbitach.
- **Zasady działania:** Galileo oferuje usługi cywilne i wojskowe. Jest pierwszym globalnym systemem nawigacji satelitarnej kontrolowanym przez cywilne instytucje.

1.3.3 BeiDou - Chiny:

- **Struktura:** Składa się z kilkudziesięciu satelitów, zarówno na orbicie geostacjonarnej, jak i średniej orbicie okołoziemskiej.
- **Zasady działania:** BeiDou ma zastosowanie w nawigacji, telekomunikacji i przesyłaniu danych. Oferuje również usługi dla regionów Azji-Pacyfiku.

1.3.4 QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) - Japonia:

- **Struktura:** Składa się z kilku satelitów umieszczonych na geostacjonarnej orbicie okołoziemskiej.
- **Zasady działania:** QZSS jest zaprojektowany głównie dla obszarów miejskich, zapewniając lepsze pokrycie w miastach i wąwozach, gdzie sygnały z innych systemów nawigacji są często przesłaniane przez budynki czy teren.

1.3.5 NavIC - Indie:

- **Struktura:** Składa się z siedmiu satelitów na geostacjonarnej orbicie okołoziemskiej.
- **Zasady działania:** NavIC jest zaprojektowany, aby dostarczać precyzyjne dane nawigacyjne w obszarach Indii i w okolicach.

1.4 Struktura zdań NMEA

Standard NMEA (National Marine Electronics Association) definiuje formaty wiadomości używane do przesyłania danych nawigacyjnych między różnymi urządzeniami elektronicznymi, takimi jak odbiorniki GPS, komputery pokładowe i inne urządzenia nawigacyjne. Każdy rodzaj wiadomości ma swoją unikalną strukturę, która określa typ danych i ich format. Oto kilka przykładów popularnych typów wiadomości protokołu NMEA i ich struktura:

1.4.1 RMC (Recommended Minimum Navigation Information):

Przykład wiadomości RMC:

\$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W*6A

- **Czas:** 123519 (12:35:19 UTC)
- **Status:** A (dane są ważne, V oznacza, że dane są nieważne)
- **Szerokość geograficzna:** 4807.038 N
- **Długość geograficzna:** 01131.000 E
- **Prędkość:** 022.4 węzły
- **Kierunek:** 084.4 stopnie
- **Data:** 230394 (23 marca 1994)

1.4.2 GGA (Global Positioning System Fix Data)::

Przykład wiadomości GGA:

\$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47

- **Czas:** 123519 (12:35:19 UTC)
- **Szerokość geograficzna:** 4807.038 N
- **Długość geograficzna:** 01131.000 E
- **Jakość modyfikacji:**
 - 0 = nieważna*
 - 1 = modyfikacja GPS (SPS)*
 - 2 = modyfikacja DGPS (różnicowy)*
 - 3 = modyfikacja PPS*
= modyfikacja RTK (Real Time
 - 4 Kinematic)*
 - 5 = modyfikacja Float RTK*
 - 6 = szacowana (dead reckoning)*
 - 7 = manualny tryb wejścia*
 - 8 = tryb symulacyjny*
- **Liczba widzianych satelitów:** 08
- **HDOP (Horizontal Dilution of Precision) Pozioma konstelacja pozycji:** 0.9

- **Względna wysokość nad poziomem morza:** 545.4 metrów
- **Jednostka wysokości:** M (metry)
- **Wysokość geoidy nad elipsoidą:** 46.9 metrów
- **Jednostka wysokości geoidy:** M (metry)
- **Czas w sekundach od ostatniej aktualizacji DGPS:** (puste pole)
- **Numer ID stacji DGPS:** (puste pole)

1.4.3 GLL (Geographic Position - Latitude/Longitude):

Przykład wiadomości GLL:

\$GPGLL,4807.038,N,01131.000,E,123519,A*33

- **Szerokość geograficzna:** 4807.038 N
- **Długość geograficzna:** 01131.000 E
- **Czas:** 123519 (12:35:19 UTC)
- **Status:** A (dane są ważne, V oznacza, że dane są nieważne)
-

1.4.4 ZDA (Time and Date):

Przykład wiadomości ZDA:

\$GPZDA,123519,23,03,1994,00,00*68

- **Czas:** 123519 (12:35:19 UTC)
- **Dzień:** 23
- **Miesiąc:** 03
- **Rok:** 1994
- **Strefa czasowa:** 00
- **Minuty od początku doby:** 00

W każdej wiadomości NMEA, dane są oddzielone przecinkami, a wiadomość zaczyna się od znaku dolara (\$) i kończy sumą kontrolną (znak gwiazdki (*)). Suma kontrolna to XOR (bitowy operator wykluczający lub) wszystkich znaków w wiadomości po znaku dolara (\$)

2 Przebieg zadania

Celem zadania było napisanie programu, który będzie obsługiwał transmisję z urządzenia GPS i pozwoli na czytelne (rozkodowane) przedstawienie uzyskanych danych oraz zlokalizuje na mapie świata (np. z Google Map) punkt, w którym znajduje się urządzenie.

W pierwszej kolejności podłączyliśmy się do odbiornika GPS przy pomocy programu PuTTY, aby sprawdzić czy odbiornik działa prawidłowo. Odbiornik nieprzerwywanie wysyłał dane w różnych typach standardu protokołu NMEA. Następnie napisaliśmy kod umożliwiający połączenie się do odbiornika, odczytanie sparsowanych danych i otworzenie współrzędnych przesłanych przed odbiornik.

3 Kod programu

```
import pynmea2 # Import biblioteki do parsowania danych NMEA z modułu GPS
from time import sleep # Import funkcji sleep do opóźniania odczytu danych
import serial # Import biblioteki do obsługi portu szeregowego
import webbrowser # Import biblioteki do otwierania przeglądarki internetowej
import io # Import biblioteki do obsługi operacji na strumieniach danych

def open_google_maps(latitude, longitude):
    # Funkcja otwierająca Google Maps w przeglądarce na podstawie podanych
    współrzędnych geograficznych
    maps_url = f"https://www.google.com/maps/search/?api=1&query={latitude},
{longitude}"
    webbrowser.open(maps_url)

# Pobranie nazwy portu od użytkownika
print("Wpisz nazwę portu odpowiedzialnego za odbiór danych z GPS: ")
port_name = input()

# Konfiguracja portu szeregowego dla modułu GPS
gps = serial.Serial(port_name, 9600, parity='N', stopbits=1, bytesize=8,
xonxoff=True, timeout=5)

while True:
    # Utworzenie obiektu do odczytu danych z portu szeregowego
    nmea_sentence = io.TextIOWrapper(io.BufferedRWPair(gps, gps))

    while 1:
        # Opóźnienie odczytu danych o 1 sekundę
        sleep(1)
        try:
            # Odczyt jednej linii danych NMEA
            line = nmea_sentence.readline()
            # Parsowanie danych NMEA przy użyciu biblioteki pynmea2
            data = pynmea2.parse(line)
```

```

data_string = str(data)

# Sprawdzenie, czy linia danych jest typu GPGLL
if data_string[0:6] == "$GPGLL":
    # Przetworzenie danych i utworzenie czytelnych informacji o
    położeniu
    latitude = f"{data.lat[0:2]}°{data.lat[2:8]}" {data.lat_dir}"
    longitude = f"{data.lon[0:3]}°{data.lon[3:9]}" {data.lon_dir}"

    # Wyświetlenie informacji o położeniu
    print(f"Godzina odczytu pozycji w czasie: {data.timestamp}
    UTC\n"

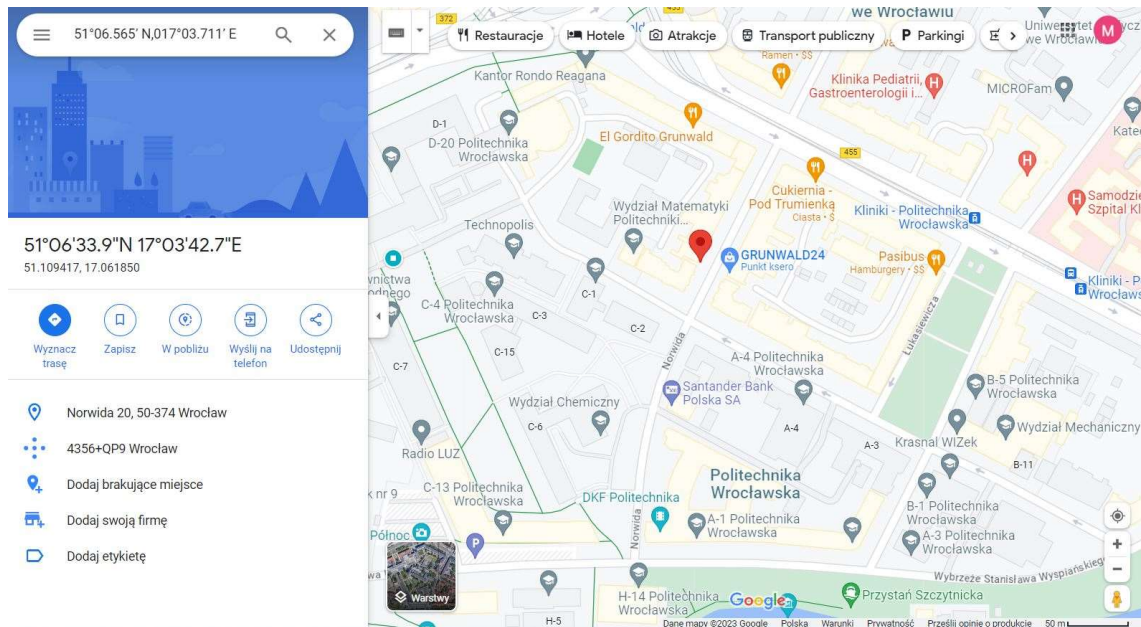
        f"Szerokość geograficzna: {latitude}\n"
        f"Długość geograficzna: {longitude}\n"
        f"Jakość modyfikacji: {data.gps_qual}\n"
        f"Ilość widzianych satelitów: {data.num_sats}\n"
        f"Pozioma konstelacja pozycji: {data.horizontal_dil}\n"
        f"Względna wysokość nad poziomem morza: {data.altitude}
        {data.altitude_units}\n"
        f"Wysokość geoidy: {data.geo_sep}
        {data.geo_sep_units}\n"
        f"Czas w sekundach od ostatniej aktualizacji DGPS:
        {data.age_gps_data}\n"
        f"Numer ID stacji DGPS: {data.ref_station_id}\n")

    # Oczekiwanie na wprowadzenie danych od użytkownika
    variable = input()
    # Jeśli wprowadzona zmienna to "1", otwórz Google Maps
    if variable == "1":
        open_google_maps(latitude, longitude)

except serial.SerialException as e:
    print('Błąd urządzenia: {}'.format(e))
    break
except pynmea2.ParseError as e:
    print('Błąd parsowania: {}'.format(e))
    continue

```

4 Efekty kodu na zajęciach



Zdjęcie 1. Przedstawia lokalizację uzyskaną na laboratoriach z odbiornika

```
1
Godzina odczytu pozycji w czasie: 17:59:54.939000+00:00 UTC
Szerokosc geograficzna: 51°06.565' N
Dlugosc geograficzna: 017°03.711' E
Jakosc modyfikacji: 0
Ilosc widzianych sateli: 0
Poziona konstelacja pozycji:
Wzgledna wysokosc nad poziomem morza: 107.4 M
Wysokosc geoidy: 42.6 M
Czas w sekundach od ostatniej aktualizacji DGPS:
Numer ID stacji DGPS:

Traceback (most recent call last):
  File "C:\Users\1312\PycharmProjects\gps\main.py", line 44, in <module>
    variable = input()
               ^^^^^^^
  File "<frozen codecs>", line 319, in decode
KeyboardInterrupt

Process finished with exit code -1073741510 (0xC000013A: interrupted by Ctrl+C)
```

Zdjęcie 2. Przedstawia linie konsolową uzyskaną na laboratoriach podczas działania programu

5 Wnioski i podsumowanie

Przeprowadzenie zajęć laboratoryjnych o tematyce GPS pozwoliło nam na przyjrzenie się tej technologii z punktu widzenia twórcy oprogramowania, a nie jak dotychczas przeciętnego użytkownika końcowego. Zdobyliśmy wiedzę na temat protokołu NMEA, który jest standardem komunikacyjnym używanym przez większość modułów GPS, nauczyliśmy się korzystać z bibliotek pynmea2 i io dzięki zajęciom. Napisany przez nas program działał bezproblemowo.