

RESEARCH REGARDING THE DEVELOPMENT OF A REAL TIME LOCALIZATION SYSTEM BASED ON UWB TECHNOLOGY

LUPU Adrian-Claudiu

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Informatică Aplicată în Inginerie Industrială,
Anul de studii:IV, e-mail:claudiulupu52@gmail.com

Conducător științific: SL. dr. ing. **Ioan-Cristian TARBĂ**

ABSTRACT: The purpose of this research paper is to describe the most important aspects of a real time localization system based on the UWB technology. The described system shall be integrated in industrial transportation robotic applications and its purpose is to assist the navigation and guidance systems of the autonomous vehicles. Details of the system will be presented, such as the communication protocol, the structure of the data packets and the software used for controlling the devices.

KEY WORDS: UWB technology, localization system, robotic applications

1. Introducere

Se dorește determinarea poziției în timp real a unui vehicul autonom prin intermediul protocolului UWB. Tehnologia UWB (ultra wideband) se bazează pe utilizarea undelor radio cu o frecvență ce poate lua valori între 3.1 GHz și 10.6 GHz. (Fig 1.1)

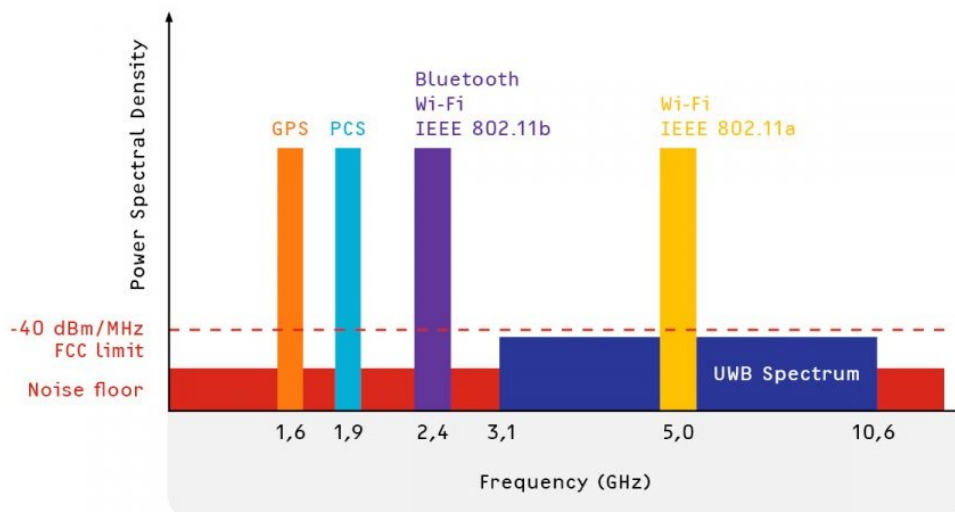


Fig 1.1 (Liisa Parv (2017), Eliko)

Un sistem de localizare UWB este alcătuit din două componente principale, utilizate în procesul de calcul al coordonatelor reperului: ancora și tagul. Ancorele sunt utilizate ca repere față de care este determinată poziția pe baza timpului de recepție a semnalului. Tag-ul este dispozitivul montat pe vehiculul autonom. Acesta are rolul de a transmite pachete de date către ancorele amplasate în interiorul incintei și de a calcula poziția în funcție de răspunsurile primite de la celelalte dispozitive.

1.1 Avantajele utilizării tehnologiei UWB

- Nivelul preciziei ridicat față de tehnologiile concurente
- Posibilitatea de penetrare a obstacolelor

2. Stadiul actual

Sistemul dezvoltat este alcătuit dintr-un tag și o ancoră controlate de două microcontrollere ESP8266 prin intermediul protocolului SPI. Conexiunile au fost făcute cu ajutorul unui breadboard și a unor fire jumper, iar alimentarea este asigurată prin două baterii externe. În Fig 1.1 este prezentată o poză a standului experimental realizat.

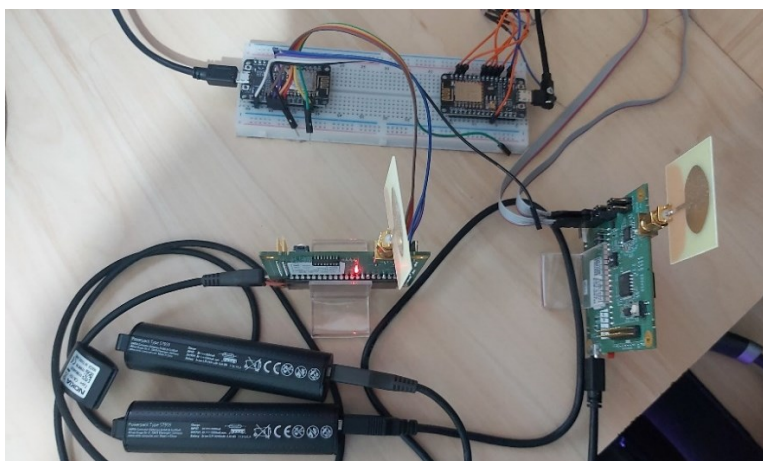


Fig 1.2 Stand experimental utilizat în testarea dispozitivelor

Pe parcursul ciclului de dezvoltare software din cadrul proiectului discutat au fost adăugate o serie de funcționalități precum posibilitatea configurării antenelor din punct de vedere al capacității și modului de transmitere și recepție a datelor, crearea unor rutine de scriere și citire a datelor în seria de regiștrii regăsiți în driverul antenelor prin intermediul protocolului SPI, posibilitatea de a trimite mesaje de tip frame prin intermediul unor serii de funcții. Au fost întâmpinate probleme în dezvoltarea sistemului de recepție și procesare a undelor radio, cauzate de lipsa semnalului logic primit prin intermediul pinului IRQ. Recepționarea mesajelor generează un semnal logic pe circuitul ce acționează respectivul pin, iar pentru utilizarea acestuia trebuie sudat un jumper pe rezistența R43 în Fig 1.3.



Fig 1.3 Port SPI

Motivul pentru care producătorul nu suportă utilizarea acestui pin este legat de compatibilitatea dintre portul folosit pentru comunicarea SPI și adaptorul SPI-USB Cheetah prin care dispozitivul se poate conecta la un calculator extern. Pentru detectarea momentului în care un semnalul a fost recepționat de către dispozitiv a fost dezvoltată o rutină ce interoghează registrul ce conține informații legate de eventuale modificări în sistem (Fig 1.4).

```

274 void checkForMessage ()
275 {
276     std::map<std::string, byte> event;
277     event = readSystemEvent ();
278     if(event["RXDFR"] == 1)
279     {
280         Serial.println("message received");
281         printMessage ();
282         delay(200);
283         received = true;
284     }
285 }

```

Fig 1.4 Rutina de verificarea a mesajelor recepționate

3. Comunicarea dintre microcontroller si dirver

Pentru controlul driverului utilizat în recepția și transmiterea semnalelor radio este necesară conectarea unui microcontroller extern. Protocolul utilizat pentru comunicarea dintre cele două dispozitive este SPI (Serial Peripheral Interface). Aceasta interfață presupune existența unui Master care comunică cu unul sau mai multe microcontrollere de tip Slave. Inițializarea procesului de comunicare și alegerea dispozitivului slave ce urmează a fi utilizat este realizată cu ajutorul pinului SS, iar transmiterea datelor este efectuată prin pinii MOSI și MISO. Totodată, SCK este folosit în transmiterea unui semnal digital utilizat în sincronizarea comunicării dintre dispozitive. Acest semnal este caracterizat de o polaritate și fază ce afectează ciclurile de eșantionare și cuantizare a datelor transmise. În Fig 1.5 este prezentată o schemă a procesului prezentat.

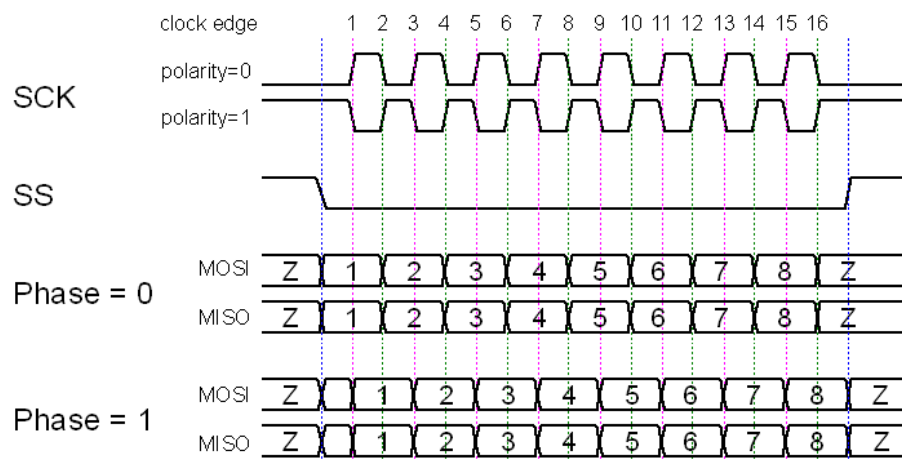


Fig 1.5 Schema de principiu SPI (***Quanser (2021), SPI-QPIDE Protocol)

4. Transmiterea mesajelor radio

4.1 Structura mesajelor

Mesajele utilizate în comunicarea prin protocolul UWB au o structură împărțită în patru câmpuri, prezentată în Fig 1.6. Preambulul este utilizat la detectarea mesajului. Acesta este alcătuit dintr-o serie de impulsuri unitare standardizate în protocol. Câmpul SFD este utilizat drept delimitator între preambulu și datele conținute în mesaj, iar PHR reprezintă antetul mesajului și este utilizat în corecția unor eventuale erori ce pot apărea în procesul de transmitere a datelor.

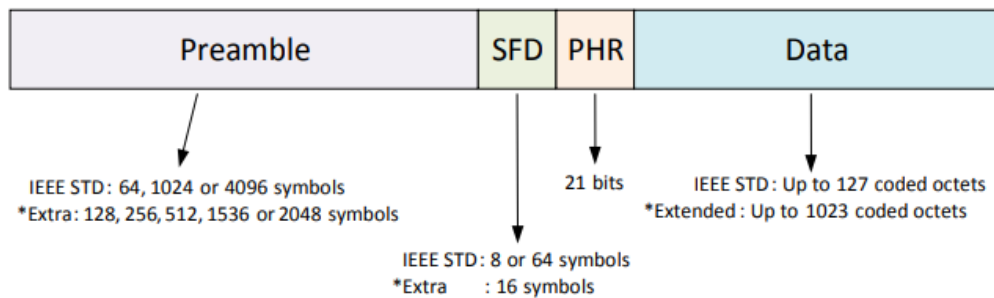


Fig 1.6 Structura unui mesaj frame (***) DECAWAVE - DW1000 USER MANUAL)

4.2 Recepționarea mesajelor

Pentru ca dispozitivul să poată recepționa și procesa mesajele transmise se dorește efectuarea unor serii de configurări la regiștrii de sistem din cadrul acestuia. În tabelul 1.1 este descris regiștrul de control al driverului.

Tabel 1.1 Maparea bitilor de configurare în regiștrul de control (***) DECAWAVE - DW1000 USER MANUAL)

Regiștrul de control								
24	9	8	7	6	3	2	1	0
HRBPT	RXDLYE	RXENAB	WAIT4RESP	TRXOFF	CANSFCS	TXDLYS	TXSTRT	SFCST

La inițializarea dispozitivului ca receptor trebuie activat bitul RXENAB din regiștrul de control.

4.3 Transmiterea mesajelor

Datele ce urmează a fi transmise de către antenă vor fi scrise într-un buffer localizat în memoria de regiștrii a sistemului. În urma acestei operații de scriere se va activa bitul TXSTRT din regiștrul de control al sistemului. Este important ca datele salvate în buffer să nu sufere operații de citire sau scriere în timpul transmiterii mesajului deoarece acest lucru poate duce la alterarea acestora.

5. Algoritmi

5.1 ToA (Time of arrival)

Prin intermediul acestei metode, distanța este calculată pe baza timpului la care a fost transmis semnalul, timpul recepționării și viteza de parcurgere a acestuia. (Brian O'Keefe (2017), Indoor Navigation for the Visually Impaired)

$$d = c * (t_{receptie} - t_{transmitere}) \quad (1)$$

$$d = \sqrt{(x_{referinta} - x)^2 + (y_{referinta} - y)^2} \quad (2)$$

5.2 DtoA (Time difference of Arrival)

Această metodă nu presupune utilizarea timpului de transmitere în calculul distanței. (Brian O'Keefe (2017), Indoor Navigation for the Visually Impaired)

$$d = c * \Delta t \quad (3)$$

$$d = \sqrt{(x_2 - x)^2 - (y_2 - y)^2} - \sqrt{(x_1 - x)^2 - (y_1 - y)^2} \quad (4)$$

Pentru determinarea distanței este utilizată diferența dintre timpii de sosire dintre două puncte luate drept referință.

6. Sistem Mecanic

Pentru o bună funcționare a sistemului, se dorește ca antenele să fie poziționate la 15 cm depărtare de orice alt obstacol, iar orientarea acestora să fie paralelă una față de cealaltă. Totodată, având în vedere că sistemul descris în această lucrare va fi integrat cu un vehiculul autonom, poziționarea și orientarea dispozitivului de recepție și transmitere a semnalelor trebuie realizată astfel încât funcționarea senzorului LIDAR să nu fie perturbată. În Fig 1.8 este prezentată montarea componentelor pe vehiculul autonom.

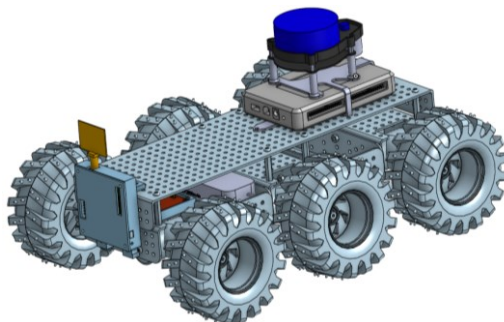


Fig 1.7 Montarea sistemului pe platforma mobilă
(Prof. Dr. Ing. Tom Savu (2021), Sisteme computerizate de măsurare și control)

7. Concluzii

Sistemul dezvoltat permite schimbarea mesajelor între două dispozitive de tip ancoră, respectiv tag. Pe viitor se dorește calcularea și inserția unui timestamp în pachetele de date transmise prin protocolul UWB pentru a putea calcula distanța dintre cele două repere cu ajutorul algoritmilor descriși în capitolul 7. Totodată, pentru a determina poziția reperului într-un sistem de coordonate carteziane se vor utiliza o serie de dispozitive de tip ancoră ce vor transmite pachete de date într-un mod sincronizat către tag. Sincronizarea va putea fi implementată prin defnirea stratului de adresare MAC la nivelul fiecărui dispozitiv prin asignarea unei adrese unice și dezvoltarea unei proceduri de filtrare a mesajelor receptate.

8. Bibliografie

- [1]. Brian O'Keefe (2017), Indoor Navigation for the Visually Impaired, Disponibil la: https://sites.tufts.edu/eeseniordesignhandbook/files/2017/05/FireBrick_OKeefe_F1.pdf
- [2]. Liisa Parv (2017), Eliko, The story behind UWB technology and indoor positioning(anul), Disponibil la: <https://www.eliko.ee/uwb-technology-indoor-positioning/>
- [3]. *** DECAWAVE - DW1000 USER MANUAL, Disponibil la: https://www.decawave.com/sites/default/files/resources/dw1000_user_manual_2.11.pdf
- [4]. ***Quanser (2021), SPI-QPIDE Protocol, Disponibil la: https://docs.quanser.com/quarc/documentation/spi_qpide_protocol.html
- [5]. Prof. Dr. Ing. Tom Savu (2021), Sisteme computerizate de masurare si control

9. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

MOSI = Master Output Slave Input

MISO = Master Input Slave Output

SCK = System clock

SS = Slave select

SFD = Single frame delimiter

PHR = Process header

$t_{receptie}$ = timpul la care a fost receptat mesajul

$t_{transmitere}$ = timpul la care a fost transmis mesajul

d = distanta

$x_{referinta}$, X_1 , X_2 = punctul x de referință

$y_{referinta}$, Y_1 , Y_2 = punctul y de referință