

Projekt GoGeo

Opis projektu, zakres prac badawczo-rozwojowych i najważniejsze wyniki

Rekonfigurowalny, wieloczęstotliwościowy i multisystemowy precyzyjny odbiornik nawigacji satelitarnej systemów GPS/Galileo

Numer projektu	POIR.01.01.01-00-2093/20
Beneficjent	Innovatronica Sp. z o.o.
Obszar technologiczny	GNSS / GPS / Galileo / FPGA
Charakter projektu	Badania przemysłowe i eksperymentalne prace rozwojowe
Opracowanie	Podsumowanie wyników projektu

1. Podsumowanie projektu

Projekt GoGeo był przedsięwzięciem badawczo-rozwojowym poświęconym opracowaniu nowej klasy precyzyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej. Głównym założeniem było stworzenie rozwiązania łączącego odbiór wielu częstotliwości i wielu systemów GNSS z możliwością rekonfiguracji parametrów sprzętowych i programowych.

W przeciwieństwie do typowych, zamkniętych modułów nawigacyjnych, GoGeo został zaprojektowany jako platforma rozwijana z wykorzystaniem układów programowalnych FPGA oraz dedykowanego oprogramowania. Takie podejście umożliwiało modyfikowanie architektury odbiornika, sposobu przetwarzania sygnałów, obsługiwanych pasm oraz relacji między wydajnością, poborem mocy i kosztem.

Najważniejszy rezultat

W wyniku projektu rozwinięto kompletną koncepcję rekonfigurowalnej platformy GNSS obejmującej tor radiowy, przetwarzanie sygnałów, architekturę FPGA, oprogramowanie odbiornika, moduły zasilania i komunikacji oraz procedury pomiarowe i testowe.

2. Czego dotyczył projekt GoGeo

GoGeo dotyczył opracowania odbiornika GNSS przeznaczonego do precyzyjnego wyznaczania pozycji z wykorzystaniem sygnałów systemów GPS i Galileo. Projekt obejmował zarówno warstwę sprzętową, jak i oprogramowanie odpowiedzialne za odbiór, przetwarzanie oraz interpretację sygnałów satelitarnych.

Podstawowym kierunkiem prac było odejście od rozwiązania o sztywno zdefiniowanej funkcjonalności na rzecz platformy rekonfigurowalnej. Oznacza to, że część funkcji odbiornika mogła być zmieniana i optymalizowana w zależności od zastosowania, między innymi pod kątem liczby obsługiwanych systemów i częstotliwości, szybkości działania, dokładności, zużycia energii oraz dostępnych zasobów obliczeniowych.

Prace były ukierunkowane na odbiornik dwu- i trzyczęstotliwościowy. Wykorzystanie kilku częstotliwości pozwala ograniczać wpływ części błędów propagacji sygnału i zwiększać odporność systemu na trudne warunki pomiarowe. Połączenie tego z równoczesnym wykorzystaniem więcej niż jednej konstelacji satelitarnej zwiększa dostępność sygnałów i daje większe możliwości dalszego rozwoju algorytmów pozycjonowania.

3. Główne cele badawcze

W projekcie skoncentrowano się na kilku wzajemnie powiązanych celach:

- opracowaniu wieloczęstotliwościowego toru radiowego zdolnego do odbioru sygnałów GPS i Galileo;
- opracowaniu rekonfigurowalnej architektury przetwarzania sygnałów z wykorzystaniem FPGA;
- opracowaniu i optymalizacji algorytmów oraz oprogramowania GNSS;
- integracji toru radiowego, części cyfrowej, zasilania, zegarów i interfejsów komunikacyjnych w jedną platformę;
- badaniu dokładności pozycjonowania, czasu uzyskania pozycji, stabilności działania i poboru mocy;
- przygotowaniu rozwiązania do dalszej miniaturyzacji, produkcji próbnej i rozwoju w kierunku zastosowań użytkowych.

4. Zakres wykonanych prac

4.1. Część radiowa i odbiór sygnałów GNSS

Jednym z podstawowych obszarów projektu było opracowanie i badanie toru radiowego dla odbioru wielu pasm GNSS. Prace obejmowały dobór architektury RF, badania filtracji i wzmacniania sygnałów, analizę zakłóceń oraz integrację części radiowej z dalszym torem przetwarzania.

4.2. Architektura FPGA i przetwarzanie sygnałów

Istotą rozwiązania GoGeo było zastosowanie platformy programowalnej. Bloki odpowiedzialne za przetwarzanie sygnałów mogły być implementowane i modyfikowane w FPGA. Pozwalało to porównywać różne warianty architektury, dobierać wymagane zasoby i optymalizować rozwiązanie bez konieczności każdorazowego projektowania nowego układu scalonego.

4.3. Oprogramowanie i algorytmy GNSS

Równolegle rozwijano oprogramowanie odpowiedzialne za obsługę odbiornika i przetwarzanie informacji nawigacyjnych. Prace obejmowały funkcje niskopoziomowe, współpracę z blokami sprzętowymi, obliczanie danych nawigacyjnych oraz mechanizmy komunikacji z systemem zewnętrznym.

4.4. Zasilanie, komunikacja i integracja platformy

Opracowano elementy zasilania dla części FPGA i RF, ze szczególnym uwzględnieniem ograniczenia szumów i wzajemnych zakłóceń. Rozwijano także interfejsy komunikacji cyfrowej, moduły zarządzania mocą oraz mechanizmy komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi.

4.5. Badania i testy

Projekt obejmował badania laboratoryjne oraz testy praktyczne. Oceniano poprawność odbioru, stabilność pracy, właściwości wieloczęstotliwościowe, dokładność pozycjonowania, czas ustalania pozycji, pobór mocy i zachowanie odbiornika w różnych warunkach. Wyniki

porównywano z rozwiązaniami referencyjnymi i wykorzystywano do kolejnych iteracji sprzętu oraz oprogramowania.

5. Najważniejsze wyniki projektu

Rezultatem projektu nie był pojedynczy eksperyment, lecz zestaw powiązanych wyników badawczych i rozwojowych. Najważniejsze z nich przedstawiono poniżej.

Rekonfigurowalna platforma odbiornika GNSS	Opracowano architekturę rozwiązania, w której kluczowe funkcje przetwarzania mogą być rozwijane i modyfikowane. Pozwala to dostosowywać odbiornik do różnych klas zastosowań i prowadzić dalsze prace rozwojowe bez zamykania projektu w jednej, niezmienniej konfiguracji.
Wieloczęstotliwość i wielosystemowy odbiór	Prace potwierdziły zasadność wykorzystania wielu pasm i systemów satelitarnych jako podstawy do zwiększania dostępności sygnału i jakości pozycjonowania. Opracowane rozwiązanie było rozwijane w kierunku równoczesnej obsługi GPS i Galileo oraz konfiguracji dwu- i trzyczęstotliwościowych.
Integracja sprzętu i oprogramowania	Połączono w jedną platformę elementy toru RF, cyfrowego przetwarzania sygnałów, zasilania, komunikacji i firmware. Uzyskano podstawę do budowy kolejnych wersji prototypowych i prowadzenia badań całego odbiornika jako systemu.
Metodyka badań odbiorników GNSS	Opracowano procedury i stanowiska umożliwiające ocenę parametrów odbiornika, prowadzenie testów porównawczych, analizę danych surowych oraz ocenę działania w warunkach laboratoryjnych i terenowych.
Wyniki badań	Zgromadzono wyniki dotyczące dokładności

**parametrów
użytkowych**

pozycjonowania, pracy wieloczęstotliwościowej, czasu ustalania pozycji, poboru mocy oraz testów terenowych. Wyniki te stanowią materiał do dalszej optymalizacji i rozwoju kolejnych wersji rozwiązania.

**Podstawa do
dalszych zastosowań**

Projekt stworzył techniczną bazę do zastosowania rozwijanej technologii w urządzeniach wymagających precyzyjnej lokalizacji, w tym w geomatyce, rolnictwie precyzyjnym, dronach, systemach autonomicznych i specjalistycznej telemetrii.

6. Znaczenie uzyskanych wyników

Najważniejszą wartością projektu GoGeo jest połączenie prac nad odbiorem precyzyjnych sygnałów GNSS z elastyczną architekturą sprzętowo-programową. W praktyce oznacza to możliwość dalszego rozwijania odbiornika bez ograniczenia do jednej konfiguracji sprzętowej lub jednego scenariusza użycia.

Uzyskane wyniki mają znaczenie również z punktu widzenia budowy krajowych kompetencji w obszarze zaawansowanej nawigacji satelitarnej. Projekt obejmował pełny przekrój zagadnień: od toru radiowego i elektroniki, przez FPGA, algorytmy i firmware, aż po badania parametrów całego systemu.

7. Potencjalne obszary zastosowań

Geodezja i geomatyka — precyzyjne pomiary terenowe, rejestracja danych przestrzennych i systemy pomiarowe.

Rolnictwo precyzyjne — prowadzenie maszyn, mapowanie pól, automatyzacja i kontrola realizacji prac.

Drony i roboty mobilne — nawigacja, autonomizacja oraz synchronizacja danych z systemami zewnętrznymi.

Pojazdy i systemy autonomiczne — pozycjonowanie, telemetria i wspomaganie systemów sterowania.

Infrastruktura specjalistyczna — urządzenia wymagające elastycznego dostępu do danych GNSS i możliwości rekonfiguracji.

8. Rozpowszechnienie wyników

Wyniki projektu zostały uporządkowane i przygotowane do publicznego udostępnienia w repozytorium danych badawczych. Zakres publikacji obejmuje opis projektu, metodologię, wybrane wyniki badań, dane surowe i przetworzone, raporty oraz metadane umożliwiające odnalezienie i identyfikację zasobu.

Publiczna dokumentacja nie obejmuje pełnej dokumentacji konstrukcyjnej, projektów PCB, kodu HDL, kompletnego kodu źródłowego ani nieujawnionego know-how. Pozwala to rozpowszechniać wyniki badań przy jednoczesnej ochronie informacji o charakterze poufnym i technologii umożliwiającej pełne odtworzenie rozwiązania.

9. Wnioski końcowe

Projekt GoGeo dotyczył opracowania nowoczesnej, rekonfigurowalnej platformy odbiornika nawigacji satelitarnej, zdolnej do pracy z wieloma częstotliwościami i systemami GNSS. W toku realizacji połączono prace nad częścią RF, architekturą FPGA, elektroniką, zasilaniem, komunikacją i oprogramowaniem.

Najważniejszym efektem było uzyskanie spójnej bazy technologicznej i badawczej do dalszego rozwoju precyzyjnych odbiorników GNSS. Projekt dostarczył zarówno rozwiązania sprzętowo-programowe, jak i wyniki badań oraz metodykę weryfikacji, które mogą być wykorzystywane w kolejnych pracach nad urządzeniami dla geodezji, rolnictwa, dronów, systemów autonomicznych i innych zastosowań wymagających wiarygodnego pozycjonowania.

Źródła opracowania

- Wniosek o dofinansowanie projektu GoGeo, nr POIR.01.01.01-00-2093/20.
- Materiały i dokumentacja projektu GoGeo udostępnione przez Innovatronica Sp. z o.o.
- Publiczne repozytorium wyników badań projektu GoGeo oraz towarzyszące metadane.