Zintegrowany system monitorowania mostów kratownicowych

D. Sala, P. Kołakowski, K. Sekuła, A. Świercz, A. Orłowska
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Plan prezentacji

- Motywacja
- Metodologia identyfikacji uszkodzeń
- System monitorowania mostu
- Bezprzewodowe przesyłanie danych
- Podsumowanie

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

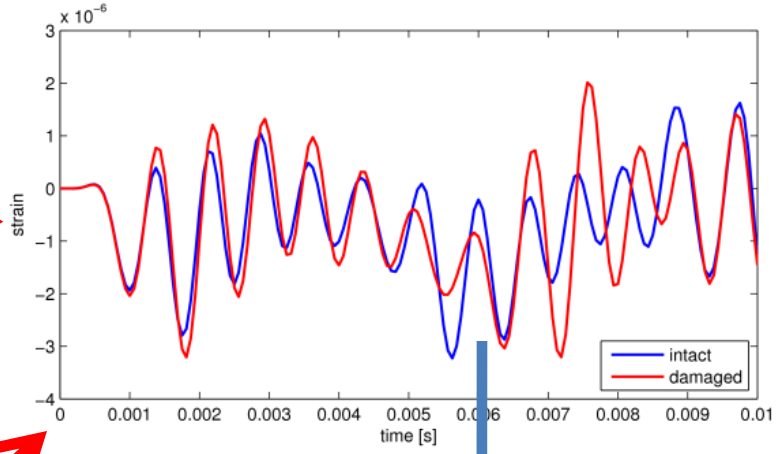
Motywacja

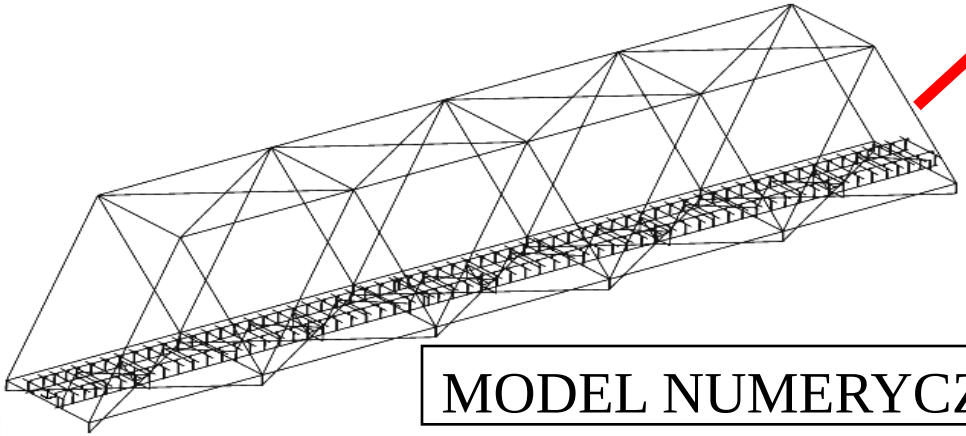
- Większość mostów kolejowych w Polsce jest starszych niż 30 lat.
- Stan techniczny konstrukcji ocenia się tylko na podstawie wizualnej inspekcji.
- Przygotowania do sesji pomiarowych przy użyciu przewodów pomiarowych są czasochłonne.
- Koszt okablowania mostu jest szczególnie wysoki przy dużych konstrukcjach.

Metodologia identyfikacji uszkodzeń

KONSTRUKCJA Z CZUJNIKAMI

ANALIZA ODWROTNA





MODEL NUMERYCZNY

IDENTYFIKACJA USZKODZEŃ

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

System monitorowania mostu

System

Identyfikacja Obciążeń

Ważenie pociągu w ruchu (WIM)

Identyfikacja Uszkodzeń

Monitorowanie stanu konstrukcji (SHM)

GSM

GSM

Centrum analizy
i przetwarzania danych

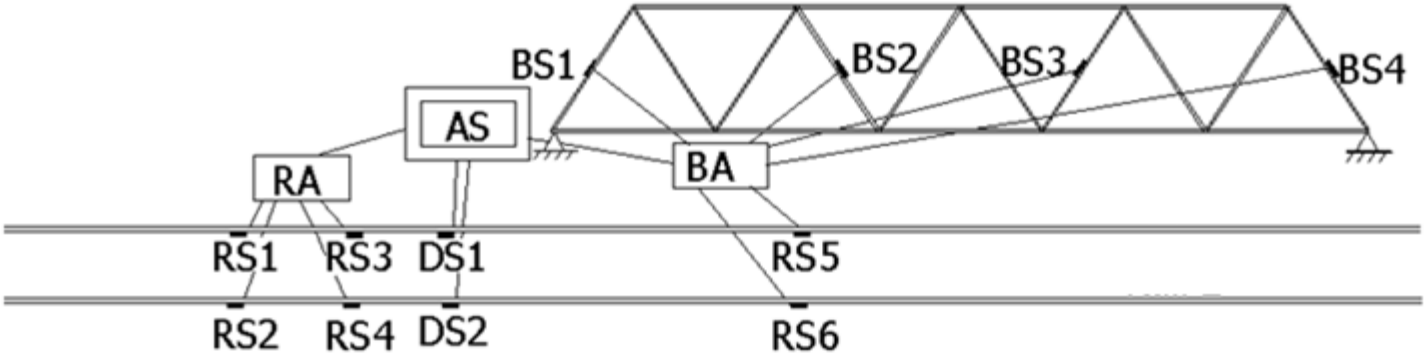
Raportowanie wyników

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Schemat rozmieszczenia czujników w układach SHM i WIM



RS- Czujnik szynowy

BS- Czujnik mostowy

DS- Referencyjny czujnik przemieszczenia

RA- Wzmacniacz czujników szynowych

BA- Wzmacniacz czujników mostowych

AS- Jednostka centralna

Piezoelektryczny czujnik mierzący odkształcenie

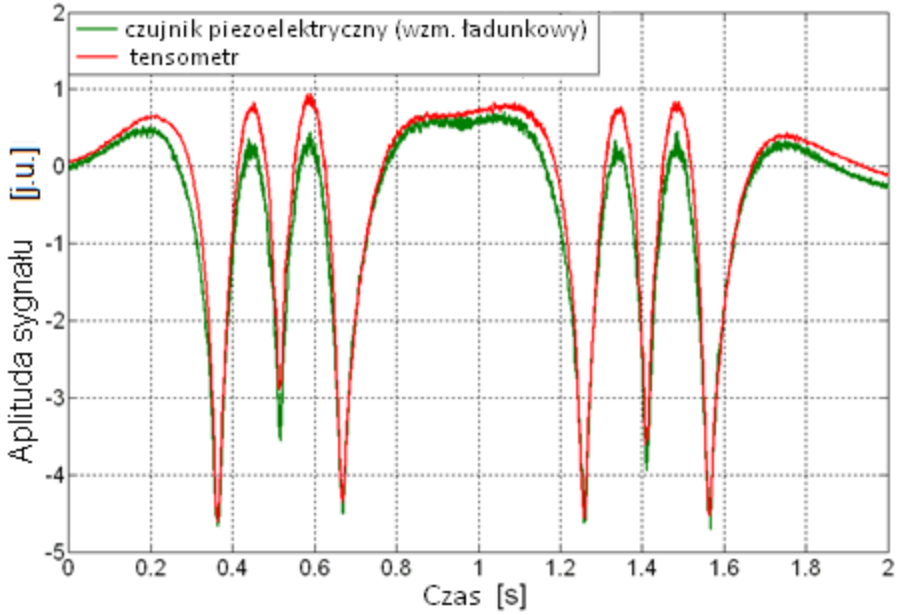
INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Sygnały zarejestrowane z czujników szynowych

Porównanie sygnałów mierzonych przy pomocy różnych wzmacniaczy



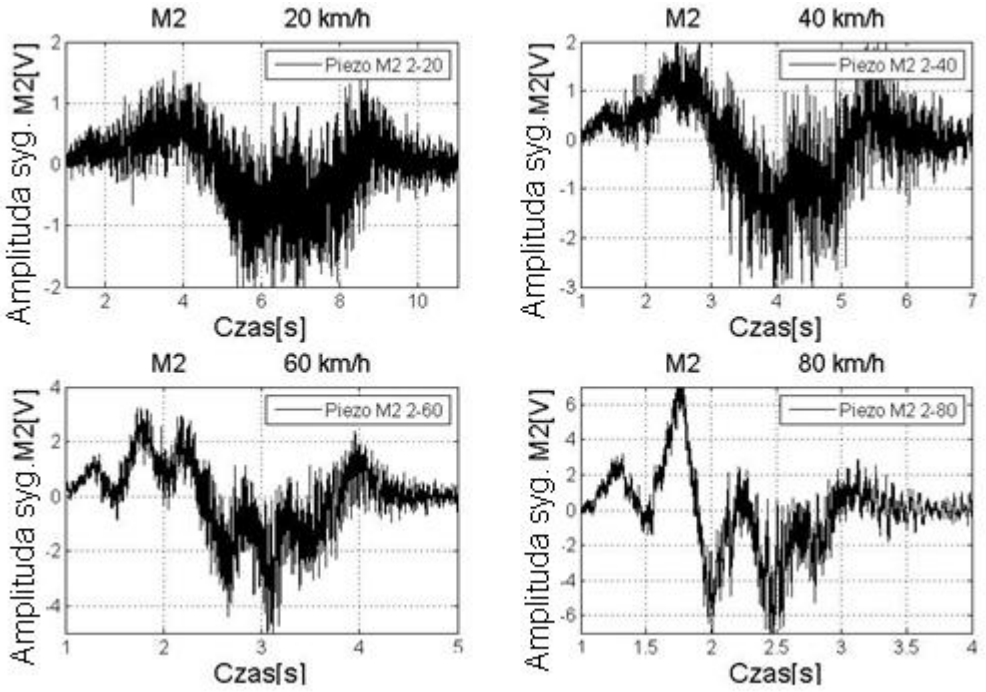
Porównanie odpowiedzi czujnika piezoelektrycznego z tensometrem

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

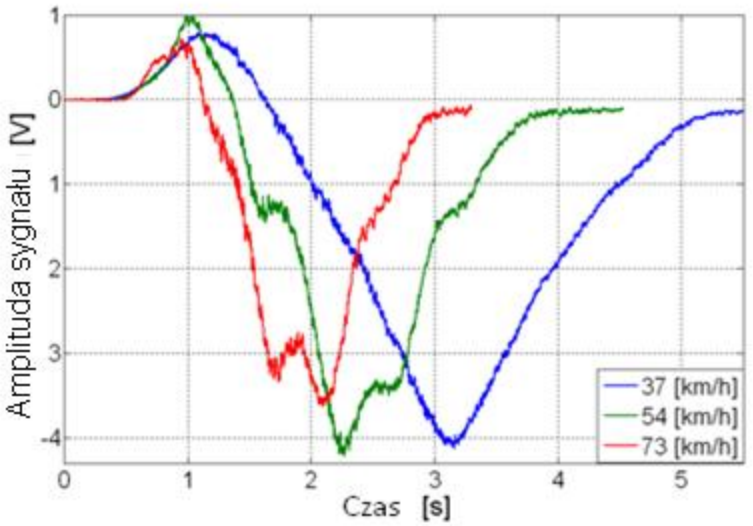
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Sygnały zarejestrowane z czujników mostowych



Sygnały zarejestrowane przy użyciu wzmacniacza napięciowego



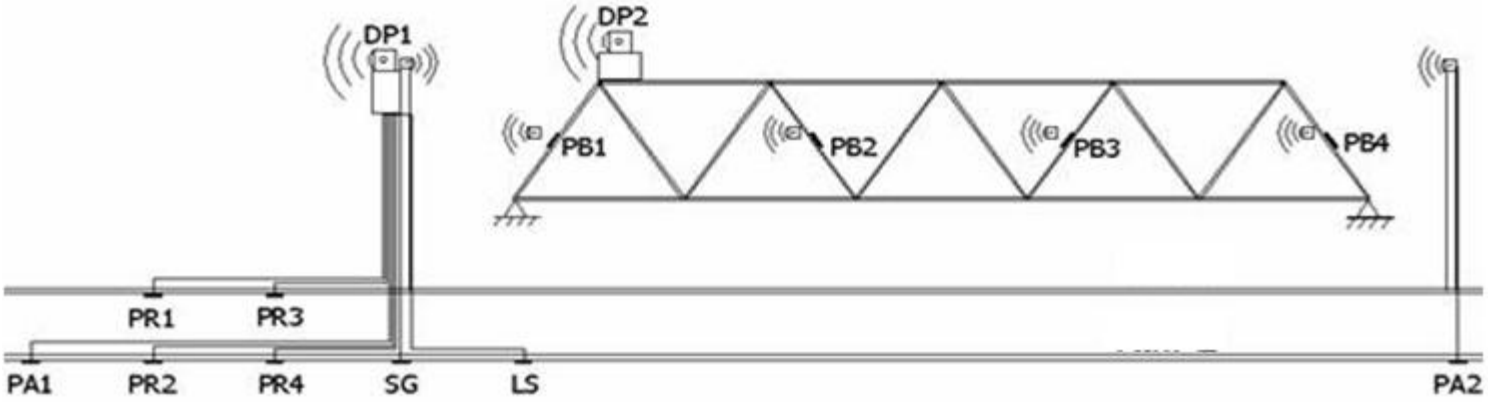
Sygnały zarejestrowane przy użyciu wzmacniacza ładunkowego

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Proponowany system transmisji bezprzewodowej



System składa się z dwóch rodzajów transmisji:

-Krótkiego zasięgu (do 100 m) [PB1-PB4;PA1,PA2]
-Dalekiego zasięgu (GSM) [DP1, DP2]

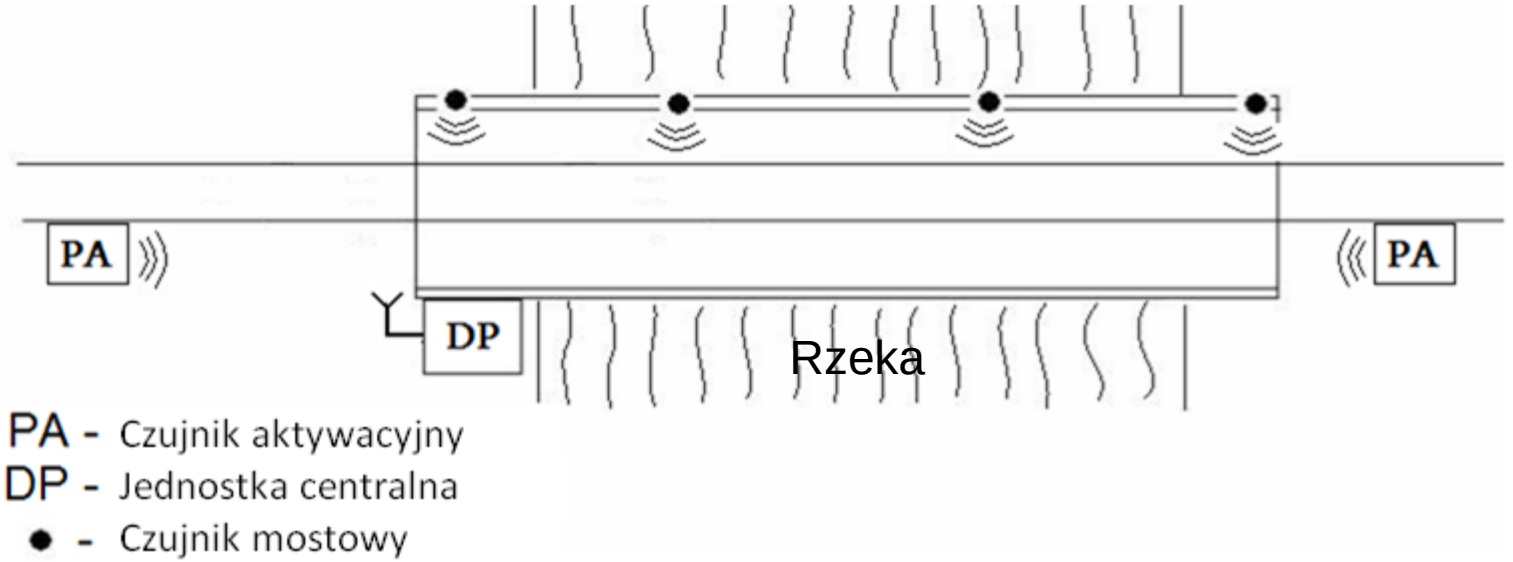
INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Bezprzewodowy system krótkiego zasięgu

- Wszystkie jednostki są w stanie obniżonego poboru energii (tryb uśpienia) poza czujnikami aktywacyjnymi
- Układ jest aktywny tylko podczas przejazdu pociągu



INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

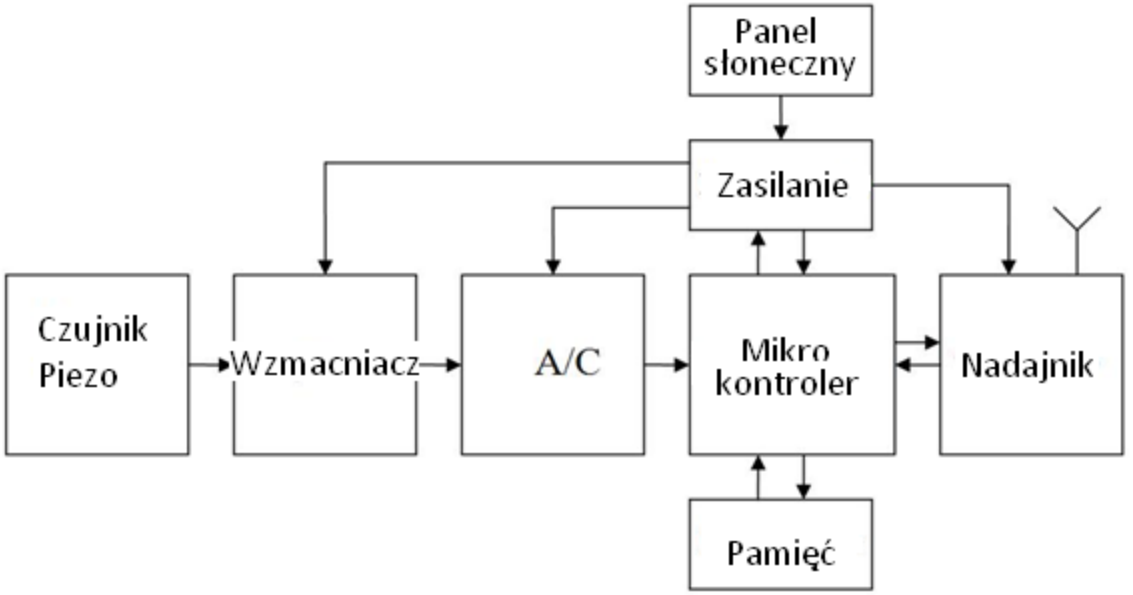
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Parametry modułu czujnika bezprzewodowego

Parametry:

-Częstotliwość -2,4GHz
- Zasięg ->70 m
-Prędkość transmisji -1000kbit/s
- ADC -12bit
-Pobór prądu - 40mA
- Wymiary - 8x8x3 cm
- Niski koszt jednostki
- Autonomiczność (panele słoneczne)
-Możliwość pomiaru temperatury i wilgotności



Schemat modułu bezprzewodowego

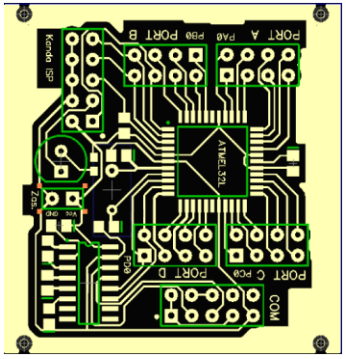
INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

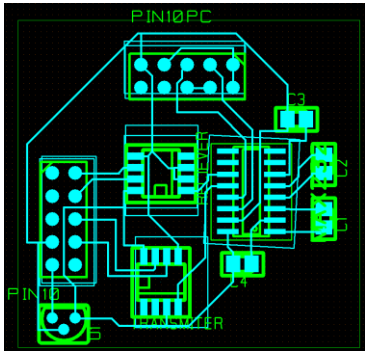
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

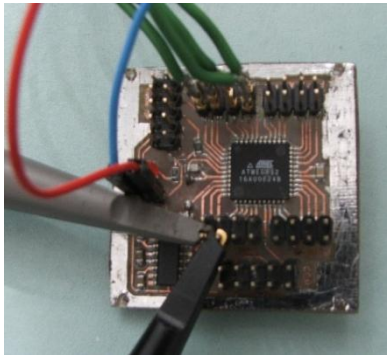
Prace nad prototypem systemu

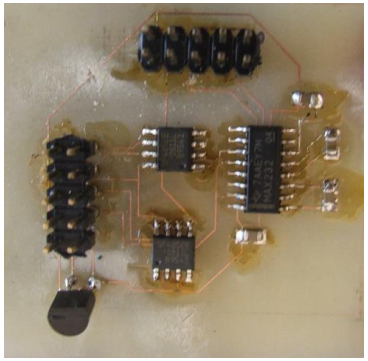
- Prace koncepcyjne
- Dobór elementów





- Testy laboratoryjne
- Wykonanie prototypu





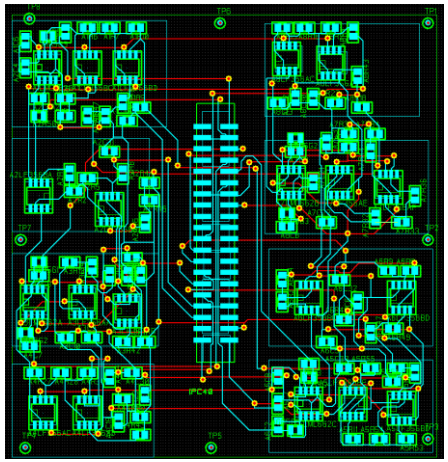
Układy pomocnicze przy prototypowaniu systemu

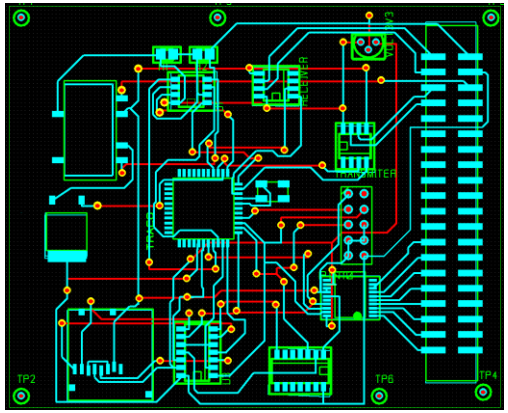
INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

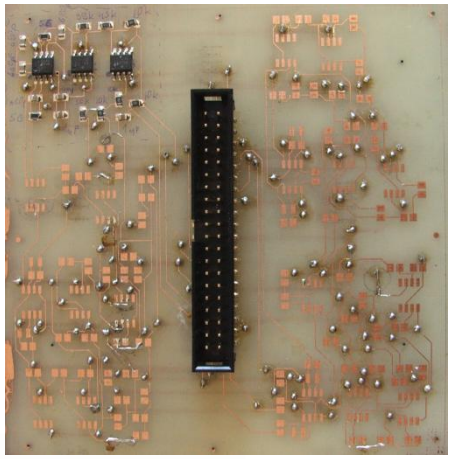
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

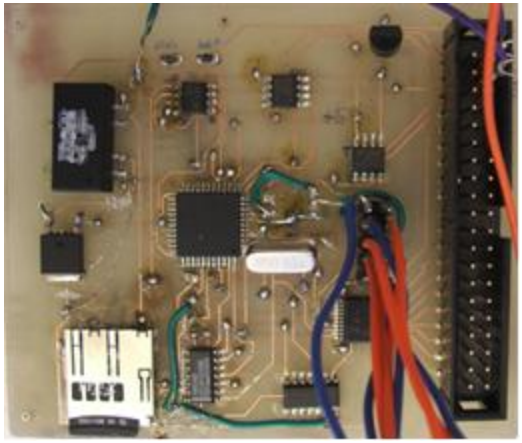
PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Prace nad prototypem systemu









- Technologia SMD (ang. *Surface Mount Device*)
- Energooszczędne podzespoły
- Małe rozmiary
- Płytka dwuwarstwowa

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

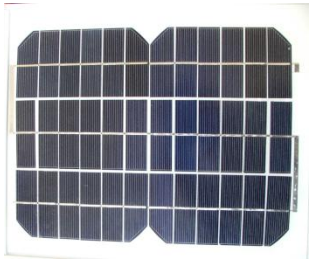
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Bezprzewodowy system dalekiego zasięgu

Parametry:

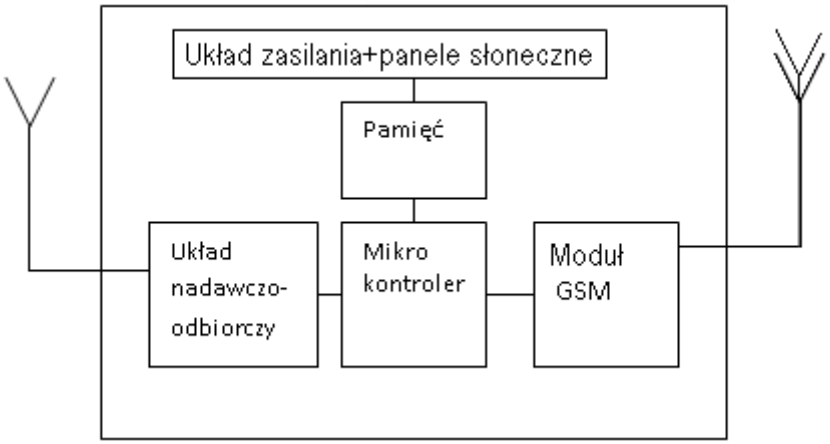
- EGSM: 900/1800 MHz
- GSM: 850/1900 MHz
- Napięcie zas: 3.3 - 4.2 V
- Moc nadawania– 1W
- Porty szeregowe: 2xRS232, USB 2.0, SPI
- 3 kanałowy A/C
- Temperatura pracy: -20°C to +60°C
- Waga: 10 gramów



Centrum obliczeniowe

Układ testowy dla modułu GSM

Moduł GSM



Schemat jednostki dalekiego zasięgu

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

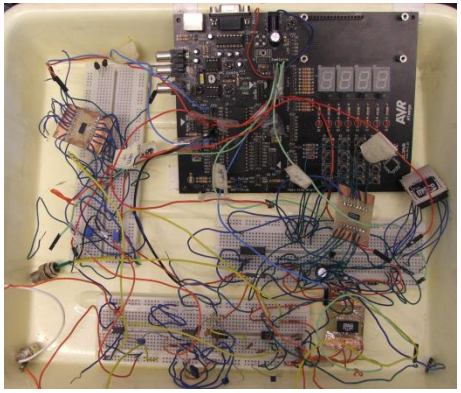
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Polowy test akwizycji danych

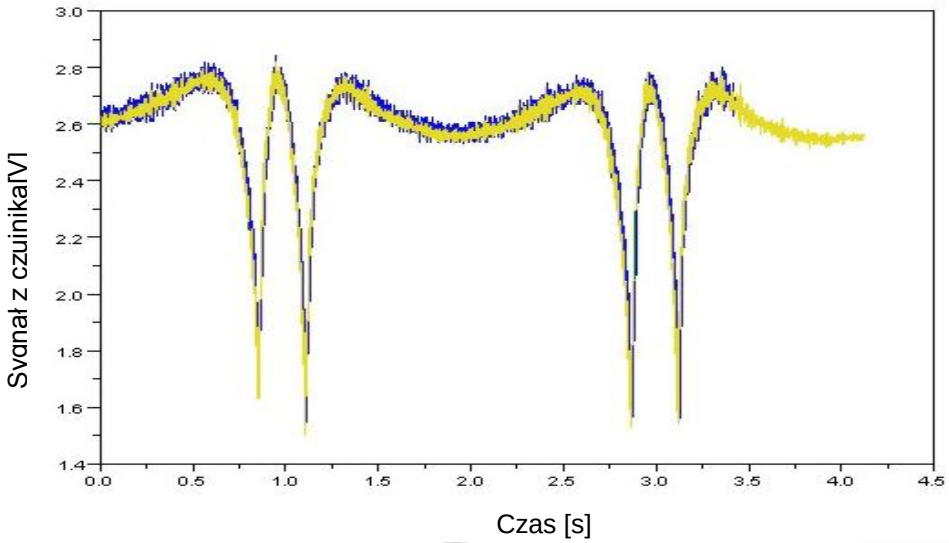
System akwizycji PULSE
ADC 24 bitowy

Model jednostki akwizycji danych
ADC 12 bitowy



- Sygnał z systemu PULSE (24 bitowy)

- Sygnał z projektowanego modelu (12 bitowy)

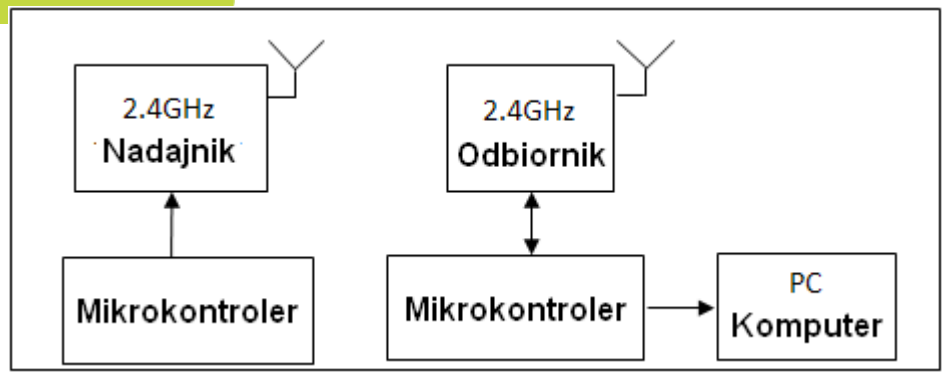


INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

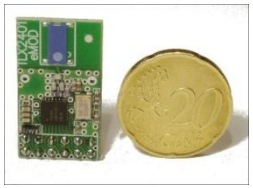
PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Test bezprzewodowej transmisji krótkiego zasięgu

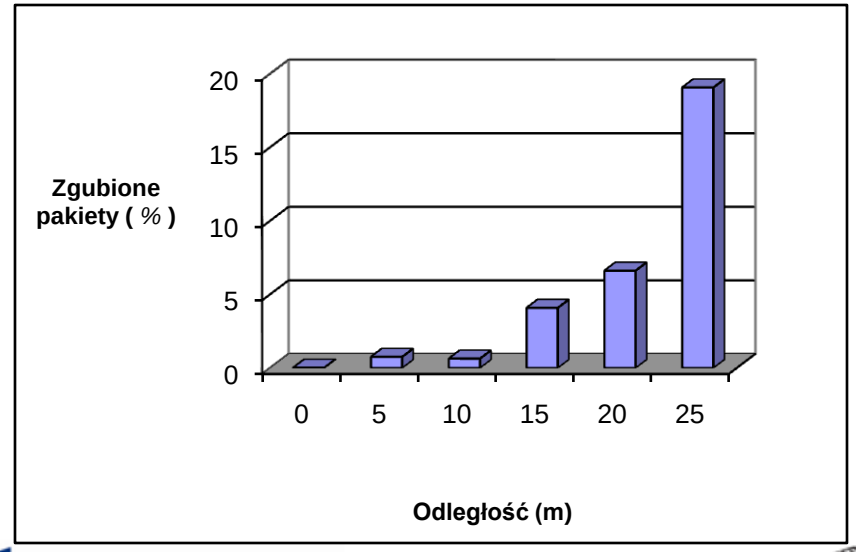


Zasięg bezprzewodowej transmisji:

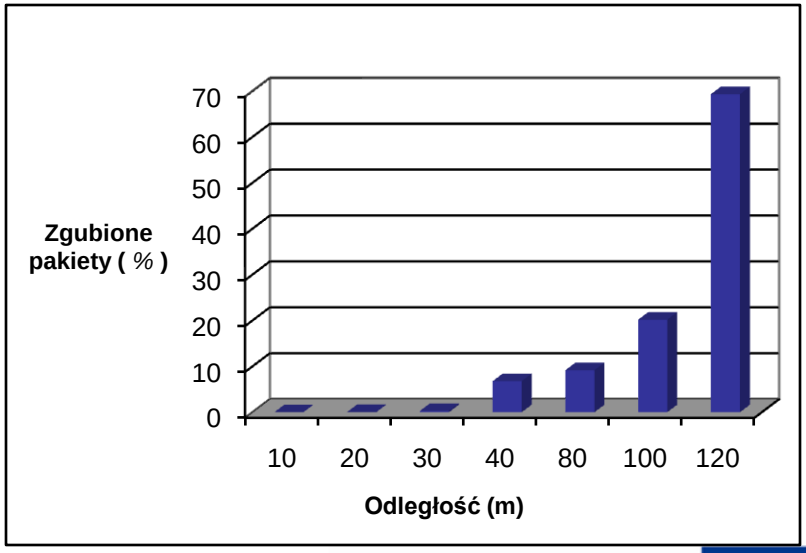
- Wewnątrz – do 30 m
- Na zewnątrz – do 130m



Test wewnątrz budynku



Test na zewnątrz budynku



INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Podsumowanie

- System pozwala na zautomatyzowanie monitorowania stanu konstrukcji i nie wymaga częstej obsługi.
- Może być stosowany w różnych aplikacjach inżynierskich (np. w sieciach wodnych oraz wszelkich układach pomiarowych, w których występuje potrzeba przesyłania danych).
- Dużą uwagę poświęcono wiarygodności rejestrowanych danych poprzez porównanie różnych metod pomiarowych (czujniki piezoelektryczne, tensometryczne, laserowe) oraz dopasowanie układów elektronicznych do czujników.
- Obecnie trwają prace nad transmisją danych dalekiego zasięgu oraz wizualizacją danych.

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Podziękowania

- PKP PLK S.A. za współpracę
- Zespołowi pomiarowemu oraz osobom uczestniczącym przy tworzeniu systemu

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA

Dziękuję za uwagę

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO W RAMACH PROGRAMU OPERACYJNEGO INNOWACYJNA GOSPODARKA