

Projektbezeichnung: Tytuł projektu:	[SmartRiver: Intelligentes Odergebiet/SmartRiver: Inteligentne Nadodrze]
Antragsnummer: Numer wniosku:	[85029892]
Output / Produkt:	Dokument: „Drahtloses Sensornetzwerk“ / “Bezprzewodowa Sieć Sensorów“

Dotyczy: działanie nr 5 – **Bezprzewodowa Sieć Sensorów**

Opis działania: W ramach tego działania zostanie szczegółowo zdefiniowana bezprzewodowa sieć sensorów, umożliwiająca przesyłanie danych zebranych przez czujniki do centrów przetwarzania danych

Autorzy dokumentu: IHP, UZ

Odbiorcy dokumentu: Użytkownicy końcowi

## Spis treści

1. Wprowadzenie
2. Lokalizacja węzłów
3. Protokół wieloskokowy Kangaroo
4. Podsumowanie
5. Wersje dokumentu

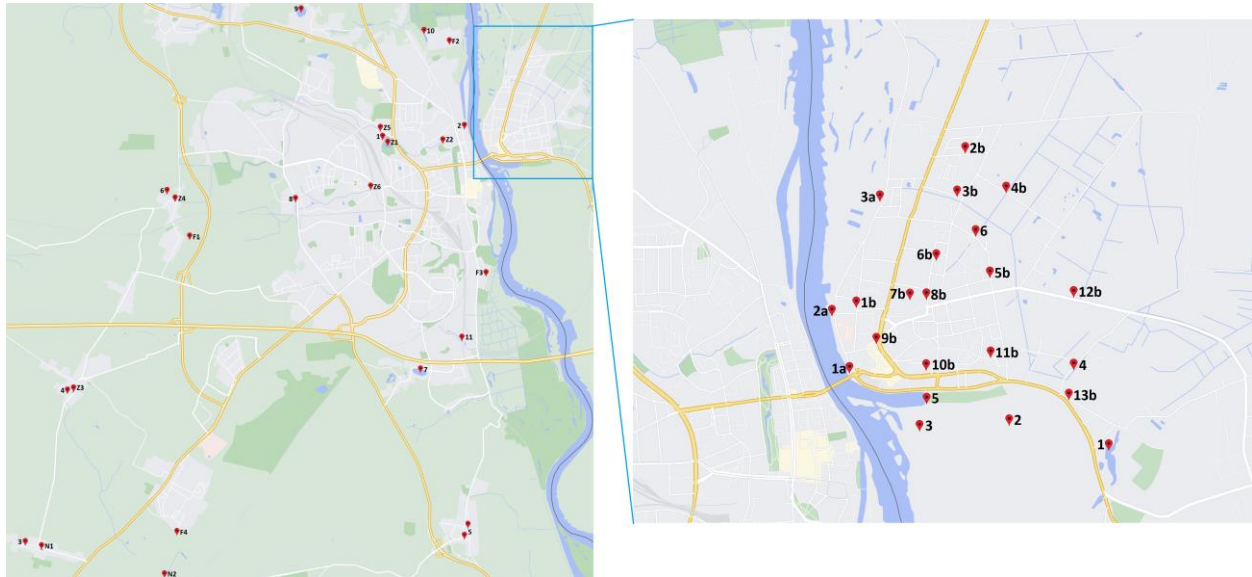
### 1. Wprowadzenie

Bezprzewodowa Sieć Sensorów jest kolejnym etapem realizacji systemu monitorowania wałów przeciwpowodziowych i terenów przyległych do rzeki Odry na wysokości miast Frankfurt nad Odrą oraz Słubice. W dokumentach opracowanych podczas realizacji poprzednich etapów projektu zdefiniowane zostały scenariusze użycia (KW2), wymagania dla projektowanego systemu (KW3), pierwsza specyfikacja systemu (KW4) oraz definicja demonstratorów (KW6). Dokumenty te stanowią bazę do zdefiniowania bezprzewodowej sieci sensorowej.

W dokumencie „Scenariusze użycia” wyróżnione zostały cztery scenariusze użycia: 1) monitoring sieci (SU1), 2) monitoring wałów przeciwpowodziowych i terenów sąsiadujących z wałem (SU2), 3) monitoring parametrów pogodowych i powietrza (SU3) oraz 4) monitoring wód powierzchniowych i gleby (SU4). Trzy z nich dotyczą pomiarów środowiskowych, natomiast czwarty dotyczy monitorowania węzłów bezprzewodowej sieci komunikacyjnej. Bezprzewodowa sieć sensorów służy przesyłaniu wszystkich mierzonych parametrów. Jest również monitorowana w ramach SU1.

## 2. Lokalizacja węzłów

Teren dwumiasta objęty działaniem systemu monitorowania wałów przeciwpowodziowych i terenów przyległych do rzeki Odry, przedstawiony został na Rysunku 1. Na rysunku przedstawiono lokalizację wszystkich punktów pomiarowych zaplanowanych na tym etapie do zainstalowania na obszarze okolic miast Frankfurt nad Odrą oraz Słubice.



Rysunek 1: Lokalizacja punktów pomiarowych w miastach Frankfurt nad Odrą oraz Słubice

Rysunek nie przedstawia miejsc, w których znajdować będą się centra przetwarzania danych oraz bramy sieciowe (Gateway). Dane pomiarowe z obszaru po stronie polskiej planuje się gromadzić na terenie Centrum Komputerowego Uniwersytetu Zielonogórskiego, natomiast dane pomiarowe z obszaru po stronie niemieckiej planuje się gromadzić na terenie IHP we Frankfurcie nad Odrą. Ale, jak wspomniano w dokumencie „definicja demonstratorów”, inne lokalizacje są również możliwe (centra komputerowe Urzędu Miasta Słubice i FDH we Frankfurcie nad Odrą).

Poza węzłami pomiarowymi przedstawionymi na Rysunku 1, w mieście Frankfurt nad Odrą planowane jest umieszczenie dodatkowych węzłów pośredniczących (tzw. Repeaterów), które pomogą rozszerzyć zasięg sieci bezprzewodowej wykorzystywanej do przesyłania danych pomiarowych do centrów przetwarzania danych. Umieszczenie dodatkowych Repeaterów zostało wymuszone poprzez rozmieszczenie punktów pomiarowych na dużym obszarze, a także zróżnicowany pod względem wysokości terenu obszar pomiarowy. W mieście Słubice umieszczenie dodatkowych Repeaterów nie jest wymagane ze względu na mniejszy obszar pomiarowy oraz bardziej gęste rozmieszczenie punktów pomiarowych. Obszar pomiarowy w mieście Słubice pozwala na wykorzystanie węzłów umiejscowionych w punktach pomiarowych jako Repeatery. Węzły pomiarowe często umiejscowione będą w trudno dostępnych miejscach, w których zasięg sieci może być blokowany przez przeszkody. Wszystkie opisane wyzwania sprawiają, iż zastosowanie Repeaterów oraz implementacja protokołu wieloskokowego

pozwalającego na transmisję danych z wykorzystaniem Repeaterów stało się najbardziej odpowiednim rozwiązaniem w przypadku systemu monitorowania wałów przeciwpowodziowych i terenów przyległych do rzeki Odry.

### 3. Protokół komunikacyjny Kangaroo

Jak widać, obszary miast Frankfurt (Oder) i Słubice wykazują zróżnicowanie pod względem odległości między punktami pomiarowymi koniecznymi do pokrycia zasięgiem technologii komunikacyjnej w sieci sensorów. Celem wybranej technologii jest możliwie największe skalowanie rozwiązania, umożliwiające pokrycie zasięgiem sieci małych miejscowości, jak i dużych (czy rozległych) miast.

#### 3.1. Wymagania dla protokołu

Pierwszym wymaganiem wobec protokołu jest to, że protokół powinien być uniwersalny pod względem warstwy fizycznej. W przypadku systemu monitorowania wałów przeciwpowodziowych, terenów przyległych do rzeki Odry oraz terenu miast, ze względu na duże odległości pomiędzy punktami pomiarowymi założono, iż protokół powinien wykorzystywać warstwę fizyczną pozwalającą na przesyłanie danych na duże odległości (Long Range).

Drugim wymaganiem protokołu jest zastosowanie protokołu dostępu do medium gwarantującego zmniejszoną podatność na kolizję pakietów. W przypadku stworzonego protokołu zastosowana została metoda dostępu do medium CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), która jest częścią sterowników radiowych zaimplementowanych w urządzeniach zarządzających operacjami węzłów pomiarowych.

Trzecim postawionym wymaganiem była obecność mechanizmu ACK (Acknowledgment), który pozwala na potwierdzenie odebrania danych przez jeden z węzłów innemu węzłowi. Mechanizm ACK zastosowany zostanie jedynie dla pakietów przesyłanych bezpośrednio do danego węzła, a nie dla pakietów przesyłanych z adresem Broadcast oraz samych pakietów ACK.

Czwartym wymaganiem jest obsługa transmisji wieloskokowej, która umożliwi przesyłanie danych z wykorzystaniem innych węzłów będących częścią bezprzewodowej sieci sensorowej, zamiast bezpośredniego przesyłania danych do bramy odbiorczej. Takie rozwiązanie pozwala na rozszerzenie zasięgu sieci (skalowanie) bez konieczności instalowania dodatkowych bram.

Transmisja wieloskokowa wymaga utworzenia mechanizmu pozwalającego na budowanie sieci (topologii) oraz routingu odpowiedzialnego za przesyłanie danych przez sieć do węzłów docelowych. Mechanizm odpowiedzialny za budowanie sieci bazuje na zalewaniu sieci pakietami Discovery, które pozwalają na odkrywanie sąsiednich węzłów. Po odkryciu węzłów, dany węzeł wybiera najlepszy dla siebie węzeł nadrzędny i wysyła do niego pakiet Join, aby poinformować go o swoim wyborze. Mechanizm jest wywoływany cyklicznie, co konfigurowalny okres czasu.

Routing w łączy „w górę”, tj. do bramy bazuje na znajomości swoich węzłów nadrzędnych. Węzeł wysyła dane do swojego węzła nadrzędnego, a ten następnie przekazuje go do swojego

węzła nadrzędnego, aż dane nie dotrą do bramy. W routingu w łączy „w dół” pomaga pakiet informacyjny, wysyłany przynajmniej raz na każdą fazę budowania sieci. Pakiet ten zbiera informacje o wszystkich węzłach na danej ścieżce i przekazuje je bramie. Na podstawie tych informacji brama zna drogę do każdego węzła, co umożliwia wysyłanie danych w łączy „w dół” w oparciu o tę wiedzę.

Piątym wymaganiem jest synchronizacja czasu pomiędzy węzłami w celu ujednoczenia czasu wykorzystywanego do etykietowania pomiarów i pakietów znacznikiem czasu. Synchronizacja czasu odbywa się podczas zalewania sieci poprzez pakiety Discovery.

### 3.2. Implementacja protokołu

Bazą dla protokołu komunikacyjnego zaimplementowanego na potrzeby systemu monitorowania wałów przeciwpowodziowych i terenów przyległych do rzeki Odry jest technika kodowania warstwy fizycznej SimpleLink Long Range, która pozwala na przesyłanie danych na większe odległości kosztem szybkości transmisji. Technologia ta nie wymaga dodatkowych modułów radiowych, ponieważ jest obsługiwana przez urządzenie zarządzające operacjami węzłów pomiarowych. Takie rozwiązanie pozwala także na administrowanie bezprzewodową siecią sensorową, ponieważ dane nie są przesyłane przez sieci zarządzane przez zewnętrznych dostawców.

Protokół Kangaroo stworzony na potrzeby systemu SmartRiver podzielony jest na warstwy. Podział protokołu przedstawiony został na Rysunku 2. Protokół składa się z trzech podstawowych warstw: warstwy sieciowej, warstwy MAC oraz podwarstwy MAC.

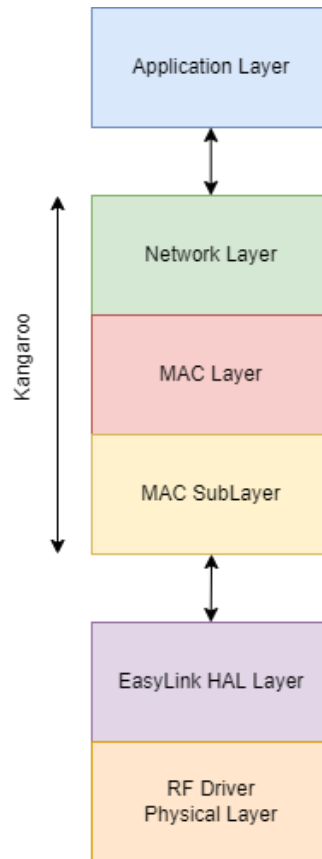
Warstwa sieciowa odpowiedzialna jest za formowanie sieci, routing oraz synchronizację czasu. Warstwa ta udostępnia funkcje dla wyższych warstw, które umożliwiają inicjalizację protokołu oraz modułu radiowego, a także inicjalizację procesu wysyłania danych oraz przekazywanie danych do wyższych warstw.

Warstwa MAC odpowiada za wstępne przetworzenie odebranych danych, wysyłanie potwierdzeń ACK oraz sprawdzanie stanu radia przed wysłaniem danych.

Podwarstwa MAC jest warstwą tłumaczącą funkcje warstw znajdujących się poniżej protokołu. Została ona utworzona ze względu na pierwsze przyjęte wymaganie, tj. uniwersalność pod względem warstwy fizycznej. Podwarstwa MAC pozwala na zmianę warstwy fizycznej bez konieczności (re)implementacji całego protokołu. Warstwa ta wykorzystuje funkcje obsługujące radio, dostarczane przez warstwy poniżej stosu.

Protokół posiada szereg zmiennych konfiguracyjnych, umożliwiających dostosowanie protokołu do różnych scenariuszy pracy. Takimi zmiennymi są liczba węzłów nadrzędnych oraz podrzędnych przechowywanych przez węzeł, rozmiar pakietu oraz maksymalną liczbę pakietów jakie mogą być przetwarzane w danym czasie, a także maksymalna liczba retransmisji zarówno w warstwie MAC, jak i w warstwie sieciowej, w przypadku niepowodzenia transmisji. Protokół pozwala także na konfigurację czasu pomiędzy kolejnymi fazami budowy sieci. Dwie kolejne

zmienne konfiguracyjne wykorzystywane są jedynie przez warstwę sieciową. Pierwsza z nich pozwala skonfigurować czy węzeł informuje pakietem Join tylko swój najlepszy węzeł nadrzędny czy wszystkie wybrane węzły nadrzędne, a druga decyduje o tym czy węzeł przesyła informacje o węzłach podrzędnych do węzła nadrzędnego.

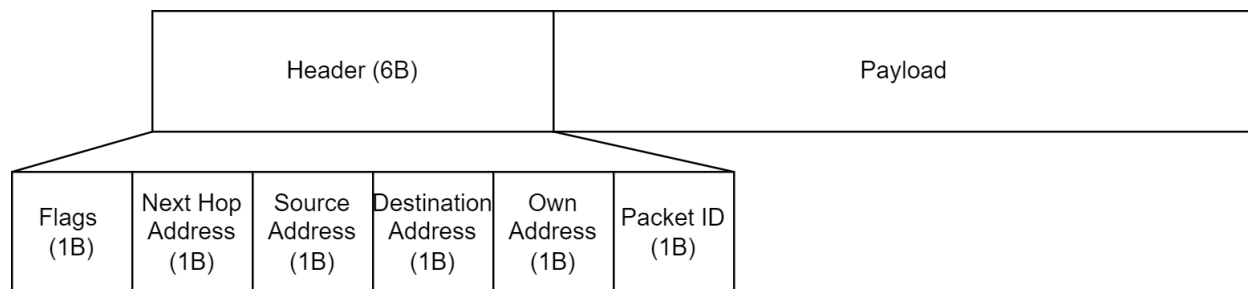


Rysunek 2: Warstwy protokołu wieloskokowego Kangaroo

Ze względu na wymagania dotyczące wieloskokowości protokołu, węzły muszą przechowywać informacje o swoich sąsiadach w celu przesyłania danych do odpowiednich węzłów. Ze względu na to protokół przechowuje informacje o sieci w czterech różnych strukturach. Pierwsza struktura przechowuje ogólne informacje o sieci lub jej konfiguracji, takie jak adres urządzenia i adres rozgłoszeniowy, minimalna odległość od bramy, liczba węzłów podrzędnych i węzłów nadrzędnych aktualnie przechowywanych w tablicy. Druga struktura przechowuje dane o konkretnych węzłach nadrzędnych, takie jak adres węzła nadrzędnego, jego odległość od bramy (ilość skoków), RSSI odebranych pakietów od tego węzła nadrzędnego oraz wskaźnik jakości łącza obliczony na podstawie dwóch ostatnich parametrów. Trzecia struktura zawiera informacje o węzłach podrzędnych węzła. Obejmuje ona adres każdego węzła podrzędnego oraz RSSI pakietów otrzymanych od tego węzła podrzędnego. Wykorzystanie czwartej struktury zależy od aktualnej konfiguracji protokołu, ponieważ przechowuje ona

informacje o wnukach, a przekazywanie tych informacji pomiędzy węzłami jest opcjonalne. Jeśli ta funkcja jest włączona, to struktura ta przechowuje adres węzła podrzędnego, liczbę jego węzłów podrzędnych, (czyli liczbę wnuków) oraz ich adresy.

Na potrzeby protokołu Kangaroo stworzono strukturę pakietów, która spełnia założone wymagania. Struktura ta została przedstawiona na Rysunku 3.



Rysunek 3: Struktura pakietu protokołu Kangaroo

Struktura pakietu stosowanego w protokole składa się z dwóch głównych części, tj. nagłówka i pola danych. Nagłówek został skonstruowany w taki sposób, aby zawierał wszystkie pola potrzebne do funkcjonowania stosu protokołu. Nagłówek zawiera pola adresowe, czyli adres źródłowy i docelowy, adres węzła wysyłającego oraz adres następnego węzła. Ponadto zawiera pole identyfikatora kontroli. Ostatnim polem w nagłówku jest pole, które może zawierać do 8 konfigurowalnych przez użytkownika flag.

#### 4. Podsumowanie

W dokumencie przedstawiono wyzwania, z jakimi zmagać musi się bezprzewodowa sieć sensorów w przypadku system monitorowania wałów przeciwpowodziowych i terenów przyległych do rzeki Odry w okolicach miast Frankfurt nad Odrą oraz Słubice. Ponadto przedstawiony został sposób transmisji danych w ww. systemie oraz opisany został protokół komunikacyjny wraz z wymaganiami postawionymi przed jego implementacją.

#### 5. Wersje dokumentu

Zmieniający	Zmiana	Wydanie	Wersja
IHP	Wersja wyjściowa	A	0
		A	1