

## **Etap 1: Rozpoznanie tematu oraz zdefiniowanie rozwiązania (5 pkt)**

### Rozpoznanie tematu

Identyfikacja wymagań stawianych sieci IoT, w tym identyfikacja ról węzłów (np. czujnik/wykonawca, węzeł pośredniczący, węzeł agregujący, brama, serwer centralny).

Ocena możliwości instalacji węzłów sieci (czujników) w pożądanych lokalizacjach (np. dostępność lub możliwość montażu instalacji do komunikacji przewodowej lub bezprzewodowej, dostępność zasilania, ograniczenia natury prawnej i administracyjnej, ograniczenia natury estetycznej itp.).

Ocena potrzeb transmisyjnych wynikających z założeń projektu i wybranych miejsc instalacji węzłów z podziałem na sieci bezprzewodowe i przewodowe uwzględniającą:

- przewidywane rozmiary przesyłanych wiadomości,
- profil ruchu i intensywność przesyłania danych,
- szacowane obciążenie ruchem przy założeniu określonego zagęszczenia czujników na kilometr kwadratowy powierzchni oraz określonym rozmiarze sieci, np. rozważenie trzech przypadków dla sieci małej (kilka-kilkanaście czujników), średniej (kilka tysięcy), dużej (sieć składająca się z milionów czujników),
- wymagania na dopuszczalne opóźnienia, błędy transmisji.

Analiza możliwości wykorzystania protokołów komunikacyjnych realizujących przekaz punkt-punkt, przekaz grupowy (multicast, anycast), działających w trybie połączeniowym, bezpołączeniowym, lub publish-subscribe (np. TCP, UDP, HTTP, MQTT, CoAP).

Rozważenie wykorzystania serwerów usług DNS, Proxy, oraz wirtualnych sieci prywatnych (VPN).

Analiza literatury dotyczącej dostępnych standardów komunikacji bezprzewodowej i przewodowej, właściwości proponowanych w nich rozwiązań w zakresie zasięgu transmisji i przepustowości, ograniczeń natury prawnej, administracyjnej (np. kwestia zasobów widmowych, pozwoleń radiowych, wykorzystanie pasm nielicencjonowanych, pozwoleń wymaganych do położenia łączów kablowych itp.). Analiza możliwości budowy prototypu sieci z wykorzystaniem dostępnych modułów sprzętowych i oprogramowania.

Przeprowadzenie wstępnych testów łączów bezprzewodowych z wykorzystaniem standardów takich jak WiFi, BLE, LoRa. Badania zasięgu w różnych środowiskach propagacyjnych. Rozważenie architektury sieci, w której wykorzystano węzły retransmisyjne, analiza wpływu tego trybu transmisji na przepływność i opóźnienia.

### Zdefiniowanie rozwiązania

Podjęcie kluczowych decyzji projektowych obejmujących m.in. niżej wymienione zagadnienia:

- Wybór architektury sieci, zdefiniowanie typów węzłów i ich zakresu odpowiedzialności,
- Rozważenie kwestii rozmieszczenia przestrzennego węzłów sieci, z uwzględnieniem praktycznych aspektów takich jak kwestie estetyczne, możliwość poprowadzenia przewodów, dostarczenia zasilania itp.
- Wybór standardów komunikacji przewodowej i bezprzewodowej, a także wykorzystywanych protokołów,
- Projekt sieci bezprzewodowej uwzględniający możliwość uzyskania zakładanej przepustowości dla zakładanych warunków terenowych i liczby węzłów; wyznaczenie bilansu łącza,
- Wybór języka programowania (Python, C, ...),
- Podział oprogramowania na warstwy/moduły/klasy, specyfikacja interfejsów pomiędzy nimi, uwzględnienie wielowątkowości,
- Zaplanowanie procesu uruchomienia/konfiguracji sieci, tj. określenie czynności, które będą musiały być wykonane (np. nadanie identyfikatorów węzłom, ustalenie trybów dostępu), kolejności i sposobu ich wykonania (np. zdalnego, wymagającego zaangażowania montera na miejscu instalacji węzła),

Zadanie 7 pn. „Pilotażowa realizacja innowacyjnej ścieżki kształcenia obejmującej znaczny komponent zespołowych zajęć projektowych we wczesnej fazie studiów” realizowane w ramach projektu „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” współfinansowanego jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Etap kończy się opracowaniem dokumentacji projektu sieci uwzględniającej powyższe aspekty techniczne, które powinny zostać poparte logicznym uzasadnieniem oraz – tam, gdzie to jest niezbędne – obliczeniami. Warto rozważyć także kwestie biznesowe takie jak np. koszt produkcji węzła, koszt instalacji węzła (np. roboczogodziny pracy montera), koszt wytworzenia oprogramowania, koszty eksploatacyjne (np. zużycie energii, opłaty za wykorzystanie łącz telekomunikacyjnych od operatorów sieci) – to wszystko uzależnione od rozmiaru planowanej sieci.

## **Etap 2: Implementacja rozwiązania (10 pkt)**

W ramach projektu zostanie opracowane oprogramowanie dwóch typów węzłów: węzła czujnika będącego źródłem transmitowanych danych oraz węzła agregującego dane z czujników.

Opracowanie pakietów oprogramowania odpowiedzialnych za: pobranie wyników z czujników, przetworzenie danych do postaci zgodnej ze zdefiniowanym protokołem transmisji. Integracja oprogramowania węzła.

Opracowanie protokołu wymiany informacji pomiędzy węzłami (np. na bazie HTTP, MQTT lub całkowicie własnego). Opracowanie projektów oprogramowania węzłów sieci, z uwzględnieniem różnych ról węzłów. Konfiguracja routingu i adresacji w sieci IPv4/IPv6 (w tym 6LoWPAN). Konfiguracja mechanizmów sieci (m.in.: NAT, VLAN, ), zapora sieciowa.

Przygotowanie raportu z wykonanych prac, demonstracja.

## **Etap 3: Testowanie rozwiązania (10 pkt)**

Ustalenie układów testowych i scenariuszy badań, kryteriów oceny wyników.

Przeprowadzenie badań funkcjonalnych węzłów. Opracowanie oprogramowania układu do testów wydajności (układ generujący sekwencje pakietów testowych), obserwacja ruchu za pomocą programu monitorującego protokoły sieciowe (np. Wireshark, SmartRF Packet Sniffer)

Badania sygnałów radiowych emitowanych przez węzły w dziedzinie czasu i częstotliwości, w tym badanie zajętości przydzielonego kanału radiowego, ocena czasu transmisji, ocena zajętości kanału.

Badania zasięgu w różnych warunkach propagacyjnych (w środowisku wewnętrz i na zewnątrz budynków).

Badania odporności na zakłócenia radiowe wewnętrzsystemowe, obserwacja pracy sieci w obecności zakłóceń,

Badanie stabilności pracy opracowanego oprogramowania (w szczególności: odporności na utratę pakietów, zmianę kolejności pakietów, uszkodzenie pakietów).

### Badania sieci z wykorzystaniem łącza przewodowego w warunkach dużego obciążenia ruchem.

Badanie sieci oraz węzłów sieci z wykorzystaniem symulacji agregacji ruchu z wielu tysięcy czy milionów czujników w kontekście przewodowej sieci pakietowej IP. Wykorzystanie trybów testowych wbudowanych w oprogramowanie przez studentów lub wykorzystanie gotowych generatorów ruchu, np. *iperf*, *MGEN*. Badanie możliwości równoważenia obciążenia wykorzystaniem wielu instancji serwera centralnego.

### Analiza komunikacji z wykorzystywanym czujnikiem po interfejsie przewodowym (SPI, I2C, UART, itp.) za pomocą oscyloskopu lub analizatora stanów logicznych – rozpisanie znaczenia poszczególnych transmitowanych bitów.

Przygotowanie raportu z badań, demonstracja.

Przygotowanie prezentacji i opcjonalnie krótkiego filmu podsumowującego wszystkie etapy pracy zespołu oraz osiągnięte rezultaty.

Zadanie 7 pn. „Pilotażowa realizacja innowacyjnej ścieżki kształcenia obejmującej znaczny komponent zespołowych zajęć projektowych we wczesnej fazie studiów” realizowane w ramach projektu „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” współfinansowanego jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego