

Koncepcja działania systemu Totem

Cel systemu

System został zaprojektowany w celu poprawy bezpieczeństwa strażaków pracujących w strefach zagrożenia. Umożliwia:

- Stałe monitorowanie parametrów środowiskowych i stanu zdrowia użytkownika,
- bieżącą lokalizację w budynkach i w terenie,
- detekcję stanów niebezpiecznych (upadek, bezruch, wysoka temperatura, alarm SOS),
- przekazywanie wszystkich danych do centrali dowodzenia w czasie rzeczywistym.

System składa się z czterech współpracujących ze sobą elementów.

Elementy Systemu

Nieśmiertelnik - wymienny osobisty tag strażaka

To główne urządzenie noszone na zewnętrznej warstwie kombinezonu. Odpowiada za zebranie danych, przetwarzanie oraz komunikację z siecią.

Funkcje:

1. Monitorowanie środowiska:
 - a. temperatura otoczenia
 - b. stężenie gazów (CO / tlen)
 - c. ruch, upadek, bezruch (IMU)
2. Komunikacja:
 - a. BLE 5.0 – połączenie z opaską biomedyczną
 - b. UWB beaconing – lokalizacja w budynkach
 - c. LoRa – wysyłanie telemetrii do centrali
3. Bezpieczeństwo:
 - a. Przycisk SOS – natychmiastowy alarm
 - b. Detekcja upadku – automatyczna wysyłka alertu
4. Odporność mechaniczna i środowiskowa:
 - a. certyfikowana odporność na wodę / zraszanie / pył
 - b. obudowa odporna na wysoką temperaturę
 - c. funkcja czarnej skrzynki, dane zapisywane lokalnie mogą zostać odzyskane po wypadku

Opaska Biomedyczna

Urządzenie noszone **pod kombinezonem**, odpowiedzialne za monitorowanie parametrów życiowych strażaka.

Zakres monitorowanych parametrów:

- tętno
- saturacja SpO₂
- temperatura ciała
- rytm serca (ECG – w zależności od modelu)
- aktywność ruchowa

Integracja z systemem:

- dane przesyłane do Nieśmiertelnika przez **BLE 5.0 Secure**
- Nieśmiertelnik łączy je z danymi środowiskowymi
- całość wędruje do centrali jako jedna paczka telemetryczna dla danego strażaka

Zalety użycia gotowej opaski:

- brak konieczności projektowania systemu medycznego
- certyfikowane pomiary
- wysoka dokładność, stabilność i odporność na pot

Beacony Lokalizacyjne

Stałe urządzenia rozmieszczone w budynku lub strefie operacyjnej. Umożliwiają ustalenie położenia strażaka tam bez użycia GNSS.

Technologie:

- UWB - Sianie sygnału do triangulacji nieśmiertelnika
- LoRa - Komunikacja statusu z centralą

Funkcje:

- przekazywanie ID lokalizacji do Nieśmiertelnika
- wstępna kalibracja systemu

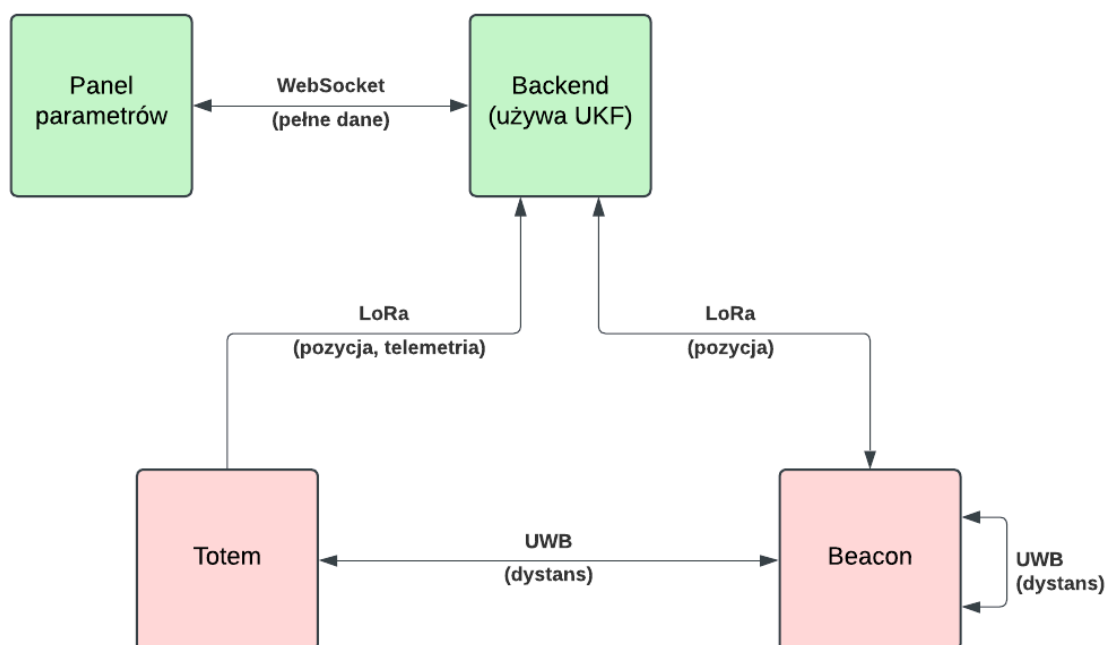
Beacony nie potrzebują połączenia z siecią, mogą działać offline.

Centrala dowodzenia - serwer i aplikacja sieciowa dla brygadiera

To punkt zbiorczy danych oraz interfejs dla dowódcy akcji.

Główne funkcje centrali:

1. Monitoring stanu strażaków:
 - a. tętno, saturacja, aktywność
 - b. temperatura i stężenie CO w otoczeniu
 - c. stan baterii urządzeń
2. Lokalizacja w czasie rzeczywistym:
 - a. pozycja w budynku (na mapie 2D/3D)
 - b. trasy przemieszczania
 - c. identyfikacja stref niebezpiecznych
3. Alerty krytyczne:
 - a. upadek / bezruch
 - b. alarm SOS
 - c. ekspozycja na gazy lub wysoką temperaturę
 - d. utrata łączności z jednostką
4. Logowanie i analiza danych po akcji:
 - a. zapis wszystkich zdarzeń i pomiarów
 - b. możliwość tworzenia raportów
 - c. dane do celów BHP lub badania incydentów
5. Wysoka niezawodność i bezpieczeństwo danych:
 - a. redundancja łącza
 - b. szyfrowanie end-to-end
 - c. możliwość pracy offline w trybie „local server box”



Opis przykładowego zastosowania systemu w prawdziwej akcji pożarniczej

1. Montaż nieśmiertelników

Proces montażu nieśmiertelnika i ubioru opaski jest banalnie prosty i szybki. Strażak zakłada opaskę pod wewnętrzną warstwę kombinezonu tak jak zwykły zegarek lub smartwatch. Następnie ubiera kombinezon i na wierz do uprząży SCBA montuje nieśmiertelnik który automatycznie paruje się z opaską.

2. Kalibracja i konfiguracja systemu:

Centrala, nieśmiertelniki i opaski muszą być skonfigurowana i założone jeszcze przed rozpoczęciem akcji. Technik zespołu rozmieszcza cztery beacons referencyjne w dobrze zdefiniowanych pozycjach. Posłużą one jako punkt odniesienia dla całego systemu śledzenia pozycji. Aby zapewnić powtarzalne rozmieszczenie można zamontować je w charakterystycznych punktach wozu strażackiego.



3. Rozstawianie beaconów:

Technik rozmieszcza kolejne beacons w bezpiecznych częściach budynku lub na zewnątrz. Każdy nowy beacon w momencie instalacji określa swoją pozycję względem beaconów referencyjnych lub jeśli możliwe, innych już zainstalowanych beaconów. Później pozostaje nieruchomy do końca akcji gaśniczej.

4. Śledzenie strażaków:

Po instalacji beaconów każdy nieśmiertelnik zacznie zapisywać swoją pozycję względem. W połączeniu z danymi o przemieszczeniu z IMU pozwala to na dokładne namierzenie go wewnątrz budynku przez centralę. Centrala może w czasie rzeczywistym:

- kierować strażaka po budynku
- z wyprzedzeniem informować strażaka o strefach zagrożenia
- reagować na zmiany w otoczeniu i parametrach vitalnych strażaka

5. Reagowanie na wypadki:

Jeżeli strażak sam naciśnie przycisk SOS lub uruchomi się automatyczny alarm, centrala może z dużą dokładnością namierzyć poszkodowanego strażaka i poprowadzić pomoc w jego kierunku. Jeśli połączenie ze strażakiem zaniknie, i tak możemy go znaleźć. Dzięki archiwizacji danych w centrali możemy sprawdzić ostatnią znaną pozycję strażaka i tam pokierować ekipę ratowniczą.

6. Analiza przebiegu akcji post-factum:

Dla potrzeb edukacyjnych lub bhp, możliwe jest odtworzenie przebiegu akcji. Możemy sekunda po sekundzie prześledzić każdy ruch strażaków i zmiany w parametrach otoczenia i w parametrach samego strażaka.

7. Możliwe Awarie:

Awaria centrali:

W przypadku awarii centrali tracimy możliwości monitoringu. Jednak reszta systemu nadal działa, nieśmiertelniki zbierają wszystkie dane i zapisują je lokalnie w czarnej skrzynce.

Awaria beacons:

Jak wyżej, reszta sieci działa, ponieważ beacons tworzą siatkę. Możliwa utrata prawidłowej triangulacji dla części nieśmiertelników które wymagały tego konkretnie beacons.

Awaria nieśmiertelnika:

Nieśmiertelnik jest łatwo wymienialny. Przy następnym powrocie do wozu strażak może wymienić urządzenie na nowe.