

Badania i ocena jakości bezprzewodowej transmisji informacji w okrętowych systemach pomiarowo-kontrolnych

Mostafa Abotaleb

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Przedłożona rozprawa doktorska koncentruje się głównie na ocenie efektywności wykorzystania wybranych typów technologii bezprzewodowych jako sposobu (techniki) wymiany danych w okrętowych systemach pomiarowo-kontrolnych. Ocena ta jest przeprowadzana z perspektywy uwzględniającej następujące, kluczowe czynniki:

- Konwencjonalne systemy pomiarowo-kontrolne oparte na torach kablowych w zastosowaniach okrętowych są bardziej podatne na negatywny wpływ trudnych i szkodliwych warunków środowiskowych niż lądowe systemy automatyki przemysłowej, z uwagi na większą intensywność oddziaływania czynników zakłócających w warunkach okrętowych.
- Wykorzystanie czujników inteligentnych współpracujących z dedykowanymi protokołami komunikacyjnymi może zaowocować zwiększoną wydajnością w określonym zakresie realizacji zadań pomiarowo-kontrolnych wykonywanych w systemach okrętowych.
- Wyższy poziom niezawodności i dokładności transmisji informacji w systemach okrętowych, łatwiejsze wykrywanie błędów i usuwanie usterek, a także skuteczniejsze planowanie konserwacji - to bezpośrednie rezultaty współdziałania technologii bezprzewodowej i systemów pomiarowo-kontrolnych opartych na torach kablowych, w tym systemów bazujących na klasycznych standardach analogowych, jak również bazujących na cyfrowych, inteligentnych protokołach komunikacyjnych.
- Rekomendowane wdrażanie technologii bezprzewodowych jako ważnego elementu współpracującego w wymianie danych w systemach okrętowych w celu osiągnięcia istotnej poprawy jakości przeprowadzanych procesów pomiarowych i kontrolnych.

W przeciwieństwie do głównego nurtu istniejącej literatury, który omawia różne aspekty wykorzystywania technologii bezprzewodowych w systemach automatyki przemysłowej, przedłożona rozprawa jest bardziej skoncentrowana na sformułowaniu ogólnej strategii, na podstawie której armatorzy, jak również projektanci i konstruktorzy statków mogą zdobyć odpowiednią wiedzę wymaganą do podejmowania decyzji we wczesnej fazie budowy statków, wspomagających wybór właściwych rozwiązań rekomendowanych dla różnych systemów okrętowych. Dzięki tym decyzjom wybrane technologie bezprzewodowe mogą być skutecznie wdrażane w najbardziej efektywny sposób. Rozprawa koncentruje się na możliwym wykorzystaniu dwóch wybranych technologii bezprzewodowych w przemyśle okrętowym. Pierwszą technologią jest protokół HART (Highway Addressable Remote Transducer), jako technologia komunikacji bezprzewodowej dedykowana wyłącznie do zastosowań przemysłowych, podczas gdy drugą jest technologia Wi-Fi (Wireless Fidelity), adresowana do zastosowań ogólnego przeznaczenia. Analiza przeprowadzona w rozprawie ma na celu zbadanie najbardziej efektywnego sposobu wdrażania obu technologii w wybranych systemach okrętowych.

Początkowa część rozprawy poświęcona jest analizie negatywnego wpływu ekstremalnych warunków środowiskowych i eksploatacyjnych na konwencjonalne systemy pomiarowo-kontrolne oparte na torach kablowych. Następnie, istotna część rozprawy dotyczy przeprowadzonej analizy związanej z oczekiwaną poprawą transmisji informacji w systemach okrętowych wynikającą z zastosowania technologii

komunikacyjnych opartych na protokołach HART i FF (Foundation Fieldbus), wykorzystujących przewodowe przetworniki programowalne.

Podsumowując, rozprawa przedstawia wyniki przeprowadzonych analiz i badań związanych z wyżej wymienionymi koncepcjami, pod kątem efektywnego i ekonomicznie uzasadnionego, współdziałania technologii bezprzewodowych oraz klasycznych i inteligentnych technologii opartych na torach kablowych w świetle poniżej przedstawionych tez.

- Konwencjonalne systemy okrętowe oparte na klasycznych standardach binarnych i analogowych są poddawane oddziaływaniom temperatury, wilgotności, korozji, zasolenia i wibracji o znacznych poziomach. Stan techniczny okrętowych systemów pomiarowo-kontrolnych ma tendencję do stopniowego pogarszania się ze względu na wpływ wyżej wymienionych czynników eksploatacyjnych i środowiskowych. Takie pogorszenie może objawiać się głównie powstawaniem szkodliwych pętli uziemienia i podwyższonymi wartościami pojemnościowych prądów sprzężenia, co prowadzi do obniżenia poziomu niezawodności i dokładności transmisji informacji w rozważanych systemach kablowych. Powyższe wady można znacząco ograniczyć, stosując inteligentne czujniki współpracujące z protokołami komunikacyjnymi, takimi jak HART i FF, dzięki wykorzystaniu dodatkowych informacji o charakterze parametrycznym oraz diagnostycznym.
- W wielu przypadkach wykorzystanie technologii bezprzewodowej jako istotnego elementu współpracującego w wymianie danych w okrętowych systemach pomiarowo-kontrolnych może zapewnić rozwiązanie istotnych problemów wymienionych w poprzednim punkcie. Wyższe standardy bezpieczeństwa wymiany danych pomiarowych, łatwiejsze wdrażanie aplikacji iskrobezpiecznych w obszarach zagrożonych wybuchem - w porównaniu do technologii kablowych, to najważniejsze zalety wykorzystania różnych typów technologii bezprzewodowych (przeznaczonych zarówno dla potrzeb automatyki przemysłowej, jak i dedykowanych do zastosowań ogólnego przeznaczenia) w okrętowych systemach pomiarowo-kontrolnych.
- Duża gęstość infrastruktury metalowej na statkach handlowych może stanowić barierę utrudniającą propagację fal radiowych RF. Proponowane w tej rozprawie rozwiązania rekomendują rozszerzenie zasięgu sieci Wi-Fi, dzięki wykorzystaniu sterownika ESP32 (opracowanego przez **ESPRESSIF SYSTEMS**) oraz jego współpracy z dwoma protokołami: WebSerial i ESP-NOW. W wyniku przeprowadzonych badań zalecono również stosowanie bezprzewodowych adapterów HART i wzmacniaczy w celu utrzymania akceptowalnych poziomów RSSI (Received Signal Strength Indicator) w bezprzewodowej sieci HART.
- Bazując na proponowanych rozwiązaniach, technologie bezprzewodowe, takie jak Wi-Fi i bezprzewodowy HART, będą współdziałać z torami kablowymi w systemach pomiarowo-kontrolnych w celu wdrożenia, dzięki przyjęciu ekonomicznie efektywnych planów działania, ważnych zasad, takich jak bezpieczeństwo funkcjonalne i predykcyjna konserwacja PdM (Predictive Maintenance).

Wyżej wymienione tezy zostały pomyślnie zweryfikowane i udowodnione w określonym w rozprawie zakresie poprzez zbudowaną strategię mającą na celu wdrożenie wybranych technologii bezprzewodowych jako zintegrowanych z torami kablowymi istotnych elementów współpracujących w wymianie danych pomiarowo-sterujących w systemach okrętowych. Filarami wspierającymi opracowaną strategię są uzyskane najważniejsze wyniki z przeprowadzonych analiz teoretycznych i badań eksperymentalnych, zarówno symulacyjnych, jak i empirycznych na statkach morskich, które obejmują:

- Omówienie wpływu wysokich poziomów temperatur, wilgotności i zasolenia na okrętowy system pomiarowo-kontrolny z torami kablowymi.
- Analizę symulowanego wpływu jednoczesnych zmian wilgotności i wibracji na inteligentną pomiarową pętlę prądową HART 4-20 mA.
- Opracowanie niezbędnych technik w celu uniknięcia wpływu AWGN (Additive White Gaussian Noise) w protokole FF.
- Porównanie różnych możliwości wdrożenia protokołu FF w systemach okrętowych, takich jak system pomiaru poziomu w zbiornikach balastowych wody morskiej (studium przypadku oparte na symulacji), zarówno w obszarach bezpiecznych, jak również w obszarach zagrożonych wybuchem.
- Implementacja modelu matematycznego dedykowanego wzmocnieniu działania bezprzewodowej sieci HART.
- Przedstawienie dwóch przykładów planowania możliwego wdrożenia bezprzewodowego protokołu HART na statkach komercyjnych w siłowni okrętowej, a także na pokładzie statku.
- Przedstawienie możliwości rozszerzenia zasięgu sieci Wi-Fi jako elementu poprawiającego wymianę danych poprzez zweryfikowanie i przetestowanie w czasie rzeczywistym techniki opartej na współpracy między zdalnym monitorem szeregowym WebSerial a protokołem ESP-NOW.

Podkreślając zalety przyjęcia przedstawionej strategii wykorzystywania bezprzewodowych protokołów HART i Wi-Fi w okrętowych systemach pomiarowo-kontrolnych, należy wymienić jej opłacalność ekonomiczną i funkcjonalne bezpieczeństwo, prowadzące do dłuższej żywotności wyposażenia statku dzięki przyjęciu planów konserwacji opartych na nowej metodzie konserwacji predykcyjnej PdM, w porównaniu do tradycyjnej konserwacji zapobiegawczej.