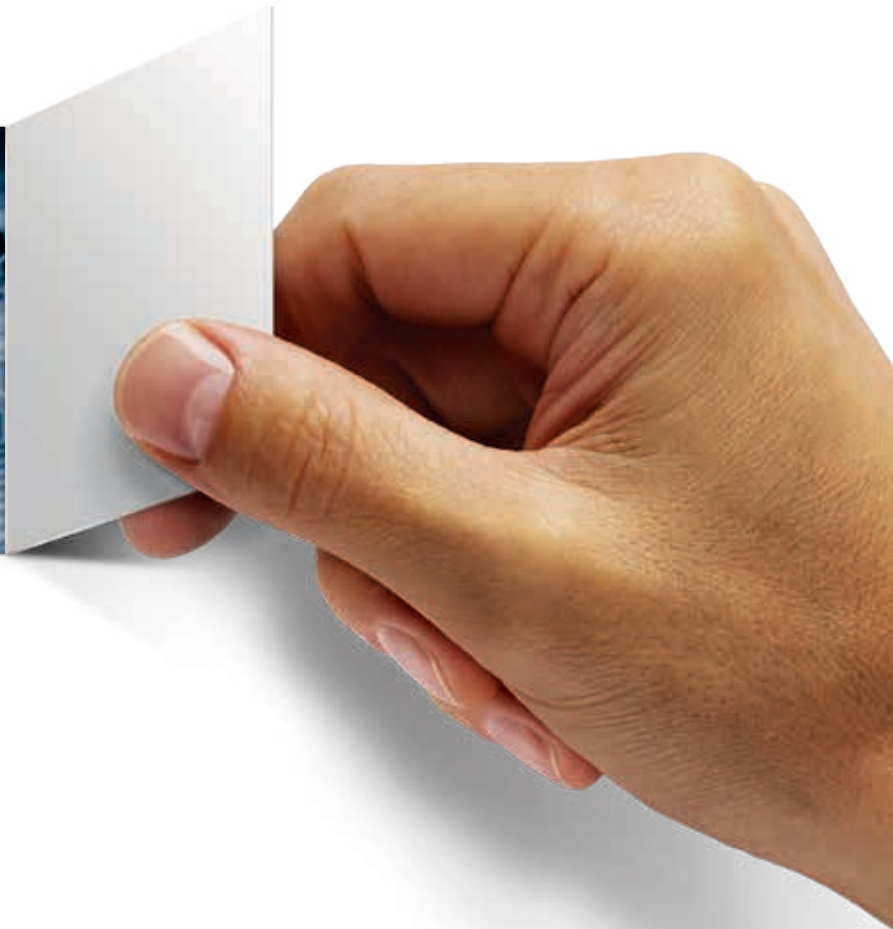


# Projektowanie i opracowywanie systemów sterowania, które rzeczywiście spełniają potrzeby użytkowników Build it in.



**Prof. Dr.-Inż. Christian Brecher**

**Dipl.-Inż. Markus Obdenbusch**

**Simon Sittig**, Magister Nauk  
Laboratorium Maszyn i Inżynierii  
Produkcyjnej (WZL) z uniwersytetu  
RWTH w Aachen

**EATON**

*Powering Business Worldwide*



## Intuicyjne systemy sterowania do kompleksowego sterowania maszyną

### Obecna sytuacja na rynku

W ciągu ostatnich kilku lat systemy sterowania w środowisku produkcyjnym stały się coraz bardziej złożone. Niemniej jednak operatorzy maszyn często napotykają na nieintuicyjne systemy sterowania, które wymagają od nich głębokiego przeszkolenia. Jednakże nie tylko koszt szkoleń stanowi wyzwanie dla wdrożenia nowych koncepcji sterowania. Należy również uwzględnić zmiany demograficzne i starzenie się społeczeństwa. Różnice kulturowe i różnice wiekowe sprawiają, że przy projektowaniu interfejsów sterujących należy zwracać większą uwagę na potrzeby ich operatorów. Innymi słowy, sektor przemysłowy potrzebuje bardziej intuicyjnych systemów sterowania, które są już stosowane w elektronice użytkowej.

Według jednego z badań, 95% wszystkich młodych ludzi w wieku od 12 do 19 lat posiadało w 2016 roku smartfon z ekranem dotykowym i dostępem do Internetu [FEIE16]. Badanie to wykazało również, że 50% pracowników w wieku 18-31 lat oraz 40% pracowników w wieku 32-45 lat uważa, że narzędzia informatyczne, z których korzystają prywatnie, są bardziej nowoczesne w stosunku do tych, z których korzysta ich pracodawca [GAJA13].

W ramach ankiety na temat przyszłości przemysłu przetwórczego, firma Fraunhofer IAO przebadala 661 firm pod kątem ich pozycji w stosunku do aktualnych trendów [GANS13]. Spośród tych firm, które zgodziły się, że media społecznościowe będą odgrywały większą rolę w produkcji, 80% uważa również, że ich pracownicy będą w coraz większym stopniu korzystać z urządzeń mobilnych w swojej pracy. Ponadto 73% ankietowanych firm uważa, że urządzenia mobilne posiadają ogromny potencjał w zakresie udostępniania aktualnych danych produkcyjnych, a 47% sądzi, że korzystanie z urządzeń mobilnych umożliwiłoby radykalne ograniczenie pracy związanej z dokumentacją. 72% wskazało również na "wysoki" lub "bardzo duży" potencjał unikania nieplanowanych interwencji

w zakresie kontroli produkcji dzięki dostępności bardziej aktualnych informacji. Wreszcie 59% respondentów uważa, że nie jest jeszcze możliwe wykrycie większości błędów wyłącznie za pomocą systemów technicznych (tj. bez udziału człowieka). W niedalekiej przyszłości interakcje między człowiekiem a maszyną prawdopodobnie staną się znacznie częstsze, a co za tym idzie, rola sprawnych interfejsów człowiek-maszyna staje się coraz ważniejsza. W dodatku, powszechne stosowanie czujników pozwoli w coraz większym stopniu uwzględniać specyficzny kontekst przy przetwarzaniu informacji.

### Braki klasycznych systemów sterowania maszynami

#### Twarde systemy wprowadzania danych oparte na kluczach

Tradycyjne elementy sterujące stosowane dla narzędzi maszynowych są często przytłaczające dla nowych użytkowników. Systemy te mają zazwyczaj dużą liczbę niepotrzebnych elementów interakcji, a wynikające z nich przeciążenie informacjami może szybko zniechęcić użytkowników. Ponadto, ze względu na funkcjonalną strukturę menu, wymagane dla danego zadania funkcje znajdują się często w wielu oddzielnych obszarach menu, z których każdy musi być wyszukiwany i udostępniany indywidualnie. Na Rysunku 1.2 pokazano na przykładzie dwóch typowych operacji (przezbieranie narzędzia i programowanie NC - Numeric Control) powtarzające się skoki między obszarami wejściowymi wymaganymi do wykonania jednego zadania. Początkowo nowi użytkownicy będą mieli tendencję do powolnego wykonywania swoich zadań, a ich prędkość będzie rosła jak tylko czynności będą coraz bardziej rutynowe. Gdyby jednak sterowanie było bardziej intuicyjne, użytkownicy mogliby wykonywać te operacje szybciej już na etapie szkolenia.



Rysunek 1.1: Przyjmowanie rozwiązań z sektora konsumenckiego w przemyśle wytwórczym

Nawet doświadczeni operatorzy, którzy wiedzą, gdzie znajdują się wymagane funkcje, często tracą czas na dostęp do nich, ponieważ odpowiednie menu często ma nadmierne poziomy zagłębienia się w zbyt wielu oddzielnych oknach dialogowych. Ponadto wiele interfejsów



**Rysunek 1.2:** Kroki robocze w konwencjonalnym, zorientowanym funkcjonalnie układzie sterowania [KOLS14].

użytkownika jest stacjonarnych, co oznacza, że informacje nie zawsze są dostępne tam, gdzie są potrzebne (w miejscu interakcji). Wszystkie te czynniki utrudniają, jeśli nie uniemożliwiają, szybkie wykonywanie zadań, a w rezultacie mogą również prowadzić do generowania wysokich kosztów.

### Dotykowe systemy wprowadzania danych

Najnowsze trendy w systemach sterowania często wiążą się z wykorzystaniem dotykowych urządzeń wejściowych. Jednak nawet te urządzenia czasami nie odpowiadają potrzebom użytkowników (np. możliwość wprowadzania poleceń i wartości oraz prostego pobierania informacji). Na przykład, patrzenie na ekran pod kątem może spowodować błędy paralaksy, powodując pominięcie przez operatorów przycisku na wyświetlaczu dotykowym. To samo dotyczy urządzeń z niską rozdzielczością i/lub szybkością działania czujnika dotykowego, gdzie zamiast zamierzonego polecenia można aktywować sąsiednią funkcję. Podobnie wyświetlacz dotykowy o niskiej rozdzielczości i jasności może również niekorzystnie wpływać na funkcje poleceń i sterowania danego urządzenia.

## Ważne aspekty projektowania systemów sterowania

### Wymagania użytkownika

Przy projektowaniu systemów sterowania, łatwość obsługi i użyteczność są kluczowymi czynnikami zapewniającymi akceptację rozwiązania przez użytkowników. Należy zatem uwzględnić następujące czynniki:

- Ułatwienie szybkiego wyszukiwania informacji poprzez umożliwienie szybkiego odnalezienia odpowiednich elementów
- Wskazówki/wsparcie podczas nawigacji
- Możliwość dostosowania systemu do preferencji użytkownika
- Dostosowanie do różnych poziomów wiedzy i doświadczenia
- Ochrona prywatności/przekazywanie poczucia bezpieczeństwa

### Wyzwania dla programistów

Akceptacja rozwiązań przez użytkowników odgrywa kluczową rolę w rozwijaniu interfejsów. Jednym ze sposobów jej zwiększenia jest zapewnienie im użyteczności, co wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na aspekty konstrukcyjne (płaskie elementy). Jak wspomniano powyżej, możliwość obsługi elementów sterujących nosząc rękawice jest również niezbędna w wielu zastosowaniach. Komfort obsługi można również znacznie poprawić, na przykład za pomocą obrotowych uchwytów i zadajników enkoderowych.

Rozwiązaniem umożliwiającym integrację nowych, intuicyjnych interfejsów użytkownika przy niewielkim wysiłku jest oprogramowanie Galileo firmy Eaton. Posiada ono gotowe do użycia bloki wykresów i funkcje (obsługa alarmów, obsługa list parametrów), szablony zarządzania użytkownikami (użytkownicy z uprawnieniami grupowymi) oraz możliwość zmiany języków w czasie rzeczywistym (w tym wielu języków azjatyckich). Rysunek 1.3 ilustruje, jak to działa w praktyce. Podczas gdy oprogramowanie generuje okna dialogowe o jednolitym wyglądzie, funkcja kreatora zapamiętuje często używane narzędzia i sugeruje je użytkownikowi. Środowisko narzędziowe Galileo umożliwia również dodawanie dostosowanych do indywidualnych potrzeb modułów z wykorzystaniem niestandardowych skryptów.

### Urządzenia mobilne

Przekazywanie ostrzeżeń i alarmów do urządzeń mobilnych za pośrednictwem poczty elektronicznej i wiadomości tekstowych jest już obecnie stosowane. Sprawy stają się jednak coraz bardziej skomplikowane, gdy celem jest zintegrowanie urządzeń mobilnych bezpośrednio z przepływem pracy i wykorzystanie ich do wydawania poleceń. Powodem tego jest fakt, że te tak zwane inteligentne urządzenia stanowią jedno z najważniejszych zagrożeń bezpieczeństwa dla każdej koncepcji operatorskiej. Ponadto takie urządzenia, zwłaszcza te, które są przyjmowane bezpośrednio z rynku konsumenckiego, często charakteryzują się dużą różnorodnością (np. system operacyjny, marka dostawcy, różne rozmiary ekranów, czujniki). Jednak ujednoczona konstrukcja interfejsu w połączeniu z kompleksową koncepcją bezpieczeństwa ułatwiłaby ich integrację w szerokim zakresie zastosowań.



**Rysunek 1.3:** Graficzne programowanie intuicyjnych interfejsów użytkownika [Eaton]



# Projektowanie i opracowywanie systemów sterowania, które rzeczywiście spełniają potrzeby użytkowników

## Wytyczne i zalecenia projektowe

W celu opracowania systemów sterowania, które spełniają potrzeby użytkowników, zawsze zaleca się działanie oparte na istniejącej wiedzy fachowej. VDI/VDE opracowało szereg wytycznych w tym zakresie, ze szczególnym naciskiem na rozwój sprzętu technicznego. Poniższa tabela zawiera te wytyczne, jak również szereg zaleceń z dodatkowych źródeł.

Wykaz zasad	Opis
VDI/VDE 3850 Część 1: Opracowanie użytecznych interfejsów użytkownika dla urządzeń technicznych - Koncepcje, zasady i podstawowe zalecenia (2014)	Opisuje kroki wymagane do zaprojektowania interfejsu użytkownika, jak również zasady, których należy przestrzegać w tym kontekście
VDI/VDE 3850 Część 2: Rozwój użytkowych interfejsów operatorskich dla urządzeń technicznych - Urządzenia interaktywne dla ekranów (2002)	Zapewnia kryteria doboru odpowiednich urządzeń interakcyjnych, z naciskiem na zadania, ergonomię i warunki środowiskowe
VDI/VDE 3850 Część 3: Opracowanie użytkowych interfejsów operatorskich dla urządzeń technicznych - Cechy, projektowanie i aplikacje interfejsów z panelem dotykowym (2015)	Przedstawia strategię migracji umożliwiające przejście na metody wprowadzania danych oparte na technologii dotykowej. Opisuje, w jaki sposób wyświetlacze dotykowe mogą być łączone z różnymi urządzeniami wejściowymi (np. klucze, obrotowe rękojeści/ekodery).
Zalecenia	Opis
Rozprawa autorstwa Kolstera, „Handlungsorientierte, multimodale Werkzeugmaschinen-Benutzerschnittstellen“ [„Task-Oriented, Multimodal Machine Tool User Interfaces (Interfejsy użytkownika multimodalnych narzędzi zorientowanych zadaniowo)“] (2014)	Analizuje potencjalne zastosowania multimodalnych systemów sterowania narzędziami technicznymi.
VDMA „Telefon komórkowy, Tablet, Aplikacje i Inne.“ Grupa robocza, „App-Entwicklung für die Industrie – Grundlagen und Entscheidungshilfen“ [„Tworzenie aplikacji do zastosowań przemysłowych - Podstawowe zasady i pomoc w podejmowaniu decyzji“] (2014)	Zapewnia kryteria doboru odpowiednich urządzeń do interakcji, z naciskiem na zadania, ergonomię i warunki środowiskowe.

**Rysunek 2.1:** Zalecenia i wytyczne dotyczące opracowania systemów sterowania, które rzeczywiście spełniają potrzeby użytkowników.

### Kluczowe parametry przy projektowaniu interfejsu użytkownika

Podczas projektowania interfejsu użytkownika dostępne są różne opcje angażowania użytkownika. W tym kontekście możemy rozróżnić sposoby działania i postrzegania. Odpowiednimi sposobami postrzegania interfejsów użytkownika są wzrok, dźwięk i dotyk. [KOLS14]. W międzyczasie należy wybrać sposoby działania zapewniające szybkie wykonywanie i kolejność działań. Interfejsy dotykowe mają w tym kontekście szczególne znaczenie, podczas gdy akceptowanie rozwiązania co do metody bezdotykowego wprowadzania danych (np. wizualnego) jest niskie w niektórych zastosowaniach, szczególnie jeśli są one związane z bezpieczeństwem.

Istnieją cztery różne rodzaje informacji, którymi użytkownicy muszą się posługiwać: informacje statusowe, parametry, potwierdzenia, rozkazy [KOLS14]. Informacje można grupować i klasyfikować za pomocą kodowania, co umożliwi użytkownikom szybsze ich przetwarzanie. Ponadto uwagę użytkownika można kierować poprzez redundancję (np. wskaźniki ostrzegawcze w wielu lokalizacjach) i/lub wielowymiarowe kanały (np. miganie + alarmy dźwiękowe). Dostępny w tym kontekście zakres obejmuje kolor, kształt, dźwięk, dotyk i animację. Więcej szczegółów na temat kodowania informacji oraz znaczenia poszczególnych kolorów można znaleźć w VDI/VDE 3850 Blatt 1.

**Kontekst zastosowania:** Kontekst użytkownika interfejsu człowiek-maszyna (HMI) obejmuje użytkownika, zadania, wyposażenie (sprzęt, oprogramowanie, materiały) oraz otoczenie fizyczne i społeczne, w którym używany jest HMI.

## W kierunku interfejsów użytkownika, które rzeczywiście spełniają potrzeby użytkowników

### Projektowanie użytkowych interfejsów człowiek-maszyna: proces iteracyjny

Opracowanie przydatnych interfejsów człowiek-maszyna wymaga iteracyjnego procesu, który powinien rozpoczynać się od planowania działań do wykonania. Oznacza to, że należy zrozumieć i opisać kontekst korzystania z interfejsu każdej grupy użytkowników oraz że wywiad z rzeczywistymi użytkownikami jest niezbędny. Następnym krokiem jest określenie wymagań użytkownika, które powinny wyraźnie uwzględniać potrzeby każdego użytkownika. Trzecim krokiem jest opracowanie rozwiązań projektowych, które spełniają wymagania użytkowe oraz określają różne grupy użytkowników. Na etapie projektowania wcześniej przedstawione rozwiązania projektowe muszą być regularnie weryfikowane z perspektywy użytkownika [VDI14].

**Kodowanie informacji:** Systematyczne, oparte na rolach podejście do przekazywania informacji (wyświetlanie, wzór akustyczny, bodźce wizualne itp.)

### Połączenie sprzętu i oprogramowania

Nie wszystkie operacje wprowadzania danych mogą być wykonywane za pomocą systemów dotykowych. Na przykład niektóre funkcje krytyczne nadal wymagają mechanicznych elementów sterowania, z których najważniejszymi są elementy interakcji związane z bezpieczeństwem. Ponadto elementy oddziaływania mechanicznego są nadal preferowanym wariantem dla niektórych niekrytycznych operacji wejściowych. Przykładem tego są ekodery obrotowe z wbudowanym przyciskiem, które nie tylko pozwalają na wprowadzanie i potwierdzanie dokładnych wartości, ale także posiadają detale zapewniające wyraźną odczuwalną reakcję na nacisk. Ponadto systemy sterowania istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa, takie jak systemy wyłączenia awaryjnego, muszą zostać wdrożone sprzętowo z zachowaniem struktury dwukanałowej. Jednym z najważniejszych wymogów użytkowych dla dotykowych systemów wprowadzania danych jest możliwość ich obsługi podczas noszenia rękawic. W powszechnie stosowanych obecnie systemach pojemnościowych, na przykład w urządzeniach firmy Eaton typu XV300 i XP500, czułość można regulować za pomocą zdefiniowanych ustawień dotykowych, aby umożliwić wykrywanie danych wejściowych nawet, gdy użytkownik nosi rękawice.

### Przydatność

Ergonomiczna konstrukcja systemu powinna być oparta na rzeczywistych zadaniach, które użytkownik będzie wykonywał. Zgodnie z wytycznymi VDI zastosowanie mają trzy poniższe zasady:

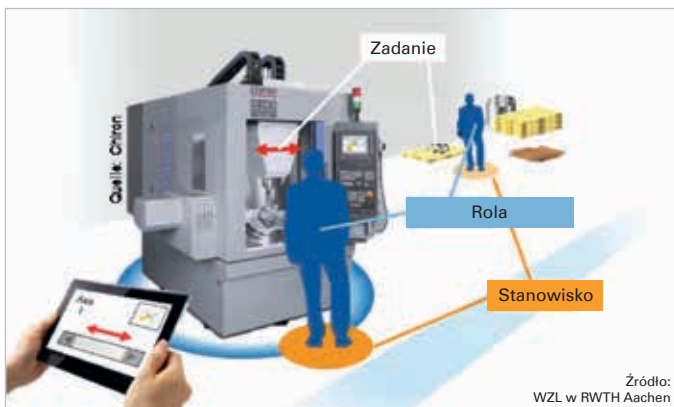
Czynniki decydujące o przydatności	Opis
Projektowanie zadań	służy jako podstawa procesu projektowania okien dialogowych.
Konstrukcja okna dialogowego	służy do optymalizacji warunków, w jakich wykonywane jest zadanie i odpowiednich rezultatów. Ważne jest, aby zadanie z zadań nie zostało pominięte.
Konstrukcja prezentacji informacji	służy do optymalizacji wyświetlania informacji. Obejmuje to między innymi, ale nie tylko: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorytetowe traktowanie znaczenia poszczególnych informacji</li> <li>• Łączenie informacji tematycznych</li> <li>• Wyświetlanie ważnych informacji w więcej niż jednym miejscu</li> <li>• Przejrzysty i łatwy w obsłudze układ nawigacyjny</li> <li>• Zapewnianie rozpoznawalności i intuicyjnej obsługi za pomocą okien dialogowych o podobnych układach</li> </ul>

# Innowacyjne technologie dla zorientowanych na użytkownika systemów sterowania

## Obszary zastosowania inteligentnych urządzeń

Mobilne urządzenia sterujące są już rzeczywistością w wielu zastosowaniach przemysłowych [MÜLL17]. Na przykład tablety mogą być wykorzystywane do monitorowania systemów transportu materiałów lub wizualizacji zleceń produkcyjnych w kontekście monitorowania procesu [KLET14]. Pozwala to na całościowe wyświetlanie stanów przełączania, danych procesowych i komunikatów stanu [HOFFM14]. Tymczasem inteligentne zegarki znajdują różnorodne zastosowania, na przykład w celu ostrzegania pracowników fabryki samochodów (poprzez wyświetlacz i wibracje), jeśli pojazd, nad którym pracują, wymaga specjalnych kroków lub materiałów (np. użycie specjalnych śrub) [BMW15]. Jednym z kilku testów badających przydatność inteligentnych okularów jest projekt Oculavis Instytutu Technologii Produkcyjnej Instytutu Fraunhofera (IPT). W ramach tego projektu szkoleniowcy nie tylko wykorzystują inteligentne okulary do uzyskiwania informacji o poszczególnych etapach pracy, instrukcjach testowych lub odpowiednich procesach (np. czasy konfiguracji i czasy realizacji), ale także do uzupełniania komunikatów o błędach obrazem, nagraniem wideo i rejestracją głosu [OCUL16].

**Inteligentne urządzenia:** Mobilne, bezprzewodowe urządzenia elektroniczne wyposażone w różne czujniki (np. żyroskop, kamera, NFC), które można łatwo łączyć w sieć.



**Rysunek 3-1.** Wykorzystanie inteligentnych urządzeń do rozbudowy tradycyjnych interfejsów człowiek-maszyna

## Kontekstowe systemy sterowania zorientowane na użytkownika

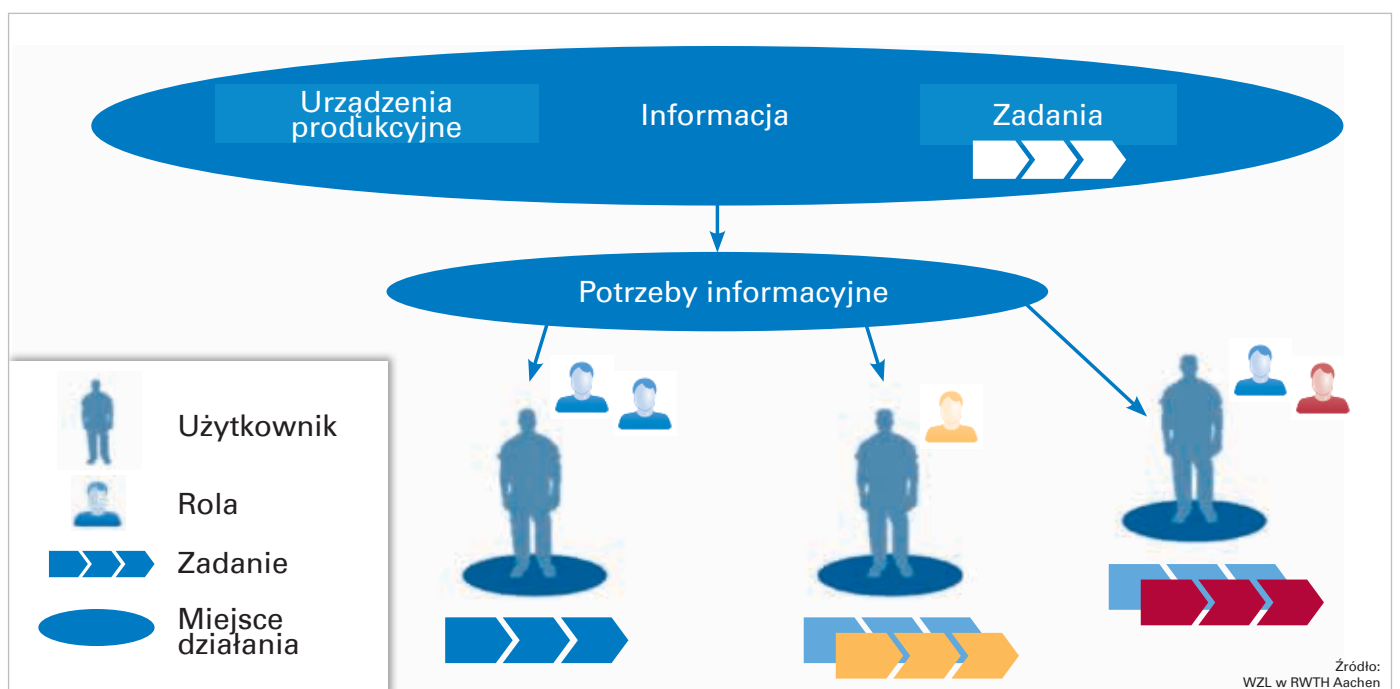
Koncepcja zorientowanego na użytkownika systemu sterowania opiera się na ciągłej dostępności wszystkich istotnych informacji i interakcji. Jednym ze sposobów osiągnięcia tego celu są mobilne urządzenia sterujące. Należy przefiltrować i ukierunkować strumień informacji, który powstaje w wyniku wzajemnego oddziaływania środków i zadań produkcji tak, aby użytkownicy otrzymywali tylko te informacje, które są absolutnie niezbędne do realizacji danego zadania (patrz Rysunek 3.2). Idealnie byłoby, gdyby użytkownicy mieli w zasięgu ręki dostęp do wszystkich informacji, jakich wymaga wykonanie danego zadania. Aby właściwie przedstawić informacje, konieczne jest całościowe zrozumienie kontekstu korzystania z nich (Rysunek 3.1 i Rys. 3.2).

W tym celu każdemu użytkownikowi przypisywana jest tzw. „rola”. Precyzyjne zadania każdej z ról są opisane w odpowiednim profilu ról, co umożliwia przypisanie potrzeb informacyjnych każdego zadania w sposób specyficzny dla ról. Aby jeszcze bardziej zmniejszyć zapotrzebowanie na informacje, można dodać dodatkowy poziom kontekstowy w postaci lokalizacji interakcji (pozycja). System (maszyna lub instalacja) jest wtedy w stanie, biorąc pod uwagę konkretną rolę, zadanie i pozycję, aktywnie wspierać użytkowników na podstawie ich dokładnych potrzeb informacyjnych w danym momencie. [BREC16].

W związku z tym w szczegółowym opisie kontekstu sterowania należy uwzględnić trzy aspekty:

- Rola użytkownika (określenie odpowiednich uprawnień/wyświetleń interfejsu)
- Bieżące zadanie użytkownika (wsparcie okien dialogowych kierujących na określone działanie)
- Fizyczne położenie użytkownika

Na koniec należy dostosować okna dialogowe, aby upewnić się, że gęstość informacji i sposób ich wyświetlania są odpowiednie dla rodzaju wykorzystywanego interfejsu człowiek-maszyna. Dodatkowo - pod warunkiem, że nie wpływa to negatywnie na funkcjonalność i użyteczność - istnieje możliwość zintegrowania ustawień specyficznych dla użytkownika, które pozwalają na dostosowanie wyglądu interfejsu do indywidualnych potrzeb (np. zmiana rozmiaru czcionki). Schemat na Rysunku 3.3 podsumowuje kluczowe zasady projektowania okien dialogowych specyficznych dla kontekstu sterowania. Poniższe rozdziały szczegółowo omawiają te zasady i ilustrują ich znaczenie za pomocą przykładów.



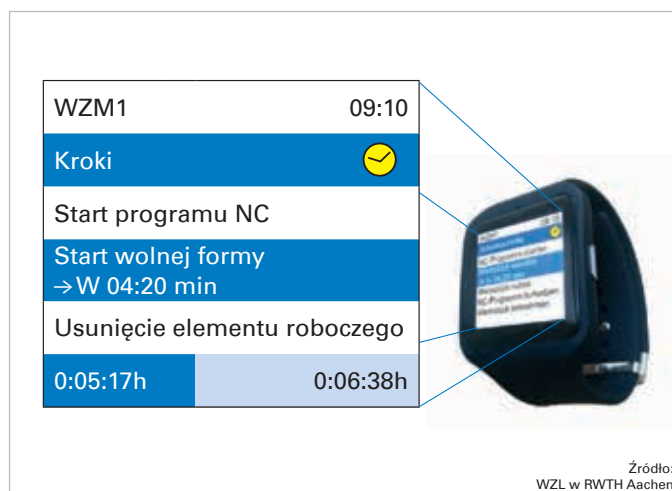
**Rysunek 3.2:** Potrzeby informacyjne zależne od kontekstu



**Rysunek 3.3:** Projekt okna dialogowego specyficznego dla kontekstu

### Skalowanie informacji zależnie od zadania

Zadanie często składa się z wielu kroków, niekiedy wykonywanych sekwencyjnie, które użytkownik realizuje w wymaganej kolejności. W przypadku często powtarzających się procesów, które można standaryzować, poszczególne kroki powinny być odzwierciedlone w systemie sterowania. Realizuje się to głównie poprzez projektowanie okien dialogowych zorientowanych na zadania, które odzwierciedlają specyficzne dla danego zadania procesy robocze. Jedną z zalet tego podejścia jest to, że niedoświadczeni, nieprzeszkoleni użytkownicy są w stanie przeprowadzić złożone procesy w odpowiedniej kolejności, bez konieczności szukania odpowiednich funkcji. Doświadczeni użytkownicy mogą również skorzystać z takiego zorientowanego na zadania podejścia, co ilustruje poniższy przykład. W rutynowych procesach produkcyjnych operatorzy maszyn znajdują się często z dala od nich w celu wykonywania innych zadań. W takich sytuacjach inteligentne zegarki umożliwiają operatorom zdalne monitorowanie maszyny i otrzymywanie powiadomień o zbliżających się etapach procesu, które mogą zaplanować z wyprzedzeniem (patrz Rysunek 3.4).



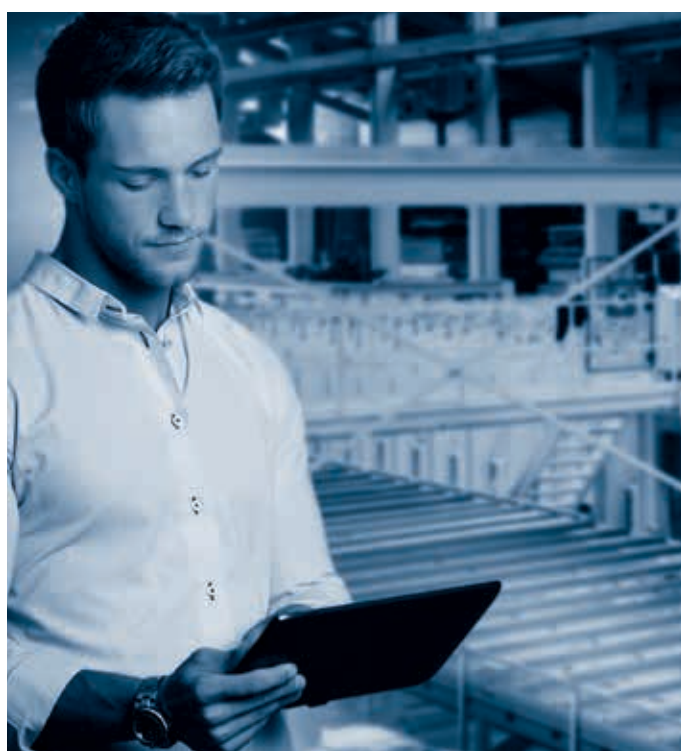
**Rysunek 3.4:** Projekt okna dialogowego dla interfejsu użytkownika [BREC16].

### Dostosowanie informacji dotyczących danej roli

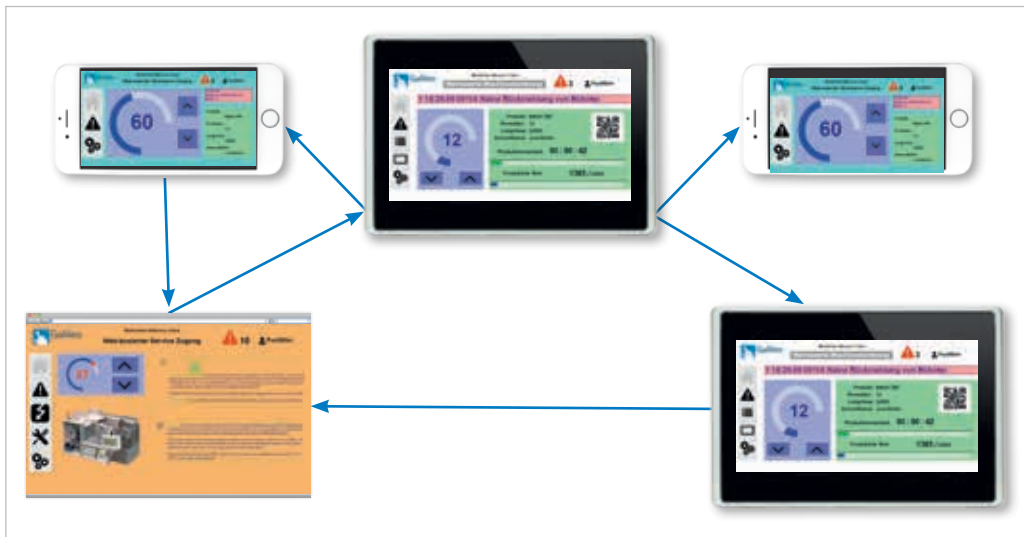
Termin „dostosowanie do specyficznej roli” odnosi się do przygotowania okien dialogowych dla poszczególnych użytkowników, które mają różne poziomy szczegółowości lub są zaprojektowane do wyświetlania z różnych typów urządzeń. Rysunek 3.5 ilustruje to przykładem okna dialogowego zawierającego wiele etapów pracy. Jeśli dostęp do systemu sterowania odbywa się przez Internet, ze względów bezpieczeństwa dostępny będzie tylko ograniczony wybór okien dialogowych. W ten sposób dostęp do okien dialogowych jest ograniczony do niezbędnego minimum. Środowisko programistyczne oferowane przez oprogramowanie Galileo umożliwia programowanie okien dialogowych, które będą dostępne tylko dla określonych ról. Dostęp przez Internet do wrażliwych z punktu widzenia bezpieczeństwa sekcji interfejsu użytkownika może być w związku z tym zablokowany. Dodatkowo możliwe jest konfigurowanie interfejsów w taki sposób, aby np. użytkownicy widzieli inną stronę docelową niż użytkownicy logujący się lokalnie do systemu.

### Dołączanie informacji dotyczących lokalizacji

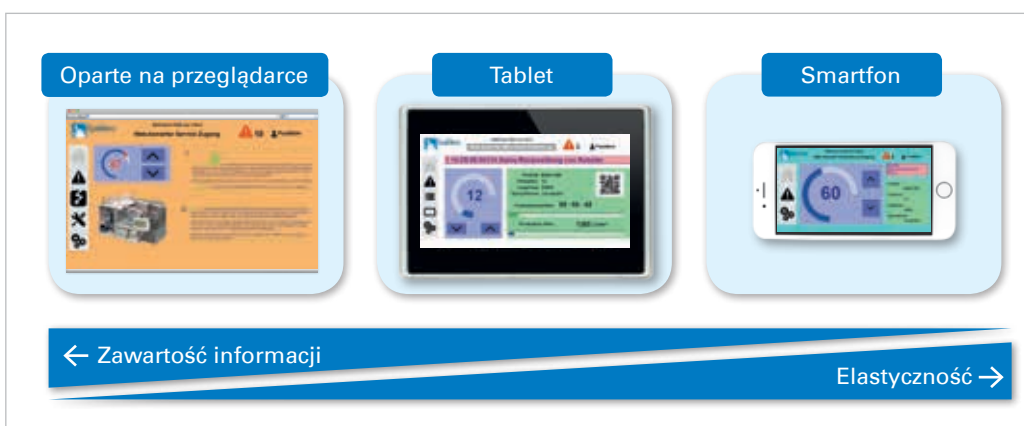
Oprócz informacji o zadaniu i profilu ról, wyczerpujący opis kontekstu użytkownika wymaga informacji o lokalizacji użytkownika. Informacje te umożliwiają automatyczne aktywowanie określonych okien dialogowych, gdy użytkownik wejdzie w określony obszar. Na przykład pracownicy serwisu mogą być powiadamiani przez inteligentny zegarek o zbliżeniu się do nieprawidłowo działającej maszyny. Odpowiednie dane (np. dziennik błędów) można następnie wyświetlić na inteligentnym urządzeniu, aby wesprzeć użytkownika w wykonaniu odpowiedniej reakcji.







**Rysunek 3.5:** Różne uprawnienia dostępu do funkcji / procesów roboczych



**Rysunek 3.6:** Okno dialogowe specyficzne dla urządzenia przedstawiające wizualizację

Innym możliwym zastosowaniem jest konfiguracja powiadomień dotyczących lokalizacji. Innymi słowy, zdefiniowanie stref tak, aby powiadomienia były aktywowane lub dezaktywowane w sposób specyficzny dla strefy. Oznaczałoby to na przykład, że alarm wibracyjny inteligentnego zegarka byłby aktywny tylko wtedy, gdy użytkownik nie znajduje się przy odpowiedniej maszynie, co pozwoliłoby uniknąć zbędnych powiadomień. Podobnie, znacznie łatwiej jest zlokalizować narzędzia i materiały pomocnicze, jeśli system ma informację o miejscu ich lokalizacji. Jedną z opcji w tym zakresie jest zastosowanie technologii iBeacons, która opiera się na powszechnie stosowanym standardzie Bluetooth Low Energy (BLE).

### Wizualizacja specyficzna dla danego urządzenia (projektowanie GUI)

Po zebraniu odpowiednich danych dla konkretnego kontekstu użytkownika, kolejnym krokiem jest udostępnienie informacji użytkownikowi w możliwie najskuteczniejszy sposób, w granicach istniejących parametrów technicznych. Dzięki temu możliwe jest wykorzystanie sygnału wibracyjnego inteligentnego zegarka do przesyłania powiadomień wymagających natychmiastowej uwagi użytkownika, jednak niewielki rozmiar wyświetlacza pozwala jedynie na niewielkie zagęszczenie informacji. Tablety natomiast posiadają znacznie większy ekran, który może wyświetlać bardzo szczegółowe powiadomienia, ale obsługa wymaga używania co najmniej jednej wolnej ręki od użytkownika.

Jeśli wizualizacja jest realizowana poprzez technologię „responsive design”, zawartość i rozmiary interfejsu GUI mogą być automatycznie dostosowywane do wielkości wyświetlacza. Oczywiście wymaga to odpowiednich możliwości wykrywania urządzeń. W przypadku systemów przeglądarkowych (np. paneli firmy Eaton XV300) szczególnie dobrym wyborem jest zastosowanie otwartego standardu HTML 5.0, ponieważ obsługuje on niemal wszystkie przeglądarki. Rysunek 3.6 przedstawia to samo okno dialogowe dla różnych urządzeń, aby zilustrować, dlaczego konieczne jest skalowanie informacji. Im mniejszy ekran, tym mniejsza gęstość informacji, podczas gdy elastyczność użytkownika zmniejsza się zazwyczaj wraz z większym rozmiarem ekranu.

### iBeacon: obiecująca technologia lokalizacyjna

Po raz pierwszy zastosowana w elektronice użytkowej technologia iBeacons stała się powszechnym narzędziem pozyskiwania nowych klientów, zwiększania ich lojalności i oceny zachowań zakupowych. Mały nadajnik wysyła unikalne informacje (UUID, Major ID, Minor ID), które są następnie analizowane przez aplikację zainstalowaną na urządzeniu odbiorczym. Siła sygnału dostarcza dodatkowych informacji o odległości do nadajnika. Ponieważ ten oparty na aplikacji proces jest obsługiwany przez iOS7 (i nowsze wersje) oraz Android 4.3 (i nowsze wersje), kompatybilny jest z szeroką gamą inteligentnych urządzeń [KÖHN14].

### Możliwe zastosowania

System iBeacons można wdrożyć w systemach śledzenia bagażu na lotniskach, aby pomóc ludziom w znalezieniu właściwej linii autobusowej w systemie transportu publicznego lub zapewnić informacje o różnych salach wykładowych na uczelni. Ponadto w nawigacji wewnętrznej iBeacons używane są do wskazywania dróg ewakuacji [XHAF15], natomiast opaski na rękę iBeacon umożliwiają szpitalom automatyczną identyfikację pacjentów [PATR15]. Restauracje natomiast mogą składać zamówienia za pośrednictwem aplikacji iBeacon, która zapewni również dostawę do właściwego stołu. iBeacons doskonale nadają się również do obsługi inteligentnych aplikacji domowych, które są coraz bardziej popularne i obejmują na przykład funkcje automatycznego sterowania oświetleniem i blokadą. [MAIN15].

Na moment przygotowania tego opracowania iBeacons znajduje też coraz częściej zastosowanie w środowisku przemysłowym. Przykłady obejmują realizacje, które automatycznie wykrywają określone maszyny; pomagają przechowywać dokumenty, zdjęcia i filmy oraz które określają lokalizację [WITT15]. Można przewidzieć szereg innych zastosowań, na przykład w zakresie konserwacji, zadań serwisowych oraz etykietowania i śledzenia produktów. W kontekście przemysłowym nawigacja (wewnętrzna) za pośrednictwem iBeacons ułatwia również lokalizowanie zasobów (narzędzia, budynki, miejsca parkingowe dla dostaw). Kolejnym możliwym zastosowaniem jest wyznaczenie określonych obszarów, w których użytkownicy są automatycznie zalogowani lub wyłączani lub w których niektóre funkcje aplikacji są automatycznie dezaktywowane.

### Potencjał i ryzyko

Protokół iBeacon oparty jest na technologii BLE, która charakteryzuje się bardzo niskim zużyciem energii. Ponieważ system nie opiera się na sieci WLAN, niskie są również bariery wejścia na rynek dla firm, które chcą go wdrożyć.

W zakresie ochrony danych można zidentyfikować trzy główne rodzaje ryzyka [TAY16]: spoofing (podszywanie) (zdobywanie i powielanie danych iBeacon), odmowa świadczenia usługi (przeciążenie baterii poprzez masowe żądania) oraz porwanie (manipulowanie danymi iBeacon przez osoby trzecie). Dostawcy systemów starają się minimalizować to ryzyko stosując różne metody (np. bezpieczne połączenie, ograniczenie ram czasowych konfiguracji, tworzenie czarnych list), co powinno być również ważnym kryterium przy wyborze odpowiedniego systemu.

### Przykłady mobilnych i specyficznych dla kontekstu systemów sterowania

W tym rozdziale wykorzystano dwa przykłady zastosowania, aby zilustrować, jak można zaprojektować systemy sterowania w specyficzny dla danego kontekstu sposób. Przykłady pochodzą z finansowanego ze środków publicznych projektu badawczego, w którym zbadano wykorzystanie innowacyjnych interfejsów człowiek-maszyna w maszynach produkcyjnych [MAXI16].

#### Przykład 1: zdalne monitorowanie

Za pomocą inteligentnego zegarka operatorzy mogą zdalnie monitorować proces produkcji i otrzymywać powiadomienia o możliwych nieprawidłowościach w działaniu- nawet jeśli nie znajdują się oni w bezpośrednim sąsiedztwie danej maszyny.

#### Przykład 2: wymiana narzędzi

Mobilny system może aktywnie wspierać użytkownika podczas ręcznego załadunku narzędzi do zmieniarke narzędzi. Jeśli program obróbkowy został załadowany i użytkownik zbliża się do zmieniarke narzędzi z przenośnym urządzeniem sterującym, system sterowania automatycznie oferuje możliwość przełączenia się na czynność „magazyn narzędzi podawanie/ odbieranie”. Następnie system będzie oferował krok po kroku wskazówki dotyczące procesu wymiany narzędzi, w tym informacje o tym, które z nich są potrzebne dla wybranego programu, a które jeszcze nie zostały podane.



Źródło:  
WZL w RWTH Aachen

Rysunek 3.7: Wykorzystanie inteligentnych urządzeń do zdalnego monitorowania narzędzi maszynowych [BREC16],[MAXI16].



Źródło:  
WZL w RWTH Aachen

Rysunek 3.8: Wyświetlane informacje zmieniają się zależnie od pozycji użytkownika [MAXI16].



## Kroki w kierunku Przemysłu 4.0

Wiele z wyżej wymienionych wyzwań zostało już rozwiązanych kompleksowo na rynku konsumenckim. Dotychczas dostępne technologie i systemy charakteryzują się intuicyjną prostotą obsługi i mają niskie bariery wejścia na rynek pod względem konfiguracji i szkolenia użytkowników. Technologie te posiadają zatem potencjał do realizacji paradygmatów Przemysłu 4.0 również w procesach produkcyjnych. W tym względzie należy uwzględnić następujące kwestie:

- Koncentrując się na zapewnieniu wysokiego poziomu spójności danych (np. poprzez wykorzystanie ogólnych modeli informacji, znormalizowanych interfejsów i znormalizowanych protokołów przesyłania, takich jak OPC UA).
- Korzystanie z usług w chmurze i rozwiązań typu „lean middleware” w celu efektywnego wdrożenia zastosowań mobilnych i związanych z nimi przepływów danych.

### Middleware:

Komponent w systemie do wymiany danych i do funkcji przełączania zapytań między niepołączonymi elementami oprogramowania (np. aplikacja <-> sterowanie narzędziami maszynowymi)

## Chmura jako sposób na osiągnięcie wysokiej dostępności danych

Dla wszystkich wyżej wymienionych zastosowań należy określić lokalizację, z których będą dostępne dane kontekstowe dla każdej roli. Jeśli wykonywane zadanie polega na pracy z kilkoma maszynami, to panel sterowania tylko jednej maszyny nie może dostarczyć wszystkich niezbędnych, zależnych od indywidualnej lokalizacji danych. W takich przypadkach do administrowania i przekazywania danych wymagany jest system wyższego szczebla. Zadania, które muszą być koordynowane z zewnątrz, na przykład poprzez nowe zlecenia, wymagają podobnych działań. Dynamiczny podział zadań do różnych ról wymaga zatem takiej architektury systemu, która może dostarczyć niezbędnych informacji na temat różnych urządzeń i maszyn.

Tam, gdzie podział zadań ogranicza się do ról, które nie opuszczają bezpośredniego środowiska produkcyjnego, najlepszą opcją jest infrastruktura lokalna wykorzystująca oddzielne serwery i mobilne połączenie WLAN. Coraz częściej jednak specyficzne procesy robocze wymagają integracji zewnętrznych dostawców usług [WERK17]. Przykładowo w niektórych przypadkach awariom maszyn można zaradzić jedynie poprzez zaangażowanie tych zewnętrznych dostawców. W takich przypadkach sensowne może być wdrożenie sterowania zadaniami poprzez infrastrukturę chmury, która ułatwia integrację ról zewnętrznych. Do nich z kolei będą musiały zostać przypisane jedynie określone informacje. Zewnętrzni dostawcy usług będą otrzymywać wyłącznie aktualizacje statusu, ostrzeżenia i alarmy niezbędne do konserwacji tych maszyn, za które są odpowiedzialni. W przypadku realizacji prognozowanych wariantów konserwacji zewnętrzny usługodawca może samodzielnie, na podstawie dostępnych danych, zdecydować, czy konieczna jest interwencja w celu dalszej eksploatacji maszyny oraz jakie części zamienne mogą być potrzebne.

## OPC UA: Uniwersalny standard komunikacji

Konfiguracja wydajnych i wieloplatformowych sieci, które ułatwiają zapisywanie i dostarczanie danych, na przykład na (mobilnych) interfejsach użytkownika, jest możliwa tylko przy użyciu odpowiednich technologii komunikacyjnych. W tym celu opracowano międzynarodowy standard wymiany danych OPC UA, który ułatwia komunikację między różnymi komponentami systemu, jak również między całym systemami, niezależnie od producenta lub platformy [DEIR15]. Aby promować i rozwijać ten uniwersalny standard, firmy takie jak National Instruments, General Electric i Eaton utworzyły Fundację OPC, środowisko know-how o stale rosnącym gronie członków [OPC16].

### Możliwe zastosowania

OPC UA zapewnia spójny transfer danych pomiędzy elementami na podstawowym poziomie (np. czytniki RFID lub czujniki), poszczególnymi maszynami oraz nadrzędnymi systemami, aż do planowania zamówień i zasobów (np. systemy ERP). Jako część finansowanego ze środków publicznych doskonalenia klastrów „Integrative Production Technology for High-Wage Countries” (Integracyjna technologia produkcji dla krajów wysokorozwiniętych), RWTH w Aachen założył laboratorium inteligentnej automatyki. W laboratorium tym, OPC UA służy do monitorowania procesów i koordynacji systemów różnych producentów, w celu stworzenia produkcyjnych systemów sterowania dla wydajnych i elastycznych systemów automatyki [WZL16].

W celu pogodzenia zróżnicowanych wymagań różnych sektorów, norma może zostać rozszerzona, zgodnie z istniejącymi normami branżowymi, w celu zachowania ustalonych terminów, jednostek i procesów w określonej dziedzinie [DEIR15]. Przykładowo, Fundacja OPC współpracuje z AutomationML w celu optymalizacji wymiany danych projektowych i operacyjnych [AUTO17]. Podobnie, dla przemysłu spożywczego i opakowań (OMAC, PackML) istnieje ekspansja sektorowa [OMAC17]. Fundacja OPC opublikowała obszerny zbiór historii sukcesów firm, które wdrożyły standard OPC UA [OPCF15].



**Rysunek 4.1:** Model systemu chmury. Dwa rodzaje maszyn przesyłają dane do chmury. Umożliwia to dostęp do danych z dowolnego miejsca i powiadomianie o alarmach za pośrednictwem różnych kanałów (e-mail, wiadomość tekstowa).

## Jak on działa?

OPC UA opiera się na architekturze zorientowanej usługowo, która ułatwia wymianę komunikatów za pośrednictwem TCP/IP lub usług web, zgodnie z modelem klient-serwer. W momencie pisania niniejszego dokumentu dostępnych jest dziewięć podstawowych zestawów usług obejmujących ogólne wymagania komunikacyjne interfejsów (np. konfiguracja specyficznego dla użytkownika połączenia z aplikacją, odczyt i zapis wartości, ustawienie wartości referencyjnych). Generyczne modele OPC UA pozwalają na mapowanie ogólnych informacji (np. podstawowe funkcje, takie jak alarmy lub zmienne sygnałów czujników i wartości analogowe). Opisują one nie tylko same dane, ale także ich znaczenie i kontekst semantyczny (np. „jednostka chłodząca posiada czujnik temperatury i światło ostrzegawcze, które jest aktywowane, gdy temperatura przekracza wartość progową”). Specyfikacje standardowe mogą być rozszerzane poprzez tzw. specyfikacje dodatkowe w celu spełnienia specyficznych potrzeb określonych aplikacji lub sektorów (np. programowanie systemów sterowania, dostarczanie danych maszyn, konfiguracja urządzeń terenowych). Zasady modelowania pozwalają na integrację dowolnego systemu fizycznego z modelem zgodnym z OPC UA [DEIR15].

**OPC:** Open, Productivity, Collaboration

**UA:** Unified Architecture

## Zalety stosowania OPC UA

Jako niezależny od producenta standard komunikacji, OPC UA spełnia wymagania Przemysłu 4.0, które obejmują wysoką integralność danych i transferu, niezależność platformy, skalowalność, komunikację ad hoc dla funkcji podłącz i produkuj oraz możliwość wyświetlania złożonych struktur danych. Umożliwia nie tylko mapowanie i przesyłanie danych, ale również ich specyficznego kontekstu (semantyki). Specyficzne dla branży modele i kompatybilność z uznanymi standardami, w tym PLC Open i ISA 95, obniżają koszty konfiguracji i rozwoju, a tym samym obniżają bariery wejścia na rynek. Wreszcie fakt, że OPC UA jest standardem IEC umożliwia przetestowanie - przy użyciu odpowiednich narzędzi - czy rozwiązania systemowe oparte na OPC UA rzeczywiście są zgodne z normą. Dzięki swojej otwartej konstrukcji, OPC UA stanowi ważny krok w kierunku wdrożenia Przemysłu 4.0. Jednocześnie w istotny sposób przyczynia się on do zwiększenia dostępności informacji w każdym kontekście ich wykorzystania, a w rezultacie tworzy podstawy do opracowania i wdrożenia bardziej elastycznych i intuicyjnych systemów sterowania.

## Podziękowania

Wiele z przykładów przytoczonych w niniejszej białej księdze wdraża wytyczne, które zostały opracowane w Laboratorium Maszyn i Inżynierii Produkcyjnej (WZL) RWTH Aachen w ramach projektu badawczego MaxiMMI (FKZ: 16SV6223K). Szczególne podziękowania należą się więc WZL za dostarczenie odpowiednich danych i informacji.

## Referencje

- [AUTO17] AutomationML: AutomationML Część 3 jest normą międzynarodową. URL: <https://www.automationml.org/o.red.c/news-197.html>
- [BMW15] BMW: BMW setzt bei der Montagearbeit auf Unterstützung von Smartwatches. URL: <https://www.smartwatch.de/news/bmw-setzt-bei-der-montagearbeit-auf-unterstuetzung-von-smartwatches/>. [Stand: 07.09.2016]
- [BREC16] Brecher, C.; Sittig, S.; Hellig, T.; Obdenbusch, M.: Ansatz eines menschenzentrierten ortsspezifischen Bedienkonzepts für Werkzeugmaschinen auf Basis applikations- und situationsabhängiger Informationsbereitstellung. In: GfA-Frühjahrskongress (Hrsg.): Arbeit in komplexen Systemen – digital, vernetzt, human?! Dortmund, Dortmund: GfA-Press, 2016
- [DEIR15] Deiretsbacher, K.-H.; Mahnke, W.: OPC UA Technologie im Detail. In: Burke, T. J. (Hrsg.): OPC Unified Architecture. o.J.
- [FEIE16] Feierabend, S., Plankenhorn, T., Rathgeb, T.: Jugend, Information, (Multi-)Media: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2016
- [FRAU16] Fraunhofer IPT: Datenbrillen erstmals in der Produktion im Einsatz. URL: <https://www.qz-online.de/news/uebersicht/nachrichten/datenbrillen-erstmal-in-der-produktion-im-einsatz-1305075.html>
- [GAJA13] Gajar, P.K., Ghosh, A., Rai, S: Bring your own device (BYOD): Security risks and mitigating strategies. In: Journal of Global Research in Computer Science. 4. Jg., 2013, Nr. 4, S. 62–70
- [GANS13] Ganschar, O.: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verl., 2013
- [HOFM14] Hofmann, M.: Bei Überlast warnt das Tablet. URL: . [Stand: 08.09.2016]
- [KLET14] Kletti, J.: Smarte Applikationen bieten schnelle und unkomplizierte Unterstützung. In: VDMA Verlag GmbH (Hrsg.): Fertigungsnahe Informationstechnik, 2014
- [KÖHN14] Köhne, M.; Sieck, J.: Location-Based Services with iBeacon Technology. In: Al-Dabass, D. (Hrsg.): 2014 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Modelling and Simulation (AIMS). Piscataway, NJ: IEEE, 2014, S. 315–321
- [KOLS14] Kolster, D.: Handlungsorientierte, multimodale Werkzeugmaschinen Benutzerschnittstellen. (Reihe: Edition Wissenschaft. Bd. Bd. 2014,23). 1. Aufl. Aufl. Aachen: Apprimus-Verl., 2014
- [MAIN15] Mainetti, L.; Mighali, V.; Patrono, L.: An IoT-based user-centric ecosystem for heterogeneous Smart Home environments. In: 2015 IEEE International Conference on Communications (ICC). Piscataway, NJ: IEEE, 2015, S. 704–709
- [MAXI16] MaxiMMI- Öffentliches BMBF-Forschungsprojekt: Multimodale, aufgabenorientierte Bediensysteme zur flexiblen und nutzerzentrierten Mensch-Maschine-Interaktion an Produktionsmaschinen. URL: <http://www.maximmi.de/de/default.html>. [Stand: 16.02.2017]
- [MOCK16] Mock, M.; Seel, C.: Proximity-based Services. In: Barton, T.; Müller, C.; Seel, C. (Hrsg.): Mobile Anwendungen in Unternehmen. (Reihe: Angewandte Wirtschaftsinformatik). Berlin: Springer Vieweg, 2016, S. 27–47
- [MÜLL17] Müller, G.: Industrieanlage per Smartwatch überwachen. In: Mobile Business, 2017
- [OCUL16] Oculavis GmbH: Datenbrillen erstmals in der Produktion im Einsatz. URL: <https://www.oculavis.de/>
- [OMAC17] OMAC: The Organization for Machine Automation and Control. URL: <http://omac.org/about-omac/>. [Stand: 21.02.2017]
- [OPC16] OPC Connect: News and Views from the OPC Foundation. URL: <http://opcconnect.opcfoundation.org/2016/12/presidents-column-2/>
- [OPCF15] OPCFoundation: OPC Unified Architecture, 2015
- [PATR15] Patrizia Susanna Zehnder, Johannes Gnägi, Patrick Hirschi, Michael Lehmann, Jürgen Holm: Patientenidentifikation 2.0. In: Swiss Medical Informatics, 2015, Nr. 31, S. 1–9
- [TAY16] Tay, H. J.; Tan Jiaqi; Narasimhan, P.: A Survey of Security Vulnerabilities in Bluetooth Low, 11/2016
- [VDI14] (2014). Gebrauchstaugliche Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für technische Anlagen Konzepte, Prinzipien und grundsätzliche Empfehlungen
- [WERK17] WerkbliQ GmbH: Plattform für umfangreiches intelligentes Instandhaltungs- und Servicemanagement. URL: <http://www.werkbliq.de/>
- [WITT15] Witte, H.: Zukunftstechnik Beacons – So profitieren Industrie und Handel. URL: <http://www.cancom.info/2015/03/beacons-so-geht-der-handel-der-zukunft/>
- [WZL16] WZL der RWTH Aachen: Smart Automation Lab. URL: [http://www.smartautomationlab.de/\\_C1257D85002DEDEF.nsf/html/de\\_588a406d3cd9d09ec1257d850055ad85.htm](http://www.smartautomationlab.de/_C1257D85002DEDEF.nsf/html/de_588a406d3cd9d09ec1257d850055ad85.htm)
- [XHAF15] Xhafa, F. (Hrsg.): 2015 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS). Piscataway, NJ: IEEE, 2015



W Eaton naszym celem jest sprostanie wyzwaniu, polegającemu na dostarczaniu energii światu, który jest coraz bardziej wymagający. Ponad 100-letnie doświadczenie w tworzeniu rozwiązań do zarządzania energią elektryczną pozwala nam pewnie patrzeć nie tylko w najbliższą, ale i dalszą przyszłość. Poczynając od przełomowych produktów, a kończąc na gotowych projektach i usługach inżynierskich, firma Eaton obsługuje najważniejsze sektory światowego przemysłu.

Dostarczamy przedsiębiorstwom niezawodne, wydajne i bezpieczne rozwiązania związane z dystrybucją energii. Indywidualne podejście do klienta, pełne wsparcie na każdym etapie projektu oraz wychodzenie poza schematy, to nasza odpowiedź na potrzeby jutra. Podejmij wyzwania z firmą Eaton. Zachęcamy do odwiedzenia strony **[eaton.pl](http://eaton.pl)**.

