

doi:10.15199/48.2022.09.52

Projekt aplikacji w technologii rozszerzonej rzeczywistości dedykowany do obsługi wielomodowych wysp zaworowych serii Festo CPX

Streszczenie. W artykule przedstawiono etapy projektowania, implementacji oraz testowania opracowanej aplikacji w technologii rozszerzonej rzeczywistości. Głównym założeniem projektu było wdrożenie aplikacji umożliwiającej prezentację użytkownikowi precyzyjnych oraz interaktywnych instrukcji dotyczących obsługi i konserwacji wielomodowej wyspy zaworowej CPX firmy Festo. Aplikacja, dzięki zastosowaniu najnowszych algorytmów rozpoznawania obrazu, wyświetla interaktywne obiekty graficzne w czasie rzeczywistym.

Abstract. The paper presents a description of the design and implementation of augmented reality application. The main assumption of the project was the implementation of application that allows showing the user precise and interactive instructions according service and maintenance of multi-modular valve station. The application, using the newest image recognition algorithms, displays interactive graphic objects in real time. (**An augmented reality application design dedicated to multi-module valve terminals in the Festo CPX series**).

Słowa kluczowe: rozszerzona rzeczywistość, wyspy zaworowe, przemysł 4.0, silnik graficzny Unity.

Keywords: augmented reality, valve terminals, industrial 4.0, Unity's graphics engine.

Wstęp

Rozszerzona rzeczywistość - AR (Augmented Reality) to technologia pozwalająca nanosić kontent wirtualny na rzeczywiste obiekty, poprzez dodawanie cyfrowych informacji do świata rzeczywistego [1]. Użytkownik nie traci kontaktu z otoczeniem, widzi natomiast dodane do niego sztuczne elementy wirtualne. Zabieg ten skutkuje wzbogaceniem doświadczeń, których podstawowym źródłem nadal jest świat rzeczywisty. Użytkownik może również prowadzić interakcję z wygenerowanymi obiektami wirtualnymi [2,3]. Możliwości kreowania rozszerzonej rzeczywistości są ograniczone jedynie warstwą sprzętową, na której pracujemy.

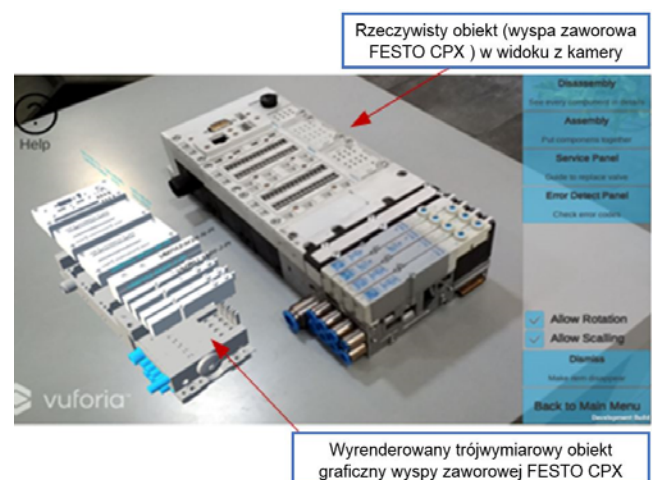
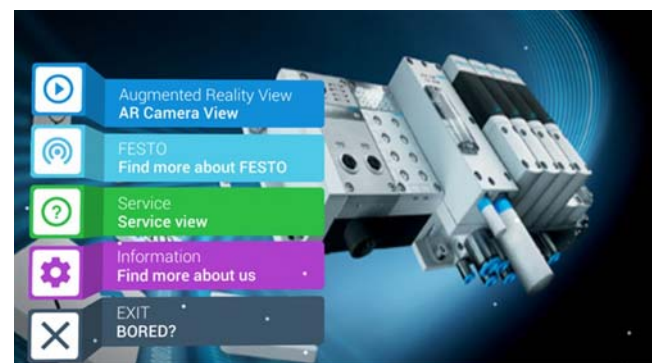
Oprogramowanie tego typu znajduje zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Dostępne na rynku urządzenia pozwalają na wygodną prezentację danych, co ułatwia pracę na stanowiskach przemysłowych, w działach rozwoju i projektowania czy w medycynie [4,5]. Urządzenia, które wspierają rozszerzoną rzeczywistość to zazwyczaj urządzenia mobilne wyposażone w kamerę np. headsety AR, laptopy, tablety, smartfony. Obraz z kamery jest podstawowym źródłem detekcji środowiska rzeczywistego przez urządzenie, co jest czynnikiem kluczowym do realizacji projektów rozszerzonej rzeczywistości. Możliwość nanoszenia wirtualnych obiektów na świat rzeczywisty skutkuje zwiększoną dostępnością do konkretnych, potrzebnych w danej chwili danych. W dobie rewolucji informacyjnej i Internetu Rzeczy ilość dostępnych danych staje się przytłaczająca i trudna do interpretacji. Rozszerzona rzeczywistość to technologia na nowo definiująca wyświetlanie informacji, a przez to wpływa na łatwiejszą ich interpretację.

W ostatnich latach opracowano różne aplikacje oparte na rzeczywistości rozszerzonej, które wspierają pracowników oraz procesy przemysłowe. Do tej grupy zaliczyć można zarówno aplikacje demonstracyjne, jak też prototypy. Aplikacje te wspierają różne etapy procesu produkcji przemysłowej oraz serwisu, ale tylko kilka z nich faktycznie przekształciło się w ugruntowane i stosowane rozwiązania [6,7,8].

W odpowiedzi na zapotrzebowanie związane ze wsparciem w serwisowaniu modułowych, złożonych systemów i urządzeń, które coraz częściej są stosowane w przemyśle 4.0, autorzy podjęli się opracowania aplikacji w

technologii rozszerzonej rzeczywistości dedykowanej do serwisowania modułowej wyspy zaworowej CPX firmy Festo, która integruje zarówno moduły elektryczne, jak i pneumatyczne, w różnej konfiguracji.

Główne menu aplikacji oraz wygenerowana przykładowa scena rozszerzonej rzeczywistości przez opracowaną aplikację została przedstawiona na rysunku 1.



Rys.1. Widoki aplikacji opracowanej w technologii rozszerzonej rzeczywistości: a) główne menu aplikacji, b) obraz z kamery urządzenia oraz renderowany trójwymiarowy obiekt wielomodowej wyspy zaworowej serii Festo CPX

Wyspy zaworowe CPX stosowane są w przemyśle jako autonomiczne węzły sterujące z wbudowanym sterownikiem lub w sieci PROFIBUS zarządzanej nadrzędnym sterownikiem PLC. Dzięki temu stosowanie wysp zaworowych rozszerza możliwość tworzenia układów sterowania w systemach automatyki przemysłu 4.0, jednak ze względu na swoją złożoność jako kluczowy element sterowania oraz ewentualne awarie, serwisowanie wysp zaworowych jest czasochłonne i może być przeprowadzone tylko przez wysoko wykwalifikowanego pracownika. W celu ułatwienia i przyspieszenia procesu naprawy, czy serwisu opracowano aplikację w technologii rozszerzonej rzeczywistości do obsługi wielomodowych wysp zaworowych serii Festo CPX.

Dobór narzędzi do realizacji aplikacji AR

Prace nad aplikacją AR rozpoczęto od doboru narzędzi i technologii programistycznych pozwalających na zrealizowanie założonych celów. Pierwszym etapem był dobór silnika graficznego i bibliotek umożliwiających zrealizowanie aplikacji wykorzystującej technologię rozszerzonej rzeczywistości. Wyboru dokonano w oparciu o następujące założenia:

- Język programowania: C#.
- Kompilacja aplikacji pod systemy operacyjne używane na urządzeniach mobilnych (Android, iOS).
- Darmowe środowisko programistyczne.
- Praca w środowisku na PC z Windows 10 i 8.1.

Obecnie na rynku popularne są dwa środowiska do realizacji aplikacji wykorzystujących najnowsze silniki graficzne – Unity 3 i Unreal Engine 4. Wyboru środowiska dokonano według języka programowania. Pełne wsparcie dla języka C# oraz realizację powyższych założeń spełnia środowisko Unity.

Zintegrowane środowisko programistyczne Unity

Unity 3D to środowisko pozwalające stworzyć dwu i trójwymiarowe aplikacje, gry czy różnego rodzaju materiały interaktywne, które mogą być kompilowane na takie systemy operacyjne jak: Microsoft Windows, macOS, Linux, iOS czy Android, dzięki temu aplikacje napisane w Unity 3D mogą być uruchamiane na urządzeniach mobilnych, komputerach osobistych, komputerach klasy PC, konsolach gier wideo czy nawet w przeglądarkach internetowych, co było istotne z punktu założeń projektowych.

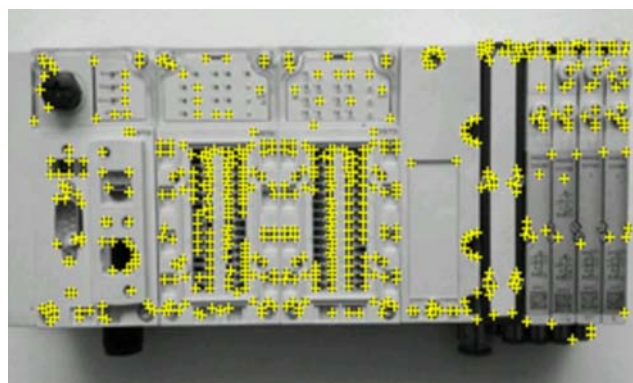
Dodatkowo środowisko umożliwia import bibliotek dynamicznych (DLL), czy też debugowania aplikacji w czasie rzeczywistym na urządzeniu docelowym (Unity Remote Debugging).

Zestaw oprogramowania Vuforia SDK

Vuforia SDK to zestaw bibliotek (software development kit) do realizacji aplikacji wykorzystujących rozszerzoną rzeczywistość. Kluczową cechą narzędzia jest możliwość śledzenia obrazu i renderowania trójwymiarowych obiektów w oparciu o widok z kamery urządzenia mobilnego. Algorytm śledzenia i renderowania trójwymiarowych obiektów obrazu realizowany jest w kilku etapach podstawowych, w których realizowane jest:

- Wyszukiwanie punktów charakterystycznych, na podstawie analizy każdej klatki obrazu.
- Porównanie rozkładu punktów z obrazem wzorcowym, wczytany z bazy danych.
- Generowanie modelu 3D w określonej pozycji, orientacji i skali względem śledzonego obrazu, w przypadku pozytywnego wyniku analizy.

Wygenerowanym w opracowanej aplikacji obiektem 3D można manipulować zmieniając jego właściwości (pozycję, orientację, skalę, wygląd). Nie jest to jednak funkcja zaimplementowana wewnątrz biblioteki – wymagane było opracowanie skryptów zapewniających możliwości manipulacji obiektem. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż po wykryciu obrazu obiekt 3D nie jest statycznie renderowany w każdej klatce kamery, co umożliwia proces manipulacji nim. Oprogramowanie Vuforia porównuje aktualny obraz z kamery z obrazem wzorcowym, znajdującym się w bazie danych. Obrazy wzorcowe zostają przetworzone przez narzędzie zwane „Target Manager”. Narzędzie to pozwala na podgląd punktów charakterystycznych, w oparciu o które realizowany jest algorytm śledzenia obrazu. Ilość i rozkład punktów decyduje o jakości procesu rozpoznawania obrazu. Zaimplementowane w aplikacji narzędzie „Image Target”, czyli obraz wzorcowy, z widocznym rozkładem punktów charakterystycznych został przedstawiony na rysunku 2.



Rys.2. Rozpoznawanie obrazu referencyjnego obiektu na podstawie rozkładu punktów charakterystycznych - Image Target

Model 3D wyspy zaworowej CPX

Środowisko Unity 3D pozwala na pracę z modelami trójwymiarowymi opracowanymi w środowiskach CAD. Nie jest jednak możliwy import obiektów trójwymiarowych zapisanych bezpośrednio z programów do modelowania 3D, dlatego pliki przekonwertowano przy użyciu programu Autodesk 3ds Max.

Aplikacje AR opracowano w oparciu o model wyspy zaworowej Festo z serii CPX. Firma Festo udostępniła dla swoich klientów katalog produktów w formie aplikacji desktopowej (Quick Search Plus). W katalogu można znaleźć każdy podstawowy komponent wyspy zaworowej, wraz z opisem elementu i numerem katalogowym. W konfiguratorze „CAD Online”, gdzie można dokładnie skonfigurować komponent i wygenerować do niego dokumentację [10] m.in. w formie plików .pdf.

Testy aplikacji

Testy aplikacji przeprowadzono na urządzeniu mobilnym smartfon Xiaomi Redmi 4X z 3 GB pamięci RAM, procesorem Qualcomm Snapdragon 435 (8 rdzeni ARM Cortex A53 taktowanych maksymalnie 1,4 GHz, procesor wykonany w architekturze 64-bitowej). Smartfon wyposażono w 13 Mpx aparat fotograficzny i system operacyjny Android 7.1.2.

Podczas testów aplikacji AR sprawdzono działanie zaimplementowanych modułów i funkcji aplikacji: a) menu główne oraz montaż i demontaż elementów wygenerowanego obiektu 3D, b) tryb manipulowania obiektem 3D, c) obsługę trybu wsparcia serwisowego, d) moduł dekodowania błędów.

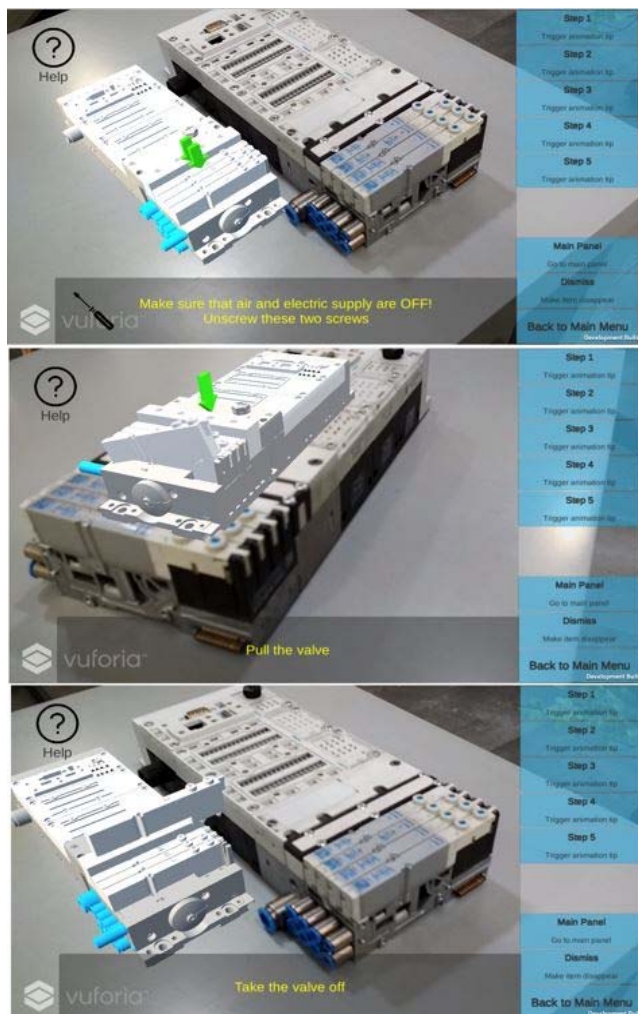
Testy obsługi menu głównego

Testy wykazały, że aplikacja uruchamia się poprawnie, menu jest responsywne, animacje wyświetlają się poprawnie. Scena rzeczywistości rozszerzonej poprawnie przechwytyje obraz z kamery urządzenia i umieszcza na nim obiekty graficzne. Menu główne aplikacji oraz scena rzeczywistości rozszerzonej z uruchomioną funkcją demontażu trójwymiarowego obiektu wyspy zaworowej CPX firmy Festo została przedstawiona na rysunku 1.

Testy modułu serwisowego

Moduł serwisowy przedstawia proces wymiany modułów cewek elektrozaworów. Proces został rozbity na pięć kroków. Każdemu krokowi towarzyszy opis oraz animacja pokazująca konieczną do wykonania czynność.

Moduł serwisowy aplikacji AR działa płynnie, dowolny element (np. pojedynczy elektrozaworów) obiektu 3D wyspy zaworowej CPX może zostać oddzielony od głównego obiektu 3D na wygenerowanej scenie (rys.3).



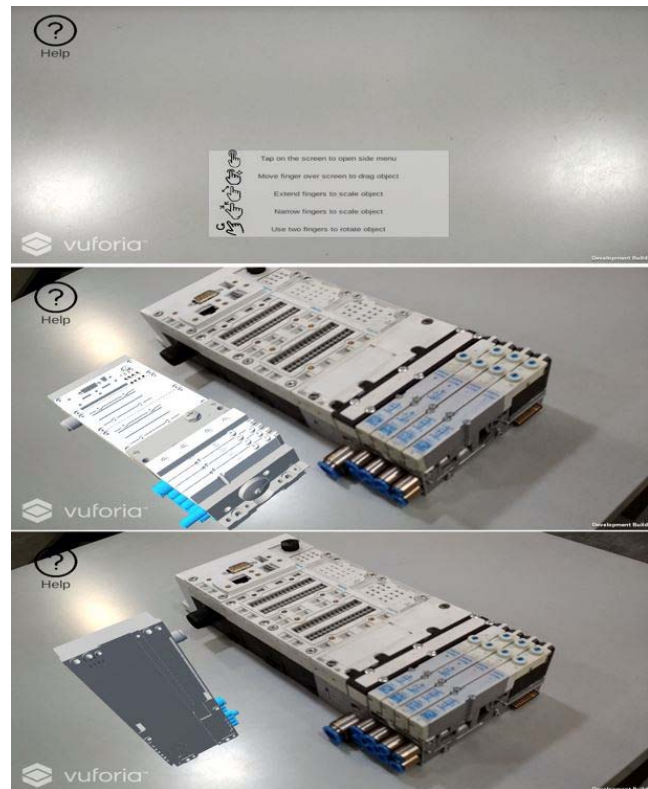
Rys.3. Testy modułu serwisowego - kroki serwisowe

Zastosowane środowisko programistyczne umożliwia również implementacja testów jednostkowych opracowanego w środowisku Unity 3D projektu. Testy te pozwalają przetestować poprawne wykonywanie pewnej logiki aplikacji, nie jest możliwe przetestowanie UX (User Experience) w sposób automatyczny, z uwagi na trudności z definicją zadowalającej pracy aplikacji (płynne odtwarzanie animacji czy ogólnie pojęta responsywność aplikacji). Z uwagi na brak możliwości przetestowania UX nie zaimplementowano testów jednostkowych.

Testy manipulowania obiektem 3D

Po uruchomieniu sceny z rozszerzoną rzeczywistością użytkownik ma możliwość wyświetlenia panelu instruktażowego, opisującego proces posługiwania się aplikacją. Panel pojawia się po naciśnięciu ikony „Help” w lewym, górnym rogu ekranu.

Panel w sposób graficzny przedstawia interakcje użytkownika z ekranem urządzenia, które umożliwią mu manipulowanie wyświetlanym obiektem graficznym oraz przejście do opcji zarządzania sceną AR (rys.4).



Rys. 4. Testy manipulowania obiektem 3D

Moduł dekodowania błędów

Testy w trybie dekodowania błędów wykazały poprawne wyświetlenie informacji po wpisaniu odpowiedniego kodu błędu. Zaimplementowano 32 kody błędów odpowiadające wartości odczytanej z trzeciego bajtu „channel-related diagnosis” modułu CPX. Odczyt kodów jest możliwy po połączeniu się z modułem sterującym za pomocą sieci PROFIBUS DP.

Dodatkowo w aplikacji zaimplementowano możliwość dekodowania stanów synoptyki. Testy wykazały, że użytkownik klikając na diody modułu głównego (renderowany obiekt 3D) może zmienić ich stan.

Aplikacja zwraca wiadomość z opisem informacji sygnalizowanej przez stan ostatniej zmienionej diody. Podczas posługiwania się tą funkcjonalnością aplikacji przydatna okazuje się możliwość skalowania i zmiany pozycji obiektu graficznego

Podsumowanie

W artykule opisano proces tworzenia aplikacji wykorzystującej rozszerzoną rzeczywistość. Prezentowana aplikacja jest demonstracyjną formą możliwości, jakie niesie zastosowanie technologii AR w przemyśle. Technologia ta jest i będzie coraz częściej wykorzystywana do prezentacji danych w wielu obszarach biznesu i inżynierii. Opracowany projekt dowiódł, że możliwe jest zaimplementowanie

aplikacji wykorzystującej rozszerzoną rzeczywistość do dostarczania użytkownikowi ścisłych instrukcji serwisowych.

Projekt jest przykładem aplikacji, która może być wykorzystana w branży automatyki przemysłowej, szczególnie określając potrzebę pomocy pracownikom utrzymania ruchu zajmującym się serwisem i konserwacją urządzeń przemysłowych.

Testy wykazały, że aplikacja uruchamia się poprawnie, menu jest responsywne, animacje wyświetlają się poprawnie. Scena rzeczywistości rozszerzonej poprawnie przechwytywa obraz z kamery urządzenia i umieszcza na nim obiekty graficzne. Algorytm rozpoznawania obrazu działa zadowalająco, funkcja Extended Tracking działa zgodnie z przeznaczeniem. Wyrenderowanym obiektem 3D można manipulować. Aplikacja poprawnie rejestruje wszystkie zdarzenia związane z interakcją użytkownika z urządzeniem. Podsumowując, aplikacja spełnia wymagania techniczne i działa zgodnie z przyjętymi założeniami, osiągając założone cele projektu.

W przyszłości należy zastanowić się nad mechanizmem dynamicznego pobierania modeli 3D do aplikacji. Warto też modele zoptymalizować pod kątem ich rozmiaru i wydajności wykonywanych na nich operacji. Realizacja podobnej aplikacji dla wielu trójwymiarowych modeli może skutkować gwałtownym wzrostem objętości aplikacji, co prowadzi do pewnych ograniczeń. Należy pamiętać, iż grupą docelową urządzeń, na których aplikacja zostanie uruchamiana są urządzenia mobilne, których zasoby są ograniczone.

Kolejnym wartym do rozpatrzenia dodatkiem jest synchronizacja wyświetlanych grafik pomiędzy dwoma lub więcej urządzeniami. Pozwoli to na interakcję pomiędzy użytkownikami aplikacji. Wyobraźmy sobie scenariusz, w którym prowadzimy prace projektowe nad nowym komponentem. W trakcie rozwoju nowych części, nierzadko zachodzi potrzeba konsultacji z pracownikami realizującymi projekt. Aplikacja tego typu pozwoliłaby na wyświetlenie aktualnego stanu prac inżynierom będącym obecnie w dowolnym miejscu na świecie - wymogiem byłby dostęp do Internetu. Dodatkowo aplikację można by wyposażać w komunikator głosowy lub możliwość prowadzenia wideokonferencji.

Następnym aspektem jest przystosowanie aplikacji pod profesjonalne headsety AR. Zastosowanie okularów AR pozwoli na implementację nowych sposobów interakcji z aplikacją i ułatwi posługiwanie się nią. Opracowana aplikacja AR może być uruchomiona na najnowszych headsetach AR, natomiast należałoby zaimplementować

sterowanie nią za pomocą zdarzeń dedykowanych dla tych urządzeń (wymuszanych tylko z poziomu headsetów AR, np. ruch gałek ocznych czy sterowanie gestami)

Istnieje także możliwość zaimplementowania w aplikacji przemysłowych protokołów wymiany danych lub integracji z zewnętrznym API bądź bazą danych celem przystosowania aplikacji do pracy jako warstwa graficzna dla systemów SCADA, prezentując dane pobierane z urządzeń przemysłowych w czasie rzeczywistym.

Autorzy: dr inż. Paweł Kielan, Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, Katedra Mechatroniki ul. Akademicka 3, 44-100 Gliwice, E-mail: pawel.kielan@polsl.pl; mgr inż. Szymon Oleś, E-mail: szyoles@gmail.com.

LITERATURA

- [1] Milgram P., Kishino F., *A taxonomy of mixed reality visual Displays*, IEICE Transactions on Information and Systems 77, 12 (1994), 1321–1329
- [2] Schwald B., de Laval B., *An augmented reality system for training and assistance to maintenance in the industrial context*. Journal of WSCG. 2003, vol. 11, no. 1-3.
- [3] Gavish N., Gutierrez T., Webel S., Rodriguez J., Peveri M., Bockholt U., Tecchia F., *Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks*, Interactive Learning Environments, Volume 23, 2015 - Issue 6
- [4] Regenbrecht H., Baratoff G., Wilke W., *Augmented reality projects in the automotive and aerospace industries*, IEEE Computer Graphics and Applications (Volume: 25, Issue: 6, Nov.-Dec. 2005)
- [5] Qlwal A., Gustafsson J., Lindfors C., *Spatial augmented reality on industrial CNC-machines*, Proceedings Volume 6804, The Engineering Reality of Virtual Reality 2008, Event: Electronic Imaging, 2008, San Jose, California, United States
- [6] Pentenrieder K., Bade C., Doil F., Meier P., *Augmented Reality-based factory planning - an application tailored to industrial needs*, 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. 2007, Nara, Japan
- [7] Tumler J., Doil F., Mecke R., Paul G., Schenk M., Pfister E., Huckauf A., Bockelmann I., Roggentin A., *Mobile Augmented Reality in industrial applications: Approaches for solution of user-related issues*, 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. Cambridge, UK, 2008.
- [8] Paelke V., *Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0. environment*, Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA), Barcelona, Spain, 16-19 Sept. 2014
- [9] Fite-George P., *Is there a reality in Industrial Augmented Reality?* 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Basel, Switzerland, 2011
- [10] *Technical documentation Festo Manual Electronics, CPX Field bus node*, Esslingen, Germany 2008