

Adam PAWLAK
Politechnika Śląska
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki
Instytut Elektroniki

INŻYNIERIA ROZPROSZONA – WYZWANIA DLA WIRTUALNEJ WSPÓLPRACY PROJEKTANTÓW I ZARZĄDZANIA

Streszczenie. W artykule wskazano na nowe, wynikające z dynamicznego rozwoju paradygmatu sieciowego, możliwości współpracy w rozproszonych zespołach, a w konsekwencji współpracy przedsiębiorstw oraz organizacji B+R. Nakreślono nowe perspektywy inżynierii, w szczególności inżynierii projektowania w wirtualnych sieciach współpracy. Centralnym elementem tej wizji jest rozproszone projektowanie w multidyscyplinarnych zespołach.

W pracy omówiono aspekty wielowymiarowej wirtualizacji środowiska pracy inżyniera oraz związanej z nią potrzeby modelowania i powtórnego wykorzystania wiedzy. Zastosowano reprezentację w postaci aktywnych modeli wiedzy (AKM). Wskazano na rolę *zarządzania*, które obok *współpracy* i *procesów inżynierskich* stanowi ważny element inżynierii rozproszonej. Wyjaśniono rolę wzorców w procesie innowacyjnego holistycznego projektowania. Omówiono także krótko środowisko wspierające rozproszone projektowanie.

Słowa kluczowe: wirtualna organizacja, zarządzanie rozproszonym zespołem, projektowanie rozproszone, zarządzanie wiedzą

COLLABORATIVE ENGINEERING – CHALLENGES FOR DISTRIBUTED COLLABORATION AND MANAGEMENT

Summary. New possibilities of network-based distributed collaboration in dispersed teams, and in consequence collaboration between companies and R&D organizations have been addressed in the paper. New perspectives for engineering, and especially design engineering in collaborative networks have been envisaged. A central element of this vision constitutes distributed collaborative design in multidisciplinary teams.

The article presents multidimensional virtualization of an engineer's workplace and related to it need for modeling and reuse of engineering and enterprise knowledge. Active Knowledge Models (AKM) have been used in the presented approach.

Management has been recognized as an important element that besides *collaboration* and *engineering processes* constitutes collaborative engineering. Role and use of design patterns in the innovative holistic design process have been explained. Finally, an environment enabling distributed design in collaborative networks has been shortly described.

Keywords: virtual organizations, distributed team management, collaborative and distributed design, knowledge management

1. Projektowanie systemów opartych na sieci

Projektowanie systemów jest złożonym procesem, który składa się z wielu faz i zadań¹. Jednocześnie, inżynierowie odpowiedzialni za poszczególne zadania projektowe reprezentujący różne specjalności nie muszą pracować w jednym miejscu, często też są pracownikami różnych organizacji, a zatem znajdują się na ogół w fizycznie oddalonych miejscach. Złożoność współczesnych systemów jest tak duża, że tylko praca w zespołach oraz powtórne wykorzystywanie części komponentów projektowanego systemu umożliwiają osiągnięcie założonych celów projektowych w wymaganym czasie². Sieć umożliwia sprawne tworzenie zespołu, rozproszoną współpracę oraz zdalny dostęp do zasobów³.

Dostęp do Internetu poprzez przyjazny dla użytkownika i niezależny od platformy sprzętowej interfejs w postaci przeglądarek internetowych, bądź bardziej zaawansowaną przestrzeń roboczą (ang. *workspace*), oraz powszechny dostęp do usług szerokopasmowych wpływają w zdecydowany sposób na metody pracy, w tym na pracę inżynierów. Zmiany te dotyczą projektowania, jak i wytwarzania w różnych dziedzinach inżynierii, np. w: mechanice, przemyśle budowlanym, czy też w elektronice⁴. Powszechny dostęp do informacji związany z łatwością komunikowania się za pomocą różnorodnych środków telekomunikacyjnych stymuluje ogólnie rozumianą *współpracę*. Obserwuje się globalną tendencję do rozszerzania współpracy pomiędzy partnerami, zarówno przemysłowymi, jak i partnerami B+R⁵. Tradycyjny sekwencyjny paradygmat projektowania i wytwarzania

¹ Borel J. (ed.): European Design Automation Roadmap. MEDEA+/CATRENE Office, March 2009.

² Ibidem.

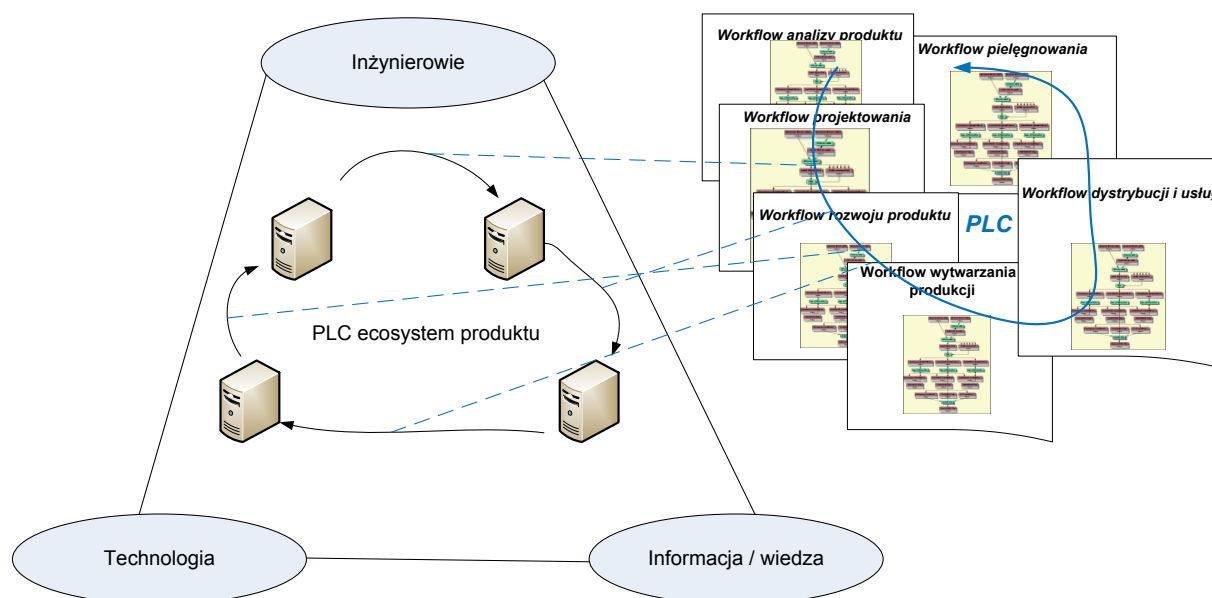
³ Ghanmi L., et al.: E-Design Based on the Reuse Paradigm. Proc. Conf. on Design Automation and Test in Europe, IEEE Computer Society, 2002.

⁴ Ranta J.: Globalisation of Manufacturing – A New Paradigm Emerging from Electronics Industry. European Conf. on Information Society Technologies, Helsinki 22-24.11.1999.

⁵ Bouchard G.: Engineering meets the Internet: How will the new technology affect engineering practice? „Internet Computing”, Vol. 1, Iss. 1, January-February 1997; Carstensen P.H.; Schmidt K.: Computer supported cooperative work: new challenges to systems design, [in:] Itoh K. (ed.): Handbook of Human Factors. Tokyo 1999; Laitinen J., Ollus M., Hannus M.: Global Engineering and Manufacturing in Enterprise Networks – GLOBEMEN. eBusiness and eWork 2000, Madrid, 18-20.10.2000; Ranta J.: Globalisation of Manufacturing – A New Paradigm Emerging from Electronics Industry. European Conf. on Information Society Technologies, Helsinki 22-24.11.1999.

produktów jest zastępowany przez nowy wirtualny, zwinny (ang. *agile*), współbieżny⁶, rozproszony⁷ i oparty na wiedzy paradygmat⁸ (rys. 1).

Podczas gdy w tradycyjnym modelu współdzielenie informacji pomiędzy poszczególnymi fazami cyklu życia produktu (PLC) było ograniczone, o tyle w nowym modelu informacja jest dostępna dla partnerów w dowolnym miejscu i czasie, współpraca jest rozbudowywana oraz organizacja PLC nabiera bardziej dynamicznego charakteru.



Rys. 1. Nowy paradygmat inżynierii oparty na sieci
Fig. 1. New engineering paradigm based on network
Źródło: Opracowanie własne.

Postęp technologiczny wymusza również zmianę modelu procesów wytwórczych. Przedsiębiorstwa poddane globalnemu współzawodnictwu muszą systematycznie: zwiększać jakość swoich produktów, redukować ich koszty, zmniejszać czas, w którym produkt dociera do klienta, oraz skracać czas, w którym produkt jest na rynku, a także zwiększać zakres oferowanych usług związanych z produktem. Rośnie nie tylko złożoność produktów, ale i ich heterogeniczność. I tak np., złożone systemy elektroniczne zawierają coraz częściej

⁶ Miao Y., Haake J.: Supporting Concurrent Design by Integrating Information Sharing and Activity Synchronization. Proc. of 5th ISPE Int. Conf. on Concurrent Engineering Research and Applications, 1998.

⁷ Mi X., Shen W.: Computer Supported Collaborative Product Development: A Review. Proc. 9th Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work in Design, Vol. 1, 2005; Vyas D., Heylen D., Nijholt A., van der Veer G.: Collaborative Practices that Support Creativity in Design. Proc. of the 11th European Conf. on Computer Supported Cooperative Work, [in:] Wagner I., et al. (eds.): ECSCW'09: Springer, Vienna 2009.

⁸ European Commission: Towards a knowledge-based Europe – The European Union and the information society, 2002; Lang S.; Dickinson J.; Buchal R.: An overview of cognitive factors in distributed design. The Sixth Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work in Design, 2001.

komponenty mechaniczne, optyczne, nie wspominając już o różnorodnym oprogramowaniu. Nowoczesne systemy mogą integrować w pojedynczym układzie scalonym, np. mikroreaktory chemiczne (ang. *lab-on-chip*).

Praca zespołowa jest istotą nowych paradygmatów inżynierii, takich jak: inżynieria współbieżna (ang. *concurrent engineering*, CE)⁹ oraz CPD (ang. *Collaborative Product Development*)¹⁰. Uczestnikami zespołów projektowych są również coraz częściej użytkownicy projektowanych systemów. Mówimy wówczas o projektowaniu partycypatywnym¹¹. CE oraz CPD są często łącznie traktowane, jako *inżynieria rozproszona* (IR). IR jest innowacyjnym paradygmatem projektowania i wytwarzania produktów, który wykorzystując dostęp do szerokopasmowego Internetu, integruje rozproszonych inżynierów w celu wirtualnej współpracy¹², umożliwiając im jednocześnie dostęp do różnorodnych zasobów. Zasobami tymi może być specyficzna wiedza ekspertów, narzędzia lub usługi projektowania, czy też gotowe projekty komponentów dostępne poprzez inżynierskie biblioteki cyfrowe, bądź poprzez wyspecjalizowane firmy brokerskie. Jest wiele przyczyn, dla których uzasadnione jest tworzenie szeroko rozproszonych zespołów, jak np. lokalna dostępność do zasobów lub kompetencji, czy też obniżenie kosztów produkcji.

Inżynieria rozproszona ma globalny charakter¹³. Mówi się o niej najczęściej w kontekście globalnych sieci współpracujących partnerów. *Globalizacja* w sensie ekonomicznym oznacza powstanie światowych rynków dla produktów i usług, zmniejszenie kosztów transportu, eksponuje potrzebę współpracy oraz stymuluje powstawanie rozproszonych, wirtualnych¹⁴, często również „rozszerzonych” (w sensie oferowanych usług) organizacji. Dostęp do globalnych zasobów interesujących inżyniera projektanta, a więc zarówno do narzędzi wspomagających projektowanie, jak i cyfrowych inżynierskich bibliotek, umożliwia projektantom koncentrację nad istotnie nowymi elementami realizowanego projektu. Praca staje się bardziej kreatywna, a jej rezultaty wartościowsze¹⁵.

⁹ Reddy R., Wood R., Cleetus J.: Concurrent Engineering – Special Report. “IEEE Spectrum”, Vol. 28, No. 7, 1991.

¹⁰ Mi X., Shen W.: Computer Supported Collaborative Product Development: A Review. Proc. 9th Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work in Design, Vol. 1, 2005.

¹¹ Kensing F., Blomberg J.: Participatory Design: Issues and Concerns. Computer Supported Cooperative Work, Vol. 7. Kluwer Academic Publishers, 1998.

¹² Bouchard G.: Engineering meets the Internet: How will the new technology affect engineering practice? „Internet Computing”, Vol. 1, Iss. 1, January-February 1997; Cutkosky M., Tenenbaum J., Glicksman J.: Madefast: an exercise in collaborative engineering over the Internet. “Communications of the ACM”, Vol. 39, No. 9, September 1996.

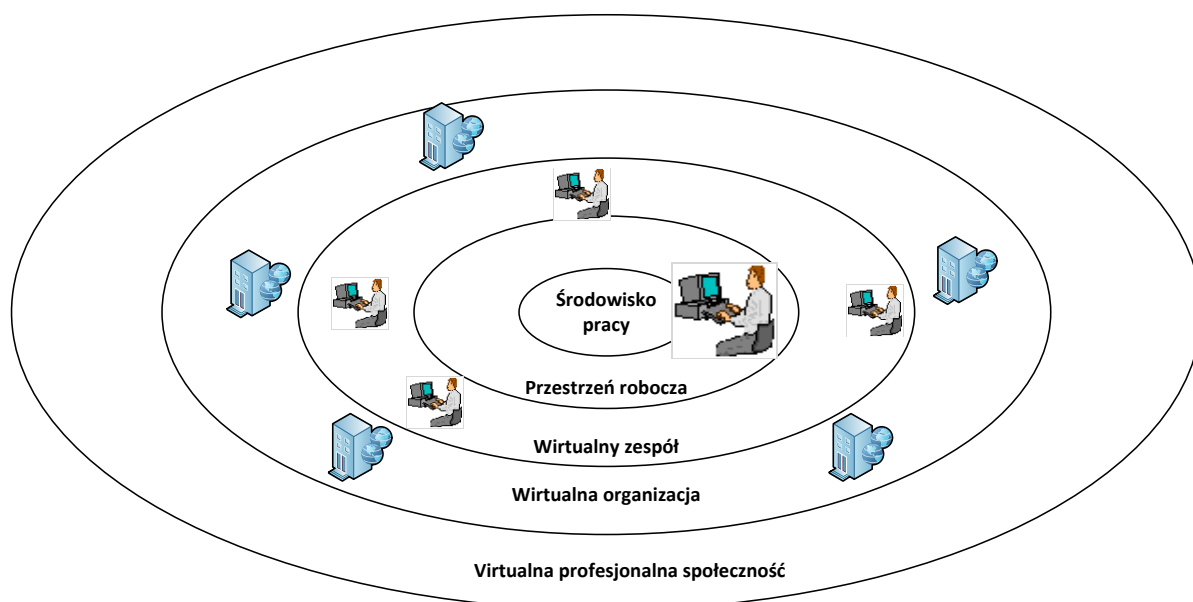
¹³ Laitinen J., Ollus M., Hannus M.: Global Engineering and Manufacturing in Enterprise Networks – GLOBEMEN. eBusiness and eWork 2000, Madrid, 18-20.10.2000.

¹⁴ VOSTER project – VOSTER – Virtual Organisations Luster, <http://voster.vtt.fi>.

¹⁵ Vyas D., Heylen D., Nijholt A., van der Veer G.: Collaborative Practices that Support Creativity in Design. Proc. of the 11th European Conf. on Computer Supported Cooperative Work, [in:] Wagner I., et al. (eds.): ECSCW'09: Springer, Vienna 2009.

2. Wielowymiarowa wirtualizacja środowiska pracy

Rozwój technologii informacyjno-telekomunikacyjnych (IT), który się szczególnie manifestuje w nowych metodach i narzędziach *komunikacji, dostępu do zasobów i współpracy*, ma olbrzymi wpływ na środowisko pracy inżyniera¹⁶. Rezultatem postępującego procesu adaptacji do nowego globalnego środowiska pracy są zmiany wzorców (lub schematów) (ang. *pattern*) pracy inżynierów na wielu poziomach, od: rozszerzenia indywidualnego środowiska pracy (ang. *workplace*) o wirtualną przestrzeń roboczą (ang. *workspace*), poprzez wirtualny zespół, wirtualną organizację aż do poziomu wirtualnej profesjonalnej społeczności.



Rys. 2. Wpływ nowych technologii IT na pracę inżyniera

Fig. 2. Influence of new ICTs on engineer's work

Źródło: Opracowanie własne.

2.1. Zmiana wzorców indywidualnej pracy projektanta

Zmieniające się wzorce pracy projektanta są częścią nieuniknionego procesu adaptacji do zmieniającego się środowiska pracy, które z kolei jest rezultatem systematycznego postępu w technologiach IT. *Telepraca* była historycznie pierwszą zmianą w tradycyjnej stacjonarnej inżynierskiej pracy projektowej. W ostatniej dekadzie rośnie znaczenie bardziej

¹⁶ Bouchard G.: Engineering meets the Internet: How will the new technology affect engineering practice? „Internet Computing”, Vol. 1, Iss. 1, January-February 1997.

zaawansowanej formy telepracy, a mianowicie *pracy mobilnej*¹⁷, która pozwala na praktyczną dowolność miejsca pracy. Jednakże, tylko część zadań inżynierskich nadaje się do realizacji, korzystając z *telepracy* lub *pracy mobilnej*.

Poprzez sieciowy dostęp zarówno do globalnych, jak i lokalnych zasobów przedsiębiorstw, w tym bibliotek cyfrowych oraz pośredników (ang. *brokers*), jak np. Design&Reuse (www.design-reuse.com) ułatwione są procesy wyszukiwania właściwych informacji, komponentów IP (ang. *Intellectual Property*) i usług, a w efekcie re-inżynieria i powtórne wykorzystanie komponentów. Projektowanie systemów opartych na wyszukanych komponentach IP stanowi nadal jedno z największych wyzwań dla nowych metodologii projektowania systemów (układów SoC) opartych na dostępie do sieci¹⁸. Wobec złożoności projektowanych systemów projektant powinien być wspierany w *re-inżynierii* na wielu poziomach abstrakcji dostępnych w wirtualnej przestrzeni roboczej.

Wymagania klienta, sytuacja na rynku konkretnych produktów, czy też dostępne technologie mogą się gwałtownie zmieniać w trakcie procesu projektowania i wytwarzania. Projektant musi być przygotowany do odpowiednio *szybkiej reakcji na zewnętrzne zmiany*, np. poprzez wprowadzenie możliwości modyfikacji (*upgradu*) rozwiązań do części komponentów projektowanego, lub nawet już wytwarzanego systemu. Jest to tzw. zwinne projektowanie (ang. *agile design*). Te zmiany dotyczą również nie tylko stosowanych metod projektowania, ale i samego środowiska pracy projektanta, gdyż modyfikacje mogą być wprowadzone do przestrzeni roboczej. Zaawansowane środowiska projektowania pozwalają na (*semi-*) automatyczną adaptację przestrzeni roboczej do fazy procesu projektowania.

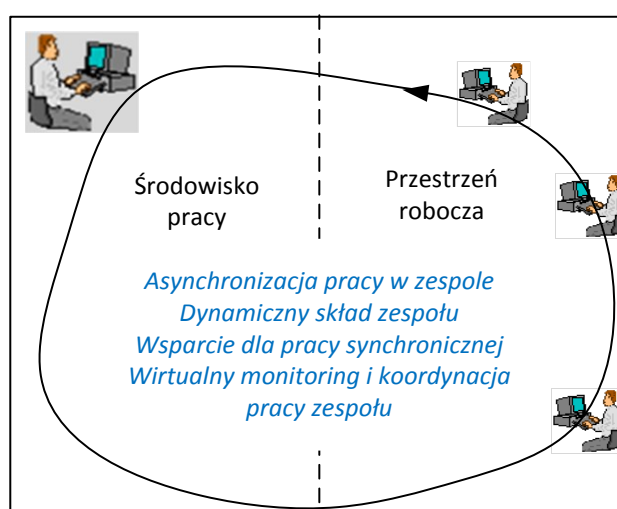
Szybką reakcję projektantów na zmiany mogą też wspomóc nowe metody i narzędzia wirtualnego nauczania na odległość (ang. *eLearning*) dostępne w przestrzeni roboczej, wspierające *elastyczność funkcjonalną* projektantów poprzez *podnoszenie kwalifikacji* (ang. *upskilling*) lub *przekwalifikowanie* (ang. *reskilling*). Oba te działania projektanta mają wymiar zarówno indywidualny, jak i zespołowy. W wymiarze indywidualnym projektant w wyniku refleksji może modyfikować wzorce projektowe lub materiał do nauczania. Projektant może też wsparty odpowiednimi narzędziami wygenerować wspomniany materiał do nauczania oraz następnie udostępnić go zespołowi lub społeczności. Najnowsze metody nauczania na odległość wspierają tworzenie i korzystanie z materiałów multimedialnych, a także wspierają modyfikacje kontekstu wykorzystania tych materiałów.

¹⁷ Schaffers H., Brodt T., Pallot M., Prinz W. (eds.): MOSAIC consortium. The Future Workspace – Perspectives on Mobile and Collaborative Working, 2006; Outi V.: Changing Nature of Work – MobiLife, Paving the Way – User Needs through MassBe. Nokia and MobiLife Research Project, AMI Workshop, Rome, 17.02.2005; Schaffers H., et al: Mobile Virtual Work and New Business Practice. Proc. SALTSA Expert Workshop on Mobile Virtual Work, Sweden 7-9.10. 2004.

¹⁸ Ghanmi L., et al.: E-Design Based on the Reuse Paradigm. Proc. Conf. on Design Automation and Test in Europe, IEEE Computer Society, 2002; Zhang T., Benini L., De Micheli G.: Component Selection and Matching for IP-Based Design. Proc. Conf. on Design, Automation, and Test in Europe, IEEE Computer Society, 2001.

2.2. Nowe formy pracy w zespole

Nowe formy pracy inżynierów są rezultatem rozszerzenia środowisk ich pracy o wirtualną przestrzeń roboczą, rozproszenia zespołu projektowego oraz rozproszenia zasobów. *Praca w zespole* (lub *grupie*) jest zwykle wymagana do zaprojektowania złożonych heterogenicznych układów i systemów. *Współpraca w zespole* wymaga racjonalnych zachowań i umiejętności wykorzystania nowych metod, narzędzi i praktyk współpracy. Jest to wyzwanie szczególnie ważne, dlatego że członkowie zespołu mogą być silnie rozproszeni oraz mobilni. Członkowie wirtualnego zespołu stają się dostępni w przestrzeniach roboczych.



Rys. 3. Rozszerzenie środowiska pracy o wirtualny zespół

Fig. 3. Workplace extension due to a distributed (virtual) team

Źródło: Opracowanie własne.

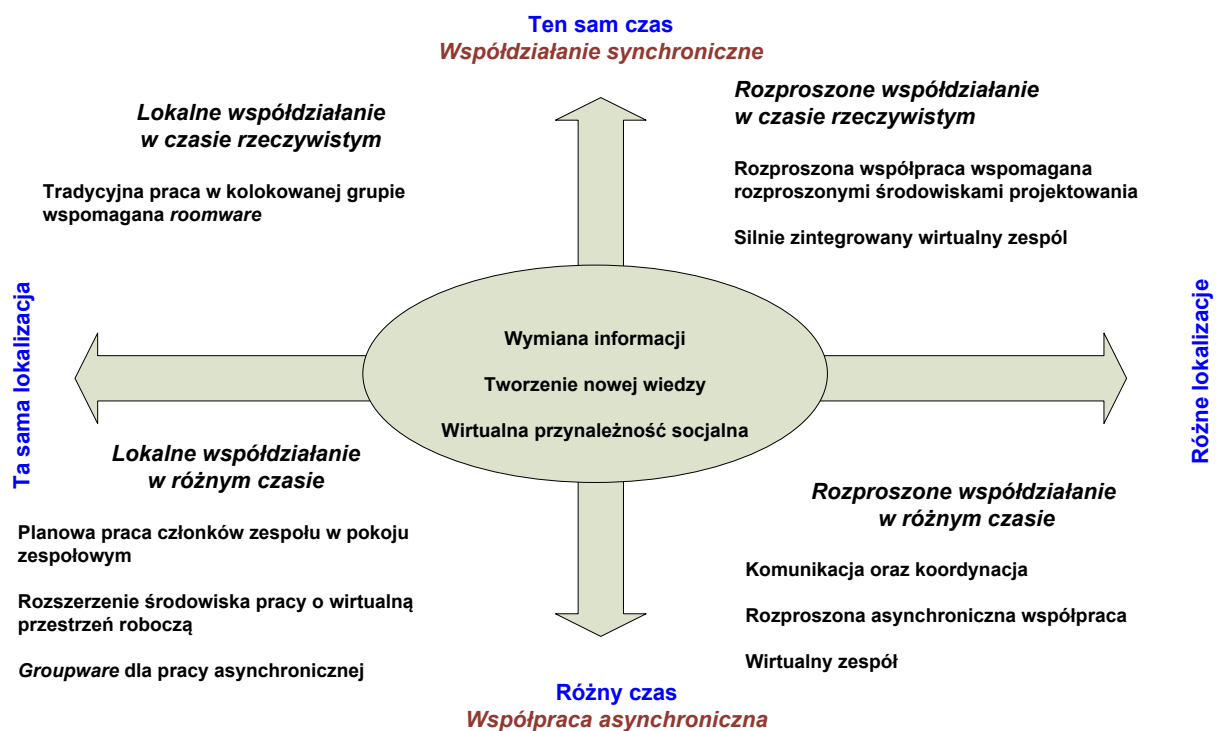
CSCW (ang. *Computer Supported Cooperative Work*)¹⁹ jest dziedziną, która wypracowuje teorie, metody i narzędzia, wspierające szeroko rozumianą współpracę w zespole pracującym zarówno w jednym miejscu, jak i w rozproszeniu, współpracującym w czasie rzeczywistym jak i asynchronicznie. Zwiększanie jakości, kreatywności²⁰ oraz efektywności pracy są jednym z najważniejszych celów CSCW dla wdrażania nowych technologii IT w rozproszonym środowisku pracy. Dziedzina CSCW stara się rozwiązać problemy, które na ogół są wynikiem bardzo dużej złożoności podejmowanych prac, np. prac projektowych. Problemy te to np. charakteryzacja procesów realizowanej pracy i ich modelowanie,

¹⁹ Carstensen P.H.; Schmidt K.: Computer supported cooperative work: new challenges to systems design, [in:] Itoh K. (ed.): Handbook of Human Factors. Tokyo 1999.

²⁰ Vyas D., Heylen D., Nijholt A., van der Veer G.: Collaborative Practices that Support Creativity in Design. Proc. of the 11th European Conf. on Computer Supported Cooperative Work, [in:] Wagner I., et al. (eds.): ECSCW'09: Springer, Vienna 2009.

koordynacja prac realizowanych w zespole, wspomaganie procesu decyzyjnego, organizacja środowiska pracy itp.

Jakkolwiek w literaturze pojęcia pracy w grupie i zespole traktowane są często wymiennie, to w niniejszej pracy w kontekście inżynierii rozproszonej praca w grupie jest traktowana w kategoriach organizacyjnych, a praca w zespole analizowana kategoriami socjologicznymi. Rys. 4 ilustruje klasyczny podział metod stosowanych do wspomagania pracy w grupie i zespole w zależności od miejsca oraz czasu. Rodzaj wykorzystanych metod i narzędzi zależy od realizowanego zadania. Projektowanie złożonych systemów heterogenicznych wymaga na ogół stosowania całej gamy narzędzi CSCW.



Rys. 4. Nowe formy pracy w grupie – perspektywa CSCW

Fig. 4. New forms of work in a group – CSCW perspective

Źródło: Outi V.: Changing Nature of Work – MobiLife, Paving the Way – User Needs through MassBe. Nokia and MobiLife Research Projec, AMI Workshop, Rome, 17.02.2005.

2.3. Zmiana wzorców pracy w organizacji

Indywidualnej bądź lokalnej grupowej pracy inżynierskiej nie można oderwać od kontekstu organizacyjnego, gdyż projektant lub zespół projektantów pracują w konkretnej organizacji – przedsiębiorstwie, które działa wg określonych schematów organizacyjnych. Organizacja (np. firma elektroniczna), podobnie jak i środowisko projektanta, ulega dynamicznej ewolucji pod wpływem zmian w technologiach IT. Celem zmian

organizacyjnych jest zwiększenie konkurencyjności przedsiębiorstwa na globalnym rynku, a rezultatem są, m.in.:

- Organizacja przedsiębiorstwa, jako sieci procesów, np. wokół zasadniczych linii produktowych.
- Spłaszczenie hierarchii organizacyjnej.
- Decentralizacja i rozproszenie struktur organizacyjnych.
- Większe otwarcie na współpracę z innymi przedsiębiorstwami w celu lepszego sprostania wymaganiom klientów.
- Bardziej adaptacyjne struktury przedsiębiorstwa, zmienia się bowiem ogólny paradygmat wytwórczy, w którym coraz większą rolę odgrywają usługi.
- Usługi są oferowane przez sieć i generalnie rozbudowywana jest wirtualna część organizacji.

Powyzsze zmiany mają istotny wpływ na pracę inżynierską. I tak:

- spłaszczenie struktury hierarchicznej przedsiębiorstwa, którego konsekwencją jest horyzontalna realizacja wielu projektów, ułatwia współpracę pomiędzy projektami firmy, wspierając re-inżynierię i powtórne użycie projektów;
- rozproszone projektowanie realizowane jest pomiędzy rozproszonymi oddziałami firmy;
- organizacja projektowa może oferować swoje usługi projektowe poprzez sieć.

Wpływ globalnych zmian w środowiskach pracy jest również widoczny na jeszcze wyższym poziomie, a mianowicie na poziomie sieci interorganizacyjnych.

2.4. Praca inżynierska w wirtualnej organizacji – sieci współpracy

We wprowadzeniu wskazano na systematycznie rosnącą złożoność systemów oraz ich różnorodność. Konsekwencją tego faktu są zmiany charakterystyki projektów, które stają się bardzo rozbudowane z uwagi na złożoność projektowanych systemów, multiorganizacyjne i wymagają multidyscyplinarnych zespołów. Budowanie konsorcjów projektowych lub rozszerzanie współpracy inżynierskiej o nowych partnerów w tak dużych projektach, o zespoły lub nawet organizacje (również organizacje B+R, np. GSRC – www.gigascale.org) staje się łatwiejsze przy wykorzystaniu koncepcji wirtualnej organizacji.

Wirtualna organizacja (ang. *virtual organisation*) (VO)²¹ nazywana często *siecią współpracy* (CN) (ang. *collaborative network*) stanowi zbiór współpracujących niezależnych organizacji, które wobec otoczenia prezentują wspólny zbiór usług i funkcjonalność, tak jakby

²¹ Filos E.: *Virtuality and the Future of Organisations*. European Commission, 2004; VOSTER project – VOSTER – Virtual Organisations Luster, <http://voster.vtt.fi>.

była to jedna organizacja²². Organizacje należące do VO mają pewne wspólne cele oraz dostarczają swoje główne kompetencje. Wirtualna organizacja reprezentuje dynamiczną konfigurację wchodzących w jej skład organizacji. Konfiguracja ta może się zmienić wraz z różnymi zadaniami realizowanymi przez VO. Wirtualna organizacja jest konceptualnie podobna do wirtualnego zespołu, przy czym w przypadku VO elementami sieci są organizacje, a nie ludzie, jak w tym drugim przypadku. Termin „wirtualny” oznacza, że sieć jest reprezentowana jako jedna jednostka, co jest możliwe dzięki współdzielonej infrastrukturze IT²³. W pracy H. Schaffersa, T. Brodta, M. Pallota i W. Prinza²⁴ wskazano na nowe formy pracy, które manifestują się w VO, a które są konsekwencją faktu, że VO są często tworzone na czas realizacji złożonego projektu. Po realizacji projektu wirtualna organizacja jest zwykle rozwiązywana.

Wirtualizacja organizacji, oraz w szczególności praca inżynierska w VO²⁵, jest stosunkowo nowym pojęciem, jako że dyscyplina sieci współpracy ma dopiero około dekady²⁶. Zgromadzone zostały już jednakże istotne obserwacje i doświadczenia wokół zagadnienia pracy inżynierskiej w VO/CN²⁷.

Sieci współpracy charakteryzują się: przekraczaniem granic organizacji, dostępem do komplementarnych kompetencji partnerów, współdzieleniem wiedzy, rozproszeniem geograficznym, czasowym uczestnictwem, brakiem hierarchii, równością uczestników oraz działaniami silnie opartymi na infrastrukturze IT²⁸. Warto raz jeszcze podkreślić, że inżynier projektant ma dostęp do ww. funkcjonalności sieci współpracy poprzez swoją przestrzeń roboczą we własnym środowisku pracy. O istocie tego nowego paradygmatu inżynierii stanowi więc relatywnie łatwy dostęp do sieci, w których mogą być realizowane najbardziej złożone multidyscyplinarne projekty.

²² Camarinha-Matos L., Afsarmanesh H. (ed.): *The emerging discipline of collaborative networks. Virtual Enterprises and Collaborative Networks*. Kluwer Academic Publishers, 2004.

²³ Camarinha-Matos L., et al.: *ARCON reference models for collaborative networks. Collaborative Networks: Reference Modeling*, 2008.

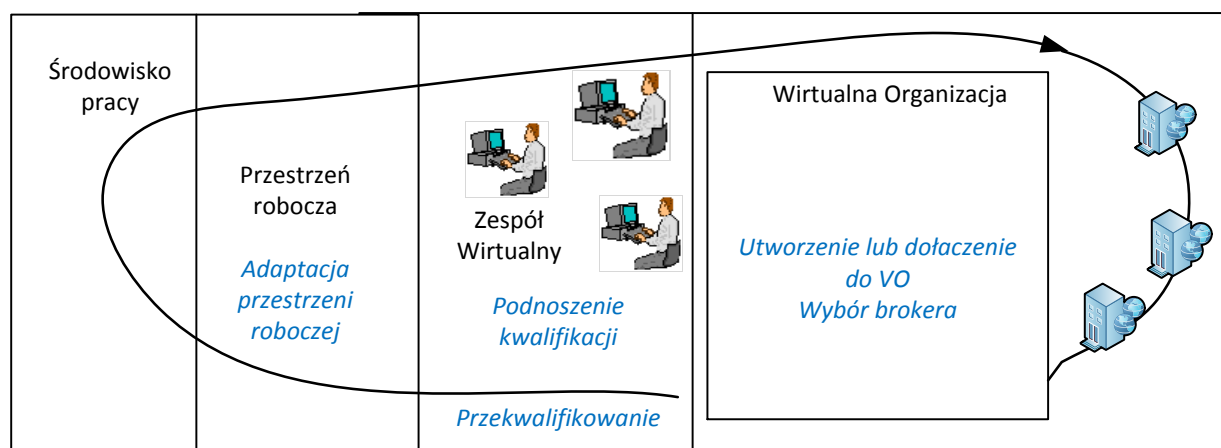
²⁴ Schaffers H., Brodt T., Pallot M., Prinz W. (eds.): *MOSAIC consortium. The Future Workspace – Perspectives on Mobile and Collaborative Working*, 2006.

²⁵ Witczyński M., Pawlak A.: *Virtual organisations in electronics sector – case study. Virtual Organisations: Systems and Practices*, Camarinha-Matos L., Afsarmanesh H., Ollus M. (eds.), Springer Science+Business Media Inc., 2005.

²⁶ Camarinha-Matos L., Afsarmanesh H. (ed.): *The emerging discipline of collaborative networks. Virtual Enterprises and Collaborative Networks*. Kluwer Academic Publishers, 2004.

²⁷ Laitinen J., Ollus M., Hannus M.: *Global Engineering and Manufacturing in Enterprise Networks – GLOBEMEN. eBusiness and eWork 2000*, Madrid, 18-20.10.2000; Schaffers H., et al: *Mobile Virtual Work and New Business Practice. Proc. SALTSA Expert Workshop on Mobile Virtual Work*, Sweden 7-9.10. 2004; Witczyński M., Hryniewicz E., Pawlak A.: *A Web Services based approach to System on a Chip design planning. Lecture Notes in Informatics*, Vol. P-120, GI, Bonn 2007; Witczyński M., Pawlak A.: *Virtual organisations in electronics sector – case study. Virtual Organisations: Systems and Practices*, Camarinha-Matos L., Afsarmanesh H., Ollus M. (eds.), Springer Science+Business Media Inc., 2005.

²⁸ VOSTER Project Report D11.1: *VO Concept Source Information*, 01.10.2002.



Rys. 5. Nowy paradygmat inżynierii – projektowanie w wirtualnej organizacji

Fig. 5. New engineering paradigm – designing in a virtual organization

Źródło: Opracowanie własne.

Koncepcja sieci inżynierskich dobrze przystaje do złożonych procesów projektowania, które mogą być realizowane w sposób rozproszony w sieci współpracujących organizacji. Inżynieria rozproszona w sieci współpracy inżynierskiej stanowi „sposób pracy w ramach rozproszonego, czasowego związku niezależnych współpracujących organizacji, wykorzystujący metodologie, metody i zaawansowane technologie dla zwiększenia efektywności w projektowaniu i wytwórstwie produktów i usług poprzez działania współbieżne, integracyjne oraz pracę zespołową dla osiągnięcia wspólnych celów na globalnych rynkach”²⁹. Przykładem inżynierii rozproszonej w VO jest Virtuelle Fabrik (www.virtuellefabrik.ch).

Potrzebne są nowe wzorce pracy inżynierskiej w VO z uwagi na to, że złożone projekty realizujące rozbudowane diagramy przepływu pracy (ang. *workflows*) w sieci organizacji tworzących wirtualną organizację zarządzają złożonymi danymi. Nowe wzorce pracy powstają m.in. przy: tworzeniu VO dla realizacji złożonego projektu i są to np.: wybór partnerskich organizacji wg profilu kompetencji, wybór brokera sieci, utworzenie współdzielonej infrastruktury IT dla sieci oraz wybór metodologii rozwiązania zadania projektowego. Zmiany dotyczą też samych procesów projektowania. Wymagane jest bowiem bardziej abstrakcyjne projektowanie rozproszone oparte na wiedzy, które dodatkowo będzie wspomagane predefiniowanymi wzorcami³⁰.

Praca w wirtualnej, zwykle krótko „żyjącej” sieci organizacji niesie też dodatkowe wyzwania. Z uwagi na ograniczony „czas życia” organizacji, pracownicy mają mniej czasu na zdobywanie doświadczeń. Poza tym pochodzą oni z wielu różnych organizacji.

²⁹ CE-NET: Concurrent Enterprising Taxonomy, CE-Net Deliverable D03, 2001, p. 27.

³⁰ Fraś P., Pawlak A., Penkala P., Jorgensen H. et al.: Report on Collaborative design process model, analysis and evaluation. MAPPER Deliverable D15, 03.04.2008.

Doświadczenia pracy i procedury powinny być skodyfikowane w postaci wzorców, a pracownicy bardziej przygotowani do ich stosowania oraz realizowania predefiniowanych diagramów przepływu pracy (ang. *workflows*).

Metody wirtualnego podnoszenia kwalifikacji i przekwalifikowania (ang. *upskilling* i *reskilling*) mają też rosnące znaczenie dla pracy w rozproszonym dynamicznym zespole oraz w multioorganizacyjnych sieciach z uwagi na możliwości ewolucji wzorców w rezultacie wymiany i kumulacji doświadczeń w zespole i w społeczności projektantów należących do różnych organizacji.

W rozdziale czwartym zostaną pokazane metody reprezentacji oraz inwokacji wzorców, tak by można efektywnie wspomagać działania inżynierów projektantów w rozproszonym środowisku projektowym. Poniżej wyjaśniono natomiast pojęcie inżynierii rozproszonej.

3. Inżynieria rozproszona

Inżynieria rozproszona stanowi nowy paradygmat pracy inżynierskiej, pracy której istotnym elementem jest współpraca rozproszonych projektantów wsparta odpowiednią infrastrukturą IT. *Paradygmat* jest powszechnie akceptowaną racjonalnością, która wyznacza kierunki rozwoju metod, narzędzi i wiedzy (praktyk) projektowania i wytwarzania produktów³¹. Nowe paradygmaty pracy inżynierskiej są konsekwencją zmian w globalnym środowisku pracy, a także wymagań rynku, np. na rekonfigurowalne produkty z większą wartością dodaną, oraz bardziej dostosowane do klienta.

Inżynieria rozproszona (IR) (ang. *collaborative engineering*)³² rozwija koncepcje inżynierii współbieżnej³³, bazując na dynamicznym postępie w technologiach IT, przede wszystkim na silniejszym wsparciu dla współpracy w rozproszonym zespole oraz dalej idącej integracji rozproszonego środowiska, w tym efektywniejszego wykorzystania odległych zasobów. Podczas gdy w inżynierii współbieżnej zapewniano koordynacje między współbieżnie realizowanymi zadaniami prowadzonymi zasadniczo w ramach jednej organizacji, o tyle w inżynierii rozproszonej integrowane są zespoły inżynierów należących do różnych organizacji. Integracja ta dotyczy zarówno warstwy współpracy między członkami zespołu, jak i warstwy dynamicznej integracji narzędzi współpracującego zespołu. W skład rozproszonego (wirtualnego) zespołu mogą wchodzić pracownicy różnych

³¹ Salminen V., Buckley E., Malinen P., Ritvas J., Silakoski S., Sauer A.: Global Engineering Networking – Turning Engineering Knowledge into an accessible corporate Asset. Proc. ICED '97 Conf. Tampere, Finland, 19-21.08.1997, p. 2.

³² Cutkosky M., Tenenbaum J., Glicksman J.: Madefast: an exercise in collaborative engineering over the Internet. "Communications of the ACM", Vol. 39, No. 9, September 1996.

³³ Miao Y., Haake J.: Supporting Concurrent Design by Integrating Information Sharing and Activity Synchronization. Proc. of 5th ISPE Int. Conf. on Concurrent Engineering Research and Applications, 1998.

organizacji, a praca zespołu ma charakter czasowy, tj. trwa zwykle do czasu zrealizowania projektu.

Powyższa dyskusja wskazuje na współpracę inżynierów jako centralną, obok procesów inżynierskich, kategorię IR. *Procesy inżynierskie* reprezentują tutaj całokształt procesów projektowania i rozwoju produktu w całym cyklu życia produktu. *Współpraca* jest kategorią, która reprezentuje interakcje pomiędzy różnymi podmiotami procesu projektowania, jak np. projektantami, zespołami produkcji oraz użytkownikami. Interakcje te dotyczą działań projektantów na współdzielonych artefaktach procesów inżynierskich (np. wirtualnej dyskusji i modyfikacji specyfikacji projektu lub dyskusji wyników symulacji projektowanego systemu). Współpraca jest nieodzowna w trakcie realizacji wielu zadań inżynierskich.

Narzędziem, które ma wspomóc projektantów w zapewnieniu poprawności realizowanych interakcji z artefaktami procesu projektowania są wzorce. Rolą wzorców jest bowiem „prowadzenie” (ang. *guidance*) aktywności projektantów. W poprzednim rozdziale wskazano na zmiany technologii pracy rozproszonych inżynierów i rolę wzorców we wspieraniu współpracy. Rozproszone procesy inżynierskie oraz współpraca projektantów są centralnymi kategoriami inżynierii rozproszonej. Projekt MAPPER³⁴ wskazał dodatkowo na znaczenie *zarządzania* w inżynierii rozproszonej.

Z uwagi na rozproszenie zespołu projektowego i jego narzędzi, zarządzanie procesami inżynierskimi, działaniami projektantów oraz współdzielonymi narzędziami i zasobami decyduje o realizowalności procesów inżynierskich oraz o jakości końcowego produktu.

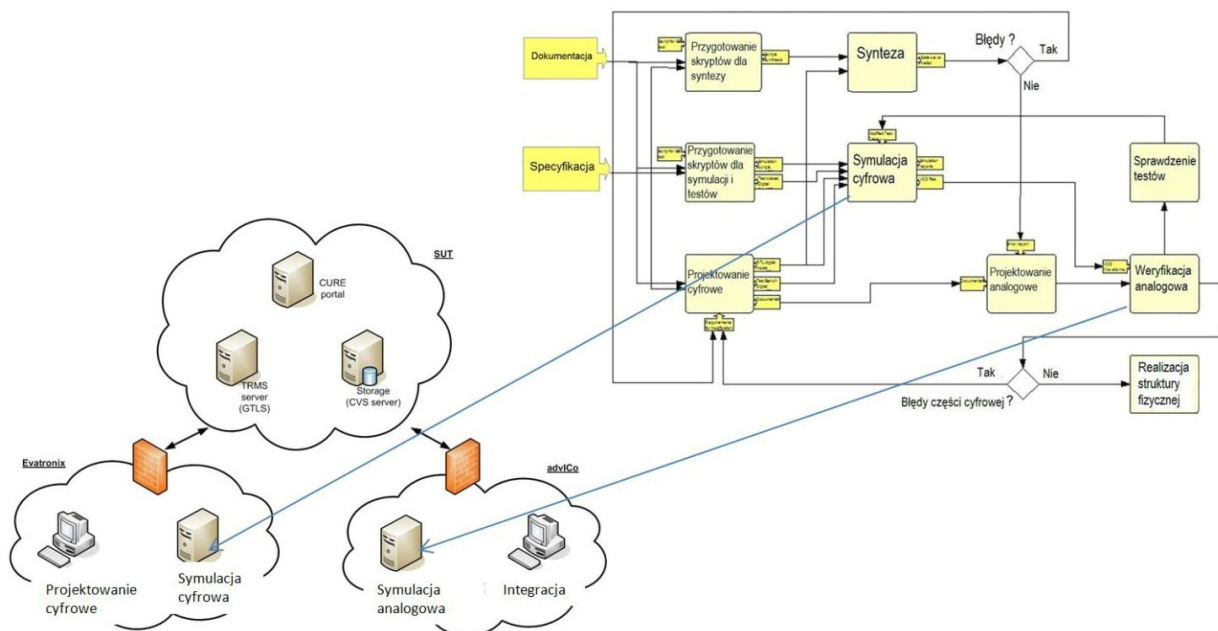
Zarządzanie jest tu rozumiane bardzo ogólnie, gdyż dotyczy zarówno zespołów inżynierskich w trakcie realizacji różnych faz i zadań projektowych, np.: planowania zadań, weryfikacji postępu ich realizacji, czy przydzielania zasobów ludzkich i sprzętowych, jak i zarządzania rozproszonymi narzędziami. Zarządzanie ma wpływ na procesy inżynierskie, szczególnie dla strategii inżynierii bazującej na modelach (ang. *model-based*). Literatura wskazuje na związki pomiędzy strukturą rozwiązania projektu, np. realizowaną architekturą nowego produktu, a zarządzaniem projektem, który tę architekturę realizuje. I odwrotnie, procesy zarządzania mają również wpływ na architekturę projektowanego systemu. Przykładem tych relacji może być *zwinne* (ang. *agile*) projektowanie *zwinnych systemów* (ang. *agile systems*)³⁵. Relacje zarządzania ze współpracą wydają się naturalne, gdyż często zarządzanie jest aktywnością wymagającą współpracy, i odwrotnie współpraca wymaga zwykle pewnej koordynacji działań projektantów.

³⁴ MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.

³⁵ Haberfellner R., de Weck O.L.: Agile SYSTEMS ENGINEERING versus engineering AGILE SYSTEMS. Proc. INCOSE 2005 – Systems Engineering Symp. Rochester, USA.

Podsumowując, przez *inżynierię rozproszoną* rozumiemy zespół metodologii realizacji rozproszonych procesów inżynierskich, narzędzi, praktyk inżynierskich oraz procesów zarządzania wspomaganymi rozproszonym środowiskiem, które umożliwia realizację procesów inżynierskich i zarządzania, oraz zapewnia efektywną współpracę w rozproszonych zespołach.

Tradycyjne zagadnienia z dziedziny komputerowo wspomaganego projektowania są rozszerzone o problemy: pracy w sieci, zarządzania wiedzą inżynierską, dzielenia się nią oraz jej wielokrotnego użycia. Inżynieria rozproszona, podobnie jak i inżynieria współbieżna, dotyczy całego cyklu życia produktu (ang. *PLM – Product Lifecycle Management*), przy czym projektowanie jest w obu przypadkach pierwszą zasadniczą fazą.



Rys. 6. Inżynieria rozproszona – ilustracja koncepcji z diagramem pracy (ang. *workflow*) sterującym inwokacjami rozproszonych narzędzi

Fig. 6. Workflow to control remote tools invocation

Źródło: MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.

Rys. 6 przedstawia fragment rozproszonego procesu projektowania, w którym biorą udział dwie firmy „E” i „A”. Firma „A” realizuje projektowanie cyfrowe, w tym m.in. symulację cyfrową, natomiast firma „E” odpowiedzialna jest za projektowanie układu analogowego wraz z weryfikacją – symulacją analogową oraz integrację całego projektu. Trzeci partner (SUT) projektu zapewnia infrastrukturę rozproszonego projektowania, w tym środowisko

współpracy projektantów CURE³⁶, system integracji rozproszonych narzędzi TRMS³⁷ oraz system kontroli wersji projektów CVS.

4. Reprezentacja wzorców projektowych za pomocą aktywnych modeli wiedzy

Wizualne modele wiedzy, zwane aktywnymi modelami wiedzy (ang. *Active Knowledge Models*)³⁸, są nowością w środowisku wspomagania projektowania. Mają jednak cechy, które są przydatne w inżynierii rozproszonej, szczególnie w zastosowaniach, w których jest wykorzystywana perspektywa organizacyjna. Aktywne modele wiedzy są typowo stosowane w modelowaniu struktur organizacyjnych i procesów (np. firm projektowych) i są częścią oprogramowania typu Modelowanie Architektury Przedsiębiorstw (ang. *Enterprise Architecture Modelling*, EAM). EAM jest dziedziną badań i technologii, która wypracowuje koncepcje, metody i narzędzia dla modelowania procesów, struktur i produktów organizacji, w tym co nas szczególnie interesuje modelowania firm projektowych.

Zdolność AKM do reprezentowania procesów projektowania oraz produktów tych procesów w kontekście organizacyjnym, który umożliwia reprezentację różnorodnych zasobów, jak np. kompetencji projektantów, zadecydowała o eksperymencie z wykorzystaniem tych modeli dla projektowania układu SoC (ang. *System-on-Chip*) w ramach projektu MAPPER³⁹.

4.1. Wizualne aktywne modele wiedzy

Aktywne Modele Wiedzy (*Active Knowledge Models*, AKM)⁴⁰ są wizualną reprezentacją rozwijającej się i dynamicznej wiedzy o organizacji. Modele są *aktywnie* wykorzystywane do adaptacji do potrzeb użytkownika infrastruktury IT.

Modele są wykonywane poprzez proces charakteryzacji (ang. *enactment*) z udziałem silników reguł. Modele AKM różnią się od konwencjonalnej architektury sterowanej

³⁶ CURE workspace. Fern Uni. Hagen, <http://cure.sourceforge.net>.

³⁷ Pawlak A., Fraś P., Penkala P.: Web services-based collaborative system for distributed engineering, *Pervasive Collaborative Networks*. Camarinha-Matos L.M., Picard W. (eds.), Springer, 2008.

³⁸ Lillehagen F.: The Foundation of the AKM Technology, [in:] Gonçalves J., Steiger-Garção C. (eds.): *Concurrent Engineering, Enhanced Interoperable Systems*. Balkema, 2003; *Active Knowledge Modeling*, <http://activeknowledgemodeling.com>.

³⁹ Pawlak A., Penkala P., Fraś P., Jørgensen H., Sakowski W.: Collaborative engineering approach towards IP-based SoC design. Proc. of IP07 – IP Based Electronic Systems Conference and Exhibition, Grenoble 5-6.12.2007; Pawlak A., Jørgensen H., Penkala P., Fraś P.: Business Process and Workflow Management for Design of Electronic Systems – Balancing Flexibility and Control. Lecture Notes in Informatics – Proc., Vol. P-120, Gesellschaft für Informatik, Bonn 2007; MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.

⁴⁰ Active Knowledge Modeling, <http://activeknowledgemodeling.com>.

modelami (ang. *Model Driven Architecture*, MDA) tym, że przechwytyują one głównie wiedzę użytkownika o „realnej” organizacji (np. firmie projektowej), a nie techniczną informację o tym, jak pracują systemy komputerowe danej organizacji. Paradygmat wykonawczy interaktywnego modelu AKM, który łączy automatyczne wnioskowanie i ręczny proces podejmowania decyzji, tworzy wsparcie IT dla innowacyjnych procesów projektowych.

4.2. AKM w inżynierii rozproszonej – przykład zastosowania

Aktywne Modele Wiedzy zostały użyte w złożonym rozproszonym procesie projektowania komponentu USB⁴¹. Poniżej krótko wyjaśniono, w jaki sposób modele AKM wspierają automatyzację procesów projektowania poprzez reprezentację i wykonanie diagramów przepływu pracy (ang. *workflow*). Pokazany na rys. 7 model AKM składa się z trzech zasadniczych części reprezentujących odpowiednio modele dwóch biorących w procesie projektowania wspomnianych wyżej firm projektowych: „E” – projektanci układów cyfrowych i „A” – projektanci układów analogowych oraz model głównego diagramu przepływu pracy projektu USB realizowanego wspólnie przez te firmy. Zastosowano strategię modelowania *Proces-Organizacja-Produkt*⁴², by reprezentować w modelu proces projektowania, informacje o infrastrukturze projektu, a także o produktach – rezultatach procesu projektowania. Fakt integracji w jednym modelu aspektów organizacyjnych firm (kompetencje pracowników, stosowane narzędzia, infrastruktura) oraz procesów projektowania jest innowacyjnym podejściem z perspektywy metod wspomagania projektowania (CAD).

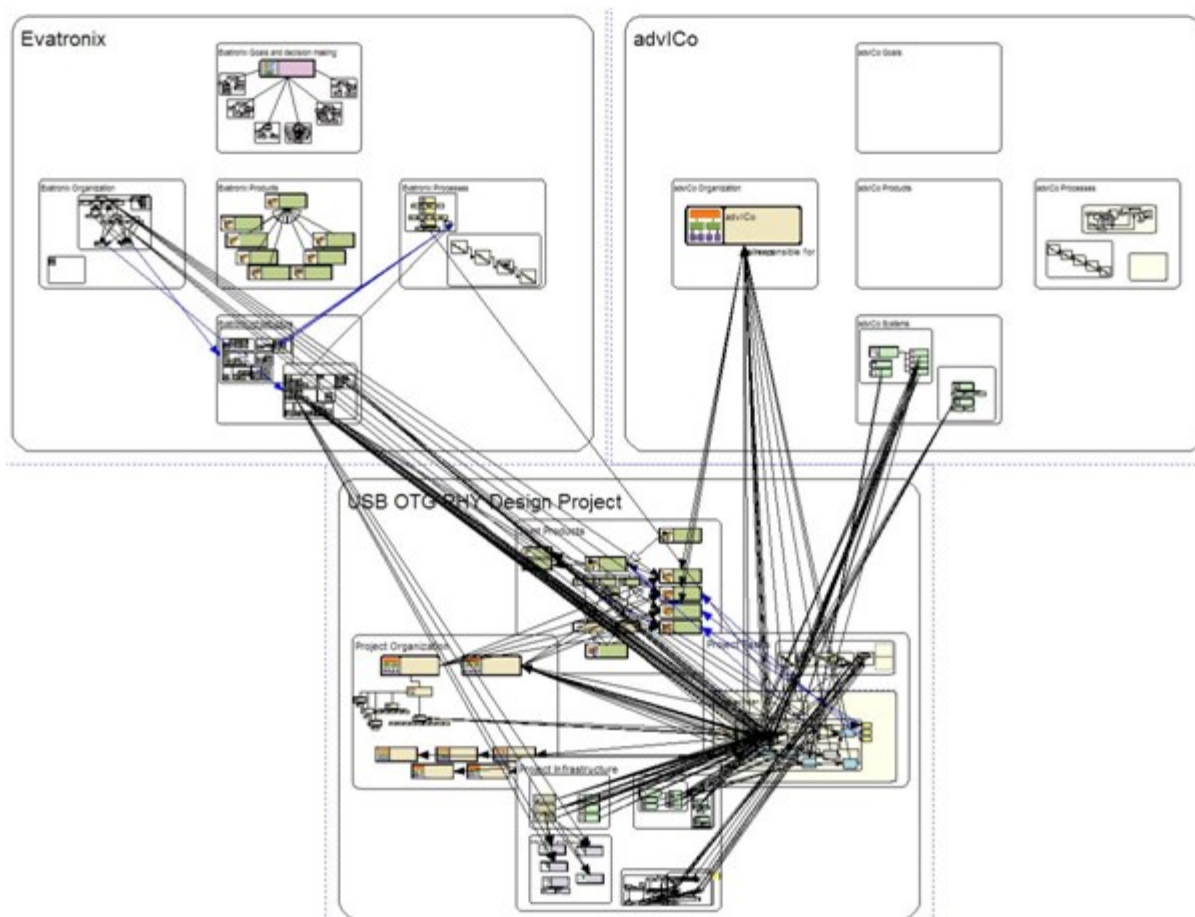
Model AKM w części reprezentującej rozproszony proces projektowania zawiera zadania, które należą do kompetencji projektantów części cyfrowej oraz części analogowej. Model przedstawia również sytuacje, w których projektanci części cyfrowej oraz analogowej muszą ze sobą ściśle współpracować. Modelowany proces projektowania definiuje wiele zadań inżynierskich wraz z relacjami reprezentującymi sekwencyjne, iteracyjne i warunkowe aktywności projektanta.

Rys. 7 zawiera *top-view* modelu wiedzy, który reprezentuje wspomniany proces projektowania IP komponentu USB, ważne dla projektu architektury obu organizacji projektowych, jak i zasoby potrzebne w tym projekcie. Zasoby te to zarówno projektanci wraz z ich profilami kompetencji oraz ich narzędzia. Zaletą tej strategii jest to, iż integruje ona wszystkie aspekty procesu projektowania w jeden zrozumiały i (częściowo) wykonywalny model wiedzy.

⁴¹ Pawlak A., Penkala P., Fraś P., Sakowski W., Grau G., Grzybek S., Stanitzki A.: Distributed Collaborative Design of a Mixed-Signal IP Component. DSD2009, 12th EUROMICRO Conf. on Digital System Design Architectures, Patras, Greece 2009.

⁴² Lillehagen F.: The Foundation of the AKM Technology, [in:] Gonçalves J., Steiger-Garção C. (eds.): Concurrent Engineering, Enhanced Interoperable Systems. Balkema, 2003.

W prezentowanym przykładzie model AKM zawiera wiele elementów wiedzy reprezentowanych przez prostokąty i relacje między tymi elementami reprezentowanymi przez ciągłe linie. Dwa prostokąty na najwyższym poziomie, zwane kontenerami (*containers*), zawierają informacje o aspektach organizacyjnych i biznesowych obu firm biorących udział w projekcie. Natomiast trzeci kontener zawiera szczegóły procesu projektowania układu USB. Tylko część relacji występujących w modelu została uwidoczniiona w modelu na rys. 7. Relacje w modelu uwidaczniają złożoność relacji występujących w rzeczywistym procesie projektowania oraz w produktach. Zadania w procesie projektowania są powiązane z projektantami, organizacjami i ich oddziałami, które biorą udział w procesie, narzędziami EDA, które są stosowane, oraz z wykorzystywanymi składnikami infrastruktury.



Rys. 7. Model AKM rozproszonego procesu projektowania komponentu IP (*Top view*)

Fig. 7. AKM model of distributed IP component design

Źródło: Pawlak A., Penkala P., Fraś P., Sakowski W., Grau G., Grzybek S., Stanitzki A.: Distributed Collaborative Design of a Mixed-Signal IP Component. DSD2009, 12th EUROMICRO Conf. on Digital System Design Architectures, Patras, Greece 2009; MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.

Prezentowany model AKM wspiera wzajemne zrozumienie w rozproszonym zespole (ang. *web of shared understanding*). To wzajemne zrozumienie dotyczy, m.in. podziału zadań pomiędzy projektantami dwóch biorących udział w projekcie firm projektowych, zasobów będących w dyspozycji zespołu oraz np. składu i kompetencji członków zespołu.

4.3. Wzorce projektowe jako aktywne modele wiedzy

Wzorce mogą dotyczyć tak ulotnych zagadnień, jak organizacja burzy mózgów wśród rozproszonych projektantów, oraz wsparcie dla twórczego i innowacyjnego projektowania. Wsparcie projektantów w tych aspektach ich „ulotnej” pracy projektowej jest niezwykle istotne, szczególnie w kontekście rozproszenia zespołu. Dodatkowo, te aspekty rzadko uzyskują wsparcie w tradycyjnych zintegrowanych środowiskach projektowania oferowanych przez głównych dostawców narzędzi EDA. W ramach prac projektu MAPPER⁴³ identyfikowano zbiór podstawowych wielokrotnie powtarzanych działań projektanta, które są wykonywane podczas procesu rozproszonego projektowania IP komponentu. Na podstawie tego zdefiniowano i zamodelowano zbiór podstawowych wzorców projektowych.

Pojęcie „wzorca projektowego” (ang. *design task pattern*) jest dobrze znane w literaturze informatycznej. Mimo że rzadko występuje ono w kontekście EDA, wydaje się, że wzorniki projektowe mają duży potencjał dla wspomagania automatyzacji różnych zadań projektowych, które tradycyjnie nie były dobrze wspomagane komputerowo. Przykładami takich zadań mogą być: proces zarządzania projektem oraz organizacja rozproszonego środowiska projektowego, alokacja zasobów ludzkich i sprzętowych, wsparcie dla procesów innowacji, operacje potrzebne do wspomagania współpracy.

Poniżej, krótko przedstawiono koncepcje na jednym z wymienionych wzorców, a mianowicie wzorcu: *Inwokacja Odległego Narzędzia* (rys. 8). Głównymi zadaniami, które reprezentowane są przez ten wzorzec, są: *Logowanie*, *Wyszukiwanie Narzędzia*, *Transfer Danych Wejściowych*, *Inwokacja Narzędzia*, *Transfer Danych Wyjściowych* oraz *Wylogowanie*.

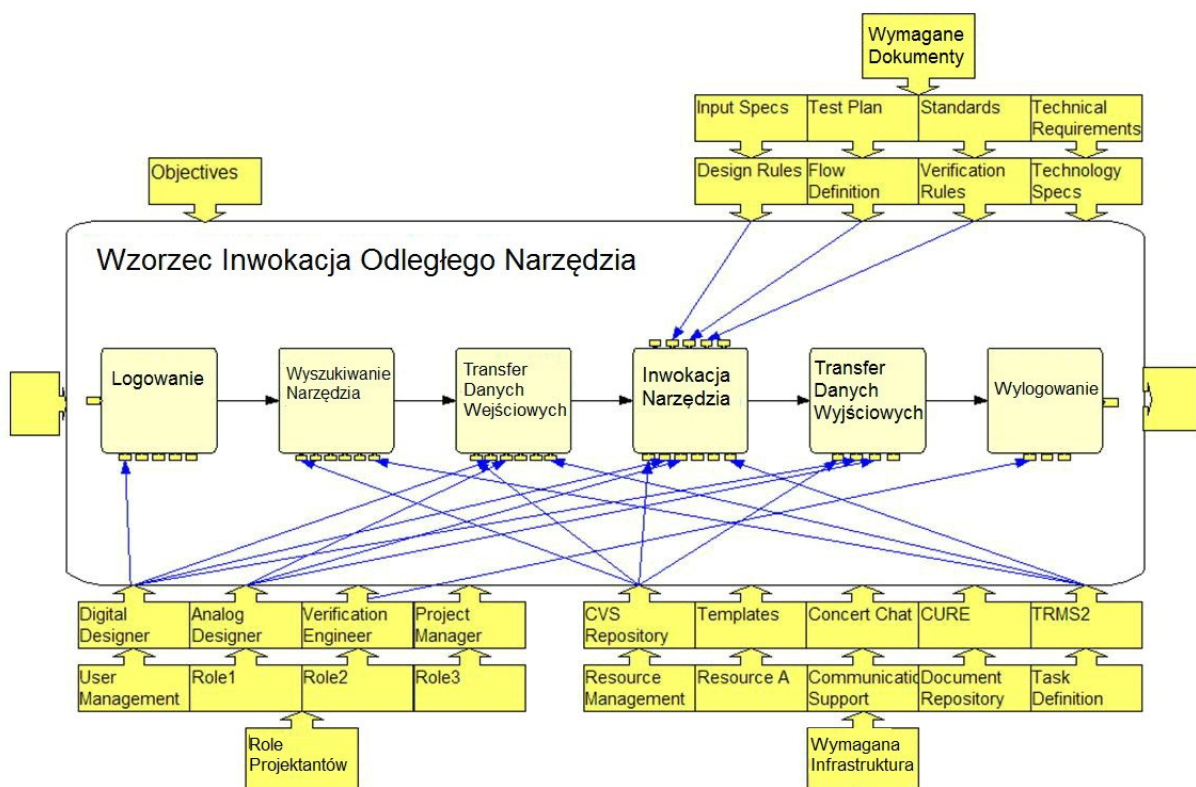
Po pierwsze, projektant odpowiedzialny za realizację zadania *Inwokacja Odległego Narzędzia* loguje się do systemu zarządzania narzędziami za pomocą unikalnej nazwy login i hasła. Poprzez bezpieczny protokół SSL uruchamiana jest usługa GTLS – *Global Tool Lookup Service*⁴⁴ dla identyfikacji i autoryzacji projektanta. Generuje ona i zwraca do użytkownika klucz identyfikacji sesji. Żądane narzędzie jest rozpoznane jako usługa internetowa (ang. *web service*) wraz z właściwymi parametrami dla jego uruchomienia. Jeżeli

⁴³ MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.

⁴⁴ Pawlak A., Fraś P., Penkala P.: Web services-based collaborative system for distributed engineering, Pervasive Collaborative Networks. Camarinha-Matos L.M., Picard W. (eds.), Springer, 2008.

użytkownik dostaje prawo dostępu do narzędzia, GTLS zwraca listę narzędzi zawierającą etykiety identyfikujące zadanie. Pliki wejściowe są przesyłane z komputera projektanta do odległego serwera narzędzia, używając opartego na systemie kontroli wersji CVS mechanizmu transportowego. Po wybraniu narzędzia jego inwokacja może być zainicjowana przez usługę GTLS. GTLS komunikuje się z serwerem narzędzia i zarządza jego uruchamianiem oraz przekazywaniem on-line wiadomości. Kiedy działanie narzędzia zakończy się, dane wyjściowe są zwracane z serwera odległego narzędzia. Finalnie, użytkownik może wylogować się z systemu TRMS⁴⁵.

Metoda ta nie wymaga konta użytkownika lub sieciowego dostępu użytkownika do maszyny odległego serwera narzędzia. Oszczędza ona również użytkownikowi wysiłku związanego z instalacją narzędzia oraz zwalnia od potrzeby poznania szczegółów dotyczących operacji odległego narzędzia, ponieważ te działania są w kompetencji doświadczonego właściciela narzędzia.



Rys. 8. Wzorzec projektowy: *Inwokacja Odległego Narzędzia*

Fig. 8. *Remote Tool Invocation* pattern

Źródło: Pawlak A., Penkala P., Fraś P., Sakowski W., Grau G., Grzybek S., Stanitzki A.: Distributed Collaborative Design of a Mixed-Signal IP Component. DSD2009, 12th EUROMICRO Conf. on Digital System Design Architectures, Patras, Greece 2009; MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.

⁴⁵ Ibidem.

Zaprezentowany wzorzec *Inwokacja Odległego Narzędzia* zawiera oprócz definicji przepływu zadań (ang. *task flow*) również informację o kontekście wykonania operacji przez odległe narzędzie. Wzorzec zawiera zbiór ściśle powiązanych artefaktów, takich jak: wymagane dokumenty, role użytkowników – projektantów, warunki użycia narzędzia, wymagana infrastruktura narzędzia, stosowane narzędzia itp. Wzorzec ten, jako wizualna reprezentacja powtarzalnego zadania projektowego wraz z jego opisem tekstowym, stanowi definicję *dobrej praktyki inżynierskiej*.

5. Wsparcie projektantów w wirtualnych środowiskach pracy

Platforma współpracy MAPPERa⁴⁶ jest rezultatem bardzo rozbudowanego procesu identyfikowania i definicji wymagań, w którym zaangażowane były różne firmy (partnerzy przemysłowi projektu MAPPER). Proces ten dodatkowo był rozbudowany o badania terenowe przeprowadzone przy udziale ekspertów socjologów.

Platforma składa się z:

- narzędzi modelowania środowiska METIS⁴⁷,
- przestrzeni współpracy CURE⁴⁸,
- narzędzia komunikacji synchronicznej ConcertChat⁴⁹,
- Systemu TRMS – Rejestracji i Zarządzania Narzędziami⁵⁰.

Narzędzie modelowania wiedzy METIS stanowi jądro infrastruktury, gdzie repozytorium środowiska Metis Enterprise (ME) jest wykorzystywane do przechowywania modeli. Portal webowy stanowi elastyczne GUI i składa się ze zbioru konfigurowalnych przez modele komponentów zintegrowanych z portalem ME (rys. 9).

Komunikacja pomiędzy rozproszonymi członkami zespołu jest szczególnie ważna, stąd wymagane jest wsparcie dla zarówno synchronicznej, jak i asynchronicznej komunikacji pomiędzy inżynierami. Kontakt synchroniczny jest głównie wymagany w kontekście wirtualnych spotkań. Zespół potrzebuje środków komunikacyjnych i środków dla współpracy na współdzielonym materiale, jak np. na specyfikacji nowego projektu. W projekcie MAPPER synchroniczna komunikacja jest zapewniana przez system *ConcertChat*. Spotkania

⁴⁶ Jorgensen H., et al.: MAPPER Collaboration Platform for Knowledge Intensive Engineering Processes, [in:] Abramowicz W., Tolksdorf R., Węcel K. (eds.): BIS 2010 Workshops, LNBIP 57. Springer, Berlin-Heidelberg 2010.

⁴⁷ MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.

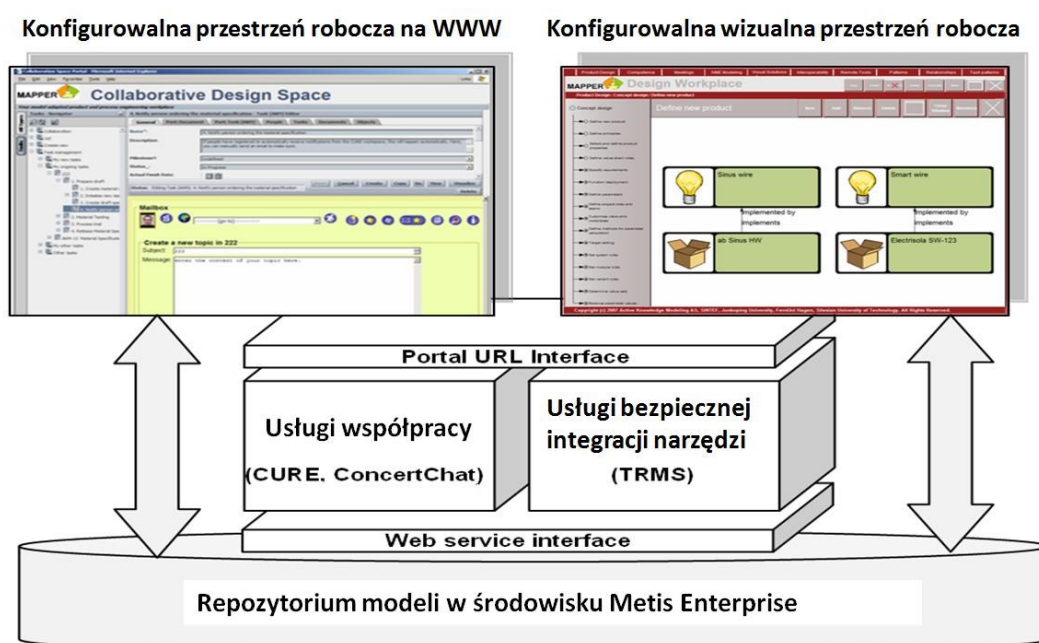
⁴⁸ CURE workspace. Fern Uni. Hagen, <http://cure.sourceforge.net>.

⁴⁹ Concert Chat – Synchronous collaboration services, Fraunhofer IGD, <http://sourceforge.net/projects/concertchat>.

⁵⁰ Pawlak A., Fraś P., Penkala P.: Web services-based collaborative system for distributed engineering, Pervasive Collaborative Networks. Camarinha-Matos L.M., Picard W. (eds.), Springer, 2008.

wirtualne wraz z kontaktem synchronicznym mogą być organizowane, kiedy tylko jest to uzasadnione.

Asynchroniczne interakcje są wystarczające lub nawet preferowane w wielu sytuacjach w czasie procesu projektowania. Asynchroniczna współpraca wymaga, aby członkowie zespołu mogli współdzielić i modyfikować projekty, dyskutować i koordynować na bieżąco rozwiązywanie problemów w trakcie realizacji zadań projektowych. Zadaniem asynchronicznej współpracy jest również dostarczenie projektantowi mechanizmów, które zagwarantują mu asynchroniczny dostęp do informacji o postępie prac projektowych.



Rys. 9. Schemat platformy współpracy MAPPERa

Fig. 9. A concept of the MAPPER collaboration platform

Źródło: Jorgensen H., et al.: MAPPER Collaboration Platform for Knowledge Intensive Engineering Processes, [in:] Abramowicz W., Tolksdorf R., Węcel K. (eds.): BIS 2010 Workshops, LNBIP 57. Springer, Berlin-Heidelberg 2010; MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.

Projektant ma więc świadomość postępu prac wykonywanych przez członków rozproszonego zespołu. Platforma CURE, która wspomaga ten rodzaj współpracy, została zastosowana w środowisku.

W rozproszonej współpracy projektanci często potrzebują dostępu do odległych narzędzi. System TRMS⁵¹ został częścią platformy MAPPERa, by sprostać tym oczekiwaniom

⁵¹ Pawlak A., Fraś P., Penkala P.: Web services-based collaborative system for distributed engineering, Pervasive Collaborative Networks. Camarinha-Matos L.M., Picard W. (eds.), Springer, 2008.

projektantów. TRMS oferuje im bezpieczny dostęp do odległych narzędzi i umożliwia integrację rozproszonych, zarejestrowanych w systemie narzędzi w wymagany *workflow*.

Integracja wyżej wspomnianych komponentów pozwoliła na stworzenie platformy, która umożliwia różne wzorce współpracy. Technicznie, wzorce zadań (ang. *task patterns*) są odwzorowane w modele AKM, które reprezentują plan konkretnej akcji współpracy.

W portalu użytkownicy umieszczają zadania i odpowiednie narzędzia. Narzędzia są konfigurowane przez modele AKM, które używają interfejsu typu usług internetowych.

6. Podsumowanie, wnioski i wyzwania

Wobec rosnącej złożoności systemów i ich heterogeniczności, projektanci specjaliści biorą udział w wielu różnych zadaniach projektowych. Prowadzi to do zmieniającego się kontekstu pracy (praca indywidualna, grupowa, interorganizacyjna, praca w społeczności). Praca projektowa, z uwagi na złożoność zadań projektowych i ich wirtualną reprezentację, staje się pracą bardziej abstrakcyjną, opartą na wiedzy⁵². Projektant coraz częściej musi odwoływać się do wiedzy współpracowników oraz korzystać z cyfrowych bibliotek komponentów i praktyk projektowych.

W pracy wskazano na wirtualne środowisko projektowania jako naturalne rozszerzenie środowiska pracy inżyniera projektanta, które stało się możliwe dzięki rozwojowi technologii IT. Inżynieria rozproszona umożliwia zarządzanie rozproszonymi narzędziami oraz współpracę w rozproszonych zespołach oraz sieciach współpracy. Rozproszone projektowanie, będące częścią inżynierii rozproszonej, jest centralnym procesem inżynierii systemów, który rozwiązuje zależności pomiędzy zadaniami projektowymi i członkami zespołu⁵³. IR jest swojego rodzaju odpowiedzią na rosnącą nieustannie złożoność projektowanych heterogenicznych systemów oraz ich ewolucję od tradycyjnych systemów obliczeniowych, poprzez systemy wbudowane do systemów cybernetyczno-fizycznych.

W pracy wskazano na istotną rolę nowych technologii pracy w rozproszonym zespole projektowym oraz na organizacyjny, socjologiczny i ekonomiczny kontekst pracy grupowej. Dla pracy w rozproszonym zespole istotny jest również czynnik poznawczy (ang. *shared understanding*) i budowa relacji w grupie projektowej. Są to kategorie socjologiczne, które na grunt inżynierii przenosi informatyka społecznościowa (ang. *social informatics*) oraz CSCW. Niestety, metody i narzędzia wypracowane w tych środowiskach nie są zwykle integrowane w przemysłowych środowiskach rozproszonego projektowania.

⁵² European Commission: Towards a knowledge-based Europe – The European Union and the information society, 2002.

⁵³ Tellioglu H.: Model-Based Collaborative Design in Engineering. Cooperative Design, [in:] Luo Y. (ed.): CDVE 2009, LNCS 5738. Springer, Berlin-Heidelberg 2009.

Praca w rozproszonych i często multidyscyplinarnych zespołach niesie ze sobą dodatkowy ważny czynnik wspólnotowy. Przykładem są tu *dobre praktyki projektowe*, które mogą być wypracowane i używane w większych społecznościach projektantów, a które mogą być reprezentowane jako wzorce projektowe. W artykule wskazano na aktywne modele wiedzy, jako technikę reprezentacji wiedzy, która może być wykorzystana do modelowania praktyk projektowych. Omówiono również krótko środowisko i narzędzia zrealizowane w ramach projektu MAPPER, umożliwiające realizację wirtualnych procesów inżynierskich.

Wnioski z przeprowadzonych eksperymentów⁵⁴ wskazują na aktualne multidyscyplinarne wyzwania dotyczące wirtualnej współpracy projektantów i zarządzania. Wyzwania stanowią:

- Efektywna bezpieczna zarówno asynchroniczna, jak i synchroniczna współpraca interorganizacyjną w rozproszonym zespole lub sieci współpracy inżynierskiej;
- Integracja i zarządzanie narzędziami, usługami i zasobami poprzez granice organizacyjne firm projektowych. Wsparcie dla sprawnego wyszukiwania informacji o dostępnych rozproszonych narzędziach i usługach;
- Oparte na wiedzy rozproszone projektowanie wykorzystujące *dobre praktyki projektowe*, jak. np. *wzorce interakcji projektantów*, oraz *wzorce interakcji projektantów ze sprzętem*, dla pracy indywidualnej, zespołowej, interorganizacyjnej, a także w profesjonalnej społeczności;
- Metody przetwarzania wiedzy, które pozwalają zespołom multidyscyplinarnym na wspólną pracę, przechwytywanie i zachowanie, również *ulotnej* wiedzy różnych dziedzin inżynierii z wykorzystaniem systemów ontologicznych;
- Wsparcie dla pracy *kreatywnej*, m.in. poprzez intensyfikację współpracy projektantów (np. wirtualne sesje burzy mózgów, eksplorację zespołowej inteligencji) oraz ich aktywności socjalnych⁵⁵;
- Rozproszone multidyscyplinarne projektowanie wykorzystujące metody nauczania na odległość (ang. *collaborative eLearning*), w tym m.in. ewolucję wzorców w procesie nauczania w rozproszonym zespole.

Powyższe wyzwania badawcze wymagają współpracy w ramach multidyscyplinarnych zespołów. Autor dziękuje partnerom z. projektów E-COLLEG, VOSTER i MAPPER za współpracę dotyczącą przede wszystkim zastosowań inżynierii rozproszonej w elektronice.

⁵⁴ Pawlak A., Penkala P., Fraś P., Jørgensen H., Sakowski W.: Collaborative engineering approach towards IP-based SoC design. Proc. of IP07 – IP Based Electronic Systems Conference and Exhibition, Grenoble 5-6.12.2007; Pawlak A., Jørgensen H., Penkala P., Fraś P.: Business Process and Workflow Management for Design of Electronic Systems – Balancing Flexibility and Control. Lecture Notes in Informatics – Proc., Vol. P-120, Gesellschaft für Informatik, Bonn 2007; Pawlak A., Penkala P., Fraś P., Sakowski W., Grau G., Grzybek S., Stanitzki A.: Distributed Collaborative Design of a Mixed-Signal IP Component. DSD2009, 12th EUROMICRO Conf. on Digital System Design Architectures, Patras, Greece 2009; E-COLLEG project – Advanced Infrastructure for Pan-European Collaborative Engineering: IST-1999-11746, www.ecolleg.org.

⁵⁵ New Collaborative Working Environments 2020. Report on industry-led FP7 consultations and 3rd Report of the Experts Group on Collaboration@Work, EC 2006.

Bibliografia

1. Bouchard G.: Engineering meets the Internet: How will the new technology affect engineering practice? „Internet Computing”, Vol. 1, Iss. 1, January-February 1997.
2. Camarinha-Matos L., Afsarmanesh H. (ed.): The emerging discipline of collaborative networks. Virtual Enterprises and Collaborative Networks. Kluwer Academic Publishers, 2004.
3. Camarinha-Matos L., et al.: ARCON reference models for collaborative networks. Collaborative Networks: Reference Modeling, 2008.
4. Carstensen P.H.; Schmidt K.: Computer supported cooperative work: new challenges to systems design, [in:] Itoh K. (ed.): Handbook of Human Factors. Tokyo 1999.
5. Cutkosky M., Tenenbaum J., Glicksman J.: Madefast: an exercise in collaborative engineering over the Internet. “Communications of the ACM”, Vol. 39, No. 9, September 1996.
6. European Commission: Towards a knowledge-based Europe – The European Union and the information society, 2002.
7. Joseph Borel (ed.): European Design Automation Roadmap. MEDEA+/CATRENE Office, March 2009.
8. Filos E.: Virtuality and the Future of Organisations. European Commission, 2004.
9. Fraś P., Pawlak A., Penkala P., Jorgensen H. et al.: Report on Collaborative design process model, analysis and evaluation. MAPPER Deliverable D15, 03.04.2008.
10. Jorgensen H., et al.: MAPPER Collaboration Platform for Knowledge Intensive Engineering Processes, [in:] Abramowicz W., Tolksdorf R., Węcel K. (eds.): BIS 2010 Workshops, LNBIP 57. Springer, Berlin-Heidelberg 2010.
11. Ghanmi L., et al.: E-Design Based on the Reuse Paradigm. Proc. Conf. on Design Automation and Test in Europe, IEEE Computer Society, 2002.
12. Haberfellner R., de Weck O.L.: Agile SYSTEMS ENGINEERING versus engineering AGILE SYSTEMS. Proc. INCOSE 2005 – Systems Engineering Symp. Rochester, USA.
13. Kensing F., Blomberg J.: Participatory Design: Issues and Concerns. Computer Supported Cooperative Work, Vol. 7. Kluwer Academic Publishers, 1998.
14. Laitinen J., Ollus M., Hannus M.: Global Engineering and Manufacturing in Enterprise Networks – GLOBEMEN. eBusiness and eWork 2000, Madrid, 18-20.10.2000.
15. Lang S.; Dickinson J.; Buchal R.: An overview of cognitive factors in distributed design. The Sixth Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work in Design, 2001.
16. Lillehagen F.: The Foundation of the AKM Technology, [in:] Gonçalves J., Steiger-Garção C. (eds.): Concurrent Engineering, Enhanced Interoperable Systems. Balkema, 2003.

17. Miao Y., Haake J.: Supporting Concurrent Design by Integrating Information Sharing and Activity Synchronization. Proc. of 5th ISPE Int. Conf. on Concurrent Engineering Research and Applications, 1998.
18. Mi X., Shen W.: Computer Supported Collaborative Product Development: A Review. Proc. 9th Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work in Design, Vol. 1, 2005.
19. Schaffers H., Brodt T., Pallot M., Prinz W. (eds.): MOSAIC consortium. The Future Workspace – Perspectives on Mobile and Collaborative Working, 2006.
20. New Collaborative Working Environments 2020. Report on industry-led FP7 consultations and 3rd Report of the Experts Group on Collaboration@Work, EC 2006.
21. Outi V.: Changing Nature of Work – MobiLife, Paving the Way – User Needs through MassBe. Nokia and MobiLife Research Projec, AMI Workshop, Rome, 17.02.2005.
22. Pawlak A., Penkala P., Fraś P., Jorgensen H., Sakowski W.: Collaborative engineering approach towards IP-based SoC design. Proc. of IP07 – IP Based Electronic Systems Conference and Exhibition, Grenoble 5-6.12.2007.
23. Pawlak A., Jørgensen H., Penkala P., Fraś P.: Business Process and Workflow Management for Design of Electronic Systems – Balancing Flexibility and Control. Lecture Notes in Informatics – Proc., Vol. P-120, Gesellschaft für Informatik, Bonn 2007.
24. Pawlak A., Fraś P., Penkala P.: Web services-based collaborative system for distributed engineering, Pervasive Collaborative Networks. Camarinha-Matos L.M., Picard W. (eds.), Springer, 2008.
25. Pawlak A., Penkala P., Fraś P., Sakowski W., Grau G., Grzybek S., Stanitzki A.: Distributed Collaborative Design of a Mixed-Signal IP Component. DSD2009, 12th EUROMICRO Conf. on Digital System Design Architectures, Patras, Greece 2009.
26. Ranta J.: Globalisation of Manufacturing – A New Paradigm Emerging from Electronics Industry. European Conf. on Information Society Technologies, Helsinki 22-24.11.1999.
27. Reddy R., Wood R., Cleetus J.: Concurrent Engineering – Special Report. “IEEE Spectrum”, Vol. 28, No. 7, 1991.
28. Schaffers H., et al: Mobile Virtual Work and New Business Practice. Proc. SALTSA Expert Workshop on Mobile Virtual Work, Sweden 7-9.10. 2004.
29. Schummer T, Lukosch S.: Patterns for Computer-Mediated Interaction. Wiley, 2007.
30. VOSTER Project Report D11.1: VO Concept Source Information, 01.10.2002.
31. Vyas D., Heylen D., Nijholt A., van der Veer G.: Collaborative Practices that Support Creativity in Design. Proc. of the 11th European Conf. on Computer Supported Cooperative Work, [in:] Wagner I., et al. (eds.): ECSCW'09: Springer, Vienna 2009.
32. Tellioglu H.: Model-Based Collaborative Design in Engineering. Cooperative Design, [in:] Luo Y. (ed.): CDVE 2009, LNCS 5738. Springer, Berlin-Heidelberg 2009.

33. Witczyński M., Hryniewicz E., Pawlak A.: A Web Services based approach to System on a Chip design planning. Lecture Notes in Informatics, Vol. P-120, GI, Bonn 2007.
34. Witczyński M., Pawlak A.: Virtual organisations in electronics sector – case study. Virtual Organisations: Systems and Practices, Camarinha-Matos L., Afsarmanesh H., Ollus M. (eds.), Springer Science+Business Media Inc., 2005.
35. Zhang T., Benini L., De Micheli G.: Component Selection and Matching for IP-Based Design. Proc. Conf. on Design, Automation, and Test in Europe, IEEE Computer Society, 2001.
36. Active Knowledge Modeling, <http://activeknowledgemodeling.com>.
37. Concert Chat – Synchronous collaboration services, Fraunhofer IGD, <http://sourceforge.net/projects/concertchat>.
38. CURE workspace. Fern Uni. Hagen, <http://cure.sourceforge.net>.
39. E-COLLEG project – Advanced Infrastructure for Pan-European Collaborative Engineering: IST-1999-11746, www.ecolleg.org.
40. MAPPER project – Model-based Adaptive Product and Process Engineering: IST-NMP-016527, <http://mapper.eu.org>.
41. VOSTER project – VOSTER – Virtual Organisations Luster, <http://voster.vtt.fi>.