

KONCEPCJA SYSTEMU KOMPUTEROWEGO WSPOMAGAJĄCEGO OPERACYJNE PLANOWANIE, HARMONOGRAMOWANIE I KONTROLĘ PRODUKCJI

Adam KONOPA, Jacek CZAJKA, Mariusz CHOLEWA

Streszczenie: W referacie przedstawiono ogólną koncepcję aplikacji komputerowej wspomagającej prace w zakresie planowania, harmonogramowania i kontroli produkcji. Jest to pierwszy etap realizacji prac w ramach tego projektu. Przedstawiono ogólne założenia, środowisko pracy aplikacji oraz oprogramowanie narzędziowe jakie będzie zastosowane do budowy aplikacji. Zaprezentowano model systemu w postaci UML oraz narzędzie wizualizacji harmonogramów na stronach WWW.

Słowa kluczowe: Produkcja, SFC, harmonogram, Internet.

1. Wstęp

„Harmonogramowanie produkcji jest to określenie kolejności wykonywanych zadań i operacji na określonych stanowiskach produkcyjnych, tak aby uzyskać najlepsze wykorzystanie zasobów produkcyjnych względem określonego kryterium celu” [1].

Pierwsze prace dotyczące harmonogramowania pojawiły się na początku XX wieku, kiedy to H.L. Gantt i K. Ademiecki niezależnie od siebie wprowadzili wykresy graficzne do przedstawienia i analizy harmonogramów. Wraz z rozwojem komputerowych technik obliczeniowych już w latach sześćdziesiątych XX wieku nastąpił szybki rozwój badań z dziedziny harmonogramowania i szeregowania zadań. Pierwsze całościowe ujęcia modeli dotyczące tego tej problematyki zostały postawione przez W.R. Conwaya [2]. Kolejne prace Z. Banaszaka, L. Jampolskiego, J. Błażejewicza, E.G. Hoffmana, A.Janiaka, M. Pawlaka, T. Stawika i K.J. Wróblewskiego [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] stanowią dopełnienie zagadnień tej dziedziny i zawierają obszerny przegląd rozwiązań.

Aktualnie brakuje rozwiązań kompleksowych, umożliwiających integrację działań od fazy projektowania, przez planowanie procesu wytwórczego, do opracowania procedur sterowania i zarządzania produkcją. Oferowane na rynku komputerowe systemy wspomagające zarządzanie skierowane zarówno do dużych jak i małych przedsiębiorstw osadzone są bądź to w technicznym (systemy CAD, CAM), bądź w organizacyjnym obszarze funkcjonowania przedsiębiorstwa (MRP, ERP) [10].

Celem referatu jest przedstawienie nowych mechanizmów wspomaganie procesu operacyjnego planowania produkcji w rozproszonym środowisku wytwórczym.

2. Koncepcja aplikacji

Analizując sytuację na rynku IT zauważa się, że rozwój środowisk programistycznych, które są narzędziami do tworzenia nowych aplikacji zmierza w kierunku technologii

internetowych. Środowiska te umożliwiają budowę aplikacji, które dają możliwość pracy w środowisku rozproszonym. W rozwiązaniach tych wykorzystuje się najnowocześniejsze techniki i języki programowania takie jak: Java, JavaScript, XML, XSLT, HTML, Java Servlets, Microsoft.NET, ASP.NET [11][12].

Do wykonania aplikacji komputerowej przyjęto następujące założenia:

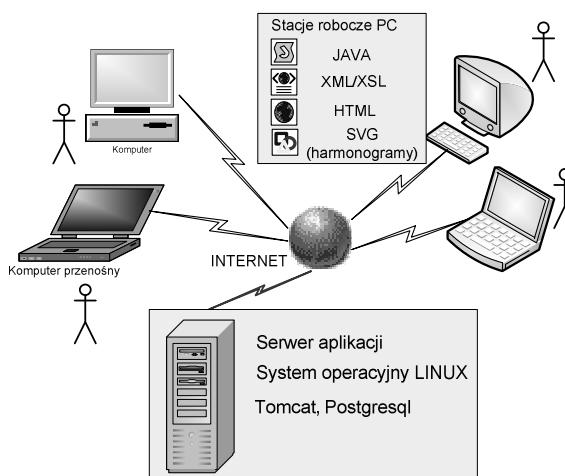
- Aplikacja będzie działała w trybie klient-serwer. Będzie opracowana w technologiach internetowych a cała funkcjonalność będzie dostępna przez przeglądarkę internetową,
- Do zbudowania modelu systemu posłużą: język UML (*ang. Unified Modeling Language*) oraz graficzne narzędzie Open Source StarUML [14],
- Do opracowania aplikacji zostaną wykorzystane darmowe narzędzia Open Source: system operacyjny Linux, język programowania JAVA, jako system RDBMS (*ang. Relational Database Management System*) wybrano PostgreSQL, serwer aplikacji Tomcat.
- Do prezentacji danych po stronie klienta wybrano technologie Open Source: Java, HTML, JavaScript, XML/XSL, do prezentacji widoku harmonogramów w postaci graficznej zostanie wykorzystany format SVG (*ang. Scalable Vector Graphics*).

Na Rys. 1 Przedstawiono ogólną koncepcję środowiska pracy aplikacji.

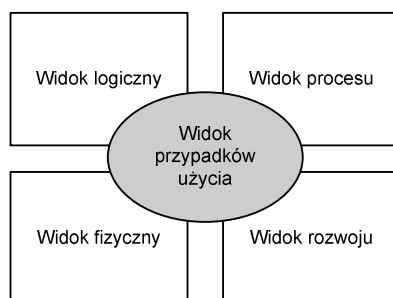
Dostęp do niektórych danych będzie możliwy z dowolnego urządzenia, które ma zainstalowaną przeglądarkę internetową: komputer stacjonarny, laptop, PDA czy nawet nowoczesny telefon komórkowy.

3. Założenia funkcjonalne – diagram UML przypadków użycia

Celem badawczym było opracowanie założeń funkcjonalnych systemu komputerowego wspomagającego planowanie produkcji. Idealnym do tego narzędziem okazał StarUML oraz diagram przypadków użycia w specyfikacji UML 2.0. Diagram tego typu pozwala na łatwe i czytelne zobrazowanie wymagań przyszłych użytkowników systemu w postaci obiektów i funkcji jakie powinien udostępniać. Diagram przypadków użycia jest głównym punktem modelu systemu, zawierającym w sobie wszystkie inne elementy projektowania, co pokazuje Rys 2.

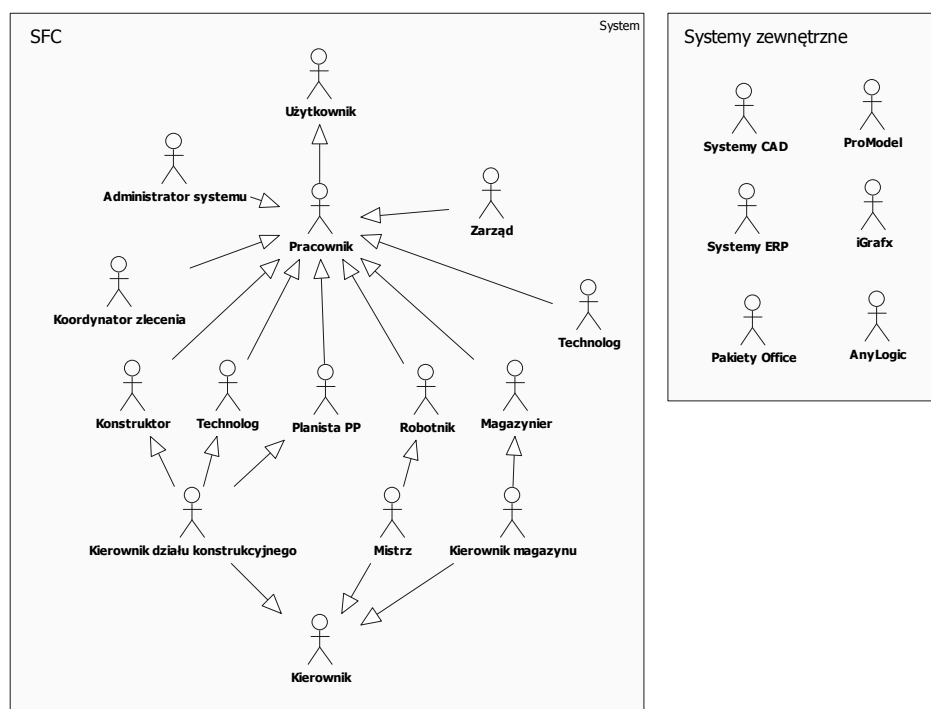


Rys. 1. Środowisko pracy aplikacji [12]



Rys. 2. Zależność elementów systemu od diagramu przypadków użycia [13]

Opracowywanie modelu systemu rozpoczęto od zdefiniowania ról użytkowników tzw. aktorów (Rys. 3). Pozwoliło to na zbudowanie hierarchii użytkowników i podzielenie ich na grupy funkcjonalne.

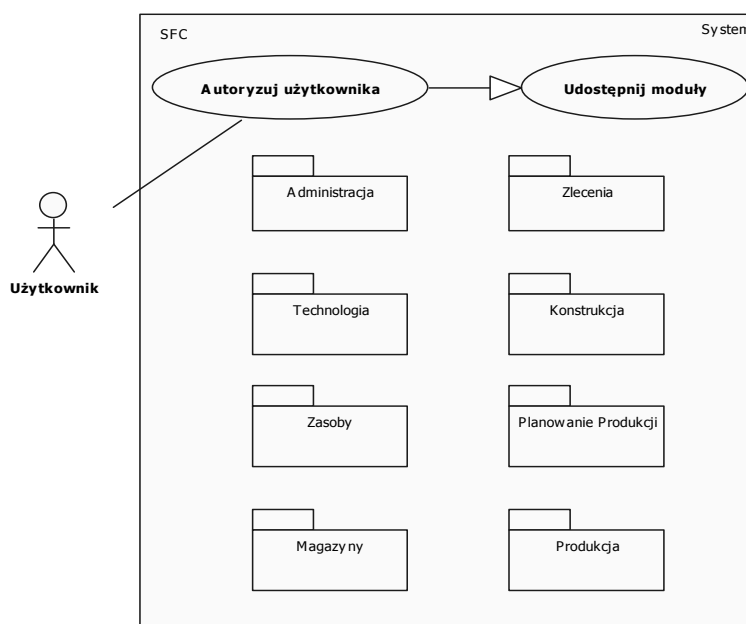


Rys. 3. Hierarchia użytkowników – model UML

Na diagramie widać główny typ aktora „Użytkownik”, którego cechy dziedziczą wszyscy inni aktorzy. Dodatkowo można wyróżnić dwie grupy użytkowników: pracownik i kierownik. Pracownikiem są wszyscy użytkownicy systemu, jednak tylko niektórzy z nich mogą pełnić role kierownika, dzięki czemu dziedziczą dodatkowe uprawnienia oraz dostęp do niektórych funkcji systemu. Należy również wspomnieć o systemach zewnętrznych. Według specyfikacji UML 2.0 aktorami mogą być nie tylko bezpośredni użytkownicy

systemu, mogą być nimi również zewnętrzne systemy, które będą komunikować się z SFC przy pomocy opracowanych interfejsów. Oznacza to, że już w fazie projektowania została przewidziana możliwość interakcji z zewnętrznymi aplikacjami, które wzbogacą funkcjonalność n.p. o możliwości symulacji (ProModel, iGrafx, AnyLogic), czy zarządzania przedsiębiorstwem (ERP/MRP/II).

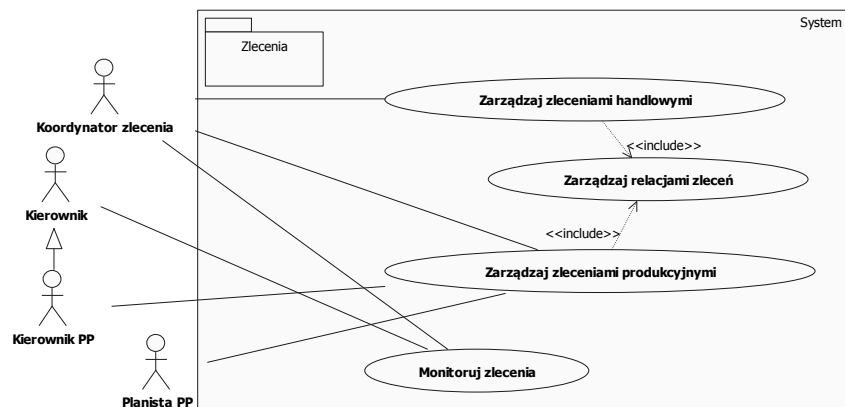
Szczegółowy model całego systemu byłby bardzo rozbudowany i mało czytelny, dlatego zdecydowano, że zostanie podzielony na pakiety (moduły) funkcjonalne (Rys. 4). Opracowany system SFC został zintegrowany z systemem Proedims [15] rozwijanym na Politechnice Wrocławskiej, dziedzicząc z niego pakiety Administracja, Magazyny, Konstrukcja oraz Zasoby co pozwoliło na wykorzystanie wcześniejszych badań i skoncentrowanie się nad planowaniem, harmonogramowaniem i kontrolą produkcji.



Rys. 4. Widok ogólny systemu SFC

3.1. Pakiet Zlecenia

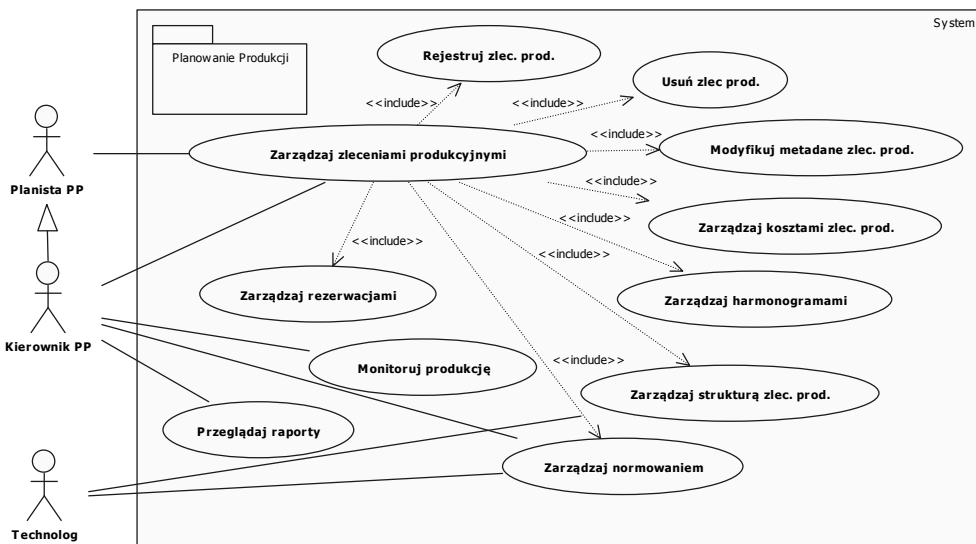
Pakiet zlecenia zawiera w sobie wszystkie metody potrzebne do zarządzania zleceniami handlowymi i produkcyjnymi oraz powiązaniem między nimi, realizowane przez użytkowników wyszczególnionych na Rys 5. Jak wcześniej zostało wspomniane struktury wyrobów generowane są w systemie Proedims w zleceniach handlowych, natomiast zarządzanie zleceniami produkcyjnymi odbywa się już w pakiecie Planowania Produkcji opracowywanego systemu SFC (Rys. 6).



Rys. 5. Pakiet Zlecenia – UML

3.2. Pakiet Planowania Produkcji

Głównym elementem pakietu Planowania Produkcji jest zarządzanie zleceniami produkcyjnymi (Rys. 6). Dostępne funkcje umożliwiają: rejestrowanie i usuwanie zleceń produkcyjnych, modyfikacja metadanych (priorytet zlecenia, partia produkcyjna, planowana data rozpoczęcia i zakończenia, rzeczywista data rozpoczęcia i zakończenia), szacowanie kosztów, zarządzanie strukturą produktu, normowaniem materiałowym i czasowym, harmonogramami oraz rezerwacjami magazynowymi. Ponadto Kierownicy mają dostęp do aktualnych danych z Produkcji (monitoring) oraz aktualnych i archiwalnych raportów.



Rys. 6. Pakiet Planowania Produkcji – UML

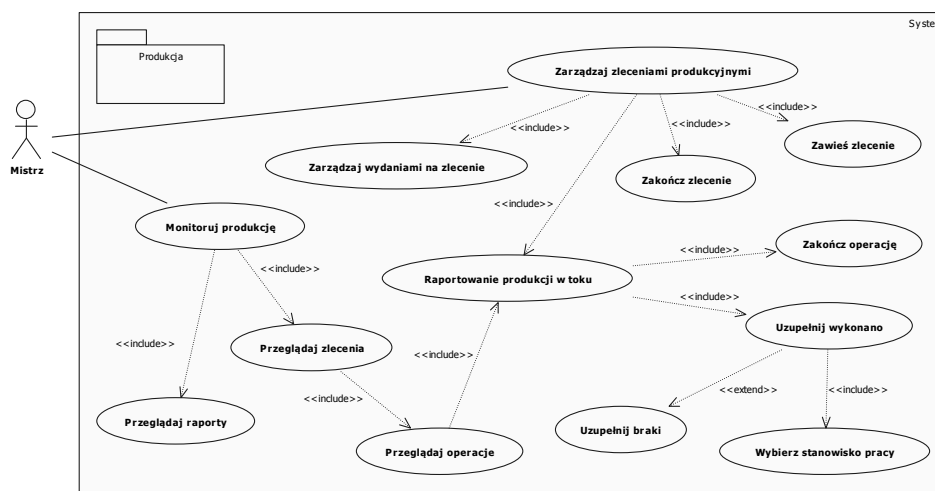
Z uwagi, że zarządzanie strukturą, normowaniem i harmonogramowaniem są bardziej rozbudowanymi funkcjami przedstawione zostały jedynie w formie opisowej.

Zarządzanie strukturą zlecenia produkcyjnego umożliwia wybór produkowanego wyrobu i dołączenie jego struktury technologicznej. Możliwa jest ręczna modyfikacja takiej struktury poprzez dodanie lub usunięcie: materiałów produkcyjnych, procesów technologicznych, operacji technologicznych, grup stanowisk pracy, czy pojedynczego stanowiska. Jeśli wystąpi taka potrzeba, po przeprowadzonych modyfikacjach struktury następuje aktualizacja produktu, tak aby w przyszłości wielokrotnie nie powielać wykonanych kroków. Możliwe jest również przeprowadzenie normowania materiałowego i czasowego. Oznacza to, że technolog może modyfikować domyślne zapotrzebowanie materiałowe na daną część lub zespół oraz zmieniać normy czasowe dla planowanych operacji technologicznych na poszczególnych stanowiskach pracy. Wprowadzone zmiany podlegają regułom sprawdzania i zatwierdzania przez kierowników wydziałowych.

Po ustaleniu norm materiałowych i czasowych zleceń produkcyjnych, możliwe jest wygenerowanie harmonogramów wstępnych, czyli zdefiniowanie wstępnego planu produkcji. Zarządzanie harmonogramami pozwala na harmonogramowanie zleceń grupami lub pojedynczo. Planista ma do dyspozycji metodę harmonogramowania automatyczną (wszystkie operacje zlecenia) oraz manualną (wybranie konkretnej operacji i zdefiniowanie jej daty rozpoczęcia i/lub zakończenia). Przy wyznaczaniu harmonogramów wstępnych uwzględniane są harmonogramy produkcyjne, które w danej chwili realizowane są na wydziałach produkcyjnych. Przygotowane harmonogramy wstępne zostają sprawdzone, a ich zatwierdzenie powoduje dołączenie ich do aktualnych harmonogramów produkcyjnych. Aby ułatwić planowanie nowych zleceń planiście dostarczono możliwość anulowania obowiązujących harmonogramów, które mogłyby utrudniać efektywne planowanie, oraz możliwość ponownego ich harmonogramowania.

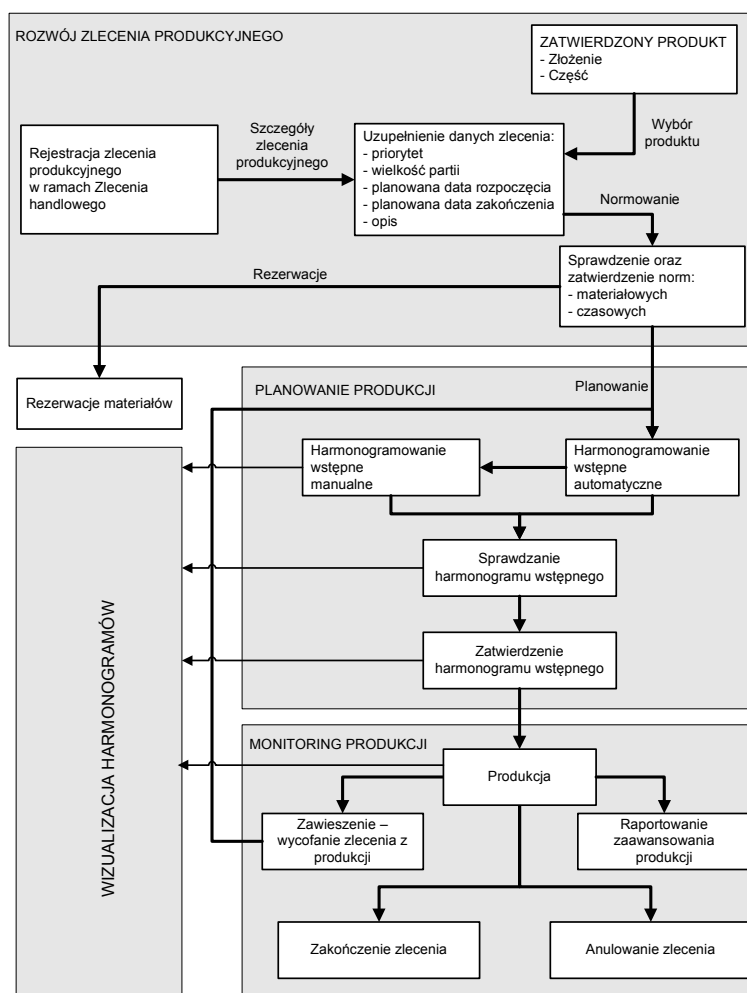
3.3. Pakiet Produkcja

Pakiet produkcja służy do zarządzania zleceniem na etapie produkcji (Rys. 7).



Rys. 7. Pakiet Produkcja – UML

Dostępne są tu formularze do raportowania produkcji w toku. Możliwe jest uzupełnienie takich wartości jak: ilość wykonanego wyrobu wraz ze stanowiskiem na jakim został wykonany, czas rzeczywisty operacji i opcjonalnie ilość braków. Zlecenie produkcyjne w momencie odnotowania wykonania całej partii produkcyjnej zamyka się automatycznie. Dodatkowo mistrz lub kierownik zmiany ma możliwość zawieszenia lub wcześniejszego zakończenia zlecenia. Zawieszenie zlecenia powoduje tymczasowe wstrzymanie produkcji bieżącej, zmianę statusu na „gotowe do harmonogramowania” i anulowanie harmonogramów. W przypadku częściowego wykonania partii produkcyjnej kolejne harmonogramy są skrócone o czas potrzebny do wykonania wyrobu gotowego. Dodatkowym narzędziem ułatwiającym kontrolę produkcji jest monitoring w postaci raportów lub możliwość manualnego przeglądania zaawansowania prac w zleceniach. Na podstawie przedstawionego modelu na Rys. 8 zdefiniowany został diagram cyklu życia zlecenia produkcyjnego.



Rys. 8. Cykl życia zlecenia produkcyjnego

4. Zarządzanie harmonogramami

Mając na uwadze potrzeby użytkownika do systemu SFC opracowane zostały podstawowe założenia interfejsu narzędzia wizualizacji harmonogramów.

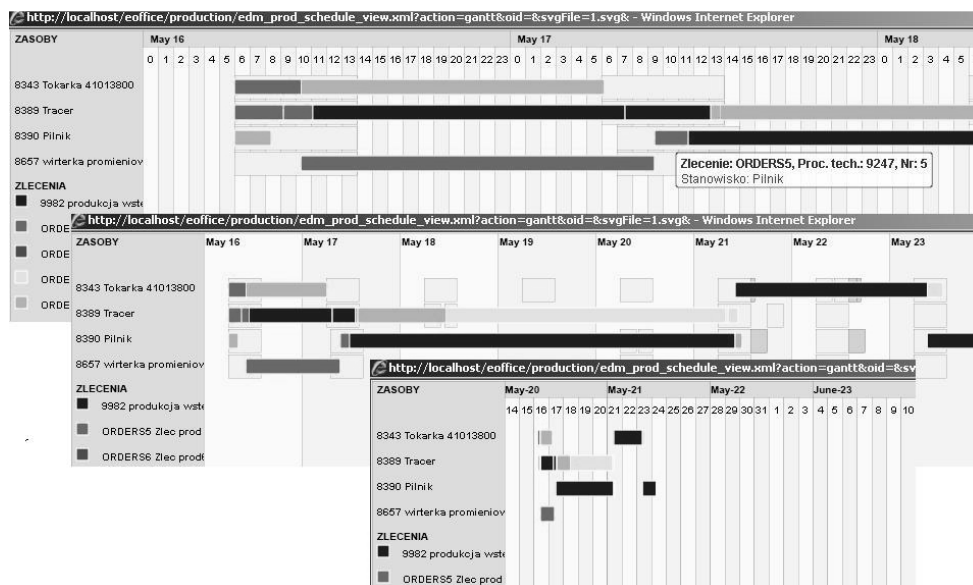
Pierwszym i najważniejszym aspektem był dostęp poprzez Internet. Dzięki zastosowaniu metody „cienkiego klienta” uzyskano brak konieczności instalacji dodatkowego oprogramowania, oraz niewielkie zapotrzebowanie na moc przetwarzania komputera obsługującego aplikację. Użytkownik w ten sposób otrzymuje pełen dostęp do systemu i wgląd do harmonogramów produkcyjnych z każdego komputera podłączonego do wewnętrznej sieci Intranet przedsiębiorstwa (biuro, hala produkcyjna) lub w razie konieczności przez szyfrowane połączenie z dowolnego komputera podłączonego do sieci Internet.

Drugim założeniem interfejsu była łatwość obsługi oraz możliwość interakcji. Po wstępnej analizie wzięto pod uwagę 4 metody wizualizacji:

- statyczny rysunek png lub JPG generowany dzięki odpowiednim bibliotekom JAVY (np. jfreechart [16]) – mimo dużych możliwości generowania wykresów, m. in. Gantt’a, jest tutaj bezużyteczny z powodu braku możliwości interakcji,
- JAVA Applets, czyli małe programy napisane w języku JAVA, które mogą być uruchamiane na stronach internetowych, załączane do stron podobnie jak rysunki [17] – z powodu poniższych wad zrezygnowano z tego rozwiązania: konieczność instalacji Java plug-in, Java plug-in są niedostępne dla komputerów 64 bitowych, konieczność instalacji apletu na komputerze klienta, w niektórych przypadkach jest to nie możliwe, gdyż instalację ograniczają uprawnienia użytkownika, aplety mogą wymagać konkretnej wersji środowiska JAVY – JRE,
- Adobe Flash, oprogramowanie pozwalające na tworzenie animacji z wykorzystaniem grafiki wektorowej [18]. Mimo dużych możliwości tej technologii zrezygnowano z tego rozwiązania. Powodem była złożoność powiązania jej ze sposobem reprezentacji danych poprzez dane XML i transformacje XSL,
- SVG – język z rodziny XML do przedstawiania dwuwymiarowej grafiki wektorowej z zastosowaniem na stronach WWW. Technologia ta spełnia postawione wyżej wymagania związane z wizualizacją harmonogramów. Najważniejsze z nich jest to, że jest rozwinięciem języka XML, dzięki czemu przy pomocy prostych transformacji XSL można uzyskać pożądany efekt w postaci wykresów Gantt’a, modyfikowanych w zależności od danych wejściowych. Bardzo ważna jest też możliwość połączenia obiektów SVG i języka skryptowego JavaScript zapewniając interaktywność poprzez reakcję na zdarzenia pochodzące od użytkownika takie jak ruch myszki lub kliknięcie klawiszy.

Do budowy narzędzia wizualizacji harmonogramów wykorzystany został również pakiet EXSLT [19]. Dostarcza on zestaw dodatkowych funkcji, a rozwijany jest przez otwartą grupę programistów w celu ustandaryzowana dodatków języka XSL. Pakiet ten podzielony został na moduły dostarczające specyficzne funkcje t.j.: matematyczne, czasowo-datowe i inne.

Implementując powyższe rozwiązania wykonano prototyp narzędzia do zarządzania harmonogramami produkcyjnymi przedstawione na Rys 9.



Rys. 9. Widok narzędzia wizualizacji harmonogramów

Algorytm generowania powyższego widoku harmonogramów:

Krok 1: Generuj drzewa XML, na podstawie danych pobranych z bazy danych oraz parametrów wejściowych (zlecenia, data rozpoczęcia, data zakończenia, typ widoku),

Krok 2: Importuj skrypty obsługujące wszystkie zdarzenia pochodzące od akcji użytkownika,

Krok 3: Generuj kalendarz (typ widoku: z podziałem na godziny, dni lub całe tygodnie),

Krok 4: Generuj ramy czasowe dostępności stanowisk pracy (zmiany, nadgodziny),

Krok 5: Generuj obciążenie stanowisk,

Krok 6: Generuj listę stanowisk pracy i listę zleceń.

Podsumowując należy nadmienić, że nie została oprogramowana funkcja „*drag&drop*”, a więc ręczne przeciąganie harmonogramów myszką przez użytkownika. Jest to bardzo użyteczna funkcja, z tego też powodu planowane jest zaimplementowanie jej w późniejszych pracach. Brak tej funkcjonalności jednak nie ma wpływu na pracę planisty, gdyż ma możliwość wpisania dokładnej godziny rozpoczęcia lub zakończenia operacji w odpowiednim formularzu.

5. Wnioski

Przedstawiona koncepcja to zarys szerszej propozycji rozwoju systemu SFC pracującego w środowisku rozproszonym dla małych i średnich przedsiębiorstw. W dalszych pracach planuje się rozwój algorytmów harmonogramowania zadań i ich szczegółową specyfikację. Zaproponowana w modelu integracja z innymi systemami t.j. symulacyjnymi czy zarządzania typu MRPII/ERP pozwoli na uzyskanie dużej uniwersalności opracowywanego systemu. Wcześniejsze modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych spowoduje efektywniejsze wykorzystanie środków produkcyjnych, a co za tym idzie obniżenie kosztów.

Literatura

1. Knosala R. i Zespół „Zastosowania metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji” Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
2. Conway W.R., Maxwell L.W., Miller L.W.: „Theory of scheduling” London, Addison-Wesley Publ. Comp. 1967.
3. Banaszak Z, Jampolski L.: „Komputerowo wspomagane modelowanie elastycznych systemów produkcyjnych”. Warszawa, WNT 1991.
4. Blazewicz J. i in. „Scheduling in komputer and manufacturing processes” Berlin, Springer Verlag 1996.
5. Coffman E.G.: “Teoria szeregowania zadań”, Warszawa, WNT 1980.
6. Janiak A.: „Wybrane problemy i algorytmy szeregowania zadań i rozdziału zasobów”, Warszawa, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ 1999.
7. Sawik T.: „Optymalizacja dyskretna w elastycznych systemach produkcyjnych”, Warszawa, WNT 1992.
8. Wróblewski K.J.: „Podstawy sterowania przepływem produkcji”, Warszawa WNT 1993
9. Wróblewski K.J., Krawczyński R., Kozieradzka A., Kasprzyk S.: „Reguły priorytetu w sterowaniu przepływem produkcji”, Warszawa WNT 1984.
10. Kalinowski K., Skołod B., Grabowik C., Krenczyk D.: „Komputerowe wspomaganie techniczno-organizacyjnego przygotowania produkcji w małych i średnich przedsiębiorstwach”, Prz. Mech. 2008 R. 67 nr 7/8, s.41-44
11. Konopa A., Cholewa M., Czajka J.: „Integration of CAD system with internet application”. 2nd International Conference, Virtual Design and Automation, New Trends in Collaborative product Design. Poznań, Poland, 28-29 November 2005.
12. Czajka J., Konopa A., Cholewa M.: Koncepcja systemu komputerowego wspomagającego projektowanie rozmieszczenia stanowisk pracy na hali produkcyjnej. Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Pod red. Ryszarda Knosali. T. 1. Opole : Oficyna Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2008. s. 192-199.
13. Kim H., Russell M.: Learning UML 2.0, O'Reilly, kwiecień 2006.
14. <http://staruml.sourceforge.net/en/> (20.10.2008r.)
15. <http://www.proedims.pl> (20.10.2008r.)
16. <http://www.jfree.org/jfreechart/> (30.10.2008r.)
17. <http://java.sun.com/applets/> (30.10.2008r.)
18. <http://www.adobe.com/products/flashplayer/> (30.10.2008)
19. <http://www.exslt.org/> (01.06.2008r.)

Mgr inż. Adam KONOPA

Dr inż. Jacek CZAJKA

Dr inż. Mariusz CHOLEWA

Centrum Zaawansowanych Systemów Produkcyjnych

Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji

Politechnika Wrocławska

50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 5

tel.: (0-71) 320 31 37

e-mail: adam.konopa@pwr.wroc.pl,

jacek.czajka@pwr.wroc.pl,

mariusz.cholewa@pwr.wroc.pl