

## Rozdział 11

# Systemy Informacyjne Budownictwa

Celem tego rozdziału jest podanie definicji idealnego modelu zautomatyzowanych operacji, związanych z budowaniem i zarządzaniem w dużym przedsiębiorstwie budowlanym. Niektóre elementy przedstawionego modelu mogą także być stosowane w małej firmie budowlanej. Jako zadanie wtórne stawiamy sobie wykrycie w koncepcji Komputerowo Zintegrowanego Budowania (KZB) „białych plam”, które należy usunąć, aby model systemu stał się logiczny i efektywny. Określimy ponadto kierunek przyszłych badań i rozwoju tego typu systemów automatyzacji. Proponowana architektura KZB umożliwia odkrycie skutków całościowego supersystemu, jeżeli chodzi o właściwą terminologię i gradację elementów składowych systemu, a także zintegrowanych rozwiązań.

Nacisk na stosowanie KZB jest wywierany z wielu stron. Stany Zjednoczone wydają na nowe konstrukcje 300 miliardów dolarów rocznie, co stanowi około 8% ich GNP (Dochodu Narodowego Brutto — *Gross National Product*). Podobne sumy wydaje się na oprocentowanie pożyczek budowlanych, a jeszcze więcej na wydatki eksploatacyjne. Biorąc pod uwagę wielkość wydatków Joannou i Carr uznali, że z danych tych wynika konieczność zwiększenia produktywności procesów budowlanych oraz obniżenia kosztów i polepszenia jakości wznoszonych obiektów (1).

Projektowanie Komputerowo Zintegrowanego Budowania narzuca analogiczny sposób myślenia na temat budownictwa, jaki zastosowaliśmy w odniesieniu do produkcji. Jak zwykle jednak, kiedy porównuje się produkowanie z budowaniem, trzeba pamiętać, że przy budowaniu występują obiektywne ograniczenia, których nie ma przy wytwarzaniu. Zdaniem Paulsona, budowanie z uwzględnieniem terenu często pociąga za sobą zmianę konfiguracji operacji i pogorszenie warunków środowiska, co powoduje opóźnienie w przyjmowaniu się zautomatyzowanej techniki (2). Z drugiej strony jednak, spektakularny postęp w dziedzinie mikrokomputerów, sieci komputerowych, techniki Baz Danych, wiedzy inżynierskiej, automatyzacji biur itd. sprawiają, że projektowanie budowli i zarządzanie ich wykonaniem staje się coraz bardziej opłacalne, jeżeli zostaną zastosowane zaawansowane systemy informatyczne (3). Ponadto stopniowy, lecz zdecydowany, trend do zastosowania robotów w budownictwie może napawać optymizmem, jeśli chodzi o możliwości wdrażania zautomatyzowanego budownictwa (4). W dziedzinie zautomatyzowanego budownictwa pionierem jest przemysł japoński (5, 6, 7). Prędzej czy później Japonia będzie eksportowała automatyczne systemy budowlane pod klucz i zmusi przemysł amerykański do tego, by stał się naśladowcą przemysłu japońskiego oraz jego importerem.

Paradygmatami automatyzacji budownictwa są wydajność, bezpieczeństwo, koszty i kontrola. Zawsze warto inwestować w nową technikę, gdy chodzi o wzrost wydajności i konkurencyjności firmy budowlanej. Bezpieczeństwo również jest ważnym elementem w przemyśle budowlanym. Podnosi ono morale robotników, a jednocześnie zmniejsza koszty ubezpieczeń i medyczne. Ponadto dzięki lepszym możliwościom kontroli operacji, zwłaszcza w dużych inwestycjach, osiąga się dokładniejszą terminowość kończenia robót i zmniejszają się zapasy materiałowe („Dokładnie Na Czas”). W efekcie otrzymuje się lepszy przepływ gotówki, zysk i obraz „image” firmy budowlanej.

## KATEGORIE SYSTEMÓW ZASTOSOWAŃ KOMPUTERÓW W BUDOWNICTWIE

Każde techniczne podejście do projektowania skomplikowanych obiektów musi się opierać na wyraźnym wyodrębnieniu komponentów, podsystemów i systemów. Tą koncepcją kierują się zwłaszcza architekci i inżynierowie budowlani — zawody znane już od tysięcy lat. Jednakże dyscyplina skomputeryzowanej techniki i zarządzania ma zaledwie trzydzieści lat i opiera się na stopniowym rozwijaniu możliwości systemowych. Często zawierają one komponenty wykonane dla potrzeb pojedynczego klienta i ich terminologia, jak na razie, nie jest jeszcze ujednolicona. Potrzebna jest zatem ujednolicona terminologia, umożliwiająca dalszy postęp badań, rozwoju i wdrażania systemów, które staną się bardziej zrozumiałe dla wszystkich uczestników automatyzacji budownictwa.

Proponuje się następującą klasyfikację Automatycznych Systemów Budownictwa (ASB):

Zautomatyzowane Urządzenia Budowlane, jak np. urządzenia ruchome, koparki, podnośniki, roboty,

— Podsystemy Komputerowo Wspomaganych Zadań, które są związane za pośrednictwem oprogramowania z lokalnym systemem budowania w celu zapewnienia zdalnego sterowania *on-line* zadaniami operacyjnymi,

Systemy Komputerowo Wspomaganych Obszarów Budowania, czyli oprogramowanie znajdujące się w komputerze głównym do sterowania lokalnymi zadaniami budowlanymi, wykonywanymi przez podsystemy Komputerowo Wspomaganych Zadań Budowlanych, podzielone zgodnie z typami podobieństw, jak mury, kondygnacje, prace specjalistyczne, wykończeniowe itp.,

Komputerowo Wspomagane Wytwarzanie, które jest oprogramowaniem sterowania produkcją elementów budowlanych, zwykłe poza placem budowy,

Komputerowo Wspomagane Usługi Budowlane, czyli oprogramowanie zastosowane do zautomatyzowanej kontroli jakości i konserwacji,

Systemy Informacyjne Zarządzania, stosowane w kierowaniu projektami konstrukcyjnymi, jednostkami biznesu danej firmy i zarządem korporacji,

Federacja Systemów Informacyjnych Produktu np. Komputerowo Wspomagana Inżynieria Materiałowa, Komputerowo Wspomagane Projektowanie i Kreślenie (KWPK), Komputerowo Wspomagane Projektowanie Technologii (KWPT), Komputerowo Wspomagana Ocena Kosztów (KWOK) i inne.

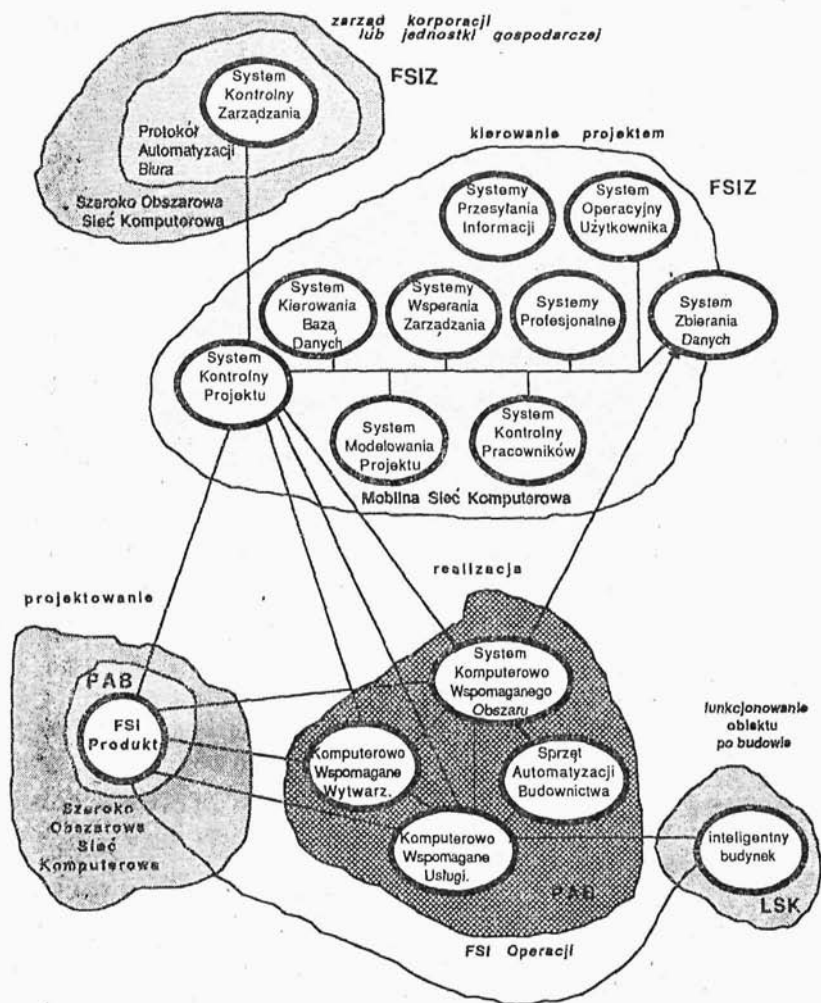
Inteligentne Budynki, które powstają w wyniku wyposażenia ich w systemy monitorowania funkcji budynku, jego instalacji, telewizji w celu ochrony, nadzorowania konserwacji, wymiany satelitarnej informacji, które rozpoczynają działania po zakończeniu budowy,

Systemy Telekomunikacyjne, takie jak Lokalna Sieć Komputerowa (LSK), wprowadzona jako Protokół Techniczny Biura (PTB), Ruchoma Sieć Komputerowa (RSK), Protokół Automatyzacji Budownictwa (PAB) i Dalekosiężna Sieć Komputerowa (DSK).

Wszystkie te systemy można łączyć w grupy jako federacje systemów, takie jak FSIZ, Lokalna Federacja Komputerowo Wspomaganych Obszarów Budowania, Federacja Komputerowo Wspomaganych Usług Budowlanych i Federacja Systemów Informacyjnych Produktu. Na rysunku 11-1 przedstawiono elementy automatyzacji budownictwa, jak również proces budowlany zorganizowany według następujących faz.

Faza I: Administracja danej budowy z poziomu centrali firmy lub jednostki biznesu (pionu). Aby nie komplikować omawianej architektury, pokazano tu jeden tylko element — System Kontrolny Zarządzania, będący członkiem FSIZ centrali lub jednostki biznesu.

Faza II: Planowanie i projektowanie (wygranie kontraktu) inwestycji budowlanej. Federacja Systemów Informacyjnych Produktu funkcjonuje w środowisku Protokołu Technicznego Biura i Dalekosiężnej Sieci Komputerowej.



Rys. 11-1. Kategorie systemów informacyjnych w budownictwie

Faza III: Zarządzanie projektem budowlanym (budową obiektu: z wykorzystaniem FSIZ składającej się z następujących systemów:

Systemy Kierowania Bazą Danych, przechowujące i wyszukujące wspólne dane dla konkretnego projektu budowlanego,

Systemy Wspomagania Zarządzania złożone z Systemów Informowania Kierownictwa, Systemów Komunikacyjnych Kierownictwa i Systemów Wspomagania Zarządzania takich, jak Systemy Wspomagania Decyzji, Inteligentne Systemy Decyzyjne, Systemy Ekspertyz itp.,

Systemy Profesjonalne tego typu, co specjalistyczne stacje pracy lub pakiety programów dla mikrokomputerów i komputerów głównych; mają one zastosowanie m. in. w ustalaniu harmonogramów inwestycji i ich kontrolowaniu, kontroli kosztów i krótkoterminowych prognozach,

Systemy Kontrolne Pracowników wspomagające działania i wymagające decyzji od pracowników uczestniczących w kołach jakości i innych programach motywacyjnych, będących technikami współczesnego zarządzania,

System Zbierania Danych Budowy zbierający dane z transakcji i operacji, mierzący sygnały ze wszystkich poziomów wykonawczych budowy (jest to wspólny system dla wszystkich faz procesu budowlanego; z tego względu na rysunku 11-1 pokazano go jako należący częściowo do FSIZ),

Systemy Transmisji Informacji przesyłają tekst (poczta elektroniczna), głos (elektroniczna poczta głosowa), obrazy wideo, dokumenty (faksymile), rysunki; są one częścią Systemu Informacyjnego Biura, który w tej fazie został zredukowany do wymienionych funkcji; system ten integruje wszystkich uczestników inwestycji, takich jak centralny zarząd, jednostki biznesowe, biura inżynierskie, a nawet klientów i dostawców,

Systemy Operacyjne Użytkowników są to przyjazne użytkownikowi operacyjne systemy zastosowań inte-

grujące wszystkie sfederowane systemy automatycznego budowania,

Ruchoma Sieć Komputerowa jest ponownie tworzona na terenie każdej budowy, na który przenosi się kierownictwo budowy.

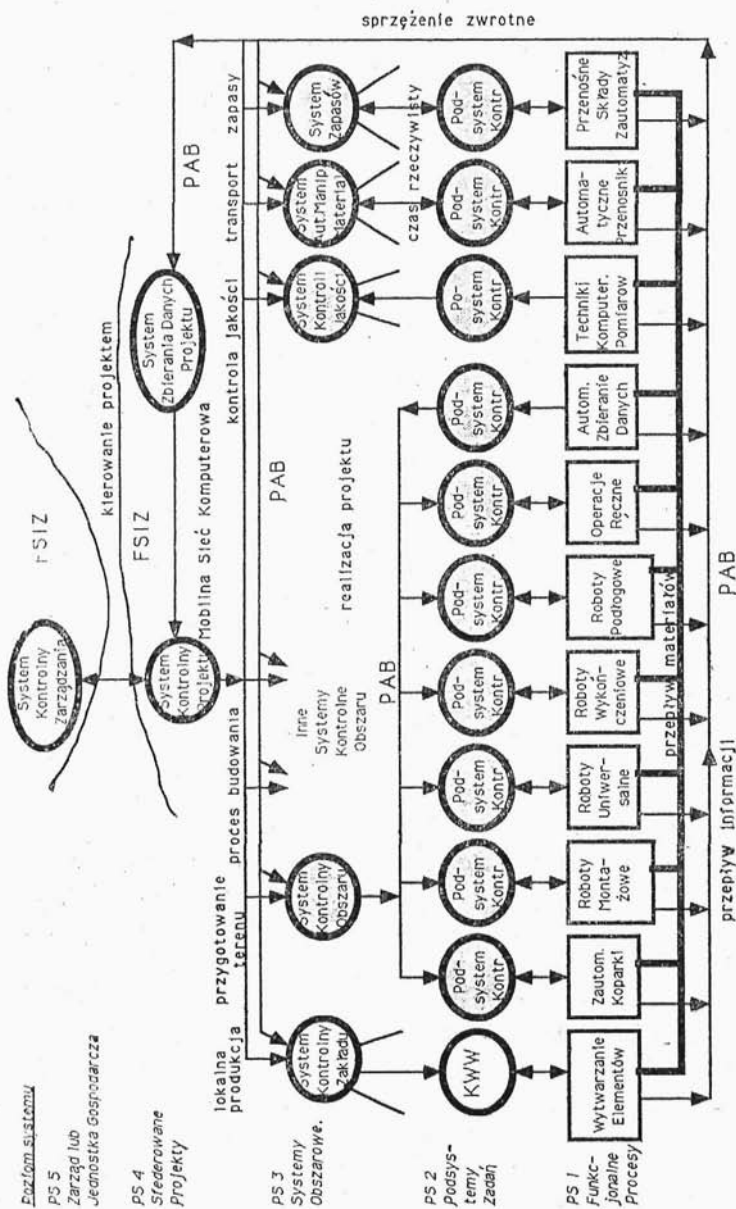
Faza IV: Ma miejsce po zakończeniu budowy, wówczas gdy uruchamia się inteligentny budynek, która działa w środowisku lokalnej sieci komputerowej i monitorujących systemów.

Dokładniejszy opis Komputerowo Wspomagane Budowania zamieszczamy dalej.

## SYSTEMY KOMPUTEROWO WSPOMAGANEGO BUDOWANIA

Wprawdzie termin Komputerowo Wspomagane Budowanie nie jest jeszcze popularny, należy go jednak wprowadzić wraz z wynikającymi z niego koncepcjami, jeżeli chcemy przejść od automatyzacji pojedynczych urządzeń do kompleksowej automatyzacji budownictwa. Dojście do kompleksowej automatyzacji powinno prowadzić przez wszystkie szczeble procesu budowlanego. Warto dodać, że podobny termin — Komputerowo Wspomagane Wytwarzanie zapoczątkował spektakularny rozwój automatyzacji produkcji. Ideę pełnej automatyzacji budowania pokazano na rysunku 11-2.

Klasyfikację systemów Komputerowo Wspomagane Budowania zaproponowano według faz procesu budowlanego. Wysokość piramidy architektury zależy od poziomów systemów, natomiast szerokość — od rodzaju procesów budowlanych (wytwarzanie na miejscu, podstawowy proces budowlany, kontrola jakości, transport, pomocnicze procesy budownictwa). Wewnątrz piramidy znajduje się około 11 rodzajów urządzeń automatyzacji budownictwa i ich 11 podsystemów oprogramowania KWB, sterujących zadaniami budowlanymi. Oprócz tego jest jeszcze pięć systemów oprogramowania obszarów budowy i jeden hybrydowy.



Rys. 11-2. Architektura piramidowa Federacji Systemów Komputerowo Zintegrowanego Budowania. Złączone obszary należą do Federacji Komputerów Wspomaganych Budowania.



System Zbierania Danych Budowy. Wymianą danych i informacji między systemami KWB zajmuje się sieć Protokołu Automatyzacji Budownictwa (PAB). Faktycznie do systemów KWB należy jedynie te 11 podsystemów, jeden system Zbierania Danych Inwestycji i jeden PAB; pozostałe pokazane na rysunku 11-2 współpracują w KWB.

Na najniższym poziomie (por. PS1) są automatyczne urządzenia budowlane, wyspecjalizowane w różnych rodzajach zadań i procesów. Są to:

- wytwarzanie elementów budowlanych,
- automatyczne urządzenia ruchome (stosowane przy wykopach i podnoszeniu),
- roboty do montażu elementów konstrukcji,
- roboty ogólnego przeznaczenia,
- roboty do prac wykończeniowych na kondygnacjach,
- roboty do wykańczania ścian zewnętrznych,
- prace ręczne (nie zautomatyzowane),
- techniki komputerowych pomiarów,
- automatyczne przenośniki materiałów,
- systemy automatycznego ruchomego przechowywania i wyszukiwania informacji.

Systemy te przetwarzają materiał, montują go i manipulują nim. Daje to w rezultacie ukończenie obiektu budowlanego. Przy każdej maszynie jest konieczne urządzenie do sterowania w czasie rzeczywistym. Sterowanie odbywa się według oprogramowania podsystemów Komputerowo Wspomaganych Zadań, które występują na drugim poziomie systemów (por. PS2).

Urządzenia automatycznego budowania i podsystemy sterujące nimi są zorganizowane zgodnie z terenem budowy i pracę ich musi koordynować inny informacyjny system oprogramowania (por. PS2) i PS3). Jest to System Komputerowo Wspomaganego Obszaru. Przy wytwarzaniu elementów budowlanych na miejscu system taki nosi nazwę Systemu Kontrolnego Zakładu, natomiast przy kontroli jakości obszarowy system sterowniczy będzie nosił nazwę Systemu Kontroli Jakości w czasie rzeczywistym i będzie uczestniczył w kompleksowym Programie Ja-

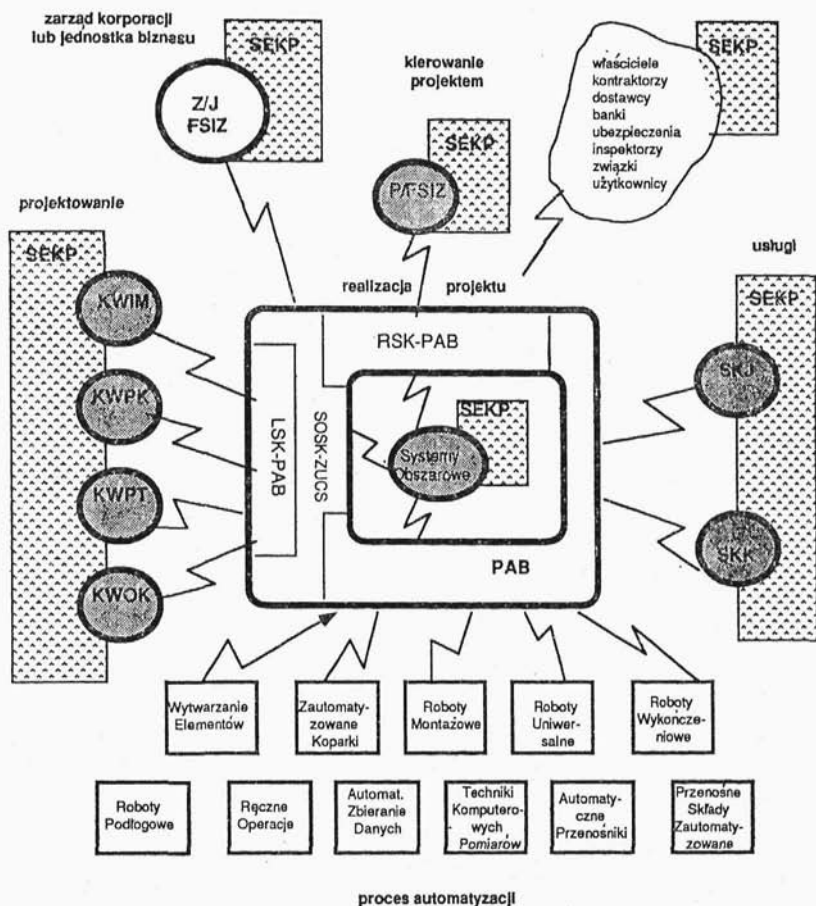
kości. Synchronizacją kilku podsystemów Sterowania Manipulowaniem Materiału, działających na danym terenie zajmuje się System Manipulowania Materiałem czasu rzeczywistego. Lokalne podsystemy kontroli zapasów muszą być nadzorowane przez System Kierowania Zapasami czasu rzeczywistego. System ten otrzymuje sygnały od podsystemu Planowania Zapotrzebowania Materiałowego, który jest komponentem Systemu Kontrolnego Projektu Inwestycji, należącego do Federacji Systemów Informacyjnych Zarządzania Projektem Inwestycyjnym.

Przesyłanie danych i informacji odbywa się zgodnie z Protokołem Automatyzacji Budownictwa, stosowanym w specjalistycznych, lokalnych i dalekosiężnych sieciach komputerowych. Systemy sterowania obszarami budowy są nadzorowane przez System Kontrolny Projektu Inwestycyjnego i inne systemy kontrolne, należące do Federacji SIZ projekty inwestycyjne z czwartego poziomu systemu (por. PS4) architektury piramidy. Na piątym poziomie znajduje się SKZ, należący do danej jednostki biznesowej firmy lub centrali zarządu korporacji (por. PS5).

### KOMPUTEROWO ZINTEGROWANE BUDOWANIE

Integracja podstawowych systemów zautomatyzowanego budowania (przynajmniej pod względem technicznym) stała się możliwa dzięki postępowi informatyki, sterowania i zarządzania technologii budownictwa, robotyzacji i sieciom komputerowym. Jednak z punktu widzenia zarządzania inwestycją budowlaną, taka pełna integracja wydaje się wątpliwa. Jak już mówiliśmy, postawiliśmy sobie cel sprawdzenia idealnego (edukacyjnego) modelu całkowicie zintegrowanej i kompleksowej automatyzacji budownictwa. Z tego punktu widzenia można zaproponować pewien scenariusz, w którym decyzje strukturalne oraz decyzje półstrukturalne będą należały do systemów, opartych na inżynierii wiedzy, sprawdzonych pod względem odpowiedzialności techniczno-prawnej albo na poziomie sprytnych urządzeń budowlanych, albo na poziomie systemów eksperckich, stosowanych na wyższych szczeblach hierarchii automatyzacji.

W wyniku integracji systemów automatycznego budowania



Rys. 11-3. Architektura Wiedzy--Systemów Ekspertkich (SEKP) w Komputerowo Wspomagany Budowaniu

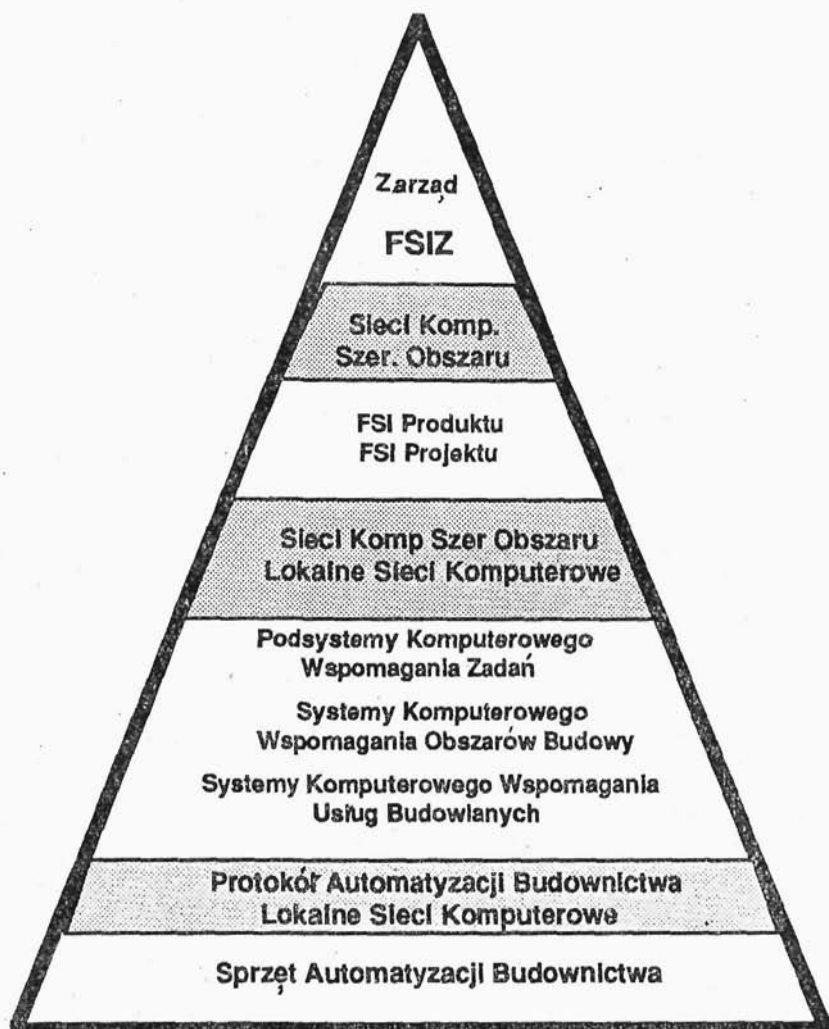
lokalne i dalekosiężne sieci komputerowe połączą Federację SI Produktu, FSIZ Projektu Inwestycyjnego, Systemy KWB i Systemy Usług KWB. Na rysunku 11-3 pokazano ideę integracji systemów pod postacią poziomej architektury Komputerowo Zintegrowanego Budowania.

Systemy zacienione na rysunku 11-3, to systemy nadające się do integracji w jeden superinteligentny system elektroniczno-mechaniczny. Nie analizujemy tutaj trwałości, efektywności, niezawodności i możliwości kierowania takim supersystemem, jakkolwiek analiza taka byłaby bardzo istotna.

Najlepiej znane są systemy inżynierskie (FSI Produktu) i zarządzania (FSIZ). Dla KZB jednak najbardziej istotne są Systemy Komputerowo Wspomagane Budowania oraz Systemy Komputerowo Wspomaganych Usług Budowlanych, znajdujące się w bardzo wczesnej fazie rozwoju. Pierwsze są systemami pośrednimi między urządzeniami automatycznymi a zautomatyzowanym projektowaniem i wspomaga je automatyczne zarządzanie. Bez nich integracja systemów nie byłaby możliwa, gdyż wspomagają one kompleksowy program jakości i program utrzymania urządzeń i systemów.

Warunkiem niezbędnym do KZB jest standaryzacja elementów systemowych. Lokalne sieci komputerowe na poziomie operacji budowlanych trzeba np. projektować i wdrażać zgodnie z konwencją Protokołu Automatyzacji Budownictwa (PAB), który jest podobny do Protokołu Automatyzacji Wytwarzania (PAW), wprowadzonego w bezzałogowych zakładach General Motors. Kompleksowość automatyzacji budownictwa wymaga komunikacji między automatycznymi urządzeniami budowlanymi. Ponadto środowisko inżynierskie i kierownicze musi być wyposażone w standardowe urządzenia do przesyłania tekstu, wideo, faksymile, obrazu, rysunków i głosu. Komunikacja ta jest z kolei określona przez Protokół Techniczny Biura, natomiast przesyłaniem informacji w dalekosiężnych sieciach komputerowych zajmują się sieci krajowe (jak np. ATT, MCI, US. Sprint) oraz międzynarodowe instytucje komunikacyjne.

Wszystkie systemy KZB (z różnych projektów inwestycyjnych, terenów budowy, wydziałów i centrali zarządu) składają się na środowisko Systemów Przedsiębiorstwa (por. rys. 11-4). Raz jeszcze trzeba podkreślić, że sieci komputerowe są istotnym rozwiązaniem technicznym w celu elektronicznej integracji sys-



Rys. 11-4. Środowisko Kompleksowych Systemów Przedsiębiorstwa Budowlanego

temów, natomiast podział systemów KZB na federacje decyduje o ich logicznej integracji.

### Podsumowanie

Z przedstawionego idealnego modelu Komputerowo Zintegrowanego Budowania wynika, jakie są tendencje przyszłych badań i rozwoju. Można wyodrębnić następujące kierunki.

- Badania i rozwój poziomej integracji systemów należących do FSIZ Produktu, FSIZ Projektów i KZB. Najbardziej prawdopodobne jest powodzenie integracji poziomej. Odbывается ona już teraz, jeżeli takie stacje inżynierskie, jak typu SUN, stosuje się w powiązaniu z Systemami Kierowania Bazą Danych Kompanii i automatyzacją biur.
- Badania i rozwój pionowej integracji systemów związanych z urządzeniami automatyzacji budowania, systemami sterowania zadaniami, systemami sterowania obszarami i Systemem Sterowania Projektem Inwestycyjnym. Aspekt ten powinien mieć największy wpływ na koncepcję efektywności i możliwości kierowania układem KZB.
- Badania i rozwój pełnej integracji systemów poziomych i pionowych.
- Badania i rozwój standardów komunikacyjnych dla Ruchomych Sieci Komputerowych i Protokołu Automatyzacji Budownictwa.
- Badania i rozwój automatycznych urządzeń budowlanych mających zastąpić ręczne prace budowlane.
- Badania i rozwój Systemów Sterowania Utrzymaniem. Jest to system, który będzie decydował o niezawodności używanych urządzeń i systemów w ramach KZB.
- Badania i rozwój elementów dla poszczególnych typów projektów budowlanych i analiza ich stosowania z punktu widzenia paradygmatu KZB.

### Bibliografia

- (1). Joannou P. G., Carr R. I., *Artificial Intelligence, Automation and Intergrated Construction*, Proceedings of Fourth International Sym-

- posium on Robotics and Artificial Intelligence in Building Construction, Haifa 1987, Israel, 22—25 czerwiec.
- (2). Paulson B. C., *Automation and Robotics for Construction*, „The Journal of Construction Engineering and Management” 1985, vol. 111, nr 3, wrzesień, s. 190.
  - (3). Rasdorf W. J., Herbert M. J., *CIMS: A Construction Information Management System*, Proceedings of the Fifth Conference on Computing in Civil Engineering, American Society of Civil Engineers, Alexandria, VA, 1988, marzec.
  - (4). Warszawski A., Sangrey D. A., *Robotics on Building Construction*, „The Journal of Construction Engineering and Management” 1985, vol. 111, nr 3, wrzesień.
  - (5). Suzuki S. T., Yoshida T., Ueno T., *Construction Robotics in Japan*, Proceedings of the Second Century of the Skyscraper, Council On Tall Buildings and Urban Habitat, 1986, 6—10 styczeń.
  - (6). Otsuka H., *Development of Construction Robots*, Taisci Corporation Manuscript of the Technical Development Department, 1987, czerwiec.
  - (7). Koskela L., *Construction Industry towards the Information Society. The Japanese Example*, Laboratory of Building Economics, Technical Research Center in Finland Itatuulentie 2, SF-02100, Finland 1985, październik.