

mgr inż. Piotr Szulewski  
mgr inż. Bernard Nowak  
Instytut Technologii Maszyn PW

## MOBILNY TERMINAL OPERATORA W ŚRODOWISKU WYTWÓRCZYM O ZRÓŻNICOWANEJ AUTOMATYZACJI

*W referacie przedstawiono propozycję wykorzystania mobilnego terminala w procesie integracji informatycznej prowadzonej w środowisku wytwórczym o zróżnicowanej automatyzacji. Integralną część projektowanego systemu informatycznego stanowią pracownicy-operatorzy maszyn. Opracowany terminal umożliwia ich swobodne uczestniczenie w wymianie informacji z systemem informatycznym zakładu. Podczas implementacji stosowano popularne i znane rozwiązania techniczne.*

### HUMAN OPERATOR MOBILE TERMINAL IN VARIOUS AUTOMATION ENVIRONMENT

*The paper presents the proposition of the specialized mobile terminal for machine-tools human operator. All information coming from manufacturing information system can be transferred direct to the operator, so he stays good informed and makes an appropriate decision using his knowledge. The technical structure of portable equipment was invented using ordinary and well-known standards to achieve maximum result and minimize the cost of factory implementation.*

#### 1. WSTĘP

Przyglądając się rozwojowi maszyn technologicznych począwszy od drugiej połowy wieku XX aż do czasów współczesnych, możemy zaobserwować lawinowy wzrost, stosowania układów automatycznych w urządzeniach produkcyjnych (obrabiarkach, robotach, itp.). Jednym z jego efektów jest pogłębianie przepaści pomiędzy produktem a jego wykonawcą. Człowiek-operator urządzeń automatycznych sprowadzony został do roli biernego obserwatora realizowanych zabiegów technologicznych. W skrajnych przypadkach operator pełni rolę służebnego pomocnika, w stosunku do zautomatyzowanej produkcji. Czy rezygnacja z inteligencji i kreatywności pracowników jest konieczna i korzystna? Otóż, jak się wydaje, nie. W ostatnich latach daje się zauważyć znaczne docenienie roli operatora jako nowego i bardzo efektywnego źródła danych z jednej strony oraz elastycznego i inteligentnego wykonawcy poleceń i czynności z drugiej. Coraz więcej specjalistów zajmujących się obecnie komputerową

integracją wytwarzania zwraca bardzo istotną uwagę na "czynnik ludzki" w procesie wytwarzania. Zauważa się, iż "totalna automatyzacja" (czyt. fabryki bez ludzi) w produkcji jest praktycznie niemożliwa z powodów bardzo znacznych kosztów elementów nowoczesnej automatyki, jej zawodności, problemów związanych z rekonfiguracją jej elementów w przypadku zmiany profilu produkcji, a także uwarunkowań socjalnych i prawnych związanych z rynkiem pracy.

Dla zapewnienia optymalizacji procesu sterowania konieczne jest gromadzenie odpowiednio wyselekcjonowanych i szczegółowych informacji o przebiegu procesu technologicznego.

Bardzo istotnym zagadnieniem podnoszonym przez badaczy nowych systemów sterowania jest uzyskiwanie możliwie pełnego opisu wszystkich czynników mających wpływ na proces wytwarzania wyrobu. Bez nieustannego dopływu dokładnych i wartościowych informacji proces sterowania nie będzie w pełni dostosowany do istniejących warunków, a przez to jego reakcje będą nieefektywne lub nawet szkodliwe. Nowoczesne systemy sterowania, dzięki wykorzystaniu bardzo wydajnych komputerów, specjalizowanych systemów transferu informacji, wyrafinowanych metod identyfikacji i przetwarzania oraz obróbki danych, pozwalają na uwzględnianie w sterowaniu procesem wytwarzania wszystkich elementów biorących udział lub mających wpływ na efekt końcowy, czyli wytworzony produkt.

Niestety, ze względu na stopień skomplikowania współczesnych procesów technologicznych i mnogość wykorzystywanych urządzeń (maszyn, obrabiarek, itp.) nie jest to zadanie łatwe ani proste [1]. Praktycznie, aż do czasów współczesnych, maszyny i urządzenia technologiczne stanowiły swoiste, samodzielne „wyspy automatyzacji” nieposiadające możliwości komunikowania się z innymi urządzeniami. Jedną z przyczyn takiego właśnie stanu rzeczy był fakt, iż historyczne metody zarządzania produkcją nie wymagały utrzymywania bezpośredniej łączności z każdą maszyną uczestniczącą w procesie wytwarzania. Także brak odpowiednich możliwości technicznych nie pozwalał na stworzenie odpowiedniego systemu przesyłania danych. Obserwowany powszechnie rozwój technik informatycznych diametralnie zmienił ten stan.

## 2. TERMINAL OPERATORA

Obecnie powszechnie spotykane są środowiska wytwórcze składają się maszyn i urządzeń technologicznych wyposażonych w zróżnicowane elementy i układy automatyki. Począwszy od tradycyjnych maszyn sterowanych ręcznie aż do nowoczesnych centrów ze sterowaniem CNC. Zawsze jednak integralny składnik środowiska wytwórczego stanowią pracownicy. W przeciwieństwie do dość popularnych i efektywnych prac związanych z prowadzeniem skutecznej integracji informatycznej maszyn – integracja informatyczna ludzi (zwłaszcza operatorów maszyn) napotyka na wiele trudności.

Celem autorów jest zmiana dotychczasowej relacji człowiek/operator - układ sterowania wytwarzaniem/produkcją. W tym celu planowane jest wyposażenie operatorów w specjalizowane narzędzie informatyczne, określane mianem osobistego terminalu. Jednym z wielu pozytywnych wyników będzie możliwość uzyskania źródła dodatkowych informacji dla systemu sterowania wytwarzaniem.

Po wyposażeniu operatora w terminal możliwe będzie pełne współuczestnictwo człowieka w systemie sterowania wytwarzaniem. Podkreślić należy, iż „... pracownik dobrze poinformowany to zwiększona motywacja do pracy i kompetencja, większa elastyczność w podejmowaniu decyzji a także aktywizacja operatora jako źródła danych dla systemu eksperckiego ...” [2]. Bardzo prawdopodobne stanie się zupełnie nowe wykorzystanie ich wiedzy i doświadczenia a także inteligencji. Pozwoli na uaktywnienie oraz czynne uczestnictwo w procesie sterowania produkcją np. w trakcie samodzielnego podejmowania niektórych decyzji (oczywiście, jedynie w ściśle określonym obszarze). Takim obszarem pozostawionym do swobodnej i nieskrępowanej oceny przez pracowników może być np. rozwiązywanie codziennych, drobnych problemów związanych z utrzymaniem bieżącej produkcji. Powszechne stosowanie proponowanych osobistych terminali pozwoli na dokładne, precyzyjne i wyczerpujące informowanie przez pracowników systemu sterowania wytwarzaniem o podejmowanych przez nich działaniach.

Istnieje wiele potencjalnych obszarów zastosowania takiego specjalizowanego urządzenia pozwalającego na integrację informatyczną człowieka-operatora. Niektóre z nich zostały wymienione w tabeli 1.

Obszar	Przykład
szczegółowe monitorowanie stanu realizacji zamówienia	Każda operacja lub zabieg technologiczny również przeprowadzany z wykorzystaniem tradycyjne obrabiarki może być na bieżąco dokumentowany, raportowanie odbywa się na dowolnym etapie wytwarzania
wykrywanie i usuwanie „wąskich gardeł” w procesie produkcyjnym	Dzięki pełnej informacji o czasowych zależnościach w przepływie przedmiotów obrabianych, łatwe do określenia są osiągane przez poszczególne maszyny wydajności, co umożliwi szybka lokalizacje spięrzeń pracy na niektórych maszynach
kontrolowanie przepływu narzędzi i przedmiotów obrabianych	Istnieją techniczne możliwości, aby prowadzić szczegółowy monitoring wszystkich używanych narzędzi i wytwarzanych przedmiotów – także tych obrabianych przy użyciu tradycyjnych obrabiarek. Np. samodzielne naostrzenie noża tokarskiego zostanie udokumentowane
monitorowanie stanu maszyn	Informacja o wynikłej awarii, dokumentowanie przeprowadzonych napraw i konserwacji, gromadzenie spostrzeżeń użytkownika
wspieranie działań naprawczych i konserwacyjnych obrabiarek	W przypadku wystąpienia awarii możliwe jest przekazywanie operatorowi wskazówek i porad dotyczących możliwości samodzielnego usunięcia niesprawności (zdalne serwisowanie)
podpowiedzi i sugestie dla operatora	W przypadku napotkania problemu, z którym operator nie potrafi się sam uporać możliwe jest przesłanie dodatkowych objaśnień i wskazówek – zarówno przy wykorzystaniu systemu eksperckiego jak i specjalistów z działu technologicznego: np. czy dopuszczalne jest zwiększenie o 20% posuwu tak by zniwelować powstałe opóźnienie?
przekazywanie listingów i check-list	Gdy zachodzi konieczność wykonywania zespołów czynności gdzie istotna jest ich wzajemna kolejność – przesyłanie „punkt po punkcie” poszczególnych poleceń np. procedura bazowania suportu
śledzenie wykonywania poleceń	Wymuszanie potwierdzenia wykonania każdej istotnej czynności poprzez wysyłanie komunikatów i oczekiwanie odpowiedzi np.
„uprzedzenie” ewentualnych awarii	Zaobserwowane spostrzeżenia o zużywających się elementach urządzenia (wibracje, dźwięki, temperatura) mogą – odpowiednio gromadzone i przetwarzane – pozwolić na uniknięcie katastrofy poprzez odpowiednio wczesną reakcję (wymiana części, regulacja, itp.)
sygnalizacja awarii	Szybka sygnalizacja awarii pozwala na błyskawiczną reakcję i minimalizowanie niepożądanych skutków

dostarczanie danych	Możliwość dostarczania informacji o szczegółach technicznych wykonywanych przedmiotów (rysunki, schematy, karty instrukcyjne), opisy używanych narzędzi, procedury kontrolne, itp. Wsparcie przy ustawianiu parametrów maszyn i sprawdzianów
raportowanie kosztów i nakładów	Szczegółowa i poprawna wiedza o całym procesie wytwarzania (w realnych warunkach) jest podstawą do tworzenia raportów sumujących ponoszone nakłady

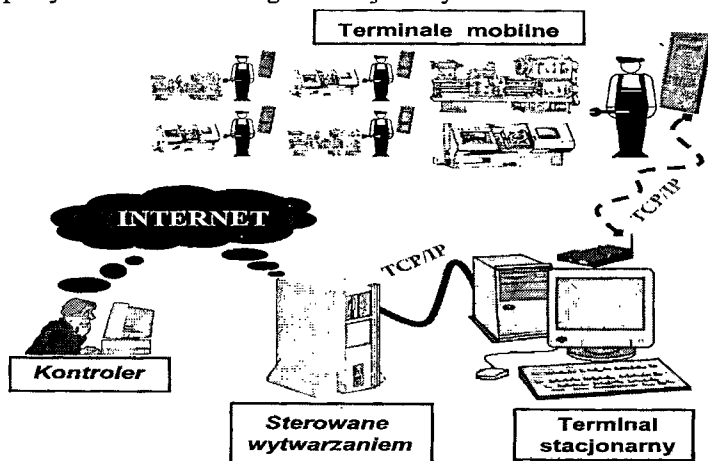
**Tabela 1 Przewidywane obszary zastosowań terminalu operatora.**

Istotnym jest także, iż obrabiarki i urządzenia technologiczne pozostające z racji swoich właściwości (brak urządzeń do przesyłania informacji – sterowanie ręczne przez operatora), poza nadzorem sprawowanym przez system sterowania wytwarzaniem zostaną do niego „włączone”. Nadzór taki odbywać się będzie, co prawda pośrednio, bowiem przy pomocy człowieka-operatora wyposażonego w specjalizowany terminal, ale jednak spodziewany wzrost szczegółowości realnego obrazu produkcji będzie z pewnością zauważalny [3].

Powyższe propozycje zostaną zilustrowane na przykładzie małego zakładu produkcyjnego. Zakładamy, że nadrzędną cechą działalności takiej niewielkiej firmy jest utrzymywanie elastyczności w asortymencie produkcji. Podejmuje się ona wytwarzania nawet skomplikowanych wyrobów, w niewielkich ilościach, możliwie krótkim czasie i przy stosunkowo małych kosztach. W takim przypadku terminale operatora mogą być wykorzystane jako np. elektroniczne karty instrukcyjne. Ponieważ wytwarzane są dość skomplikowane elementy, konieczne jest ściśle przestrzeganie poszczególnych etapów procesu technologicznego - nawet minimalne odstępstwo może spowodować stratę, kosztownego detalu. Terminal służyć może jako podręczny "przewodnik" dla pracownika pokazując poszczególne etapy pracy. Większość dokumentacji przygotowywana jest obecnie przy pomocy wyspecjalizowanych programów komputerowych. Jak się wydaje, zamiast "przenosić" wyniki działania tych programów wspomagających na papier, łatwiej i zdecydowanie oszczędniej jest prezentować je przy wykorzystaniu terminalu. Przy często zmieniających się produktach jest to chyba jedyne rozsądne rozwiązanie. Dokumentacja nie brudzi się, nie niszczy, nie zajmuje dodatkowego miejsca. Zawsze jest aktualna gdyż wszelkie poprawki są nanoszone bez zwłoki, bezpośrednio przez wykonującego dany zabieg pracownika.

Zakres przewidywanych dla terminalu zadań jest bardzo szeroki. Aby nie tworzyć zbyt skomplikowanego urządzenia o wielu złożonych funkcjach przewidywane jest wyodrębnienie dwóch typów terminali: stacjonarnego i mobilnego. Stała łączność z operatorem utrzymywana będzie przy pomocy przenośnego (mobilnego) terminalu. Stanowić on będzie element osobistego wyposażenia operatora, znajdując się zawsze w zasięgu ręki. Informacje, które z racji swojej formy lub objętości nie mogą być przesłane bezpośrednio na terminal mobilny będą dostępne na ekranie urządzenia stacjonarnego. Pełne możliwości graficzne i multimedialne pozwolą na prezentację danych w dowolnej formie. Terminal stacjonarny powinien być swobodnie dostępny i korzystać z niego będzie mogło wielu pracowników. W rozwiązaniu tym można się doszukać niektórych cech podobieństwa z pulpitemi informacyjnymi wykorzystywanymi np. w portach lotniczych dla informowania podróżnych o rozmieszczeniu bramek, istotnych zmianach lotów, itp.. Aczkolwiek w rozpatrywanym

przypadku możliwa będzie komunikacja dwukierunkowa. Na rysunku 1 zilustrowano ideę współpracy terminalu mobilnego ze stacjonarnym.

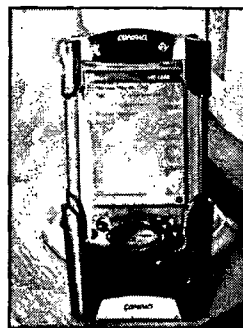


Rysunek 1 Terminal mobilny i stacjonarny.

### 3. MOBILNY TERMINAL OPERATORA

Przykład implementacji mobilnego terminalu operatora jest zamieszczony na rysunku 2. Jak się wydaje kluczowym zagadnieniem związanym z użytkowaniem terminalu mobilnego jest utrzymywanie nieprzerwanego kontaktu ze stacją bazową czyli terminalem stacjonarnym. Jedynie w takim przypadku istnieje możliwość swobodnego przepływu informacji pomiędzy operatorem a systemem sterowania wytwarzaniem. Za poprawną i bezawaryjną łączność odpowiada łącze radiowe. Rozwiązanie przyjęte w warunkach laboratorium CIM (Instytut Technologii Maszyn PW), oparto o popularny standard krótkodystansowego łącza radiowego – Bluetooth [4]. Ponieważ zastosowane rozwiązanie standardu Bluetooth zostało opracowane z założeniem wykorzystywania, go przede wszystkim, w warunkach biurowych. Przeprowadzono badania mające na celu ocenę jego zachowania w warunkach zbliżonych do przemysłowych. Terminal mobilny, stanowi palmtop iPAQ H3970 firmy Hewlett-Packard. Wyposażony jest w standardowe oprogramowanie klasy „Explorer”.

Dla umożliwienia kontaktu operatora z systemem sterowania wytwarzaniem wykonano oprogramowanie pozwalające na przesyłanie komunikatów. W aktualnym stanie możliwa jest jedynie transmisja jednokierunkowa to znaczy źródłem komunikatów jest systemem sterowania a odbiorcą pracownik wyposażony w mobilny terminal operatora. Zestawienie funkcji realizowanych przez uruchomione oprogramowanie jest zaprezentowane w tabeli 2.

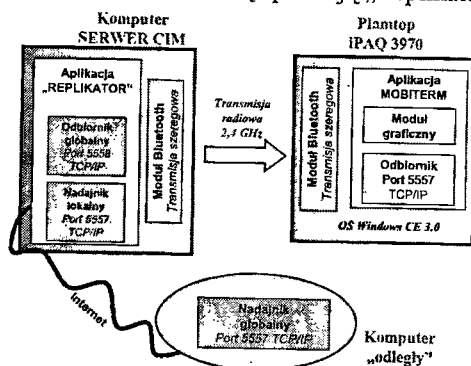


Rysunek 2 Mobilny terminal operatora.

Lp.	Funkcja	Zastosowania i przykład
1.	Odbieranie	Odbieranie komunikatów tekstowych, przekazywanie poleceń, informowanie pracownika,
2.	Alarmowanie	Generowanie sygnału dźwiękowego w przypadku odebrania komunikatu alarmowego
3.	Rejestrowanie	Zapisywanie wszystkich otrzymanych komunikatów archiwalnych, eksportowanie danych archiwalnych do pliku tekstowego, np. możliwość opracowania wyników w innych programach oferujących funkcje statystyczne

Tabela 2 Funkcje aplikacji terminalu mobilnego.

Zasada działania aplikacji oraz wzajemne relacje pomiędzy poszczególnymi komponentami toru transmisyjnego zostały przedstawione na rysunku 3. W proponowanym rozwiązaniu, bezpośrednim (rzeczywistym) źródłem komunikatów jest zawsze komputer stacjonarny z uruchomioną aplikacją „Replikator”.



Rysunek 3 Relacje pomiędzy aplikacjami wymiany danych.

Generowanie zawartości komunikatów adresowanych do pracownika może odbywać się w dwóch niezależnych miejscach. Jednym z nich może być lokalny serwer, który pełni funkcję systemu sterowania wytwarzaniem. W takim przypadku komunikaty mogą być tworzone automatycznie, w miarę potrzeb lub w szczególnych sytuacjach, ręcznie przez operatora systemu używającego aplikacji „Replikator”. Alternatywnie komunikaty mogą być tworzone na dowolnym komputerze dołączonym do sieci Internet. W takim przypadku koniecznym jest uruchomienie na odległym komputerze aplikacji „Nadajnika” pozwalającej na przesyłanie utworzonych tam wiadomości do serwera, który spowoduje natychmiastowe przekazanie ich bezpośrednio do mobilnego terminalu. W trakcie przekazywania komunikatu, jego transmisja odbywa się z wykorzystaniem wyłącznie mechanizmów oferowanych przez protokół TCP/IP. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwala na bardzo elastyczne przesyłanie wiadomości i zwalnia wykorzystywane aplikacje z konieczności zapewniania śledzenia poprawności transmisji, ewentualnych powtórzeń, itp. Pozwala także na zachowanie odpowiedniej poufności dostarczanych wiadomości. Wykorzystywane są dwa porty TCP/IP – dla transmisji lokalnych port 5557 i dla łączności globalnej port 5558. Oprogramowanie serwera (aplikacja „Replikator”) zostało samodzielnie napisane przez autorów z wykorzystaniem środowiska programistycznego Delphi ver. 6.0 firmy

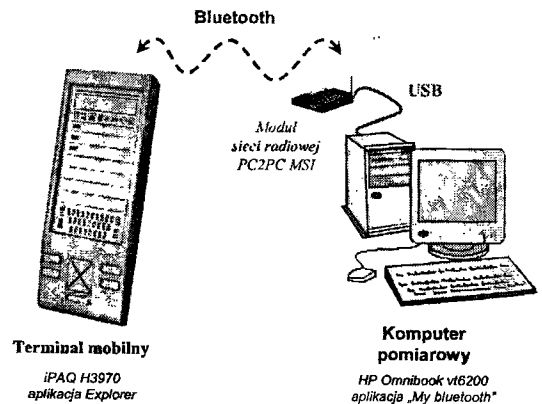
Borland oraz specjalizowanych bibliotek klasy Internet Direct (Indy, ver. 8.0.25). Pracuje ono pod kontrolą sytemu operacyjnego Windows 2000 Server. Aplikacja „Mobiterm” jest uruchomiona w środowisku systemu operacyjnego Windows CE wersja 3 z wykorzystaniem środowiska programistycznego C++ i specjalizowanych bibliotek.

#### 4. MOBILNY TERMINAL - ŁĄCZE RADIOWE

Doświadczenia prowadzono w hali maszyn laboratorium CIM znajdującego się w ITM PW. Na terenie trzech pomieszczeń laboratoryjnych określono w sumie 16 punktów pomiarowych, w których mierzono siłę sygnału radiowego. Wybrane punkty pomiarowe związane są z rozmieszczeniem maszyn i stanowisk pracy pracowników. W tych właśnie miejscach przewidywane jest najczęstsze korzystanie z mobilnego terminala. Pomiary prowadzone były w sposób statyczny. Odczyty wskazań odbywały się po umiejscowieniu przyrządu na danym stanowisku. Jako bazę dla stacjonarnego nadajnika wykorzystano komputer przenośny HP Omnibook v6200 z oprogramowaniem „My bluetooth” firmy Widcomm (wersja 1.3.5). Za pomocą przewodu połączeniowego o długości 2 m, do portu USB komputera dołączony był właściwy moduł Bluetooth (PC2PC firmy MSI). Dane przesyłane były do nadajnika za pomocą magistrali szeregowej USB. Jej przepustowość wynosząca 12 Mbit/s (ver. 1.1) jest zdecydowanie większa niż 1 Mbit/s (Bluetooth) i nie ma wpływu na powstawanie opóźnień w transmisji sygnału. Natomiast taka formuła pozwalała na dużą swobodę w umieszczaniu anteny nadajnika. Terminal mobilny, stanowił palmtop iPAQ H3970 firmy Hewlett-Packard wyposażony w standardowe oprogramowanie klasy „Explorer”. Schemat toru pomiarowego zamieszczony jest na rysunku 4. Całe zastosowane w badaniach oprogramowanie stanowi standardowe wyposażenie wykorzystywanych urządzeń.

W warunkach transmisji z wykorzystaniem fal radiowych bardzo istotnym zagadnieniem jest dobór miejsca instalacji anteny. Jej wpływ na jakość transmisji jest zdecydowanie większy niż, jak to się zwykle powszechnie sądzić, duża moc nadajnika. Ze względu na praktycznie dookólną charakterystykę promieniowania wykorzystywanej anteny korzystnym było wybranie jako miejsca instalacji punktu centralnego, w obszarze pomieszczeń laboratoryjnych.

W wybranym punkcie, antena nadajnika bazowego umieszczona była na wysokości 200 cm nad poziomem podłogi w hali maszyn. O wyborze takiej wysokości zdecydowano biorąc pod uwagę dwa kryteria, przybliżone w tabeli 3.

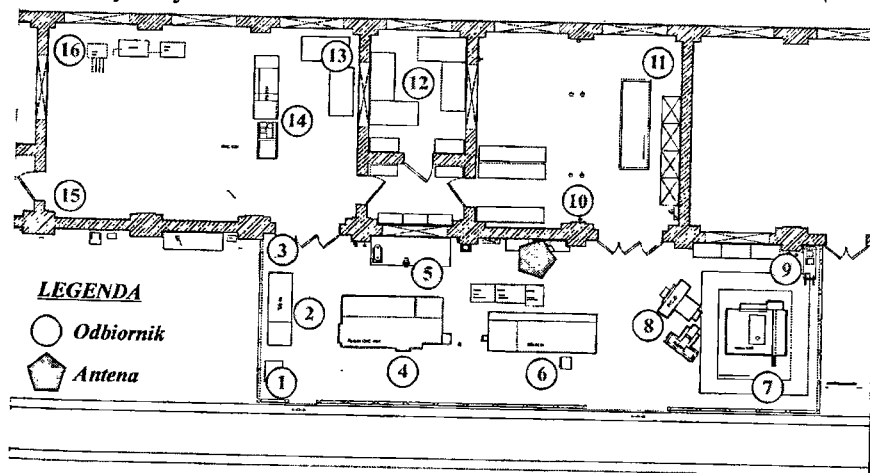


Rysunek 4 Tor pomiarowy transmisji radiowej.

Wymóg	Objaśnienie
Zachowanie zasięgu	Maksymalny zasięg w standardzie Bluetooth jest dość mocno ograniczony ze względu na moc sygnału radiowego dostosowaną do rozmiaru pikokomórek. Zwiększanie wysokości mocowania anteny powoduje niestety wzrost bezwzględnej odległości pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem, co może być przyczyną utraty sygnału, czyli w efekcie zmniejszenia realnego zasięgu poprawnej pracy łącza.
Unikanie przeszkód	Sygnał radiowy (w szczególności fale centymetrowe) jest silnie tłumiony przez wszystkie przeszkody znajdujące się na jego drodze. Zwiększanie wysokości mocowania anteny przyczynia się do wyniesienia jej ponad okoliczne urządzenia i poprawia warunki propagacji sygnału.

**Tabela 3 Przyczyny wyboru umiejscowienia anteny nadajnika bazowego.**

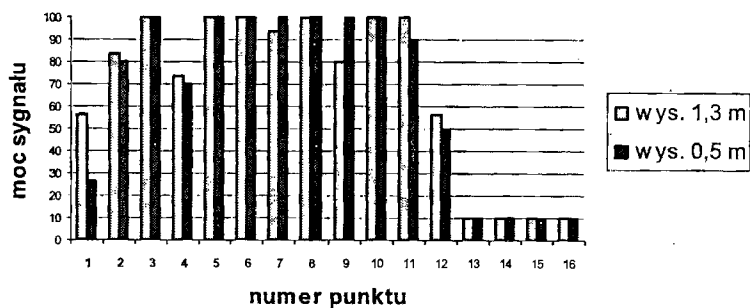
Ustalona wysokość stanowi kompromis pomiędzy dwoma przedstawionymi zależnościami. W każdym z ustalonych punktów pomiarowych dokonywano dwóch niezależnych pomiarów na różnych wysokościach umieszczenia anteny odbiornika. Podstawową wysokość umieszczenia anteny odbiornika określono na 130 cm ponad poziom podłogi. Związana jest ona z naturalną pozycją użytkownika terminalu mobilnego – obsługujący trzyma terminal jedną ręką i odczytuje prezentowane na ekranie informacje. Jako drugą pozycję przyjęto wysokość anteny 50 cm ponad poziom podłogi. Określa ona pozycję obsługującego w trakcie np. pochylania się. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych w obszarze laboratorium CIM jest zamieszczony na rysunku 5.



**Rysunek 5 Schemat laboratorium CIM i rozmieszczenie punktów pomiarowych**  
 Uzyskane wyniki pomiarów zamieszczone są w postaci wykresu na rysunku 6.



### Sygnal łączy Bluetooth (pomiar w laboratorium CIM)



Rysunek 6 Siła sygnału radiowego.

Słupki symbolizują procentową wartość siły sygnału w punkcie pomiarowym w odniesieniu do poziomu maksymalnego, określonego przez specyfikację standardu Bluetooth. Wyraźnie widoczny jest zdecydowanie większy poziom zarejestrowanego sygnału dla punktów pomiarowych znajdujących się w pobliżu nadajnika. Wraz ze wzrostem odległości pomiędzy stacjami następuje obniżenie poziomu sygnału radiowego. W przypadku konieczności przenikania sygnału radiowego przez elementy konstrukcyjne występuje niekorzystne zjawisko tłumienia. Zjawisko tłumienia może być znacznie spotęgowane przez znajdujące się na drodze sygnału radiowego przeszkody takie jak: ściany, ścianki działowe, elementy maszyn i urządzeń, przewody, zbrojenia, ludzie itp. Wyraźnie jest to widoczne w przypadku punktów 13÷16. Obserwowana różnica wielkości sygnału, w pomiarze dla wysokości 1,3 m i 0,5 m (punkt 9), jest związana z pojawieniem się na drodze przesyłu metalowego korpusu stołu frezarki konsolowej, co spowodowało silne tłumienie.

Jak się wydaje, maksymalna odległość pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem, przy której możliwa jest w pełni stabilna praca łączy nie przekracza w warunkach roboczych 10 m. Zwiększanie zasięgu możliwe jest przy wykorzystaniu urządzeń nadawczo/odbiorczych dysponujących większą mocą. Innym rozwiązaniem jest stosowanie dodatkowych punktów dostępowych poszerzających obszar zasięgu a pracujących w formie piko-komórek.

Przeprowadzono także próby maksymalnej przepustowości łączy Bluetooth dla transmisji danych. Przygotowane pliki były przesyłane z komputera bazowego do przenośnego terminala. Uzyskane czasy i wartości przepustowości są zestawione w tabeli 4.

Lp.	Odległość (m)	Przepustowość (bit/s)
1	1,5	284 280
2	7,0	276 096
3	40,0	214 032

Tabela 4 Pomiar przepustowości łączy Bluetooth.

Wyraźnie widoczna jest tendencja zmniejszania się efektywnej przepustowości wraz ze wzrostem odległości, na jaką zachodzi transmisja. Obserwowane zjawisko jest zgodne z opisem teoretycznym i wynikami uzyskiwanymi przez innych badaczy [5]. Przyczyną jest tłumienie sygnału radiowego wraz ze wzrostem dystansu, co oznacza konieczność częstych retransmisji uszkodzonych pakietów a w rezultacie przyczynia się do zmniejszenia szybkości transmisji danych. Uzyskane wartości przepustowości uznać należy za całkowicie wystarczające do pracy nawet z dużymi plikami.

#### 4. ZAKOŃCZENIE

Z całym naciskiem należy podkreślić, iż przeprowadzone badania możliwości zastosowania łącza bezprzewodowego (dla współpracy z mobilnym terminalem operatora) w warunkach zbliżonych do przemysłowych są jedynie początkiem opisu, a właściwie zasygnalizowaniem bardzo szerokiego zagadnienia. Głównym celem prowadzenia badań było znalezienie odpowiedzi na pytanie czy możliwa jest tania i nieskomplikowana implementacja popularnego rozwiązania transmisji bezprzewodowej w warunki przemysłowe. Jak się wydaje, słuszność rozwijania tej koncepcji została potwierdzona na wskazanych przykładach. Oczywistym jest konieczność przeprowadzenia znacznie szerszej zakrojonych badań, szczegółowo analizujących tę problematykę i weryfikujących możliwości korzystania z omawianych rozwiązań.

#### Literatura

- 1 P. Szulewski, P. Oborski, "Computer based communication within manufacturing with various level of automation", Proceedings of International Conference CIM 2003, part I, Zakopane
- 2 Mikler J. Hadeby H., Kjellberg A., Sohlenius G. „Towards Profitable Persistent Manufacturing Human Factors in Overcoming Disturbance in Production Systems”, Proceedings of the CIRP V International Conference on Monitoring and Automatic Supervision in Manufacturing - AC'98, Miedzeszyn, August 28-29, 1995, str 5-15.
- 3 P. Szulewski, "Human operator an integral component of informatics system in manufacturing enterprise?" Proceedings of International Conference Advances in Production Engineering - part I, Warsaw
- 4 White papers: „Information of the Bluetooth standard” , Serwer: [https://www.bluetooth.org/foundry/sitecontent/document/whitepapers\\_presentations](https://www.bluetooth.org/foundry/sitecontent/document/whitepapers_presentations)
- 5 Andersson M., „Using Bluetooth in an industrial environment, reliability and robustness”, Serwer: <http://www.connectblue.com/files/Bluetooth%20Reliability.pdf>