

Adam Łuczak
Sławomir Maćkowiak
Krzysztof Rakowski
Zbigniew Szymański

Instytut Elektroniki i Telekomunikacji
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 3A
60-965 Poznań
tel. 6652171, fax 6652572
e-mail: [aluczak, smack, krakos, zszyman]@et.put.poznan.pl

SYSTEM MULTIMEDIALNY DLA TELEMEDYCyny

Streszczenie: Artykuł prezentuje skonstruowany system do zastosowań telemedycznych, który mógłby być powszechnie dostępny w zakładach patomorfologii. Przedstawiony system ma służyć do demonstracji możliwości jakie daje praktyczne zastosowanie środków telepatologii, a następnie może być wykorzystany w pracy patologów oraz do szkolenia przed- i podyplomowego.

1. WPROWADZENIE

Ostatnie lata można uznać za okres burzliwego rozwoju prac badawczych i wdrożeniowych w zakresie telemedycyny, która polega na wykonywaniu zadań medycznych z wykorzystaniem technik i systemów telekomunikacyjnych oraz informatycznych. Telemedycyna umożliwia poprawę standardu usług medycznych, gdyż pozwala na dokonywanie szybkich konsultacji między lekarzami pracującymi w oddalonych od siebie ośrodkach, co jest szczególnie istotne w nietypowych i złożonych przypadkach.

Stosunkowo dobrze rozwiniętą gałęzią telemedycyny jest telepatologia polegająca na zdalnym wykonywaniu badań patomorfologicznych. W trakcie badań patomorfologicznych lekarz-patolog analizuje fragmenty tkanek pobranych podczas zabiegu. Podstawowym narzędziem rozważanych badań jest mikroskop umożliwiający patologowi oglądanie odpowiednio przygotowanego preparatu z różnymi powiększeniami.

W przypadku zastosowania technik telepatologii analizowany preparat znajduje się w polu widzenia telemikroskopu sterowanego zdalnie przez patologa znajdującego się w innej placówce. Patolog ogląda tkanki na ekranie monitora podłączonego do terminala komunikującego się poprzez sieć telekomunikacyjną z serwerem sterującym mikroskopem. Dzięki zastosowaniu telepatologii redukuje się kosztowne i czasochłonne przesyłanie preparatów między szpitalami.

Systemy teleinformatyczne pozwalają patologom na przeprowadzanie na odległość zarówno diagnostyki, jak i konsultacji.

2. UWARUNKOWANIA TECHNICZNE SYSTEMÓW DLA TELEPATOLOGII

Podstawowym elementem każdego systemu dla telepatologii jest wysokiej klasy mikroskop służący do analizy preparatów histologicznych. Ruchy stolika, zmiana powiększenia oraz ustawienia ostrości i oświetlenia są dokonywane za pomocą serwomechanizmów, które mogą być sterowane zdalnie z komputera. Ten komputer spełnia rolę serwera zapewniającego usługi multimedialne dla stacji roboczych będących miejscami pracy poszczególnych patologów. Mogą oni poprzez serwer sterować pracą mikroskopu i analizować preparat histologiczny umieszczony pod tym mikroskopem. Od osoby obsługującej serwer mogą uzyskiwać dodatkowe informacje dotyczące pacjenta. Mogą to być informacje tekstowe, ale również możliwe jest nawiązanie bezpośredniej sesji wideokonferencyjnej umożliwiającej dyskusję między lekarzami.

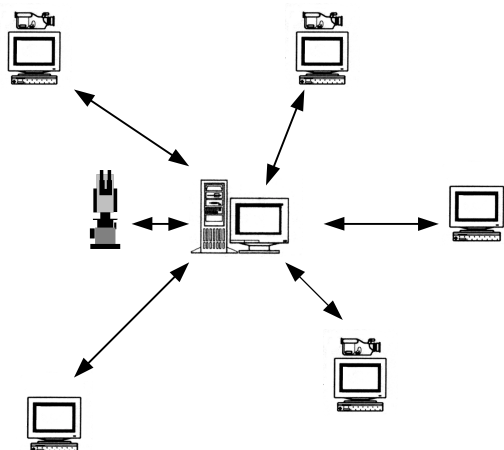
Realizacja zadań telepatologii wymaga wykorzystania systemów multimedialnych spełniających określone warunki techniczne:

a) Wierność odwzorowania obrazu wysokiej rozdzielczości na ekranie monitora. Obrazy powinny charakteryzować się rozdzielczością powyżej 1000×1000 punktów i być reprezentowane za pomocą 24 bitów na każdy punkt obrazu. Charakterystyka barwna kamery powinna być dostosowana do charakterystyki monitora. Wskazane jest zastosowanie monitorów kalibrowanych zapewniających wysoką wierność i stabilność odtwarzania barw istotnych w procesie diagnozowania patomorfologicznego. Obraz powinien być przesyłany cyfrowo bez zakłóceń. Dla transmisji wskazane jest zastosowanie kompresji bezstratnej. Zastosowanie kompresji małostratnej grozi już po kilku cyklach kodowania i dekodowania istotnymi zakłóceniami barwy, co może niekorzystnie wpływać na warunki diagnozowania.

b) Ze względu na duże rozmiary plików reprezentujących badane obrazy konieczne jest stosowanie szybkich połączeń o prędkościach transmisji przynajmniej 100Mb/s. Konieczny jest więc dostęp terminali do usług szerokopasmowych realizowanych z wykorzystaniem łącz światłowodowych.

c) Zdalne sterowanie mikroskopem obejmuje zmiany powiększenia, przesuwanie stolika oraz ustawianie ostrości.

d) Komunikacja wideokonferencyjna oraz tekstowa między patologami pracującymi przy stacjach graficznych obejmuje: przesyłanie dźwięku i obrazu w systemie wideokonferencyjnym, pokazywanie wybranego elementu obrazu za pomocą wskaźnika oraz przekazywanie informacji tekstowych.



Rys.1. Gwiazdowa struktura systemu aplikacji klient serwer

3. OGÓLNE WŁAŚCIWOŚCI SYSTEMU

Założono, że konstruowany system ma spełniać warunki techniczne określone w poprzednim punkcie. Te wymagania w trakcie dalszych prac przybrały postać systemu o następującej konfiguracji:

a) System został zaprojektowany w strukturze gwiazdy jako aplikacja typu klient-serwer. Ogólną strukturę systemu pokazuje rys. 1.

Zaproponowano konfiguracje komputerów wg tabeli 1. Konfiguracja taka zapewnia prawidłowe i pełne wykorzystanie oprogramowania.

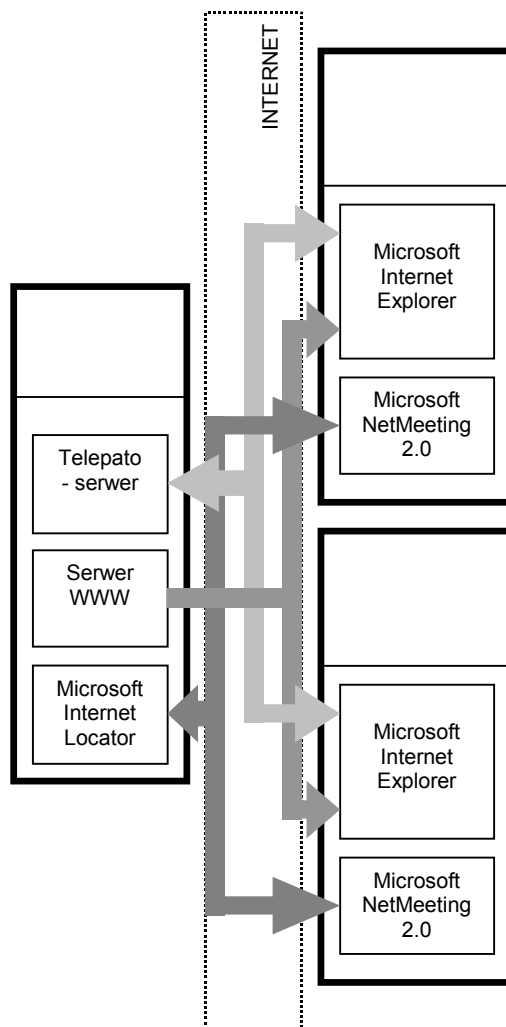
b) Ze względu na uniwersalność stacje graficzne wyposażono w karty sieciowe FastEthernet oraz w karty do transmisji światłowodowej. Zainstalowane karty sieciowe FastEthernet umożliwiają szybką transmisję w lokalnej sieci o przepływności 100Mb/s. Karty do transmisji światłowodowej duplexowej umożliwiają bezpośrednią łączność na odległość kilkudziesięciu kilometrów w dedykowanym łączu wykorzystującym światłowód jednomodowy. Dla realizacji szybkiej transmisji obrazu zaprojektowano i wykonano system dwukierunkowej jednowiąłkowej transmisji światłowodowej DFE 13/15.

c) System zaprojektowano do współpracy z kolorowymi kamerami cyfrowymi wysokiej rozdzielczości zgodnymi ze standardem *Twain* np. DMC-1 firmy Polaroid. Akwizycja dokonywana jest poprzez złącze UltraWide SCSI.

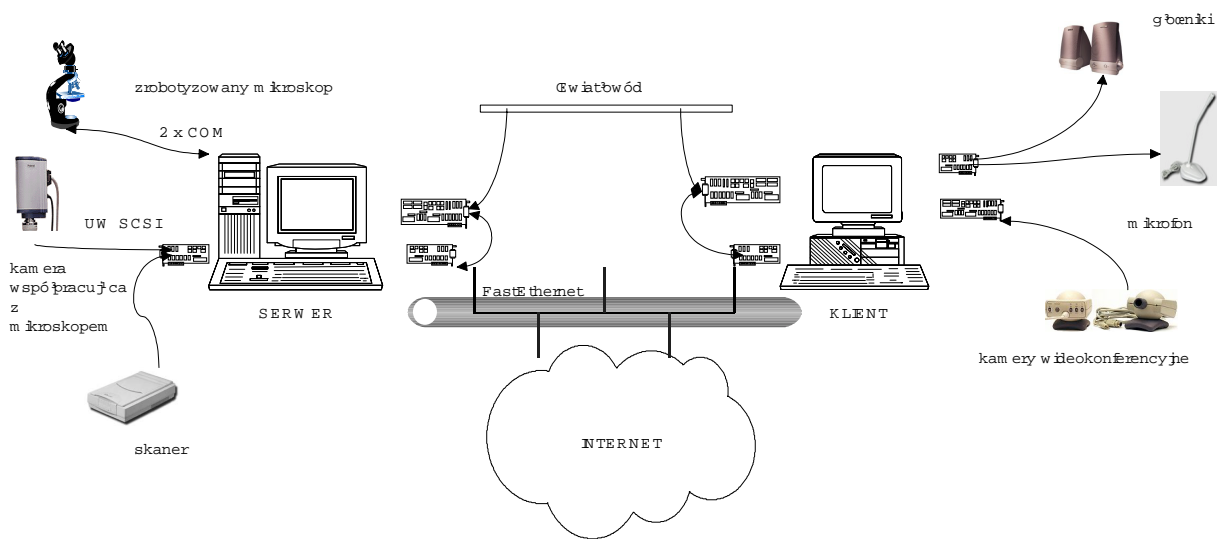
d) System jest przeznaczony do współpracy ze zrobotyzowanymi mikroskopami na przykład z mikroskopem Axioplan 2 firmy Zeiss, którego działanie jest sterowane z komputera poprzez dwa złącza szeregowo RS-232.

Tabela 1. Konfiguracja stacji roboczej nadawczej oraz odbiorczej

Serwer	Klient
<ul style="list-style-type: none"> • Procesor <i>Pentium II</i> 450 MHz • Pamięć operacyjna RAM 128 MB • Sterownik UW SCSI • Dysk stały • Monitor kolorowy 21'' • Karta graficzna • Karta sieciowa FastEthernet • Karta do transmisji światłowodowej duplexowej 100 Mb/s • Zrobotyzowany mikroskop • Kolorowa kamera cyfrowa do współpracy z mikroskopem • System operacyjny: <i>Microsoft Windows NT Server 4.0</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesor <i>Pentium II</i> 450 MHz • Pamięć operacyjna RAM 128 MB • Sterownik UW SCSI • Dysk stały • Monitor kolorowy 21'' • Karta graficzna • Karta dźwiękowa • Głośniki i mikrofon • Zestaw wideokonferencyjny: karta i kamera • Karta sieciowa FastEthernet • Karta do transmisji światłowodowej duplexowej 100 Mb/s • System operacyjny: <i>Microsoft Windows NT Workstation 4.0</i>



Rys.2. Przepływ strumieni danych między dwoma klientami oraz serwerem w proponowanym systemie telepatologicznym



Rys.3. Przykładowa konfiguracja systemu

a) W komputerach zamontowane są karty umożliwiające realizację usług wideokonferencyjnych w systemie *Windows NT*. W ramach tej usługi przesyłany jest sygnał wizyjny oraz sygnał akustyczny.

b) Dedykowane oprogramowanie jest dostępne poprzez Internet jako strona WWW. Aplikacja klienta jest uruchamiana po załadowaniu odpowiedniej strony WWW. Załadowanie strony uruchamia niezależny od platformy sprzętowej aplet języka *JAVA* umożliwiający zdalne sterowanie mikroskopem oraz oglądanie uzyskanych obrazów mikroskopowych. Przyjęty sposób realizacji oprogramowania umożliwia uruchamianie aplikacji klienta niezależnie od typu sprzętu.

c) System wyposażony jest w specjalne moduły programowe do przeprowadzania bezstratnej kompresji obrazów kolorowych wysokiej rozdzielczości ulepszoną przez autorów metodą zgodną z nowym standardem ISO DIS 14495

4. SERWER

Oprogramowanie stacji roboczej nadawczej zostało napisane w języku *C++* i zostało przewidziane do współpracy z systemem operacyjnym *Windows NT* wersja 4.0. Do uruchomienia oprogramowania wymaga się instalacji serwera *Windows NT* wraz z usługą serwera WWW. Komputer z tym oprogramowaniem odgrywa rolę serwera udostępniającego w sieci Internet zasoby zdalnie sterowanego mikroskopu sprzężonego z kamerą.

Sercem całego systemu jest oprogramowanie uruchamiane równoległe z serwerem WWW. Realizuje ono następujące funkcje:

- Podstawowym zadaniem jest sterowanie pracą mikroskopu. Odbywa się to poprzez wywołanie odpowiednich funkcji z bibliotek na żądanie wysyłane poprzez klienta. Ponieważ z założenia sterowanie mikroskopu odbywa się zdalnie, oprogramowanie to zarządza komunikowaniem się użytkowników, przyjmuje wiadomości sterujące mikroskopem i rozsyła obraz pobrany z kamery. Informacja taka rozsyłana jest do wszystkich stacji odbiorczych uczestniczących w sesji.

- Obsługa kamery dokonywana jest poprzez interfejs *Twain*. Oprogramowanie odwołuje się do metod zaimplementowanych w sterowniku, co umożliwia akwizycję obrazu z kamery.

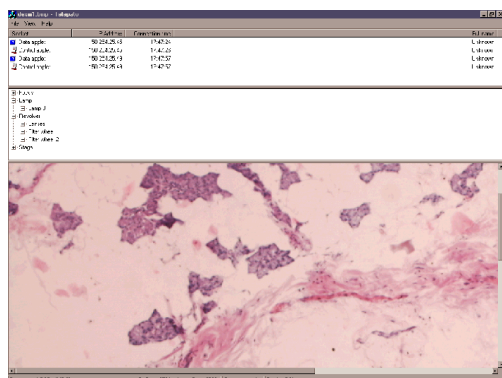
- Komunikacja między osobami uczestniczącymi w sesji telepatologicznej może odbywać się na dwa sposoby. Pierwszy polega na przekazywaniu wiadomości tekstowych między wszystkimi użytkownikami podłączonymi do portu sterującego mikroskopem. Jest to funkcja *chat*, która została zaimplementowana po stronie oprogramowania klienta. Drugim sposobem jest wideokonferencja, która umożliwia porozumiewanie się kilku osób lub grup osób przy wykorzystaniu strumieni informacyjnych zawierających głos, obraz, grafikę i informacje sterujące. Realizacja połączenia trzech lub więcej punktów w sieci łączy się ze wskazaniem węzła sterującego usługą konferencyjną. Zadaniem tego węzła jest realizacja procedur przyłączania, odłączania i przydzielania prawa głosu uczestnikom konferencji, koordynacji współdziałania poszczególnych elementów systemu, konfiguracji środowiska sieciowego i zaangażowanych terminali. Węzłem takim jest serwer *Microsoft Internet Locator*, który jest serwerem katalogów. Umożliwia on tworzenie grup

użytkowników mających odpowiednie przywileje i ograniczenia.

- Kolejną ważną funkcją jaką spełnia serwer jest podgląd i monitorowanie całego systemu poprzez wizualną prezentację adresów podłączonych komputerów, czas ich logowania się do systemu oraz numer portu. Kolejnym zadaniem jest monitorowanie parametrów pracy mikroskopu. Na ekranie są pokazywane podstawowe dane mikroskopu: położenie statywu i stołu, użyty obiektyw, filtr, lampa itd. Do funkcji serwera należy także monitorowanie wiadomości przekazywanych od klientów oraz wyświetlanie obrazu uzyskiwanego z mikroskopu i rozsyłanie go do stacji odbiorczych.

Pomiędzy wymienionymi usługami największe znaczenie ma umożliwienie zdalnego dostępu do mikroskopu oraz kamery poprzez sieć komputerową. Dzięki temu każdy użytkownik po podłączeniu do serwera może sterować mikroskopem oraz pobierać obraz z kamery podłączonej do niego. Sterowanie polega na wyborze aktywnego obiektywu, zmianie oświetlenia próbki, możliwości przesuwania stołu oraz korekcji ostrości. Zmiana ustawień na jednej ze stacji podłączonych do serwera powoduje uaktualnienie ustawień na pozostałych stacjach. Po zmianie parametrów mikroskopu użytkownik może zaktualizować oglądany obraz wydając polecenie pobrania obrazu z kamery. Odświeżenie obrazu zapoczątkowane przez jednego użytkownika skutkuje wysłaniem świeżo pobranego obrazu z kamery do pozostałych osób podłączonych do serwera.

Należy w tym miejscu dodać, że źródłem obrazu może być także plik dyskowy lub dowolne inne urządzenie zgodne ze standardem *Twain*, na przykład skaner. Takie rozwiązanie umożliwia np. rozsyłanie skanowanych zdjęć, także wykonanych w zakresie promieniowania rentgenowskiego. Program serwera umożliwia archiwizację obrazów poprzez ich zapis w plikach dyskowych



Rys.4. Okno aplikacji serwera

5. KLIENT

Jak już wspomniano, oprogramowanie dostępne jest dla użytkowników poprzez stronę WWW (rys. 5). Takie rozwiązanie zostało wybrane ze względu na konieczną niezależność od platformy systemowej. Do

realizacji tego zadania zostały wybrane języki HTML oraz JAVA.

W celu uruchomienia aplikacji należy w przeglądarce WWW wybrać stronę serwera nadawczego z podłączonym mikroskopem. Strona główna aplikacji (rys. 5) zrealizowana została w technologii HTML. Spełnia ona funkcje autoryzacji i wyboru trybu pracy. Zdefiniowano dwa tryby dostępu:

- Tryb chroniony hasłem umożliwiający sterowanie mikroskopem i akwizycje obrazów.
- Tryb swobodny umożliwiający jedynie oglądanie obrazów mikroskopowych. Ten tryb został utworzony głównie z myślą o studentach.

W środkowej części strony głównej znajduje się pole tekstowe, w które należy wpisać hasło dostępu warunkujące uruchomienie aplikacji w trybie pełnego sterowania pracą mikroskopu i kamery. Autoryzacja przebiega w sposób dyskretny, chroniąc hasło podczas jego wpisywania.

Po dokonaniu autoryzacji uruchamiana jest aplikacja w jednym z trybów: z pełnym dostępem do wszystkich funkcji mikroskopu lub w trybie obserwatora.

Aplikacja uruchamiana po stronie klienta została napisana jako strona WWW w technologii HTML zawierająca aplety w języku JAVA. Zaprojektowana aplikacja składa się z dwóch apletów. W zależności od założonego trybu pracy uruchamiany jest odpowiedni aplet.

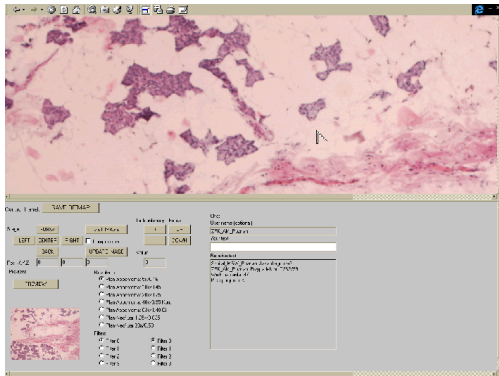
Aplikacja klienta umożliwia nawiązywanie komunikacji z serwerem, zdalne sterowanie mikroskopem, odbiór obrazów przesyłanych poprzez port z serwera, dekodowania skompresowanych obrazów w standardzie ISO DIS 14495 oraz wyświetlanie i blokowanie wskaźnika, którym można wskazywać interesujące fragmenty obrazu. Możliwa jest także wymiana informacji tekstowych między osobami zalogowanymi do systemu.

Oprogramowanie klienta umożliwia osobie pracującej przy stacji roboczej odbiorczej zapisywanie obrazów jako plików dyskowych.



Rys.5. Strona główna aplikacji

Usługa wideokonferencji jest związana z osobnym oknem realizowanym przez program NetMeeting firmy Microsoft. Usługa wideokonferencji jest związana z osobnym oknem realizowanym przez program NetMeeting firmy Microsoft.



Rys.6. Okno użytkownika

6. KOMPRESJA BEZSTRATNA

W systemie zaimplementowano bezstratną kompresję obrazów kolorowych. Zasadnicze etapy algorytmu kompresji to:

- a) Transformacja barw.
- b) Predykcja adaptacyjna.
- c) Adaptacyjne kodowanie entropowe.

Realizując algorytm kompresji zwrócono uwagę na jego złożoność obliczeniową, która kształtuje się na poziomie bliskim złożoności algorytmu LOCO będącego podstawą standardu ISO DIS 14495. Zaimplementowany algorytm jest zresztą zgodny z tym standardem. Zastosowana przez autorów transformacja kolorów zwiększa wartości współczynników kompresji w stosunku do wartości uzyskiwanych bezpośrednio dla obrazu RGB za pomocą algorytmu LOCO o około 30 – 50%. Można więc uznać, że przyjęte rozwiązanie daje wartości współczynnika kompresji bliskie granicy osiągalnej przy współczesnym stanie techniki i znacznie większym nakładzie obliczeń.

Algorytm powoduje zmiany wartości próbek nie przekraczającą 1 LSB dla składowej czerwonej i zielonej oraz 2 LSB dla składowej niebieskiej, gdzie LSB oznacza wielkość wyrażoną przez najmniej znaczący bit. Wymienione zmiany występują tylko w pierwszym cyklu kodowania i dekodowania. Następne cykle są w pełni bezstratne.

Zmiany wartości próbek obrazu nie powodują zmiany barwy ani jasności, która mogłaby być zauważona przez obserwatora. Te drobne zmiany występujące w pierwszym cyklu kompresji i dekompresji mogą być uznane jako akceptowalna niedokładność akwizycji.

Wyższość zaproponowanego algorytmu nad technikami prawie bezstratnymi ujętymi w algorytmach LOCO i CALIC została przebadana i wykazana.

Uzyskanie współczynnika kompresji ok. 3 pozwala na przesłanie obrazu kolorowego pełnej założonej rozdzielczości w ciągu ok. 15 sekund w przypadku połączenia o prędkości transmisji 1Mb/s oraz ok. 30 sekund w przypadku połączenia o prędkości transmisji 500kb/s.

Tabela 2. Uzyskane wartości współczynnika kompresji

Obraz testowy	Rozmiar obrazu	Współczynnik kompresji
<i>c40_1</i>	762 × 512	3,29
<i>desm1</i>	1600 × 1200	3,88
<i>desm15</i>	1600 × 1200	3,98
<i>desmvg1</i>	1600 × 1200	4,17
<i>desmvg6</i>	1600 × 1200	3,76
<i>e25_1</i>	762 × 512	3,85
<i>sarco1</i>	1600 × 1200	3,03
<i>sarco8</i>	1600 × 1200	3,02

7. SYSTEM TRANSMISJI ŚWIATŁOWODOWEJ

U podstaw koncepcji realizacji światłowodowego kanału dedykowanego leży przeświadczenie, że niektóre zastosowania telemedyczne będą wymagały względnie stałej sieci połączeń o dużej niezawodności i wysokiej jakości. Wymaganie przepływności rzędu 100Mb/s może być w sieciach lokalnych, miedzianych wypełnione jedynie przy bardzo krótkich zasięgach. Tymczasem w zastosowaniach telemedycznych istnieje potrzeba przekazywania obrazów np. pomiędzy ośrodkami medycznymi na obszarze dużego miasta. Taką możliwość, przy założonych parametrach transmisji dają obecnie jedynie łącza światłowodowe.

Przyjęto następujące założenia:

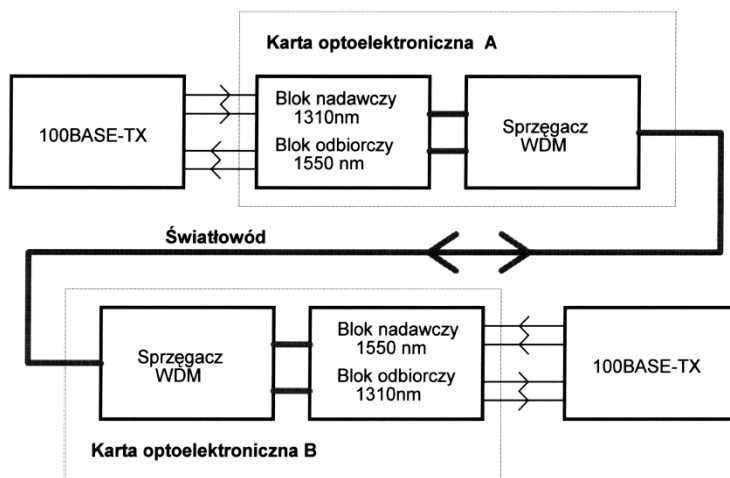
- kanał optyczny ma stanowić alternatywę poszerzającą możliwości transmisyjne sieci lokalnej i jego urządzenia mają współpracować z kartą sieciową Fast Ethernet pracującą w standardzie 100 Base Tx
- minimalny zasięg transmisji 20 km, z możliwością jego powiększenia przy zastosowaniu dodatkowych środków
- dwukierunkowa transmisja powinna być zrealizowana na jednym włóknie światłowodowym. Powody tego założenia są dwa. Pierwszy to niemały koszt inwestycyjny lub wynajmu związany z drugim włókniem, drugi to wygoda obsługi (pojedyncze złącze optyczne)

Ze względu na wymagany zasięg, konieczne jest zastosowanie nadajników laserowych i włókna jednomodowego, przy czym biorąc pod uwagę niewielkie wymagania częstotliwościowe, może to być włókno ze standardową charakterystyką dyspersyjną, a więc popularnie obecnie stosowane.

Realizacja dwukierunkowej transmisji w jednym włóknie wymaga zastosowania jednej z metod zwielokrotnienia kanałów optycznych. Po analizie kosztów różnych rozwiązań wybrano zwielokrotnienie WDM, przy czym kanał w jednym kierunku (upstream) umieszczono w II oknie transmisyjnym przy długości fali 1310 nm a kanał zwrotny (downstream) w III oknie przy 1550 nm. Taki wybór pozwala na zastosowanie prostych szerokopasmowych sprzęgaczy WDM i względnie tanich filtrów dla rozdzielenia kierunków transmisji. Elementy te, wraz z nadajnikiem i odbiornikiem optycznym i towarzyszącymi im

układami zasilania i stabilizacji oraz odpowiednim złączem elektrycznym RJ-45 i optycznym FC-PC umieszczono na specjalizowanej karcie optycznej,

której konstrukcja pozwala na umieszczenie w komputerze.



Rys.7. Przyjęta idea realizacji dwukierunkowej transmisji w jednym włóknie.

Karta ta współpracuje z kartą Fast Ethernet, powiększając jej możliwości transmisyjne. Ponieważ sygnał elektryczny generowany przez kartę elektryczną jest trójpoziomowy, z zastosowaniem kodu transmisyjnego MTL3, potrzebna była decyzja, czy konwertować strumień ternarny do binarnego, charakterystycznego dla transmisji światłowodowej, czy zdecydować się na trójpoziomą transmisję optyczną. Po analizie, zdecydowano się na transmisję trójpoziomą. Wprawdzie detekcja binarna jest mniej wrażliwa, a realizacja transmisji ternarnej wymaga autorskiego opracowania to jednak rozwiązanie takie jest prostsze układowo, gdyż nie jest wtedy potrzebne transkodowanie a transmisja zajmuje węższe pasmo, co ułatwia konstrukcję odbiornika.

Karty optyczne zostały opracowane w Katedrze Elektroniki AGH przez zespół w składzie: P.Krehlik, M.Lipiński, Ł.Śliwczyński, A.Wolczko. Ich działanie zostało sprawdzone w próbach polowych. Parametry użytkowe kart przedstawione są w tabeli 3.

Tabela 3. Parametry użytkowe kart światłowodowych

	tor 1310 nm	tor 1550 nm
Moc optyczna na wyjściu	-5 dBm	-6,5 dBm
Czułość odbioru	-20 dBm	-21 dBm
Zasięg	> 40 km	> 60 km

Jak widać, zasięg systemu znacznie przekracza założoną wartość. W przypadku, gdyby jednak zaistniała konieczność dalszego jego powiększenia, można rozważyć zastosowanie mocniejszych laserów nadawczych lub regenerację sygnału w linii.

8. PODSUMOWANIE

Działanie systemu zostało sprawdzone eksperymentalnie w Instytucie Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej. Ponadto system transmisji światłowodowej został przebadany

w Katedrze Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Badania funkcjonowania systemu były prowadzone w trakcie integracji systemu w Instytucie Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej.

Szczegółowo testowano dedykowane oprogramowanie. Stwierdzono jego znaczną niezawodność i możliwość pracy z różnymi komputerami. Dokonano uruchomień aplikacji klienta na komputerach różnych typów, z różnymi procesorami i różnymi kartami graficznymi. We wszystkich przypadkach nie zaobserwowano żadnych trudności w pracy aplikacji.

9. SPIS LITERATURY

- [1] X. Wu, "Lossless compression of continuous-tone images via context selection, quantization, and modeling", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 6, 1997, pp. 656-664.
- [2] M.J. Weinberger, G. Seroussi, G. Sapiro, "LOCO-I: a low complexity lossless image compression algorithm", *Proc. IEEE Data Compression Conf.*, New York, 1996.
- [3] K. Gregory, R. Robichaux, B. Merkel, M.Pope, "Tworzenie aplikacji internetowych z użyciem Visual C++", LT&P Sp. z o.o., Warszawa.
- [4] R.C. Leinecker, "Visual C++ 5 Narzędzia programowania", Mikom, Warszawa 1997.
- [5] B. Stroustrup, "Język C++", Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995.
- [6] [Http://www.twain.org](http://www.twain.org)
- [7] B. Campbell, R. Darnell, "Dynamic HTML", Wydawnictwo Helion, Gliwice 1998.
- [8] W. Romowicz, "HTML i JavaScript", Wydawnictwo Helion, Gliwice 1998.
- [9] M. Domański, K.Rakowski, "Bezstratna kompresja obrazów medycznych", PWT99, druk w tym tomie.