



Zagadnienia projektowania systemu teleradiologii

Projektowanie systemu teleradiologii stawia nas przed wyborem pomiędzy jakością pracy przyszłego systemu a ekonomią rozwiązania. W poniższym artykule autor podpowiada, w jaki sposób, znając potrzeby użytkownika, stworzyć wydajną infrastrukturę teleradiologiczną.

W dzisiejszych czasach rozmiary plików w medycznym obrazowaniu cyfrowym zwiększają się proporcjonalnie do wzrostu jakości akwizycji obrazu. Wartość ta waha się od kilku megabajtów w przypadku ultrasonografii do ok. 800 megabajtów w 64-rzędowej tomografii komputerowej. Myśląc więc o systemie teleradiologii należy już na etapie jego projektowania dokładnie określić potrzeby użytkownika i dostosować do nich parametry systemu.

Zasadniczymi pytaniami, na które należy odpowiedzieć, jest przeznaczenie systemu teleradiologii, wymagania użytkowników wobec szybkości pracy systemu, rodzaje przesyłanych badań oraz ich stopień kompresji. Wszystkie te elementy są ściśle ze sobą powiązane i tylko odpowiednie ich dobranie pozwoli stworzyć efektywny zarówno z praktycznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia, system teleradiologii.

Rodzaje badań i ich wielkość

W zależności od rodzaju wykonywanych przez placówkę badań otrzymujemy różną objętość danych obrazowych. Przeciętne wielkości różnego typu badań przedstawia tab. 1.

Objętość plików może być zbyt duża, aby stworzyć praktyczny system teleradiologii. Żeby obniżyć wielkość danych przeznaczonych do transmisji, badania powinny być skompresowane przed wysłaniem.

Rozróżniamy dwa rodzaje kompresji – bezstratną (ang. *lossless*) oraz kompresję stratną (ang. *lossy*). Terminy te są w pełni zrozumiałe zarówno dla informatyków, jak i dla radiologów. Pojawił się jednak nowy, trudny do ścisłego zdefiniowania, termin – kompresja wizualnie bezstratna, której efektem jest obraz wizualnie akceptowalny diagnostycznie pomimo użycia stratnej kompresji.

Kompresja bezstratna jest w pełni odwracalna, tzn. podczas kompresji obrazu nie tracimy żadnych informacji i podczas wyświetlania obrazu rozkompresowanego otrzymujemy dokładnie taką samą jakość, jaką miał pierwowzór. Z medycznego punktu widzenia oznacza to, że ten rodzaj kompresji powinien być stosowany dla placówek satelitarnych, które docelowo mają opisywać przychodzące badania lub przychodzące badania mają być użyte do dalszego przetwarzania, np. rekonstrukcji trójwymiarowych. Przeciętnie kompresja bezstratna zmniejsza 3-krotnie wielkość badania (stopień kompresji od 3:1 do 3,5:1). Dotyczy to badań ultrasonograficznych, mammograficznych oraz radiologii komputerowej, natomiast współczynnik kompresji dla badań tomograficznych i rezonansu magnetycznego może być nieco większy – od 3:5 do 4:1.

Znacznie wydajniejsza jest kompresja stratna, która jednak powoduje utratę in-

Tab. 1.

Rodzaj badania	Wielkość obrazu	Liczba obrazów na badanie	Wielkość badania [MB]
mammografia	4760 x 5840 x 12 bitów	4–6	40–70
radiologia komputerowa	3480 x 4240 x 12 bitów	1–5	20–50
angiografia	1024 x 1024 x 16 bitów	10–40	10–30
tomografia – aparat 1-rzędowy	512 x 512 x 12 bitów	40–300	20–120
tomografia – aparat 16-rzędowy	512 x 512 x 12 bitów	200–1000	90–300
tomografia – aparat 64-rzędowy	512 x 512 x 12 bitów	2000 – 3000	500 – 800
rezonans magnetyczny	512 x 512 x 12 bitów	80–700	10–130
ultrasonografia	512 x 512 x 8 bitów	20–60	5–30

formacji z obrazu. Ta metoda kompresji jest niekiedy akceptowana w medycynie, ale stosowana przede wszystkim do obrazów ruchomych, np. w angiografii, gdzie wpływ artefaktów na przydatność diagnostyczną obrazu jest znacznie mniejszy w porównaniu do obrazów statycznych, czyli mimo stosowania wysokiego współczynnika kompresji otrzymujemy obraz wizualnie akceptowalny diagnostycznie. Przykładem skrajnie odwrotnym może być próba opisanie skompresowanego stratnie obrazu mammograficznego. Mimo otrzy-

DICOM, obejmując zarówno kompresję stratną, jak i bezstratną. Jego zaletą jest powszechna implementacja oraz niskie wymagania wydajności obliczeniowej sprzętu komputerowego.

Innym stosowanym algorytmem kompresji jest kompresja *wavelet*. Kluczową zaletą tego typu algorytmów kompresji jest zachowanie bardzo dobrej jakości obrazu przy wysokim stopniu kompresji stratnej (przeciętnie 20:1), w porównaniu do obrazu o tym samym stopniu kompresji w standardzie JPEG.

” Przy projektowaniu systemu teleradiologicznego należy uwzględnić wymagania poszczególnych placówek wobec czasu dostępu do badań ”

mania obrazu wizualnie bezstratnego lekarz radiolog nie może mieć pewności czy zaistnienie albo brak drobnego cienia jest efektem zastosowanej kompresji, czy też szczególnie diagnostycznie istotnym, np. mikrozwapnieniem. Podobnie – inne wymagania co do obrazu kości będzie miał ortopeda, a inne reumatolog. Dlatego też kompresja stratna powinna być stosowana jedynie w placówkach, które otrzymane badania będą używać do publikacji. W zależności od rodzaju badań stosuje się współczynniki kompresji stratnej od 10:1 do 20:1.

Jednym z najczęściej stosowanych algorytmów kompresji w obrazowaniu medycznym jest algorytm JPEG. Jest on oficjalnie zaimplementowany w standardzie

Różnicę rozmiarów badań dla różnego rodzaju kompresji przedstawia tab. 2.

Przesyłanie danych. Czas transmisji

Kolejnym elementem, który należy uwzględnić przy projektowaniu systemu teleradiologicznego jest wymaganie poszczególnych placówek wobec czasu dostępu do badań. Tu pojawiają się dwie możliwości: taka, w której dla placówki satelitarnej nie ma znaczenia czy badania zostaną dostarczone natychmiast po ich wykonaniu, oraz druga możliwość, w której czas dostępu do wykonanych badań powinien być jak najkrótszy.

Praktycznym przykładem pierwszej możliwości są akademie medyczne, odbierające badania w celach przeglądowych lub nauko-

Tab. 2.

Rodzaj badania	Wielkość badania [MB]	Wielkość badania w zależności od rodzaju kompresji [MB]		
		bezsratna JPEG (od 3:1 do 4:1)	stratna JPEG (około 10:1)	Wavelet (ok. 15:1)
mammografia	40–70	13–23	4–7	3–5
radiologia komputerowa	20–50	7–17	2–5	1,5–3,5
angiografia	10–30	3–10	1–3	0,5–2
tomografia – aparat 1-rzędowy	20–120	5–40	2–12	1,5–8
tomografia – aparat 16-rzędowy	90–300	25–80	9–30	6–20
tomografia – aparat 64-rzędowy	500–800	125–200	50–80	34–54
rezonans magnetyczny	10–130	2,5–43	1–13	0,5–9
ultrasonografia	5–30	2–10	0,5–3	0,5–2

” Kompresja stratna powinna być stosowana jedynie w placówkach, które otrzymane badania będą używać do publikacji ”

wych, w których badania mogą być przesyłane selektywnie jako szczególne przypadki, gdzie zwłoka w ich przesłaniu nie jest najistotniejszym czynnikiem dla użytkowników. W tym przypadku placówki mogą być połączone za pomocą taniego łącza o małej przepustowości, m.in. ze względu na możliwość wykorzystania stratnej kompresji.

Przykładem drugiej możliwości jest opisywanie badań zaraz po ich wykonaniu. W tym przypadku w jednej placówce, np. w przychodni dysponującej radiologią komputerową, wykonywane są przez technikę ekspozycje, które natychmiast po ich ocenie technicznej trafiają na stację diagnostyczną lekarza radiologa w innej placówce, w celu ich opisanie. Ten scenariusz wymaga łącza o dużej przepustowości i niezawodności.

Każda z tych możliwości wymaga innego podejścia do wyboru rodzaju łącza transmisyjnego i jego przepustowości, które są krytycznymi czynnikami wydajności systemu teleradiologii. W związku z tym przy wyborze rodzajów łącza i dostawcy internetowego należy kierować się kilkoma kryteriami.

Pierwszym kryterium jest wybór pomiędzy łączem symetrycznym a asymetrycznym. Przy łączach asymetrycznych prędkość wysyłania danych jest niższa od prędkości ich odbierania. Ta cecha jest przydat-

na dla placówek, które będą tylko odbierać badania zaś wysyłać jedynie dane o małej objętości, takie jak słowny opis badania. Łącza symetryczne są wskazane w miejscach, które będą jednocześnie odbierać i wysyłać duże pliki obrazowe.

Kolejnym kryterium jest czas reakcji serwisowej dostawcy w przypadku awarii łącza. Doświadczenie wskazuje, że zwłaszcza w przypadku instalacji medycznych, długi czas reakcji jest nie do zaakceptowania. Jednak na rynku polskim istnieją już profesjonalni dostawcy usług telekomunikacyjnych posiadający w standardzie własne 24-godzinne centra monitoringu, godzinny czas reakcji serwisowej i gwarantowany 7-godzinny czas naprawy.

Innym istotnym kryterium jest oferowana pula adresowa. W przypadku systemów teleradiologicznych ważne jest, aby system miał przydzielone stałe zewnętrzne adresy IP oraz aby zawsze miał zapas dodatkowych adresów. W tym punkcie należy uważnie przyrzeć się projektowanej liczbie placówek w systemie i dalszym planom jego rozwoju.

Ostatnim, najważniejszym kryterium przy wyborze łącza jest jego przepustowość. Przy jego doborze należy wziąć pod uwagę typ transmitowanych badań, wybrany stopień ich kompresji oraz wymagania użytkownika wobec czasu dostępu do badań.

Tab. 3.

Prędkość łącza [Mb/sek]	Czas transmisji 20 MB [min:s]	Średnie czasy transmisji różnych typów badań (przy kompresji bezstratnej 3:1)				
		mammografia, radiologia komputerowa	angiografia, ultrasonografia	rezonans magnetyczny, tomografia 1-rzędowa	tomografia komputerowa 16-rzędowa	64-rzędowa
0,5	5:36	5:40	1:41	12:07	24:15	55:57
1	2:48	2:50	0:50	6:03	12:07	27:58
2	1:24	1:25	0:25	3:01	6:03	14:00
4	0:42	0:43	0:13	1:30	3:01	7:00

” Łącza symetryczne są wskazane w miejscach, które będą jednocześnie odbierać i wysyłać duże pliki obrazowe ”

Ale nawet w przypadku największych wymagań, kiedy użytkownik systemu teleradiologicznego będzie chciał opisywać badania natychmiast po ich wykonaniu, trzeba pamiętać, że czas transmisji całego badania na poziomie ok. 10 min jest akceptowalny – zwykle tyle wynosi średni czas przerwy pomiędzy typowymi wykonywanymi badaniami radiologicznymi.

Przeciętne czasy transmisji różnego typu badań dla różnego typu prędkości łącza przedstawia tab. 3.

Praktyczne rozwiązania teleradiologii w Europie

Na terenie Europy istnieje kilka dużych instalacji teleradiologicznych. Najbardziej znane to: projekt partnerski Kliniki Villingen-Schwenningen, która łączy ze sobą 5 szpitali, projekt partnerski Kliniki Ludwigsburg-Bietigheim łączący 10 szpitali oraz projekt partnerski Szpitala Uniwersyteckiego w Ulm łączący ze sobą 6 szpitali. Wszystkie te projekty zostały opracowane przez firmę Agfa, która jako jedyna na rynku w Europie posiada dedykowane dla profesjonalnej teleradiologii rozwiązanie *Teleradiologiczny Web1000*. Istotnymi cechami tej platformy jest anonimizacja danych pacjenta, obsługa wielu rodzajów i stopni kompresji obrazów. Platforma ta umożliwi również obsługę nawet 50 równoczesnych użytkowników, mających możliwość wspólnej konsultacji badań. Kolejną ważną cechą

jest możliwość dostosowania architektury systemu teleradiologii do metody pracy.

Wyżej wspomniana platforma została również użyta w projekcie Europejskiego Centrum Teleradiologicznego – *Eurad Consult*, które świadczy usługi opisywania badań m.in. dla Afryki Południowej, Szwajcarii oraz Holandii. Placówka mieści się w Belgii, zatrudniając specjalistów zarejestrowanych w kilku krajach Unii Europejskiej oraz Stanach Zjednoczonych. Eurad Consult opisuje badania wszystkie typy badań obrazowych, łącznie z badaniami PET. Dla klientów, którzy mają własny system RIS/HIS placówka oferuje możliwość integracji i wprowadzania opisów bezpośrednio do systemu klienta.

Jednak największym jest Projekt Pomierania, obejmujący obszar basenu Morza Bałtyckiego – Niemcy, Polskę i Szwecję. Celem tego projektu jest zwiększenie poziomu opieki onkologicznej. W tym celu stworzono teleradiologiczne centrum raka, w którego skład wchodzi 5 szpitali z miejscowości Greifswald, Stralsund, Bergen, Pasewalk i Ueckermünde. Aktualnie do projektu dołącza 5 szpitali z Niemiec i Szwecji oraz 2 polskie szpitale ze Szczecina i z Koszalina. Projekt ten został również stworzony przy współpracy z firmą AGFA, która otrzymała za niego nagrodę Frost & Sullivan za strategię biznesową w międzynarodowych projektach informacyjnych dla sektora opieki zdrowotnej.

Tomasz Andrzejewski
konsultant ds. systemów medycznych
AGFA Sp. z o.o.