Czytaj lub słuchaj artykuł online

Zeskanuj kod QR, aby otworzyć artykuł na XO.PL

Źródło artykułu:

https://xo.pl/it-na-wesolo-net-osi

SIECI KOMPUTEROWE

Model OSI, czyli siedem pięter biurokracji na Autostradzie Pakietów

Na Autostradzie Pakietów otwarto nowy urząd. Nie był to zwyczajny urząd. Miał siedem pięter, dwie identyczne siedziby — jedną dla nadawcy, drugą dla odbiorcy — oraz wielką tablicę: „MODEL OSI. WINDY BRAK. KAŻDY WYDZIAŁ ODPOWIADA ZA SWOJĄ ROBOTĘ”.

Pan Kierownik przyjechał osobiście, ponieważ usłyszał słowo „model” i uznał, że ktoś zamówił nowy samochód służbowy. Grzesiu przyjechał, ponieważ usłyszał słowo „sieć” i słusznie podejrzewał, że za chwilę ktoś odłączy kabel. Pani Agnieszka przyszła z jednym prostym zadaniem: wysłać wiadomość z pytaniem o fakturę.

— DLACZEGO SIEDEM PIĘTER?! — zażądał wyjaśnień Kierownik.

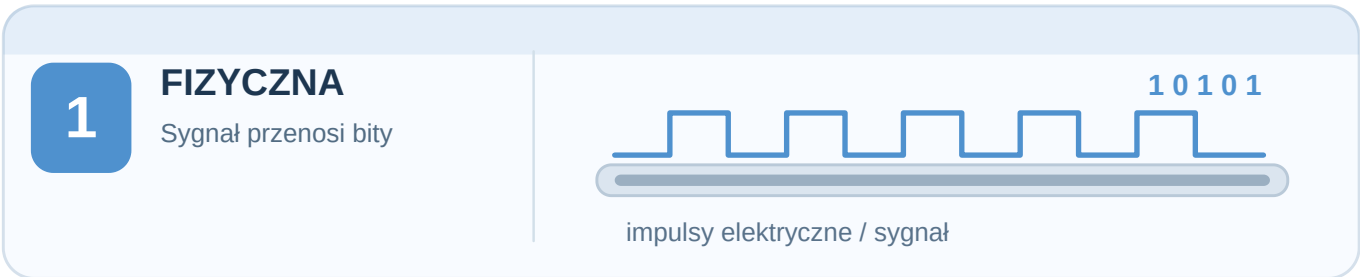
— Bo każda warstwa rozwiązuje inny problem — odpowiedział Grzesiu.

— A ÓSME?

— O ósmym porozmawiamy na końcu. Niestety znam już jego kierownika.

Model OSI (Open Systems Interconnection) to siedmiowarstwowy model odniesienia opisujący funkcje potrzebne do komunikacji sieciowej. Nie jest siedmioma obowiązkowymi programami, które trzeba zainstalować, ani dokładnym planem konstrukcyjnym Internetu. Pozwala za to zrozumieć, co odpowiada za sygnał, lokalne połączenie, trasę, transport danych i usługi aplikacji. Zaczniemy od fundamentów: od warstwy pierwszej.

Piętro pierwsze — fizyczna. Nie ma sygnału, nie ma imprezy



Na parterze pracował elektryk, monter światłowodów i specjalista od radia. Kierownik wszedł, rozejrzał się po kablach i natychmiast znalazł przedłużacz.

— TO JA MOŻE TO ODŁĄCZĘ, BO PRZESZKADZA!

— Panie Kierowniku, proszę niczego nie odłączać — powiedział Grzesiu. — To jest właśnie warstwa, bez której wszyscy powyżej mogą co najwyżej wysyłać sobie listy gołębiami.

Warstwa 1 — fizyczna odpowiada za przenoszenie bitów jako sygnałów przez określone medium: przewód miedziany, światłowód albo fale radiowe. Opisuje cechy transmisji, takie jak sposób sygnalizacji, parametry elektryczne lub optyczne, złącza i inne wymagania konkretnej technologii. Bit to logiczne zero albo jedynka; w przewodzie czy w powietrzu nie latają jednak małe kartoniki z cyframi, tylko rzeczywiste zmiany sygnału.

Przykład? Dwa urządzenia połączone Ethernetem. Jeżeli kabel jest uszkodzony albo interfejs nie zestawia połączenia, wyższe warstwy nie naprawią brakującego sygnału odpowiednim zaklęciem. Z drugiej strony samo świecenie diody portu nie dowodzi, że aplikacja działa. Potwierdza jedynie pewien stan łącza.

— A JEŚLI NAPISZĘ NA KABLU „INTERNET”, TO BĘDZIE SZYBCIEJ?

— Nie. Ale jeśli napisze pan „NIE ODPINAĆ”, zwiększy pan szanse, że nadal będzie działał.

Na tablicy piętra zapisano: **jednostka informacji — bity; pytanie — czy sygnał w ogóle może przejść?** Warstwa fizyczna nie zna adresu IP, nazwy strony ani numeru portu. Jest od przenoszenia sygnału, nie od czytania listu.

Piętro drugie — łącza danych. Kto jest po drugiej stronie tego odcinka?



Piętro wyżej urzędnicy pakowali dokumenty w ramki. Na każdej umieszczali informacje potrzebne do dostarczenia przesyłki na bieżącym odcinku sieci. Kierownik natychmiast zażądał, by na każdej ramce napisać „Kraków”.

— Ale my jesteśmy na lokalnym łączu — zauważył pracownik. — Potrzebujemy wiedzieć, komu przekazać ramkę *teraz*, a nie tylko, gdzie leży ostateczny cel podróży.

Warstwa 2 — łącza danych organizuje wymianę **ramek** w obrębie konkretnego łącza lub lokalnej domeny komunikacyjnej. W sieci Ethernet występują tu między innymi adresy MAC, przełączanie ramek i mechanizmy wykrywania uszkodzeń, takie jak FCS. Sprawdzenie sumy kontrolnej pomaga wykryć uszkodzoną ramkę, ale samo z siebie nie zapewnia jej niezawodnego ponownego dostarczenia.

Grzesiu postawił na stole trzy modele budynków: komputer Agnieszki, przełącznik i router.

— Komputer chce wysłać dane do serwera poza swoją siecią. Jaki adres MAC umieści w ramce Ethernet na pierwszym odcinku?

— SERWERA, PRZECIEŻ TO OCZYWISTE! — oświadczył Kierownik.

— Zwykle adres MAC następnego urządzenia na lokalnym odcinku, na przykład bramy. Adres IP docelowego serwera zostanie w pakiecie. Gdy router przekaże pakiet dalej przez kolejne łącze, powstanie dla niego odpowiednia nowa ramka.

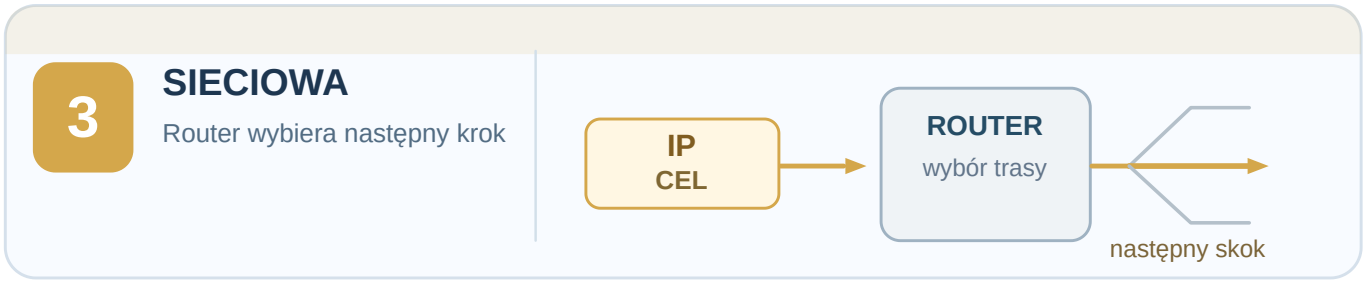
To niezwykle ważne rozróżnienie: **ramka warstwy 2 służy do przekazania danych na danym odcinku, a pakiet IP z warstwy 3 może podróżować przez wiele takich odcinków.** Mechanizmy takie jak ARP w IPv4 czy Neighbor Discovery w IPv6 pomagają ustalić informacje potrzebne do komunikacji z sąsiadem; nie zamieniają jednak adresów MAC w globalny system trasowania.

— Czyli przełącznik nie musi znać adresu hotelu na drugim końcu świata?

— Nie. I bardzo dobrze, bo jeszcze by mu pan kazał układać trasę na podstawie koloru koperty.

Na tablicy: **jednostka — ramka; pytanie — jak przekazać dane na tym konkretnym łączu?**

Piętro trzecie — sieciowa. Adres celu to nie instrukcja skrętu



Na trzecim piętrze stała ogromna mapa Autostrady Pakietów. Setki dróg, wiele miast, objazdy i tablice kierunkowe. Przy stanowisku siedział dyspozytor z tabelą routingu. Kierownik wskazał palcem Kraków.

— WIEM, DOKĄD JEDZIEMY. PROSZĘ JECHAĆ PROSTO!

— Mostu nie ma — powiedział dyspozytor.

— TO PROSZĘ JECHAĆ BARDZIEJ PROSTO!

Warstwa 3 — sieciowa posługuje się adresowaniem logicznym, na przykład IPv4 i IPv6, oraz umożliwia przekazywanie pakietów pomiędzy sieciami. Router sprawdza docelowy adres IP i na podstawie swojej tablicy wybiera następny krok, czyli następny router albo odpowiednie wyjście. Nie musi znać całej przyszłej podróży pakietu; kolejne routery podejmują własne decyzje.

Przykład: laptop Agnieszki ma adres z jej domowej sieci, a serwer znajduje się w innej. Lokalny przełącznik nie wytyczy trasy przez Internet. Pakiet trafia do bramy, a później do kolejnych routerów. W tym samym czasie adres MAC w ramkach może zmieniać się na poszczególnych odcinkach, lecz docelowy adres IP w zwykłym przekazywaniu pakietu pozostaje adresem celu. Istnieją wyjątki związane z translacją adresów czy tunelowaniem, ale nie są one podstawową zasadą routingu.

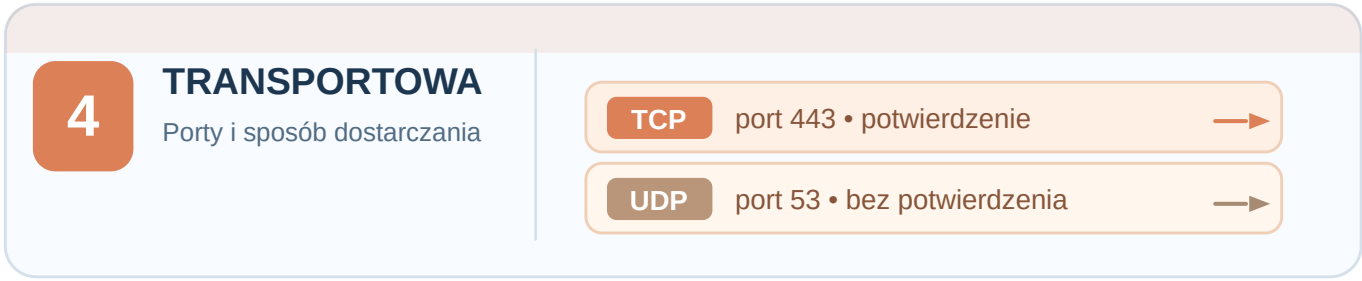
— TO DLACZEGO PAKIET NIE JEDZIE ZAWSZE NAJKRÓTSZĄ DROGĄ?!

— Bo trasa zależy od dostępnych informacji, polityki routingu i parametrów sieci. Najkrótsza na mapie nie musi być wybrana. O tym szerzej opowiadamy w **historii o routingu**.

Warstwa 3 nie gwarantuje, że wszystkie pakiety dotrą, nie wybiera aplikacji odbiorcy i nie naprawia zerwanego kabla. W IPv4 i IPv6 obowiązują również mechanizmy ograniczające życie pakietu w sieci, aby nie krążył bez końca.

Na tablicy: **jednostka — pakiet; pytanie — dokąd logicznie ma dotrzeć i jaki jest następny krok?** Więcej o samym adresowaniu znajdziesz w **opowieści o adresach IP**.

Piętro czwarte — transportowa. Dostarczono do budynku, ale do którego okienka?



Na czwartym piętrze pracowały dwie firmy kurierskie, które nasi czytelnicy już znają: TCP i UDP. Przed nimi leżał stos przesyłek. Wszystkie miały trafić do tego samego budynku, lecz do różnych działów.

— Przecież jest adres IP! — zdziwił się Kierownik. — CZEGO JESZCZE CHCECIE?!

— IP wskazuje urządzenie — odpowiedział Grzesiu. — A na nim może jednocześnie pracować przeglądarka, serwer WWW, klient poczty i mnóstwo innych programów. Trzeba rozróżnić rozmowy.

Warstwa 4 — transportowa zapewnia komunikację między odpowiednimi punktami końcowymi usług, a w przypadku TCP i UDP wykorzystuje między innymi **numery portów**. Para adresów IP wraz z protokołem i portami pomaga rozróżnić poszczególne strumienie lub wymiany danych. Nie myl portu TCP/UDP z fizycznym gniazdem przełącznika — nazwa jest ta sama, funkcja zupełnie inna.

Elegancki kurier TCP podniósł formularz.

— Przy połączeniu TCP uzgadniamy rozpoczęcie rozmowy. Pilnuję kolejności bajtów, potwierdzeń, retransmisji, kontroli przepływu i reagowania na przeciążenie.

Drugi kurier, UDP, już wychodził.

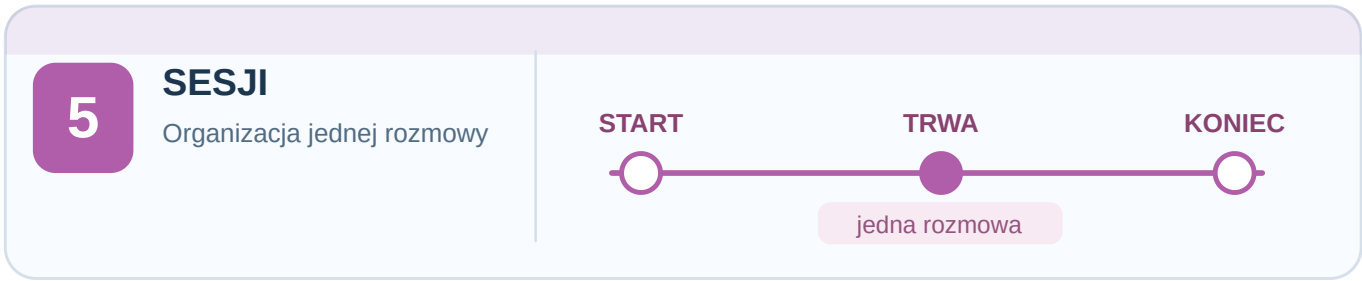
— A ja wysyłam datagram. Bez obietnicy dostarczenia, kolejności i automatycznych retransmisji w samym UDP. Jeżeli aplikacja potrzebuje dodatkowych mechanizmów, może je zorganizować inaczej.

— CZYLI UDP JEST ZEPSUTY?!

— Nie — odpowiedział Grzesiu. — Jest prostszy i służy do innych potrzeb. Nie każda wiadomość wymaga listu poleconego. A nowoczesne protokoły mogą budować własną niezawodność nad UDP. Zresztą mamy o tym osobną **opowieść o TCP i UDP**.

Na tablicy: **jednostka — segment TCP lub datagram UDP; pytanie — do której komunikacji i jakim sposobem dostarczać dane?** Warstwa 4 nie wyznacza trasy pomiędzy routerami i nie musi rozumieć treści strony WWW.

Piętro piąte — sesji. Kto z kim rozmawia i czy nadal rozmawia?



Na piątym piętrze zorganizowano salę spotkań. Recepcjonistka miała kalendarz rozmów, listę uczestników i wielką pieczątkę „ZAKOŃCZONO”. Kierownik wszedł bez pukania.

— PROSZĘ NATYCHMIAST ZAKOŃCZYĆ WSZYSTKIE SESJE, ŻEBY OSZCZĘDZIĆ PAPIER!

— Nie wszystkie rozmowy kończą się po jednym zdaniu — westchnęła recepcjonistka.

Warstwa 5 — sesji w modelu OSI opisuje organizację dialogu między współpracującymi aplikacjami: ustanawianie, prowadzenie, synchronizowanie i kończenie sesji, zależnie od potrzeb konkretnego rozwiązania. Pomyśl o wieloetapowej wymianie danych, w której obie strony muszą wiedzieć, że nadal uczestniczą w tej samej rozmowie, a czasem również gdzie mogą ją wznowić.

— Czy sesja to po prostu połączenie TCP? — zapytała Agnieszka.

— Nie. TCP ma własny stan połączenia, ale w modelu OSI funkcje sesyjne są czymś pojęciowo innym. Jedna sesja aplikacyjna może obejmować wiele połączeń transportowych, a rozmowa nad UDP również może mieć własny stan. Nie wolno stawiać znaku równości między warstwą 5 a każdym połączeniem TCP.

W rzeczywistym Internecie nie zawsze znajdziemy osobny protokół lub niezależny program nazwany „warstwa sesji”. Jej funkcje mogą być realizowane w aplikacjach i bibliotekach. To właśnie miejsce, w którym dosłowne przyporządkowywanie wszystkich współczesnych rozwiązań do siedmiu szufladek zaczyna wprowadzać w błąd.

— TO PO CO WYDZIAŁ, SKORO NIE MA OSOBNEGO OKIENKA?!

— Bo najpierw rozdzielamy obowiązki, żeby je zrozumieć. Później można wykonywać kilka obowiązków w jednym biurze.

Na tablicy: **pytanie — jak zorganizować i utrzymać przebieg rozmowy?**

Piętro szóste — prezentacji. Proszę mówić w zrozumiałym formacie



Szóste piętro zajmowali tłumacze, redaktorzy i specjaliści od pakowania danych. Kierownik przyniósł kartkę z napisem „Zażółć gęślą jaźń”, po czym oświadczył, że komputer po drugiej stronie na pewno sobie poradzi.

— A w jakim kodowaniu mamy przesłać tekst? — zapytała tłumaczka.

— POLSKIM!

— To nie jest kodowanie znaków, panie Kierowniku.

Warstwa 6 — prezentacji opisuje sposób reprezentowania i przekształcania informacji, tak aby obie strony rozumiały znaczenie przesyłanych danych. Chodzi na przykład o formaty, kodowanie znaków, serializację, kompresję oraz — w pewnych modelowych ujęciach — szyfrowanie i odszyfrowywanie. Tekst zapisany jako

UTF-8 to nie to samo co bajty zinterpretowane w zupełnie innym kodowaniu. A plik JPEG nie stanie się dokumentem tekstowym, tylko dlatego, że ktoś bardzo ładnie go nazwie.

Agnieszka podała urzędniczce dokument.

— Proszę go przygotować tak, żeby po drugiej stronie nikt nie musiał zgadywać, czy to tekst, zdjęcie, czy skompresowany plik.

— Świetnie. A jeśli w komunikacji stosowane jest szyfrowanie, odbiorca musi także dysponować odpowiednim sposobem odszyfrowania.

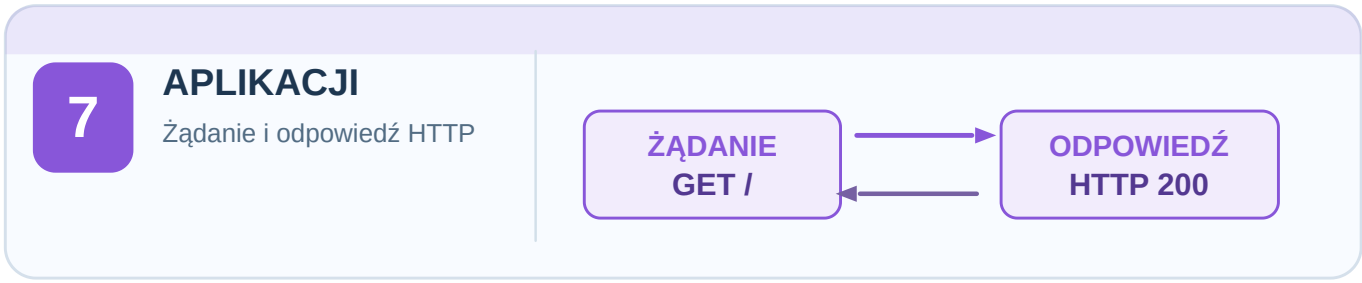
Tu ważne zastrzeżenie: w popularnym stosie TCP/IP formatowanie danych i TLS nie stanowią po prostu jednej, obowiązkowej i wyodrębnionej „warstwy 6”. To funkcje, które pomagają wyjaśniać zadania warstwy prezentacji, lecz rzeczywista implementacja może przebiegać inaczej.

— A CZY JAK WYŚLĘ NIEZROZUMIAŁE DANE, TO SIEĆ JE POPRAWI?!

— Nie. Sieć potrafi je dostarczyć całkiem poprawnie. To nie znaczy, że odbiorca je zrozumie.

Na tablicy: **pytanie — w jakiej postaci informacja ma być przedstawiona?**

Piętro siódme — aplikacji. Wreszcie ktoś wie, po co był cały ten zamęt



Na siódmym piętrze mieściło się okienko usług. Agnieszka otworzyła stronę WWW z fakturami. Kierownik podbiegł do urzędnika z okrzykiem:

— TO TUTAJ JEST CAŁY INTERNET?!

— Nie. Tutaj aplikacje korzystają z usług i protokołów sieciowych. Nie trzymamy Internetu w szafie.

Warstwa 7 — aplikacji opisuje protokoły i usługi komunikacyjne dostępne dla aplikacji. Przykładami są **HTTP** do wymiany żądań i odpowiedzi stron WWW, **DNS** do uzyskiwania informacji o nazwach czy protokoły pocztowe. Użytkownik widzi okno przeglądarki, ale okno nie jest definicją warstwy siódmej — ważny jest protokół, którego aplikacja używa do komunikacji.

— Chcę otworzyć stronę z fakturą — powiedziała Agnieszka.

— W takim razie aplikacja przygotuje odpowiednie żądanie. Niższe funkcje muszą zapewnić komunikację, ale nie one decydują, co oznacza żądanie HTTP.

— A SKĄD PRZEGLĄDARKA WIE, GDZIE JEST SERWER?!

— Między innymi dzięki mechanizmom nazw, takim jak **DNS**. A potem przydają się wszystkie piętra, które już poznaliśmy.

Na tablicy: **pytanie — jakiej usługi sieciowej potrzebuje aplikacja i jak ma się porozumieć z drugą stroną?**

Dwie siedziby urzędu i jedna wiadomość. Schodami, proszę!

Po zwiedzeniu wszystkich pięter Agnieszka postanowiła wreszcie wysłać pytanie o fakturę. Wówczas Kierownik zobaczył między budynkami wielką strzałkę i natychmiast zażądał szybkiej windy z siódmego piętra prosto na jezdnię.

— NIE MA SENSU SCHODZIĆ PRZEZ SZEŚĆ PIĘTER! PROSZĘ ZROBIĆ SKRÓT!

— W naszym modelu nie ma windy — oznajmił Grzesiu. — Każdy poziom wykonuje swoją część zadania.

Najpierw **u nadawcy** powstaje żądanie usługi (7). Dane otrzymują właściwą reprezentację i, gdy jest to potrzebne, obsługę dialogu (6 i 5). Transport przygotowuje swoją komunikację, na przykład segment TCP z portami (4). Warstwa sieciowa tworzy pakiet IP (3), łącza danych opakowuje go w ramkę odpowiednią dla bieżącego łącza (2), a fizyczna przenosi sygnały (1).

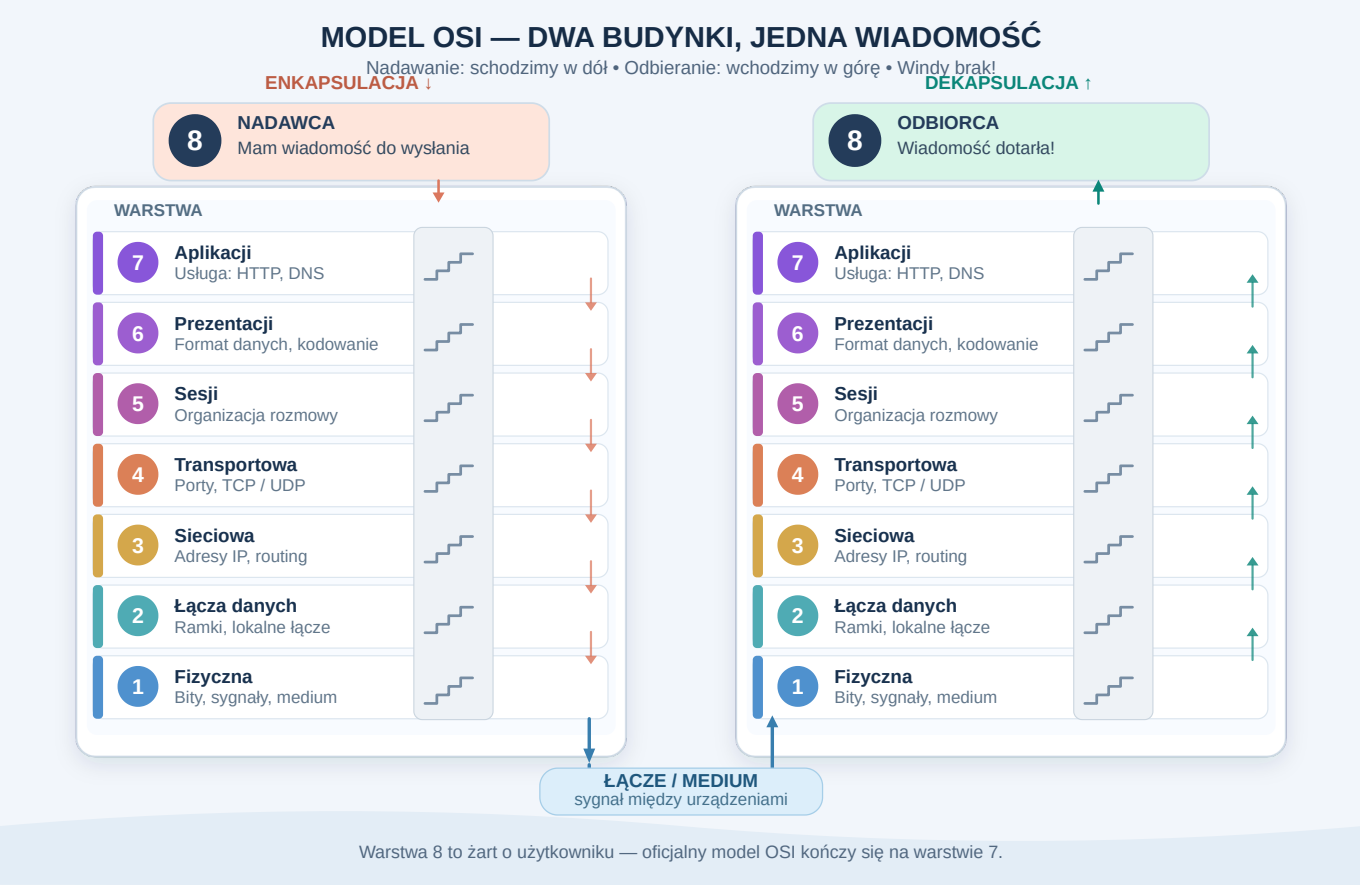
Po drodze router nie musi sprawdzać numeru faktury ani wchodzić na siódme piętro. Zwykły router IP zajmuje się przede wszystkim funkcjami warstw 1–3 na swoich interfejsach: odbiera ramkę, odczytuje i ocenia pakiet IP, ustala następny krok, a następnie wysyła go w odpowiedniej ramce dalej. Niektóre urządzenia świadczą też usługi wyższych warstw, ale to już inna historia.

U odbiorcy komunikacja przebiega w drugą stronę: sygnał (1), ramka (2), pakiet IP (3), właściwa komunikacja transportowa (4), funkcje związane z sesją i interpretacją danych (5 i 6), a wreszcie obsługa żądania w protokole aplikacyjnym (7). Serwer przygotowuje odpowiedź i wysyła ją z powrotem. W praktyce nadawca i odbiorca nie są przypisani do tych ról na zawsze — obie strony mogą zarówno wysyłać, jak i odbierać.

To uproszczona mapa funkcji, nie zapis obowiązkowej podróży przez siedem osobnych programów. Kluczowa idea nazywa się **enkapsulacją**: kolejne niższe warstwy dodają informacje potrzebne do swojej pracy. Po stronie odbiorczej odpowiednie informacje są interpretowane i usuwane, czyli następuje **dekapsulacja**. To dlatego można przewieźć żądanie HTTP przez wiele różnych sieci, nie zmuszając każdego przełącznika do rozumienia strony WWW.

— TO CHOCIAŻ PRZEZ OKNO MOŻNA WYRZUCIĆ PAKIET Z SIÓDMEGO NA PIERWSZE?!

— Można — odparł Grzesiu. — Ale wtedy będzie to bardzo krótki artykuł o uszkodzeniu przesyłki.



Co mówi numer piętra, gdy coś nie działa?

Nagle Agnieszka zgłosiła, że strona z fakturą przestała się otwierać. Kierownik natychmiast oznajmił:

— INTERNET NIE DZIAŁA! TRZEBA WYMIENIĆ CAŁY INTERNET!

— Zaczniemy od pytań — odpowiedział Grzesiu. — Jest sygnał i link? To trop z dołu. Czy urządzenie komunikuje się z lokalną bramą? Czy ma poprawną konfigurację IP i drogę do celu? Czy dociera do właściwego portu i usługi? Czy odpowiada DNS? Czy serwer zwraca błąd aplikacyjny?

Na tym polega praktyczna siła modelu OSI: **pozwala uporządkować diagnostykę według rodzaju problemu**. Brak fizycznego łącza, problem lokalnej ramki, brak trasy IP, niedostępny port i błędna odpowiedź HTTP nie są tą samą awarią, nawet jeżeli użytkownik opisuje je identycznym zdaniem: „Nie działa”.

Nie jest to jednak obowiązkowa lista testów wykonywanych zawsze od dołu. Doświadczony administrator może zacząć tam, gdzie wskazują objawy. Model daje język do rozmowy o problemie, a nie przepis na bezmyślne naciskanie przycisków od 1 do 7.

— JA TEŻ MAM DIAGNOZĘ! — zawołał Kierownik. — ZNOWU TEN KABEL!

— Tym razem serwer zwraca błąd uprawnień.

— TO KABEL NIE MA UPRAWNIEŃ?!

Warstwa ósma — gabinet dyrektora, którego nie było w projekcie

Po udanej naprawie Agnieszka odebrała odpowiedź z serwera. Siedem pięter pracowało jak należy. Sygnał dotarł, ramki przekazano, routery wybrały drogę, transport dostarczył dane, a aplikacja wyświetliła wiadomość.

Na dachu budynku odbiorcy zapalił się napis: „WARSTWA 8 — ODBIORCA ZADOWOLONY”.

Kierownik zmrużył oczy.

— A WIĘC JEDNAK JEST ÓSME PIĘTRO! TO MÓJ GABINET!

— Nie — odparł Grzesiu. — Oficjalny model OSI ma siedem warstw. „Warstwa 8” to żartobliwa nazwa użytkownika, czyli czynnika ludzkiego. Tego, który potrafi wykorzystać technologię świetnie albo jednym kliknięciem zamienić działającą usługę w zgłoszenie do helpdesku.

Kierownik spojrzał na ekran. Odpowiedź brzmiała: „Faktura dostępna po zalogowaniu”.

— NIC MI NIE PRZYSZŁO!

— Przyszło. Trzeba się zalogować.

— ALE JA NIE CHCĘ SIĘ LOGOWAĆ!

— W takim razie sieć wykonała swoje zadanie, a my wróciliśmy do warstwy ósmej.

Najważniejszy wniosek: siedem warstw pomaga zrozumieć siedem rodzajów zadań komunikacyjnych. Jedynka przenosi sygnał, dwójka obsługuje lokalny odcinek, trójka adresowanie i routing, czwórka transport między usługami, piątka organizację dialogu, szóstka reprezentację informacji, a siódemka protokoły i usługi aplikacyjne. W realnym Internecie funkcje te nie zawsze mają osobnych urzędników ani idealnie ostre granice. I właśnie dlatego model jest użyteczny: tłumaczy, *co* musi się wydarzyć, nie udając, że każda sieć musi wyglądać jak ten sam budynek.

Komunikat Centralnego Urzędu Obsługi Pakietów: obie siedziby pracują prawidłowo. Schody są drożne, windy nie przewidziano, wyjścia awaryjnego między warstwami nie znaleziono. Pan Kierownik zamówił tabliczkę „WARSTWA 8 — DYREKCJA”. Grzesiu zamówił tabliczkę „NIE DOTYKAĆ”. Zgadnij, która okazała się bardziej przydatna. 🚦🤣❤️