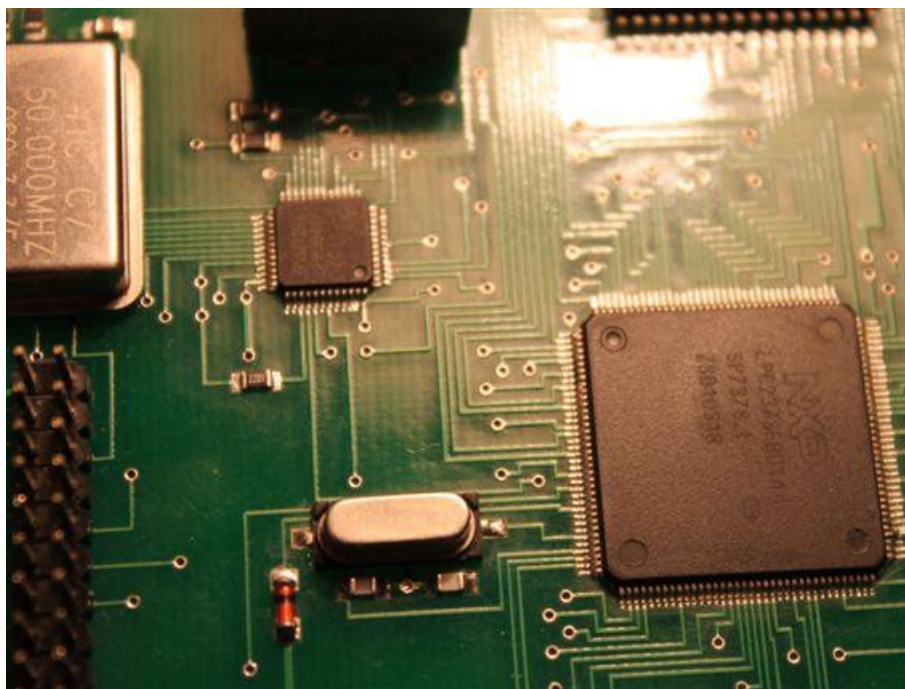


Andrzej Pawluczuk

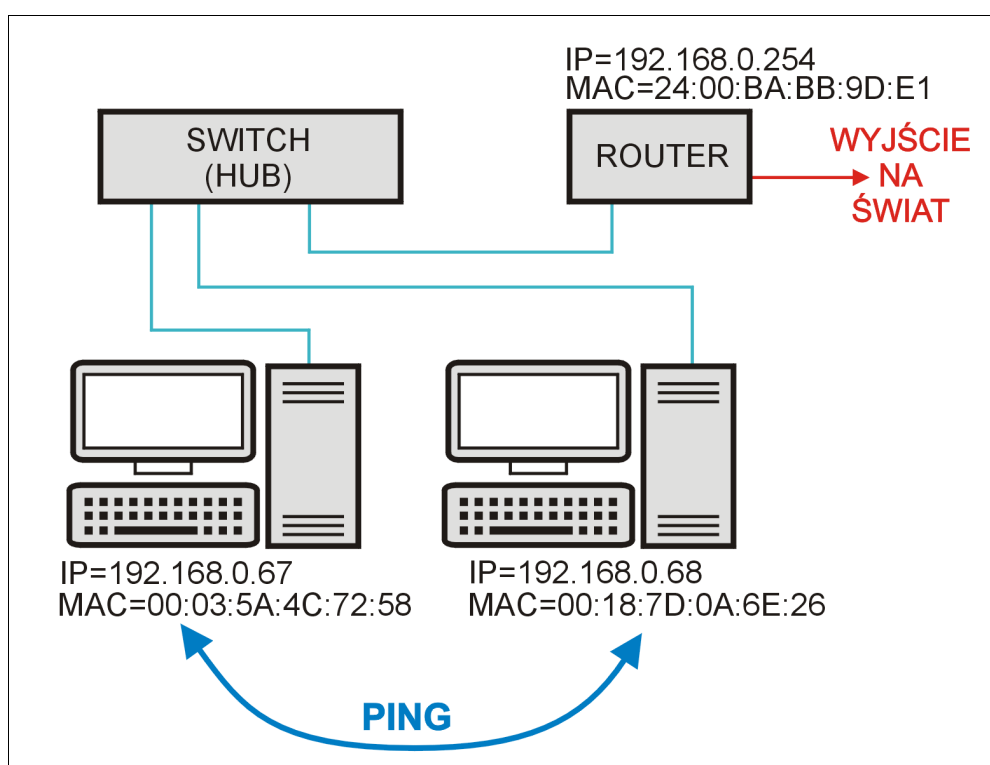


*Sieci komputerowe w praktyce elektronika
rozważania o transmisji danych*

Dla Elportal.pl

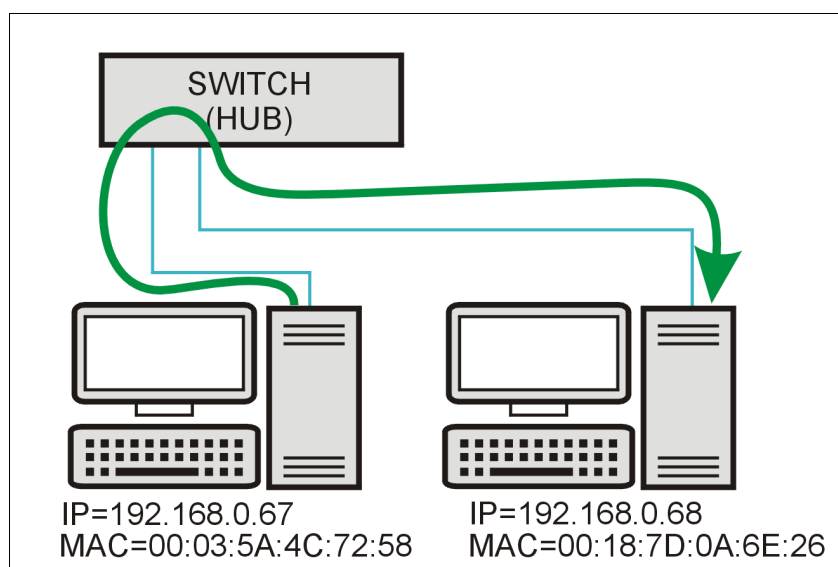
Przesyłanie w sieci ethernet dane, czyli ramki ethernetowe, są **zawsze** adresowane poprzez adresy MAC (ramka ethernetowa **zawsze** zawiera adres MAC adresata oraz adres MAC nadawcy). Jednak ludzie posługują się adresacją IP i jest to swoista nadbudowa logiczna w sieciach. Ponieważ sieci ethernet działają, to „jakoś radzą sobie” z tym problemem. W jaki sposób? O tym poniżej.

Niech będzie zbudowana sieć lokalna zobrazowana na rysunku 1, do której należą dwa komputery o unikalnych adresach IP (maska podsieci ma typową wartość 255.255.255.0).



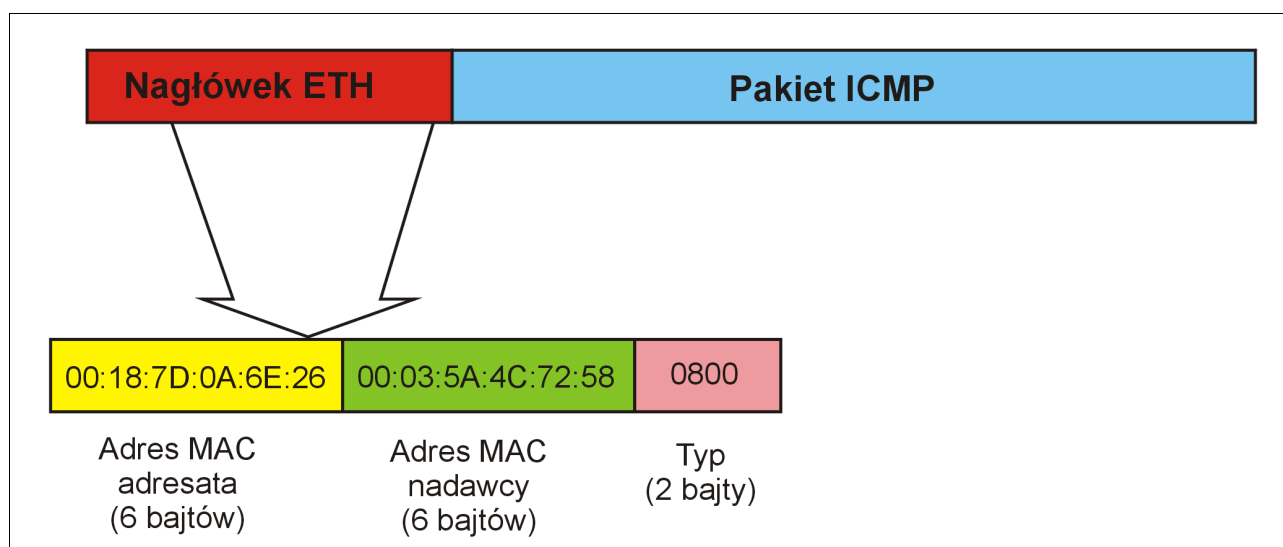
Rysunek 1: Test komunikacji

Z komputera o IP 192.168.0.67 wysyłany jest do drugiego komputera sygnał PING, który jest prośbą o odpowiedź. Odebranie takiego sygnału w stacji docelowej generuje zwrotną odpowiedź do nadawcy. W przypadku, gdy urządzenie wysyłające sygnał PING uzyska zwrotną odpowiedź, można wnioskować, że łączność pomiędzy dwoma komputerami jest sprawna. Sygnał PING (jako sygnał żądania odpowiedzi) jest jednym z wariantów protokołu komunikacyjnego ICMP (ang. Internet Control Message Protocol – internetowy protokół komunikatów kontrolnych). Jest to protokół warstwy sieciowej modelu OSI, wykorzystywany w diagnostyce sieci. Odebranie sygnału PING generuje odpowiednią informację zwrotną do nadawcy (odpowiedź na PING – inny wariant z protokołu ICMP). Popularny program o nazwie PING generuje odpowiedni komunikat i oczekuje na informację zwrotną. W przypadku windows po napisaniu w komputerze o IP 192.168.0.67 w okienku poleceń (CMD.EXE) przykładowo komendy *PING 192.168.0.68*, zostanie wysłany z komputera o IP 192.168.0.67 pakiet ICMP adresowany do komputera o IP 192.168.0.68 (jak pokazuje rysunek 2).



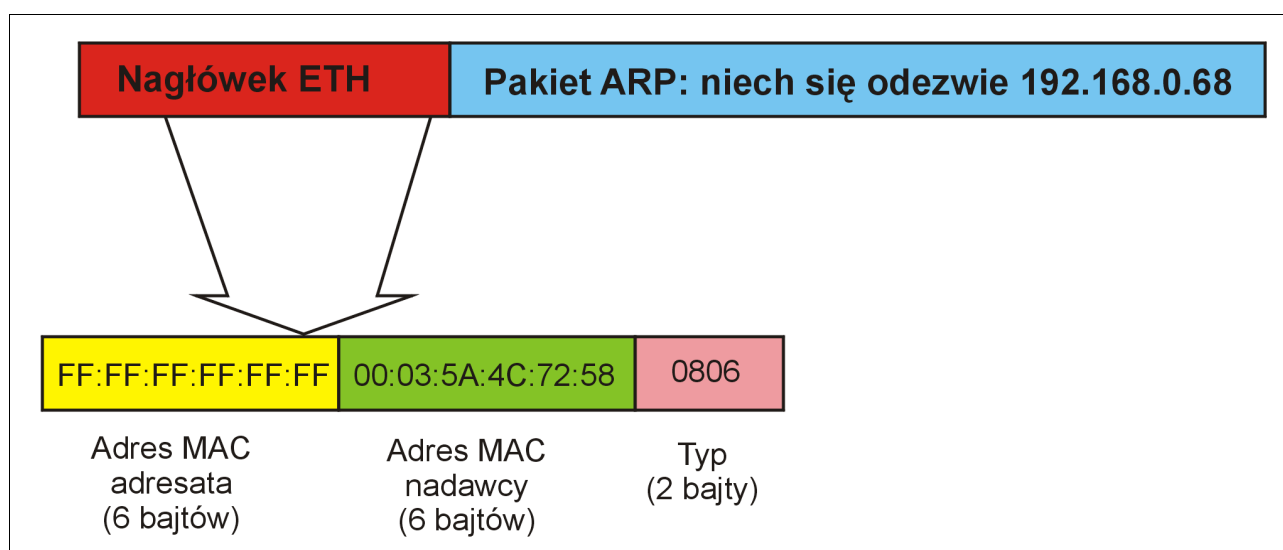
Rysunek 2: Droga jaką pokonuje pakiet PING (prośba o echo)

Z pozoru prosta czynność okazuje się trochę bardziej skomplikowaną. Po sformowaniu odpowiedniego pakietu (ICMP w wariancie żądania odpowiedzi), warstwa sieci modelu OSI przekazuje go do warstwy niższej: łącza danych, której zadaniem jest utworzenie odpowiedniej ramki danych do wysłania i przekazanie jej do warstwy fizycznej (którą należy utożsamiać ze specjalizowanym układem scalonym). Tu napotykamy największą niespodziankę: adres IP nie występuje jako adresat dla ramek ethernetowych. W rzeczywistości w warstwie sieci miejsce docelowe (oraz źródłowe) jest określone przez adres MAC (ang. Medium Access Control – sterowanie dostępu do medium komunikacyjnego). Adres MAC jest unikalnym w skali światowej numerem nadawanym przez producenta dla karty sieciowej. Jest to informacja 48-bitowa (6-cio bajtowa). Pierwsze 24 bity identyfikują producenta karty sieciowej, pozostałe 24 bity są unikatowym identyfikatorem danego egzemplarza karty. Zanim do warstwy fizycznej zostanie przesłana ramka zawierająca pakiet ICMP (przykładową postać pokazuje rysunek 3), musi być znany docelowy adres MAC (skojarzony z określonym adresem IP).



Rysunek 3: Przykładowa ramka ethernetowa zawierająca pakiet ICMP

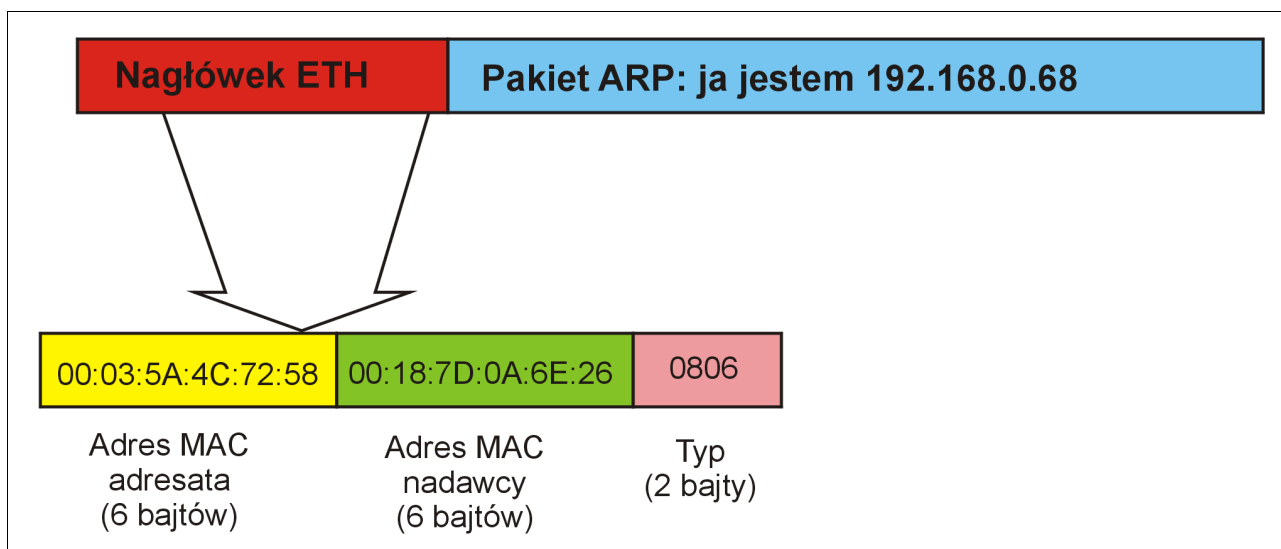
Po uruchomieniu komputera o IP 192.168.0.67 (zainicjowaniu karty sieciowej do pracy), znany jest jedynie własny adres MAC (przykładowo 00:03:5A:4C:72:58). Chcąc przesłać pakiet ICMP (zawierający żądanie o echo) do komputera o IP 192.168.0.68, niezbędna jest znajomość adresu MAC karty sieciowej w tym komputerze. W ramach ethernetowych do określenia adresata oraz nadawcy używane są adresy MAC. Chwilowo ten adres jest nieznany i do wypełnienia tej „luki w wiedzy” wysyłane jest do sieci zapytanie w ramach protokołu ARP (ang. Address Resolution Protocol) umożliwiające na kojarzenie adresów MAC z adresami IP. Ramka zapytania ARP pokazana jest rysunku 4. W miejscu przeznaczonym na adres docelowy MAC znajdują się same jedyńki (oznacza to tryb rozgłoszeniowy i ramki opatrzone takim adresem są odbierane przez każdą kartę sieciową fizycznie przyłączoną do sieci).



Rysunek 4: Zapytanie ARP

Zapytanie ARP, które można zinterpretować jako prośba „niech się odezwie ktoś, kto ma adres IP 192.168.0.68” jest odebrane przez komputer (IP 192.168.0.68)

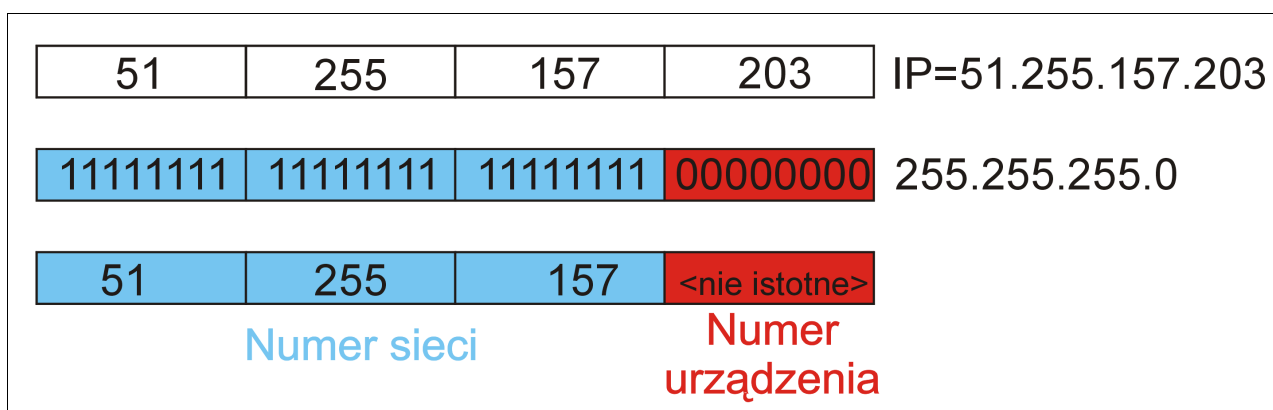
oraz router (IP 192.168.0.254). Ponieważ prośba dotyczy ściśle określonego komputera (identyfikowanego poprzez adres IP), odpowiada jedynie „zainteresowany”. Odpowiedź, również jako pakiet ARP, jest odesłana do nadawcy (jego adres MAC pochodzi z zapytania, więc jest znany, własny adres MAC jest zawsze znany). Pokazuje to rysunek 5.



Rysunek 5: Odpowiedź ARP

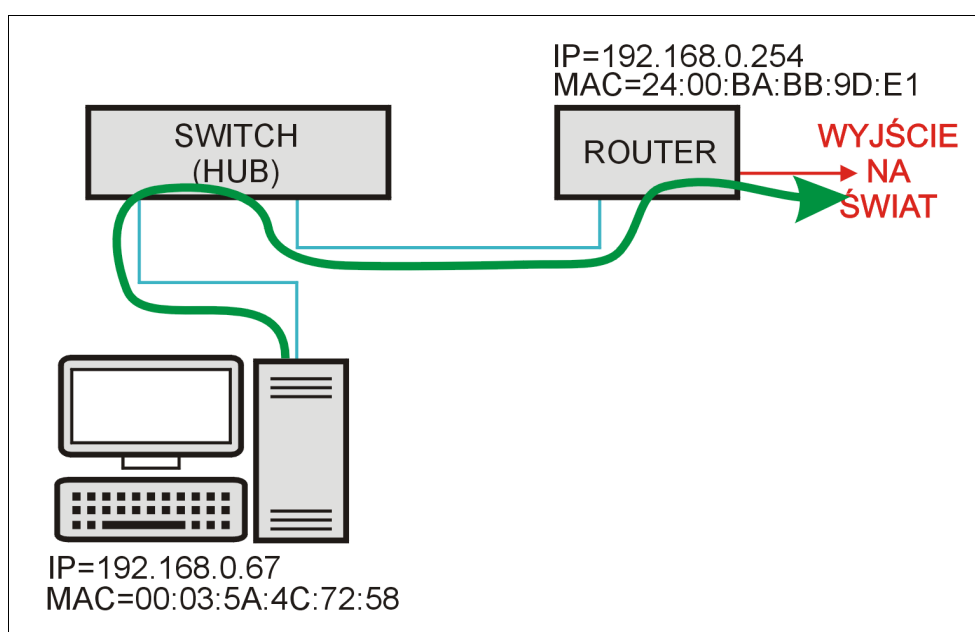
Po odebraniu takiej odpowiedzi, komputer wysyłający sygnał PING zapamiętuje adres MAC (tworzy tabelę kojarzącą adresy IP komputerów oraz adresy MAC kart sieciowych). Od tej chwili dalsza komunikacja między tymi komputerami nie będzie musiała być poprzedzona akcją zdobywania adresów MAC. Wysłany z IP 192.168.0.67 do IP 192.168.0.68 sygnał PING powinien wygenerować właściwą odpowiedź.

Naturalnym jest, że sygnał PING do testowania komunikacji może być również wysłany poza sieć lokalną. W okienku CMD w windows można wydać polecenie: *PING ELPORTAL.PL*. Spowoduje to w pierwszej kolejności przekształcenie nazwy domeny (elportal.pl) na adres IP (do tego celu wykorzystywany jest protokół DNS) oraz wysłanie sygnału PING na adres IP 51.255.157.203 (przynajmniej taki adres obowiązywał w chwili powstawania artykułu). Jak łatwo zauważyć (rysunek 6), docelowy numer sieci (równy 51.255.157.0 jako fragment docelowego adresu IP wyfiltrowany przez własną maskę podsieci równą 255.255.255.0) jest inny niż własny numer sieci (równy 192.168.0.0 – fragment własnego adresu IP w powiązaniu z własną maską podsieci).



Rysunek 6: Wyselekcjonowanie numeru sieci dla ELPORTAL.PL

W takim przypadku, pakiet ICMP musi zostać przesłany do routera, bramy domyślnej dla całego ruchu wychodzącego poza sieć lokalną (ten adres IP obok własnego adresu IP i maski podsieci stanowi podstawowy element konfiguracyjny, czyli jest znany dla oprogramowania komputera/urządzenia), czyli pod adres IP 192.168.0.254, jak pokazuje rysunek 7.

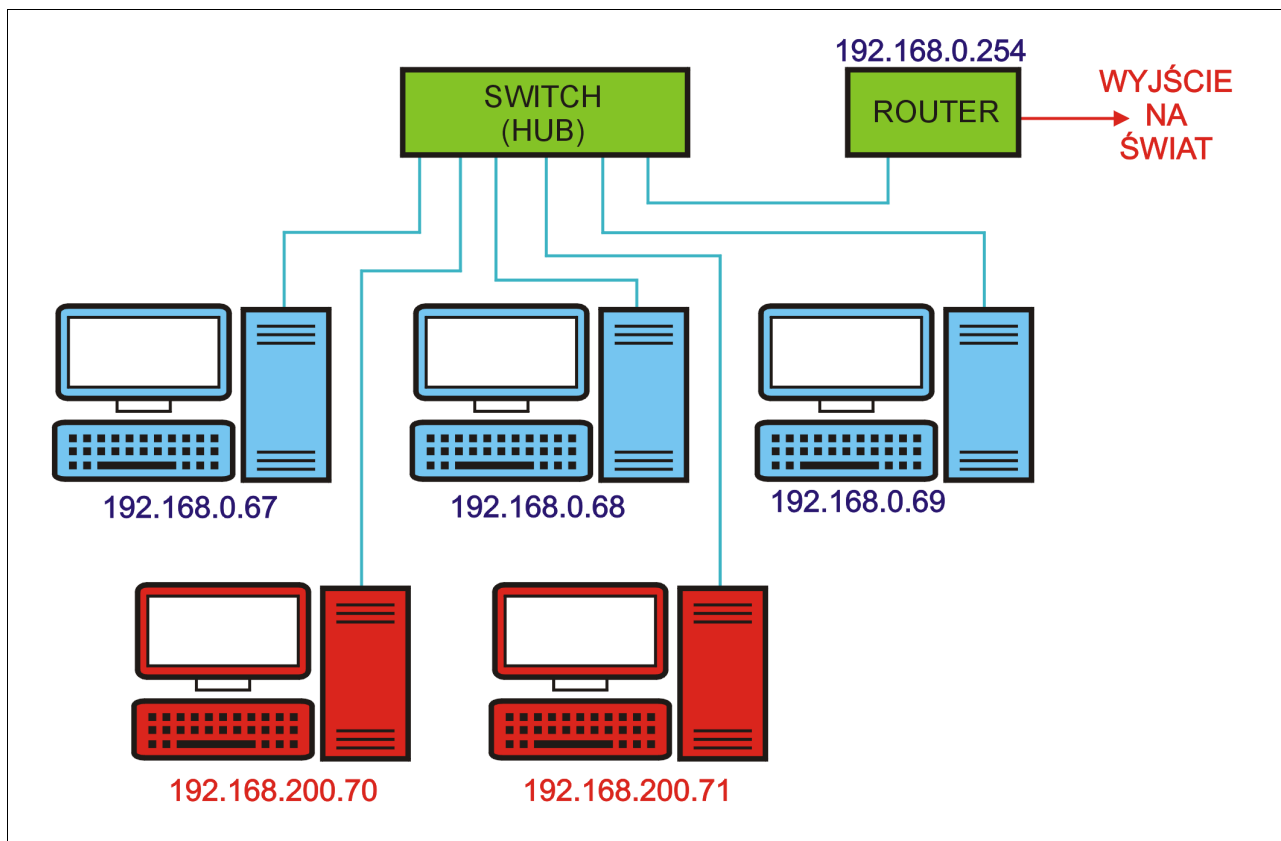


Rysunek 7: Wysłanie sygnału PING poza sieć lokalną

Implikuje to identyczną procedurę związaną z przekształceniem adresu IP (tym razem routera) na adres MAC. Dalsza droga, jaką musi pokonać pakiet zawierający sygnał PING jest już zmartwieniem routera i całej infrastruktury istniejącej po drugiej jego stronie. Odpowiedź na sygnał PING (jeżeli przyjdzie) będzie pochodzić od routera (adres MAC nadawcy będzie wskazywał na routera). Cały świat zewnętrzny, czyli wszystkie urządzenia sieciowe nie należące do sieci lokalnej są utożsamiane z tym routerem. Stanowi on domyślną bramę dla całego ruchu skierowanego poza własną sieć lokalną.

Mając świadomość w jaki sposób są przesyłane dane w sieci lokalnej, łatwo zrozumieć z jakiego powodu nie jest możliwe przesłanie sygnału PING z komputera

o IP 192.168.0.67 do komputera o IP 192.168.200.70 (rysunek 8, zaprezentowany w poprzedniej części artykułu) pomimo, że istnieje taka fizyczna możliwość.



Rysunek 8: Dwie sieci lokalne

Biorąc pod uwagę własny adres IP z uwzględnieniem maski podsieci (192.168.0.67 i 255.255.255.0) oraz docelowy adres IP (192.168.200.70) okazuje się, że docelowy komputer nie należy do sieci lokalnej. Implikuje to, że sygnał PING zostanie skierowany do bramy domyślnej (IP 192.168.0.254) i „pójdzie w świat”. Są małe szanse, że w sieci rozległej znajdzie się komputer o takim adresie IP, więc raczej nie należy spodziewać się, że wróci odpowiedź na wysłany sygnał. W wariantcie lustrzanym, gdzie komputer o IP 192.168.200.70 będzie emitorem sygnału PING, również nie należy spodziewać się odpowiedzi. W tym przypadku również oprogramowanie stwierdzi, że docelowy komputer nie należy do sieci lokalnej. Oznacza to, że sygnał ten należy wysłać do bramy domyślnej, jednak dla tej sieci lokalnej nie została ona określona (nie ma routera należącego do puli adresowej 192.168.200.x). Z tego powodu nie można określić jakiegokolwiek stacji, do której można przesłać sygnał PING.

Obok dotychczas opisanych pojęć (adres IP oraz maska podsieci), do konfiguracji sieci doszedł kolejny parametr: adres IP bramy domyślnej. Ta trójka informacji jest minimalnym zestawem danych konfiguracyjnych pozwalających na przyłączenie małego mikrokontrolera z interfejsem sieciowym do sieci komputerowej obejmującej cały świat.