

## Elektronika łatwa i przyjemna

Telefon to takie urządzenie, do którego część naszych znajomych podchodzi, aby porozmawiać z kimś, kto również ma telefon. Rozkosze połączeń telefonicznych wielu z nas zna z niecierpliwego oczekiwania przy automacie na ulicy na zgłoszenie się osoby, do której musieliśmy zadzwonić po uprzednim zwiedzeniu połowy osiedla w poszukiwaniu automatu. Dobrze jest, gdy ten automat jeszcze ma słuchawkę i nawet coś w niej wyje, jak się ją podniesie z widełek, tarcza w nim się kręci po lekkim popchnięciu palcem i wreszcie na koniec – jesteśmy szczęśliwi, że nie zżera żetonów albo karty. No więc, jak już dopadniemy do tej cudownej skrzynki, rozpoczyna się misterium wybierania numeru (czasami nie do końca odpowiadający temu, który chcieliśmy), ale nie zrażeni brakiem żadanego rozmówcy, kolejny raz wybieramy cyferki, aby w końcu dowiedzieć się, że owszem będzie, ale za godzinkę. No więc szepczemy sobie cichutko Nic się nie stało. Jesteśmy spokojni, bo przecież za godzinę będziemy znów się dotleniać. Zupełnie nam nie przeszkadza, że na dworze śnieg i w ogóle szaruga. Nie jesteśmy też podczas tych chwil samotni, bo telefon jest jeden na kilka tysięcy mieszkańców osiedla, więc kilka osób stoi za nami czekając na swoją kolej. Nawet gdybyśmy część dialogu zapomnieli, to kolejka życzliwie nam ją przypomni, bo prze-

cież wcześniej wyliśmy do słuchawki jak opętani, gdy z drugiej strony kilkakrotnie proszono nas o powtórzenie, bo coś słabo słyhać. Jeżeli sprawę możemy załatwić następnego dnia, korzystając z telefonu w pracy to pół biedy, gorzej, gdy natiychmiast musimy coś załatwić i brak telefonu staje się problemem, który telekomunikacja stara się nam rozwiązać, obiecując założenie aparatu już po kilkunastu latach od złożenia podania.

### A przecież miało być zupełnie inaczej...

Historia telekomunikacji rozpoczyna się w momencie, gdy wynaleziono pierwszy tam-tam (a było to już po okresie wiązania supelków przez Inków) i przy pomocy tam-tamu wynalazca zwołał na ucztę członków plemienia. Sposób ten miał swoje wady, gdyż także inni głodni sąsiedzi załapywali się na taką wyżerkę bez zaproszenia, bo trudno im było powiedzieć, że jedzenia nie ma wcale, gdy cała puszcza dudniła obwieszczanym przy pomocy pałek menu. Potrzeba jest matką wynalazków, wymyślono zatem cichszy sposób komunikowania i zaczęto machać do siebie chorągiewkami, nazwijmy je flagami. Ten sposób był dobry, ale tylko do czasu, gdy zorientowano się, że czasami drzewa zasłaniały machającego i nie wiadomo było, czy to on zaprasza, czy jego zapraszają, albo gdy proszo-

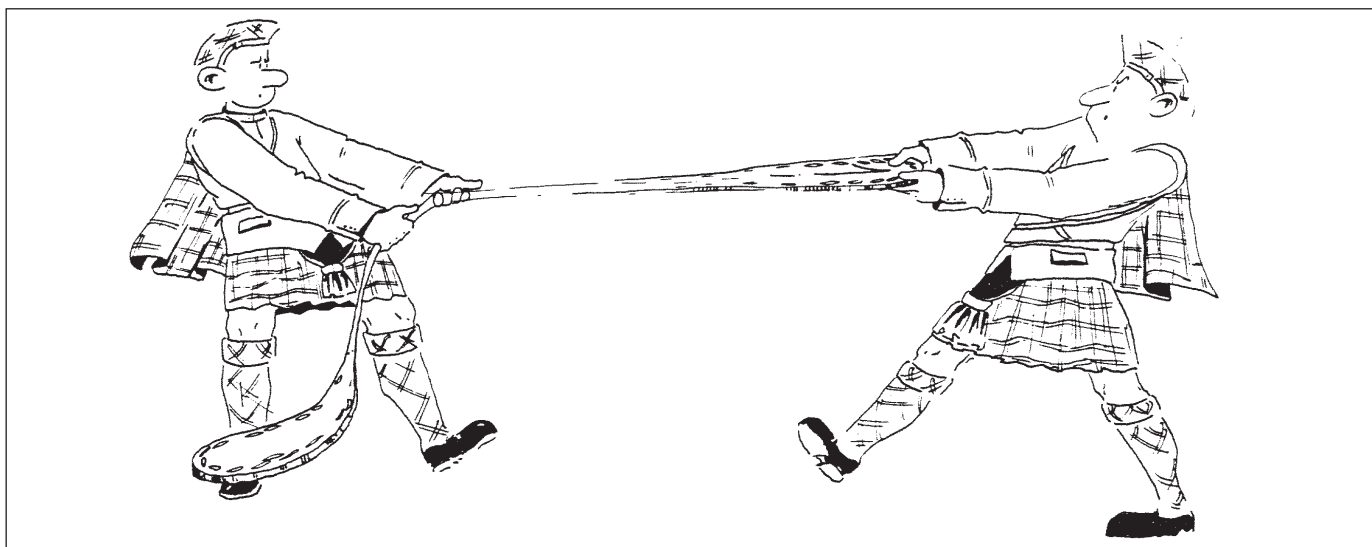
na kolacja przy świecach nie mogła się odbyć z powodu braku widoczności związanej z zapadającym zmrokiem. Prowadziło to do wielu nieporozumień i dlatego dzisiaj flagami machają do siebie tylko marynarze na okrętach. Matrosi wykorzystują również inny sposób porozumiewania się: jak ich bolą ręce od tych flag, albo jak jest ciemno, to mrugają do siebie reflektorami. Tak więc ciągła potrzeba przesyłania informacji zaowocowała różnorodnymi sposobami komunikacji, które w przeróżny sposób spełniały swe funkcje; pracowano też cały czas nad sposobem, który pozwoliłby przesłać informację szybko, zrozumiale i tylko tam, gdzie jest oczekiwana.

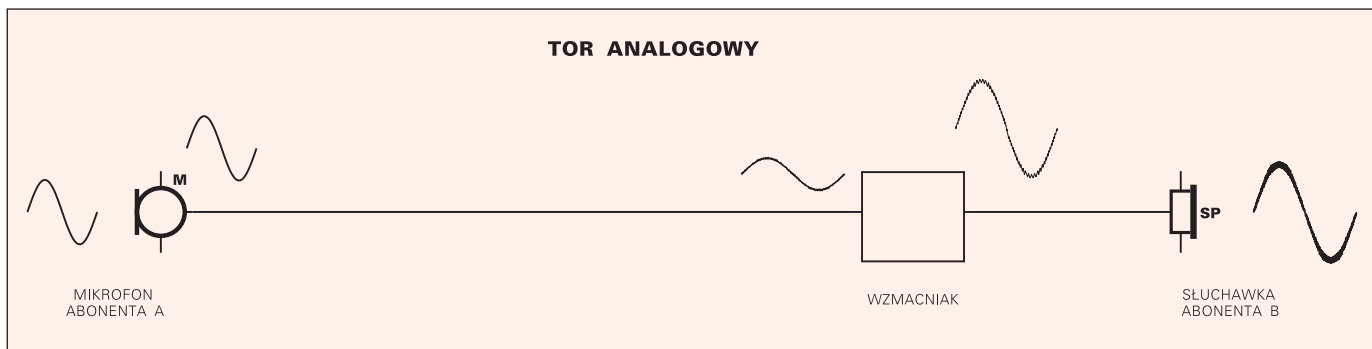
Ale te wszystkie wysiłki na nic by się zdały gdyby nie fantastyczny wynalazek jakim okazał się drut miedziany. Nie wiesz jak to było z wynalezieniem drutu miedzianego?

To ci powiem: drut miedziany wynaleźli dwaj Szkoci. Otóż zrobili go wspólnie gdy dostali monetę jednopensową, a że obaj byli chytry, każdy ją ciągnął w swoją stronę. I tak oto dzięki przysłowiowej chytrności Szkotów mamy drut miedziany.

A może z tym drutem to było jakoś inaczej... co to ma za znaczenie?

W każdym razie, wykorzystując w swej pracy m.in. wspomniany drut miedziany, Aleksander Graham Bell, amerykański fizyk, wynalazł w 1876 roku





urządzenie do przesyłania mowy, dzięki czemu można było myśleć o szerokim wykorzystaniu dostępu do informacji. Od tej pory p. Bell nie tylko mógł poprosić przez telefon swojego asystenta o przysięgę do pracowni, ale w każdej chwili mógł się dowiedzieć, co będzie miał na obiad. Ten pierwszy telefon zapoczątkował rozwój telekomunikacji, w czasach dzisiejszych pozwalając na rozmowę z cicią bawiącą na wakacjach na Florydzie i na przesyłanie danych z jednej sieci komputerowej do innej. Zanim jednak stało się to możliwe, musiał nastąpić ogromny postęp techniczny i technologiczny. Pierwsze połączenia telefoniczne, podobnie jak wiele obecnie istniejących, były sygnałami analogowymi.

Co to znaczy? To znaczy, że jeśli sygnał wejściowy przy mikrofonie nadawcy ma postać sinusoidy, to na całej długości zestawionego połączenia można tę sinusoidę aż do słuchawki odbiorcy obserwować. Oczywiście na ile sygnał końcowy jest podobny do wejściowego, zależy od jakości połączenia, tzn. odległości między abonentami, a co się z tym wiąże (a teraz uwaga, bo będą trudne ale prawdziwe telekomunikacyjne zwroty i określenia) tłumienności toru transmisji, szumu kanałowego, zakłóceń oraz przesłuchów. Trochę cię przestraszyłem, prawda? Chyba najbardziej tymi przesłuchami? Ale nie martw się, czym mniej wiesz na temat przesłuchów, tym dla ciebie lepiej.

Dotykamy tutaj arcyważnego problemu, z którym musiano sobie poradzić. Jak przesłać informację, która bez względu na pokonaną odległość, byłaby odczytana bez błędów? Pierwszym rozwiązaniem, rzucającym się do głowy, jest wysłanie odpowiednio silnego sygnału, czyli zadbanie o jego amplitudę. I tu radośnie dochodzimy do wniosku, że rozwiązanie to jak raz pasuje do tego, które stosujemy przy automacie na osiedlu, gdzie rzeczywiście trzeba się drzeć do słuchawki a dopiero wtedy nasz interlokutor (naprawdę jest takie słowo) nas słyszy. Ale co miało zrobić zwiewne dziewczę, które nie posiadało głosu jak dzwon, tylko

jak szmer strumyka w majowy poranek? To dziewczę musiało chwilę poczekać, aż poprawiono ten mankament połączeniowy, dodając na drodze sygnału urządzenie wzmacniające jej głos, cichy jak szmer strumyka w majowy poranek. Poprawa ta polegała na podzieleniu zestawionego toru połączeniowego na odcinki, między którymi umieszczono wzmacniaki (tak się nazywają te sprytnie urządzenia), które doprowadzały przesyłany sygnał do pierwotnego poziomu. Jednak pomimo dodania wzmacniaków, nie udało się wyeliminować tych wszystkich paskudnych śmieci, zakłóceń i właśnie przesłuchów, które czepiały się ślicznego głosu nasze dziewczęcia.

Dodanie wzmacniaków nie było jedynym sposobem pastwienia się nad przesyłanym sygnałem. Aby negatywne skutki wpływu szumu kanałowego, tłumienności i innych zniekształceń były jak najmniejsze, oraz w celu poprawienia wartości stosunku sygnał/szum sygnał użyteczny poddawano dodatkowym torturom. Te tortury były czasami tak straszne (ściskanie, rozciąganie, obcinanie niektórych kawałków), że nie będę ci o nich opowiadał, bo byś nie mógł spać.

Praca z sygnałem analogowym, obarczonym błędami, pomimo wielu udoskonalień, była wyzwaniem dla chcących te nieprzyjemności wyeliminować. Postęp myślowy był tutaj szybszy niż technologia. Wystaw Waść sobie, że już w roku 1938 opatentowano metodę modulacji impulsowo-kodowej, która w praktyce została zastosowana dużo, dużo później.

Wcale nie chciałem cię przestraszyć, tą modulacją kodowo-impulsową. Właśnie w tym momencie, proszę wycieczki, doszliśmy do techniki cyfrowej! A że nic nie dzieje się jedynie za sprawą przypadku, to i technika cyfrowa ma gdzieś swe źródła. Sygnał cyfrowy to nic innego jak zbieranina „zer” i „jedynek”, które mkną sobie cichym lotem po drutach. A skąd one tam w tych drutach? A pamiętacie chytrych Szkotów, co to drut miedziany wynaleźli i z jakiej monety rzeczony drut zrobili? Zrobili go z monety jednopenso-

wej, więc – „jedyńka” jest jak znalazł. Ale skąd tu zero? A jakąż to wartość miała ta moneta jak oni ją wzięli i rozwlekli, drut miedziany z niej czyniąc? Wartość miała żadną, po matematycznym rzecz ujmując – niechybnie „zero”. Masz już jedynkę i zero!

### Technika cyfrowa kłania się i dziękuje za tak znakomite początki

Wynalazek Aleksandra Bella rozpow szechniał się w ogromnym tempie. Zaczęły powstawać przedsiębiorstwa zajmujące się telefonizacją, zbudowano pierwsze centrale telefoniczne pozwalające łączyć abonentów między sobą. Zaważono konieczność stworzenia norm, którym powinny odpowiadać urządzenia, przy pomocy których można było zestawiać tory połączeniowe. Analogowy tor foniczny musi przenosić zakres częstotliwości 300 – 3400 Hz, i w związku z tym powinny być przenoszone i wzmacniane sygnały z tego właśnie zakresu. Centrale telefoniczne musiały również wiedzieć, który abonent powinien być dołączony do abonenta wywołującego. Centrale powinny wysłać do niego sygnał wywołania (dzwonienia) i po podniesieniu słuchawki zestawieć tor rozmówny. Zadanie cokolwiek skomplikowane, jeśli w grę wchodziły tysiące i miliony abonentów.

Opracowano więc normy, aby urządzenia wyprodukowane w różnych częściach świata mogły ze sobą współpracować. W przeciwnym razie do cici w Gdańsku może byś się jeszcze jakoś dodzwonił, ale do wujka w Chicago – na pewno nie! Właśnie między innymi z tego też powodu dzisiaj, zanim jakiegokolwiek urządzenie telekomunikacyjne zostanie podłączone do sieci użytku publicznego, musi przejść badanie homologacyjne wykonywane w Instytutach Łączności zgodnie z przyjętymi na świecie zaleceniami CCITT. Opowiem ci jeszcze kiedyś coś na ten temat później.

Wracając zaś do techniki cyfrowej, to przypomnieć się godzi, dlaczego technika cyfrowa pozwala przesłać bez śmieci



i zniekształceń nawet głos dziewczęcia, cichy jak szmer strumyka w majowy poranek. Cała tajemnica tkwi w odpowiednim przetworzeniu Głos dziewczęcia przekształcony jest w specjalnym przetworniku w ciąg zer i jedynek. To właśnie te zera i jedynki wędrują sobie cichym lotem po drutach.

Sygnał przesyłany w postaci cyfrowej, jakkolwiek też poddawany różnym szkodliwym wpływom, tłumiony, obciążony czepiającymi się go po drodze szumami, itp. przestał być jednak tak wrażliwy na zakłócenia jak sygnał analogowy. Nie trzeba wzmacniać sygnału użytecznego, obciążonego dodającymi się do niego szumami z zakresu wzmacnianego pasma, tylko odtworzyć (zregenerować) na nowo „jedynki” i „zera”. Pomyśl, jaka to prosta idea!

Tam gdzie przy sygnale analogowym miały zajęcie **wzmacniaki**, to przy sygnale cyfrowym pełne ręce roboty mają **regeneratory**. Informacja wchodząca na wejście regeneratora, zniekształcona ździebko przez te same paskudztwa co atakują sygnał analogowy, opuszcza go jako czyściutki sygnał bez szumów i tego całego tałatajstwa, które się do niego po drodze przyczepiło, gdyż regenerator na podstawie wchodzącego sygnału logicznego generuje na wyjściu jego odtworzony na nowo obraz. A nie musi być ten regenerator specjalnie inteligentny – wystarczy, by odróż-

nić, czy na wyjście przyszło zaśmiecone zero, czy równie zaśmiecona jedynka.

Idea genialna w swej prostocie! Ale jej praktyczna realizacja długo czekała od owego 1938 roku.

Najwcześniej pierwsze cyfrowe trakty impulsowo-kodowe zaczęły pracę na najwyższym szczeblu połączeń, czyli między centralami. Dopiero po masowym opanowaniu produkcji cyfrowych układów scalonych zaczęto stosować tę technikę bliżej zwykłych śmiertelników.

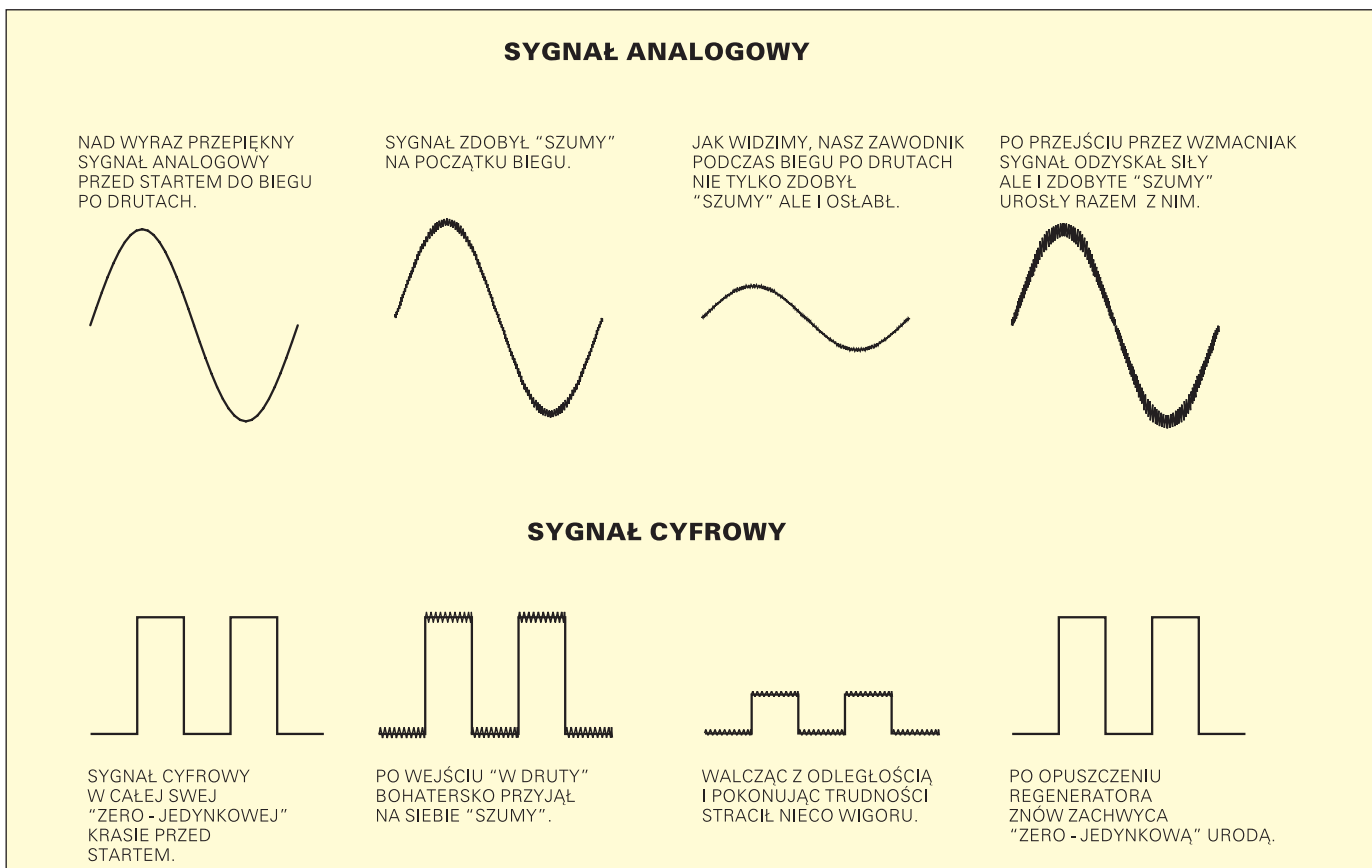
Pojawiły się cyfrowe centrale telefoniczne sterowane programowo (na pewno wiesz, że wcześniej rozmowy łączone były przez telefonistki, a potem przez centrale zbudowane w oparciu o przekazniki i ich kuzynów – tak zwane wybieraki). Na pewno obito ci się czytelniku o uszy nazwisko pana Strowgera (czytaj Strouđzera), od którego to nazwiska wzięty miano archaiczne centrale telefoniczne, których pracę możesz dzisiaj czasami słyszeć we własnej słuchawce jako chrzęst i rytmiczny stukot. Ten charakterystyczny odgłos to praca wybieraków, które wdrapując się do odpowiednich styków i łącząc je ze sobą pozwalają nam rozmawiać. Rozmawiać możemy, ale ten chrzęst i rytmiczny stukot to jest właśnie to czego wcale nie chcemy słyszeć, nam to nie jest potrzebne. To są właśnie te „śmieci”, których chcemy się pozbyć.

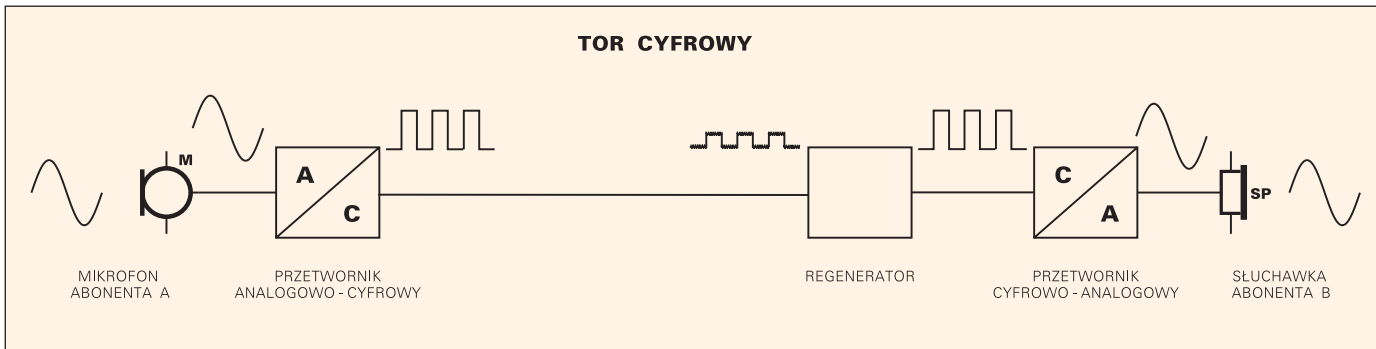
I dopiero tu doszliśmy do najważniejszej części naszych rozważań. Technika cyfrowa wchodziła coraz szerzej do telekomunikacji. Znow potrzebne były jakieś normy, jakieś ustalenia, żeby poszczególne centrale w różnych krajach mogły się ze sobą „dogadać”. Wcześniej, przez dziesiątki lat wypracowano normy dotyczące telefonii analogowej i wszystkich związanych z tym spraw.

Teraz pojawiła się nowa potrzeba: wkraczając powszechnie technikę cyfrową trzeba było jakoś wziąć w cugle i okiełznać.

Właśnie! Potrzebne były jakieś zupełnie nowe normy.

Ta nowa technika cyfrowego przesyłu informacji spowodowała przyjęcie zasad współpracy urzędów teletransmisyjnych pracujących cyfrowo, pozwalających na łączenie ze sobą przeróżnego rodzaju wyłazków bez względu na technologię, w której zostały wykonane. „Zera” i „jedynki” baraszkujące po polach komutacyjnych i łączach teletransmisyjnych pozwoliły na stworzenie zintegrowanej sieci cyfrowej IDN (*Integrated Digital Network*) skąd już był tylko kroczek do zintegrowanej cyfrowej sieci usług ISDN – *Integrated Services, Digital, Network*. W sieci IDN te, zera i jedynki szalały tylko między centralami, natomiast na odcinkach centrala – abonent nadal mie-





liśmy i mamy do czynienia ze starymi sygnałami analogowymi. W sieci ISDN „ucyfrowiono” także te ostatnie kawałki – również na odcinku centrala-abonent sygnały mają formę „zer” i „jedynek”. Wniosek w tej chwili nasuwa się (powoli bo powoli, ale jednak) sam. ISDN to coś takiego, co w całym swym elektronicznym jestestwie jest przeznaczone do posługiwania się ciągiem „zer” i „jedynek”.

Teraz już wiesz mniej więcej, o co chodzi w tym skrótce ISDN – mamy sieć telekomunikacyjną (która dzięki modernizacji i rozbudowie ze starej sieci analogowej przekształciła się w sieć cyfrową) i mamy zespół norm próbujących wyznaczyć zakresy prac tej cyfrowej sieci telekomunikacyjnej. Czy zastanawiasz się, młody człowieku, dlaczego napisałem „próbujących wyznaczyć” a nie „wyznaczających”?

Dziwisz się?

Wyobraź sobie, że ISDN od długiego czasu rozwija się w sposób daleko odbiegający od idei, która przyświecała twórcom schowanych za tym skrótce zasad. Jeśli trochę znasz angielski, to zdradzę ci sekret. Wielu ekspertów zajmujących się zagadnieniami ISDN skłonnych jest interpretować ten skrót jako **I Still Dont kNow** (Ja nadal nic nie wiem), gdyż ze względu na ogromną ilość, zakres i jakość usług telekomunikacyjnych, a przy tym gwałtowny rozwój techniki i technologii, nie wszystko udało się przewidzieć i ująć w ramy. Przypomnijmy sobie, że metodę modulacji impulsowo-kodowej opatentowano w 1938 roku, pierwsze linie, czyli trakty cyfrowe, pojawiły się kilkadziesiąt lat później, natomiast cyfrowe centrale abonenckie (czyli centrale dla zwykłych śmiertelników) zaczęły się pojawiać dopiero na początku lat osiemdziesiątych. O nowatorstwie sieci ISDN może świadczyć fakt, że „już” po 51 latach od czasu gdy z rannym słońkiem opatentowano metodę modulacji impulsowo-kodowej, mianowicie dnia 6 kwietnia 1989 roku zawarto porozumienie w sprawie udostępnienia usług tej sieci zwykłemu europejskim śmiertelnikom, począwszy od ... 1992 roku. Tak więc to, co oferują nam

do wykorzystania najnowocześniejsze centrale cyfrowe jest jeszcze gorące jak świeże bułeczki.

Może sobie pomyślałeś, że nowe aparaty na kartę magnetyczną to aparaty wykorzystujące transmisję cyfrową (niby te ISDN), zamieniające śliczny głos dziewczęcia (cichy jak szmer strumyka w majowym poranek) na ciąg „zer” i „jedynek”. Zapomnij o tym. Ani nowe automaty, ani najnowsze aparaty telefoniczne z klawiaturą tonową i różnymi bajerami, nie zamieniają głosu na „zera” i „jedynki”. Te aparaty po staremu transmitują go do centrali w postaci analogowej (czyli w postaci zmian czy drgań wartości prądu), a dopiero w centrali jest zamieniany na postać cyfrową i hasa w tej postaci między centralami. Jedynym wyjątkiem są tu aparaty sieci cyfrowych GSM, gdzie rzeczywiście zamiana taka następuje już w aparacie i wszystkie sygnały mają postać cyfrową.

Dla nas jako użytkowników nie ma znaczenia, czy sygnał śmiga sobie między rozmówcami w postaci cyfrowej czy analogowej, o ile tylko nie mamy kłopotu z rozróżnieniem słów. Inaczej, gdy chcemy przesłać dane cyfrowe. O, wtedy cyfrowe centrale i cyfrowe trakty przesyłowe stają się naszymi najbliższymi przyjaciółmi.

W każdym bądź razie ty, nawet mając dostęp do nowoczesnej cyfrowej centra-

li, zbudowanej przez kilkanaście miesięcy, nie masz dostępu do sieci ISDN i nie możesz korzystać z jej wszystkich błogosławieństw. No chyba, że mieszkasz w odległości nie większej niż 6 km od centrali i wtedy na twoje długotrwałe i błagalne prośby zostanie ci udostępnione cyfrowe łącze ISDN. Skoro już to łącze szczęściarzu dostaniesz, to w takim razie napiszę ci jak wymawiać ten skrót, bo nie godzi się by tak nowoczesnym narzędziem posługiwał się byle profan. A więc uważaj i skup się (ja wiem, że to trudne): nie mów więc „i-es-de-en”, tylko „ai-es-dien”. Powtórz!

.....

W porządku!

Muszę ci powiedzieć, że gdy zostaniesz abonentem sieci ISDN musisz wyrzucić (Ślązacy powiedzą „wyciepać na hasiok”) swój aparat telefoniczny, faks i sekretarkę, bo one nijak z siecią ISDN pracować nie będą. Musisz kupić urządzenia przeznaczone do pracy w sieci ISDN, a kartę modemu w komputerze zastąpić kartą interfejsu ISDN. I po co to wszystko? Po to, byś mógł korzystać z szerokiego wachlarza **zintegrowanej cyfrowej sieci usług** (ISDN).

O tych usługach opowiem ci za miesiąc.

**Arkadiusz Bartold**