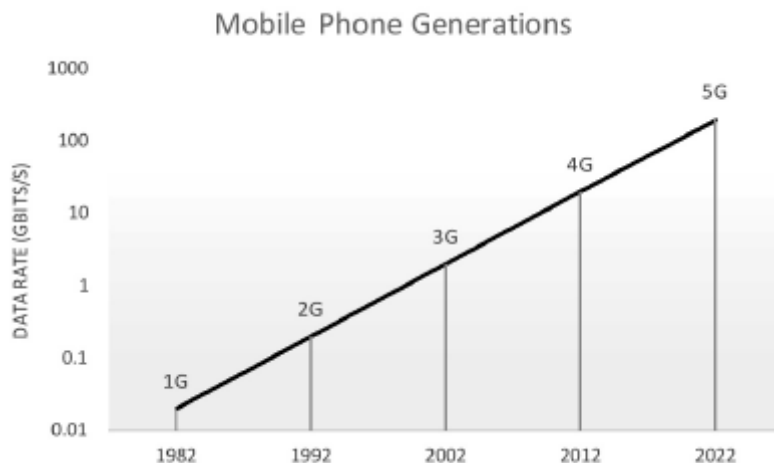


Uczenie się od poprzednich pokoleń

Szybki przegląd historii

Powodem, dla którego opracowywana jest piąta generacja komunikacji bezprzewodowej, jest fakt, że cztery wcześniejsze, udane generacje stopniowo przeniósł telefonię komórkową z usługi głosowej do usługi zapewniającej szybką łączność danych w trzech krokach. Rysunek 1 przedstawia kluczowe trendy przechodzące przez pokolenia.



Dwa aspekty, które wyraźnie widać na rysunku 1, to regularność w czasie i stała poprawa szybkości transmisji danych. Pokolenia pojawiały się co dekadę z wielką konsekwencją. Może to wynikać głównie z tego, że potrzebne są wszystkie różne kroki od badań, przez standaryzację, po projektowanie i produkcję tak długo się rozwija. Może to być również w pewnym stopniu samospełniające się, ponieważ branża przewiduje cykl o takiej długości i dlatego zwykle działa ku temu dla następnego pokolenia. Każda generacja spowodowała również dziesięciokrotny wzrost szybkości transmisji danych. Jest to nieco trudniejsze do wykreślenia, ponieważ każda generacja ewoluowała w ciągu swojej dekady, co oznacza, że szybkość transmisji danych często poprawiała się w ciągu dziesięciu lat. Tak więc wybór dowolnej szybkości transmisji danych dla określonej generacji jest nieco arbitralny. Również podane szczytowe szybkości transmisji danych rzadko są realizowane w praktyce. Rysunek 1 ma na celu wybór praktycznych szybkości transmisji danych. Stąd założenie około 200 kilobitów na sekundę (Kbps) dla elementu General Packet Radio Service (GPRS) 2G; około 2 Mb/s dla ewolucji szybkiego dostępu pakietowego łącza w dół (HSDPA) w 3G; i około 20 Mb/s dla wczesnych wdrożeń 4G. To, czy są one dokładnie słuszne, ma mniejsze znaczenie niż obserwacja trendu. Rysunek 2.1 przedstawia również 5G jako ekstrapolację. Pokazuje, że 5G pojawi się w 2022 r. Z praktycznymi szczytowymi szybkościami transmisji danych wynoszącymi około 200 Mb/s. Wiele roszczeń dotyczących 5G jest znacznie powyżej tej liczby, z deklarowanymi szybkościami transmisji danych w zakresie gigabitów na sekundę (Gbps) i datami przyjazdu ustalonymi wcześniej niż 2022. Każdego tygodnia pojawia się znaczna liczba tego rodzaju roszczeń. Na przykład Business Insider powiedział:

Według organizacji Next Generation Mobile Networks Alliance, sieci 5G będą miały bardziej zaawansowane możliwości niż ich poprzednicy. Ulepszenia te obejmą takie możliwości, jak szybkość ładowania danych przekraczająca kilka ton megabajtów na sekundę, zwiększony zasięg i znaczne zmniejszenie opóźnień - czas między wysłaniem danych z podłączonego urządzenia do momentu ich powrotu do tego samego urządzenia. 5G odegra kluczową rolę w kolejnej ewolucji połączonych urządzeń, w tym samochodów, inteligentnych domów i urządzeń do noszenia, ze względu na doskonałe prędkości sieci (10 razy szybsze niż 4G) i pojemności (1000-krotność pojemności 4G)

Alternatywnie, Ericsson opublikował następujące informacje:

Istnieje ogólny konsensus w branży co do wzrostu popytu, który systemy 5G będą musiały zaspokoić w porównaniu z dzisiejszymi sieciami. To powszechne zrozumienie wskazuje, że natężenie ruchu zostanie pomnożone 1000 razy; 100 razy więcej urządzeń będzie wymagało łączności; niektóre aplikacje będą wymagać szybkości transmisji danych 100 razy większe prędkości, jakie obecnie zapewniają przeciętne sieci; niektóre będą wymagały prawie zerowej latencji; a cały system będzie działał, aby zapewnić żywotność baterii do 10 lat.

Wiele komunikatów prasowych koncentruje się na szybkości transmisji danych, które można osiągnąć. Peter Dinham z iTWire napisał:

Optus i Huawei twierdzą, że prędkość transmisji pojedynczego użytkownika wynosząca 35 gigabitów na sekundę została osiągnięta w paśmie 73 GHz w próbie prędkości 5G właśnie zakończonej w Sydney.

Taka jest zatem wizja 5G przedstawiona przez branżę: przede wszystkim dotyczy prędkości, które są od 10 do 100 razy szybsze niż 4G i 1000 razy większe poziomy wydajności. Większość książek o 5G wyjaśnia, w jaki sposób zostanie to osiągnięte. My wyjaśniamy, dlaczego ekstrapolacja z poprzednich generacji nie będzie już obowiązywać i dlaczego 5G, jak obecnie przewidziano, nie zostanie zrealizowane. Czyniąc to, poczynimy szereg obserwacji:

1. Zapotrzebowanie na wyższe prędkości raczej nie będzie rostało.
2. Udoskonalenia technologiczne nie będą już w stanie zapewnić większej wydajności bez ogromnego wzrostu kosztów.
3. Użytkownicy nie będą chcieli płacić więcej za komunikację mobilną, co ograniczy apetyt operatorów sieci komórkowych na inwestycje.
4. Alternatywne rozwiązania przyszłości, takie jak zapewnienie spójnej łączności, która byłaby preferowana przez użytkowników i które z większym prawdopodobieństwem poprawią produktywność niż wizja 5G, są bardziej atrakcyjne.

Zanim przejdziemy do tych obserwacji, rozdział ten przedstawia scenę z historią przejść z poprzednich pokoleń i przygląda się, co nimi kierowało i wyciągniętymi lekcjami.

Przejście z 1G na 2G

Pierwsza generacja telefonów komórkowych była rewelacją. Umożliwiła tym, którzy byli wystarczająco zamożni, wykonywanie połączeń telefonicznych bez połączenia z telefonem stacjonarnym. Telefony były niezwykle nieporęczne i drogie, co odzwierciedlało ówczesną trudność inżynierii. Sieci były oparte na technologii analogowej, w której przebiegi mowy bezpośrednio modyfikowały nośnik radiowy (zamiast technologii cyfrowej, w której przebiegi falowe były najpierw kodowane na bitach cyfrowych). W miarę jak 1G było coraz częściej przyjmowane, stało się jasne, że było wiele problemów:

– Bezpieczeństwo było najważniejszym problemem, który umożliwił łatwe podsłuchiwanie rozmów przez osoby ze skanerami, co prowadziło do skandali, takich jak ten z udziałem Diany, księżnej Walii. Umożliwiło to również stosunkowo łatwe klonowanie telefonów, umożliwiając hakerom kradzież tożsamości i generowanie wysokich rachunków. Pod koniec lat 80. kwestie te stawały się niezwykle poważne.

- Kolejnym problemem było rozdrobnienie, w wielu krajach stosowane są różne technologie. Uniemożliwiło to ekonomię skali, a także wszelkie formy roamingu.
- Koszt świadczenia usług był wysoki, a nowsze technologie dają nadzieję na oszczędności.
- Ostatecznie jakość i pojemność transmisji analogowych były stosunkowo niskie, a rozwijająca się technologia pozwoliła na uzyskanie lepszej jakości głosu przy użyciu rozwiązań cyfrowych.

Drugie pokolenie w dużym stopniu rozwiązało wszystkie te problemy. Dodało bezpieczeństwa, które nawet 30 lat później nie zostało naruszone w żaden istotny sposób. Ostatecznie zapewnił znaczną poprawę jakości głosu dzięki kodowaniu cyfrowemu, a dzięki połączeniu nowego widma i lepszemu ponownemu wykorzystaniu częstotliwości umożliwił wzrost przepustowości, który pozwolił sieci obsługiwać o rząd wielkości większą liczbę użytkowników. Fragmentacja technologii nadal się utrzymywała, ale w mniejszym stopniu. Europa skonsolidowała się w Globalnym Systemie Komunikacji Mobilnej (GSM), podczas gdy Stany Zjednoczone i Japonia miały własne technologie. W rezultacie roaming był możliwy w całej Europie i do innych krajów na świecie, które przyjęły standard GSM, ale w Stanach Zjednoczonych nadal był trudny. Wykorzystanie technologii cyfrowej pozwoliło również 2G zaoferować transmisję danych, choć miało to wówczas mniejsze znaczenie. Nieoczekiwane i powszechne wykorzystanie usługi krótkich wiadomości (SMS; szerzej znanej jako wiadomości tekstowe) pokazało społeczności potencjał wykorzystania danych, prowadząc do kolejnych ewolucji, takich jak GPRS, który umożliwiał lepsze dopasowanie możliwości danych do wymagań. Była to bardzo udana ewolucja, dostarczająca znacznie lepszą technologię, która przezwyciężyła problemy poprzedniej generacji i przygotowała grunt pod dramatyczny wzrost przyjęcia technologii komórkowej.

Przejście z 2G na 3G

W latach dziewięćdziesiątych XX wieku coraz częściej korzystano z Internetu na komputerach stacjonarnych. Osoby zaangażowane w technologię komórkową przewidywały, że korzyści z Internetu będą potrzebne w telefonach komórkowych, ale zrozumiwały, że 2G nie może zapewnić wystarczająco wysokich prędkości transmisji danych, aby zapewnić atrakcyjną usługę. Pojawił się również pogląd, że połączenia wideo wyewoluują z połączeń głosowych i że sieć komórkowa 3G będzie musiała to wspierać. Stąd kluczowymi celami 3G były:

- Aby zapewnić wyższe szybkości transmisji danych, aby umożliwić przeglądanie Internetu.
- Zapewnienie obsługi telefonii wideo i używania kamer do dodawania zdjęć do tekstów (usługa przesyłania wiadomości multimedialnych lub MMS).
- Umożliwienie obu tych technologii poprzez zapewnienie większej wydajności widma, co pozwala na przesyłanie znacznie większej ilości danych w całym tekście.

Pojawienie się 3G nastąpiło w czasie, gdy nowa metoda dostępu została zapoczątkowana przez Qualcomm w Stanach Zjednoczonych jako jedno z ich rozwiązań 2G. Nazywany wielokrotnym dostępem z podziałem kodu (CDMA), obiecał znaczną poprawę wydajności widma poprzez równomierne rozproszenie zakłóceń na wszystkich użytkownikach. Po długiej debacie postanowiono przyjąć CDMA jako podstawową technologię 3G na całym świecie. Nawet przy tej historii skuteczne wdrożenie wersji 3G CDMA okazało się trudne. Wczesne sieci 3G nie zapewniały dużych szybkości transmisji danych i były trudne do zaplanowania i zarządzania. Zasięg komórek w pasmach częstotliwości dostarczanych przy 2 GHz był niewielki, co spowodowało potrzebę wielu nowych stacji bazowych. Komórki „oddychały” podczas ładowania, a ich rozmiar zmniejszał się wraz z dostępem do nich większej liczby klientów. Kombinacja ruchu z komutacją obwodów i z komutacją pakietów okazała się trudna do zarządzania. Być może nie miało to większego znaczenia, ponieważ adopcja mobilnego

Internetu była powolna, a użytkownicy mieli trudności z przeglądaniem na małych ekranach telefonów z początku XXI wieku. Ponadto telefonia wideo nie okazała się tak popularna, jak przewidywano, ponieważ telefony komórkowe miały małe ekrany, źle umieszczone kamery i wysokie koszty za minutę. Ewolucja 3G powoli rozwiązała te problemy, a dostęp do pakietów o dużej szybkości (HSPA) w końcu umożliwił, a nawet przekroczył pierwotnie obiecane szybkości transmisji danych. Ten moment zbiegł się z wprowadzeniem iPhone'a z łatwym w obsłudze dużym ekranem i interfejsem użytkownika, który zmienił przeglądanie Internetu, powodując niezwykle szybki wzrost zapotrzebowania na dane.

Przejście z 3G na 4G

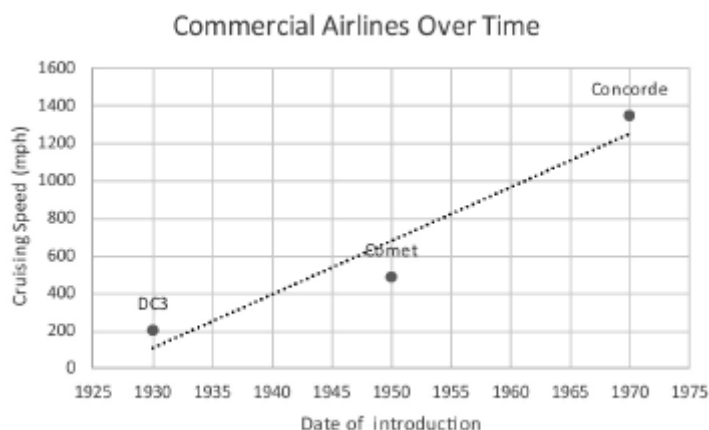
Pomimo ulepszeń dostarczanych przez HSPA w różnych formach, było jasne, że 3G nie spełniło w pełni wymagań użytkowników dotyczących wydajności. W szczególności, chociaż różne generacje HSPA radykalnie poprawiły szybkość przesyłania danych, opóźnienie technologii (tj. opóźnienie między żądaniem informacji a ich otrzymaniem) było nadal niedopuszczalnie długie. Połączenie przełączania obwodów i pakietów sprawiło, że sieci były mniej wydajne i droższe w zarządzaniu. Celem 4G było rozwiązanie tych problemów. Uczyniło to za pomocą innego interfejsu powietrznego, zwanego multipleksowaniem z ortogonalnym podziałem częstotliwości (OFDM), oraz przez usunięcie przełączania obwodów. Używał również szerszych kanałów częstotliwości; to znacznie poprawiło opóźnienie. Brak przełączania obwodów powodował, że połączenia głosowe nie mogły być obsługiwane w sposób przyjęty w poprzednich generacjach. Zaledwie około pięć lat po wprowadzeniu tej mieszanki technologii głos został wreszcie przeniesiony do 4G przy użyciu „głosu przez długoterminową ewolucję” (VoLTE). Bardziej stabilne i zoptymalizowane pod kątem danych sieci oferowane przez 4G oznaczały, że wyższe szybkości transmisji danych mogły być skutecznie dostarczane użytkownikom mobilnym. Stąd popularne było przekonanie, że 4G jest znacznie szybsze niż 3G. Był również około 2,5 razy bardziej wydajny w zakresie widma niż 3G, co pozwoliło na znaczną poprawę przepustowości sieci. Niektórzy zauważyli, że tylko generacje parzyste odniosły prawdziwy sukces, przy czym 1G i 3G miały znaczące wady, które zostały rozwiązane odpowiednio przez 2G i 4G. Czy 4G ma wady, które wymagają rozwiązania przez piątą generację, czy też 5G ucierpi na klątwie nieparzystych pokoleń.

Nowi uczestnicy wchodzą do gry

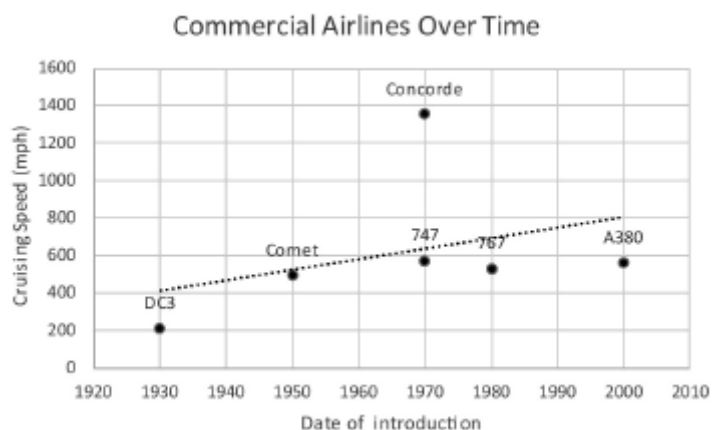
W ciągu ostatniej dekady nastąpiła zmiana kluczowych producentów na rynku. Pierwsze cztery generacje były prowadzone przez długoletnie duże firmy europejskie i amerykańskie, takie jak Ericsson, Nokia, Alcatel, Qualcomm, Lucent i Motorola. Ale w 2000 roku wiele z tych firm ucierpiało, a na początku 2010 roku firmy takie jak Nokia, Alcatel i Lucent połączyły się lub podzieliły, stając się znacznie słabszymi graczami, dysponującymi mniejszymi możliwościami badawczo-rozwojowymi (B+R) i mniejszym budżetem na rozwój globalnych standardów. W ich miejsce pojawiły się firmy z Azji i Pacyfiku, takie jak Huawei, Samsung, HTC i LG. Ci nowi gracze początkowo przyjęli taktykę bycia szybkimi naśladowcami - pozwalając innym ustalać standardy, a następnie dostarczać tańsze produkty w ciągu kilku lat. Jednak wraz z postępem w 2010 roku firmy te rosły w rangę i zaufanie; stali się bardziej znaczącymi globalnymi graczami w określaniu roli nowych pokoleń i dostarczaniu potrzebnych badań i standardów. Jako nowi uczestnicy, firmy z Azji i Pacyfiku musiały znaleźć sposób na „system” i skoncentrowały się na pokazaniu, że mogą dostarczać szybsze i lepsze technologie. Zmieniło to dynamikę branży, a producenci ścigają się, aby dostarczyć 5G szybciej i z szybszymi szybkościami transmisji danych niż ich konkurenci. Konsekwencje tego zostaną omówione w kolejnych częściach.

Ekstrapolacje kończą się

Dla porównania, rozważ bycie w roku 1970 i próbę przewidywania prędkości linii lotniczych. Wykres prędkości kluczowych samolotów w funkcji czasu pokazano na rysunku 2 wraz z linią trendu



Ekstrapolacją byłby wzrost prędkości o około 600 mil na godzinę co 20 lat. Ale teraz zastanówmy się, co tak naprawdę się wydarzyło, jak pokazano na rysunku 3.



Concorde odstawał. Po jego wprowadzeniu prędkości wróciły do ogólnie tych z 1950 roku. Gdyby firmy lub rządy rozpoczęły projekt samolotu pasażerskiego o prędkości 2000 mil na godzinę w 1970 roku, popełniłyby to bardzo źle. Powodem załamania się ekstrapolacji była raczej ekonomiczna niż techniczna konstrukcja dla linii lotniczych o prędkości 2000 mil na godzinę, ale byłyby one zbyt drogie w eksploatacji. Często to ekonomia, a nie technologia, powoduje, że te „prawa” się kończą. Być może to samo dotyczy prędkości mobilnych w 2016 r. Wprowadzenie 5G może skończyć się jak Concorde - wspaniałym osiągnięciem inżynieryjnym, ale o ograniczonej wartości dla wszystkich, z wyjątkiem niewielkiej mniejszości. To, czy istnieją jakiegokolwiek dowody, że tak może być, jest przedmiotem Części 3.