

Wizja 5G

Poprzednie generacje systemów mobilnych nie miały wizji jako takiej. Miały na celu rozwiązanie problemów z poprzednią generacją i zapewnienie szybszej łączności. W dyskusji we wcześniejszych częściach przyjrano się kwestiom dostarczania szybszych rozwiązań o większej przepustowości, zakładając, że będą one leżeć u podstaw 5G. Ale w przeciwieństwie do poprzednich generacji zwolennicy 5G przedstawili bardziej wizję nowych usług, z których niektóre dotyczą szybkości i pojemności, a inne konkretnych możliwości. Tu przedstawimy różne wizje 5G i rozważono, w jakim stopniu są one praktyczne i ekonomiczne.

Kolekcja wizji

Nie ma jednego poglądu na to, co zaoferuje 5G, ale ogólne oczekiwania są takie, że zapewni ono lepsze wrażenia użytkowników i potencjał nowych usług. Aby to zrobić, różnie sugerowano, że 5G musiałoby spełniać jedno lub więcej z następujących kryteriów:

- łączność z wieloma urządzeniami i usługami o 100-procentowym zasięgu geograficznym.
- Możliwość bardziej elastycznego łączenia sygnałów z wielu pasm częstotliwości (ultrawysokie częstotliwości - UHF - do pasm fal milimetrowych) w zależności od lokalizacji, czasu i zastosowania, aby zapewnić bardziej stabilną łączność.
- Niskie opóźnienia w obsłudze tych usług lub aplikacji, których wymagań nie można spełnić przy użyciu istniejących technologii.
- Połączenie wielu platform dostawczych pod jednym „parasolem”.
- Zdolność do wspierania świadczenia ultraszybkich usług szerokopasmowych.
- Technologia obsługująca szeroki wachlarz różnych usług, które wymagają różnych rozwiązań.

Mając wizje pochodzące z wielu źródeł, operatorzy sieci komórkowych zebrali się w ramach projektu sieci mobilnych nowej generacji (NGMN) i podsumowali swoją wizję 5G jako:

Kompleksowy ekosystem, aby umożliwić w pełni mobilne i połączone społeczeństwo, które umożliwia tworzenie wartości dla klientów i partnerów, poprzez istniejące i pojawiające się przypadki użycia, dostarczone ze spójnym doświadczeniem i możliwe dzięki zrównoważonym modelom biznesowym.

Ta źle zdefiniowana utopia znalazła odzwierciedlenie w wizjach przedstawionych przez producentów, którzy sugerowali oczekiwania dotyczące wydajności 5G:

- 1000-krotny wzrost ilości danych mobilnych.
- Od 10 do 100 razy więcej podłączonych urządzeń.
- Pięciokrotnie mniejsze opóźnienie.
- 10- do 100-krotny wzrost szczytowej szybkości transmisji danych.
- 10-krotne wydłużenie żywotności baterii dla urządzeń o niskim poborze mocy.

Ta lista jest niezwykle ambitna. Dostarczenie tysiąckrotnego wzrostu wolumenu danych byłoby 50 razy lepsze niż najlepszy międzypokoleniowy wzrost wolumenu (przejście z 2G do 3G) i około 500 razy lepszy niż osiągnięty dzięki 4G. Osiągnięcie tego przy jednoczesnym obniżeniu latencji jest jeszcze trudniejsze. Zmniejszona latencja ma tendencję do zmniejszania wydajności. Wizje powinny być możliwe do zrealizowania, a ta wyraźnie nie jest. Międzynarodowy Związek Telekomunikacyjny (ITU), a konkretnie

Grupa Robocza 5D (WP-5D) - opracowała własną wizję Międzynarodowej Telekomunikacji Mobilnej (IMT) na rok 2020 i dalsze lata. Ta wizja podkreśla dostęp do usług opartych na chmurze, rzeczywistości rozszerzonej, wideo w wysokiej rozdzielczości, szybkiego dostępu do danych, automatyzacji, komunikacji o znaczeniu krytycznym oraz szeregu możliwości IoT/M2M.

Widok NGMN na potencjalne zastosowania

NGMN (NGMN Alliance 2015) zidentyfikował 25 różnych przypadków użycia, które są pogrupowane w osiem różnych rodzin przypadków użycia.

Dostęp szerokopasmowy

W raporcie NGMN rozróżniono dostęp szerokopasmowy na gęsto zaludnionych obszarach od szerokopasmowego dostępu wszędzie. Za gęste obszary uważa się te, w których żyją i pracują tysiące ludzi lub takie miejsca, jak stadiony. Dostęp szerokopasmowy w każdym miejscu ma na celu zapewnienie minimalnego doświadczenia w dowolnym miejscu i w szczególności dotyczy tego, co powinno być możliwe w przypadku obszarów wiejskich i obszarów o niskim ARPU na świecie. Dostęp szerokopasmowy w gęstych obszarach jest już zapewniany przez 4G. Przedstawione tutaj wyzwanie polega na zapewnieniu wystarczającej pojemności w lokalizacjach, takich jak biura lub stadiony, aby umożliwić aplikacje. Jak omówiono w części 3, nie jest jasne, czy to wyzwanie rzeczywiście istnieje. Jeśli wymagania dotyczące danych osiągną poziom plateau w połowie 2025 r., wówczas ogólnie możliwe będzie spełnienie wymagań dotyczących przepustowości za pomocą istniejących systemów 4G, które są rozszerzone o dodatkowe widmo w pasmach takich jak 3,5 GHz. Zapotrzebowanie na dane w biurach i innych lokalizacjach wewnętrznych jest już zaspokajane przez Wi-Fi, a coraz gęstsze wdrożenia Wi-Fi zapewniają przepustowość na stadionach i innych podobnych obiektach. Jeśli istniała taka potrzeba, jedynym nowym narzędziem, które wydaje się być do dyspozycji 5G, jest wykorzystanie wdrożeń mmWave. Te z pewnością spełniłyby wymagania dotyczące pojemności, ale kosztem, który wydaje się wysoce nieopłacalny. Dostęp szerokopasmowy w każdym miejscu jest godną aspiracją i jest omówiony bardziej szczegółowo w części 8. Wymaga zwiększonego zasięgu sieci. Operatorzy sieci mobilnej przestali zwiększać zasięg kilka lat temu, kiedy osiągnęli punkt opłacalności ekonomicznej. Zmiana tego wymagałaby technologii, która zapewniłaby pokrycie przy niższych kosztach. Wydaje się, że w ramach 5G nie ma rozwiązań, które zapewniłyby niższe koszty niż te dostępne w ramach 4G. Dzięki podstawowym pasmom częstotliwości dla 5G przy 3,4 GHz zasięg będzie bardzo ograniczony w porównaniu z wdrożeniami 4G w pasmach poniżej 1 GHz. Podsumowując, szerokopasmowy dostęp do gęstego obszaru jest już zapewniony przez 4G i Wi-Fi, a potrzeby w zakresie przepustowości będą spadać. Dostęp szerokopasmowy wszędzie wymaga rozwiązań o niższych kosztach, podczas gdy wszystkie propozycje 5G wydają się być droższe.

Większa mobilność użytkowników

Oczekuje się, że w ruchu będzie rosła zapotrzebowanie na usługi mobilne. Wiele osób zna problemy z łącznością podczas podróży. Pociągi przejeżdżają przez tunele, w których nie ma sygnału. Samochody przejeżdżają przez obszary o słabej łączności, a tylko niewielka część samolotów jest wyposażona w Wi-Fi. Są to głównie problemy z zasięgiem sieci. Gdyby zapewniono 4G lub Wi-Fi, zapewniłoby to potrzebne możliwości, przy czym 4G byłoby w stanie obsłużyć żądania przekazania, które pojawiają się, gdy grupy pasażerów przechodzą przez komórki. Ogólnie rzecz biorąc, istnieją dobre powody, dla których ochrona nie jest obecnie wdrażana. Należą do nich trudności w dostępie do torów kolejowych lub nieekonomiczny koszt pokrycia wszystkich dróg. Kwestie te omówiono bardziej szczegółowo w części 8. Podobnie jak w przypadku świadczenia usług szerokopasmowych (powyżej), na mapie drogowej 5G nie ma nic, co zmieniłoby te trudności. Niektóre aspekty, takie jak większe, bardziej

złożone anteny, mogą w rzeczywistości powodować dodatkowe trudności. Są tu problemy, które zasługują na rozwiązanie, ale nie potrzebują nowej generacji technologii mobilnej.

Ogromny Internet Rzeczy

Nowa technologia 5G jest postrzegana jako zaspokajająca potrzeby oczekiwanej ogromnej liczby urządzeń (czujników, siłowników, kamer), które zostaną wdrożone do monitorowania lub mierzenia szerokiego zakresu różnych atrybutów. Pojęcie IoT zostało wprowadzone w Części 3. IoT zostało pokazane jako bardzo wartościowa usługa, ale o stosunkowo minimalnych wymaganiach dotyczących danych. Teraz pytanie brzmi, czy 5G jest potrzebne, aby IoT mógł się zmaterializować. Istnieje wiele proponowanych rozwiązań dla łączności IoT. Dzielą się na rozwiązania komórkowe i rozwiązania niekomórkowe działające w nielicencjonowanych pasmach częstotliwości (i stąd często nazywane „rozwiązaniami nielicencjonowanymi”). W ramach 4G istnieją dwa główne rozwiązania - LTE-Machine (LTE-M) oraz wąskopasmowy IoT (NB-IoT). W 2017 roku oba z nich były testowane w wielu krajach, a wielu operatorów sieci komórkowych zobowiązało się do wprowadzenia ich w swojej sieci. Nielicencjonowane rozwiązania obejmują Sigfox, LoRa, Weightless i Ingenu i są wdrażane w różnym stopniu na całym świecie. Trudno dostrzec rolę 5G. Rozwiązania takie jak NB-IoT są dobrze określone i powinny spełniać przewidywalne potrzeby IoT. LTE i 4G oferują wystarczającą pojemność i zasięg. Wdrożenie innego rozwiązania IoT w ramach 5G zwiększyłoby dodatkowe koszty dla operatorów sieci komórkowych, zmuszając ich do równoległego prowadzenia wielu sieci i grożąc zamieszczeniem na rynku. Nie ma obecnie zidentyfikowanych niezaspokojonych potrzeb ani żadnej nowej technologii, która pozwoliłaby 5G zaoferować lepsze rozwiązanie niż 4G. W dużej debacie na temat 5G znajdujący się na rzeczy odbiorcy byli zgodni co do tego, że 5G nie wprowadzi nowego rozwiązania IoT, ale zamknie istniejące rozwiązania 4G. Taki był również pogląd, do którego organy normalizacyjne 5G zdawały się osiągać w 2017 roku. Oczywiście, jeśli 5G stanie się tylko enkapsulacją istniejących technologii we wszystkich obszarach, to w ogóle nie ma takiej potrzeby, ponieważ są one już szeroko enkapsulowane w 4G. Nie oznacza to, że wszystko jest idealne na rynku łączności IoT. Istnieje zbyt wiele konkurencyjnych rozwiązań, które powodują fragmentację rynku i dezorientują potencjalnych użytkowników. Niektóre rozwiązania są zastrzeżone i prawdopodobnie nie odniosą sukcesu w świecie, w którym jedynymi skutecznymi technologiami bezprzewodowymi są otwarte standardy. Biznesowe uzasadnienie dla operatorów sieci ruchomej jest nadal niepewne, a dla operatorów nielicencjonowanych istnieją obawy dotyczące zakłóceń i długowieczności. Ale to nie są problemy, które rozwiązałaby nowa technologia 5G; zamiast tego wymagają konsolidacji rynku, dojrzałości ofert i stabilności. Podsumowując, IoT to ważny obszar, ale dobrze obsługiwany przez istniejącą technologię.

Ekstremalna komunikacja w czasie rzeczywistym

Ma to na celu objęcie tych zastosowań, które wymagają interakcji w czasie rzeczywistym. Może to dotyczyć sterowania sieciami inteligentnych sieci elektrycznych, autonomicznych samochodów lub sterowania i interakcji robotów (np. zdalna opieka medyczna). Jednym ze zidentyfikowanych przypadków użycia jest internet dotykowy, w którym obiekty rzeczywiste i wirtualne są sterowane bezprzewodowo przez ludzi. Internet dotykowy opiera się na obserwacji, że gdy ludzie wchodzi w bezpośrednią interakcję z przedmiotami poprzez dotyk palcami, informacja zwrotna, jaką otrzymują w postaci nacisku, gdy dotykają przedmiotów, następuje w ciągu 1 milisekundy (ms) (choć niektórzy sugerują, że trwa to 10 ms). Jeśli sprzężenie to trwa dłużej, sterowanie złożonymi maszynami za pomocą dotyku staje się trudne – efekt jest podobny do echa w mowie. Obecne systemy 4G mogą osiągnąć opóźnienie lub opóźnienie około 10 ms, chociaż w praktyce 50 ms jest bardziej prawdopodobne w obciążonej sieci. W związku z tym 4G jest o rząd wielkości od zapewniania możliwości dotykowych. Niektórzy uważają, że gdyby opóźnienie w 5G można było zmniejszyć do 1 ms, umożliwiłoby to zestaw nowych aplikacji, takich jak zdalna chirurgia. Zakres tych zastosowań jest mało

zrozumiały. Zdalna chirurgia jest wyraźnie usługą bardzo niszową, potrzebną tylko dziesiątkom osób w kraju. Mogą istnieć inne aplikacje zdalnego sterowania o bardziej powszechnym zapotrzebowaniu, ale nie zostały one jeszcze zidentyfikowane. Aplikacje takie jak VR również skorzystałyby na niskim opóźnieniu - w przypadku VR idealne byłoby mniej niż 10 ms, chociaż 20 ms może być wystarczające dla większości.

Prawie wszystkie sugerowane usługi mogą być używane w pomieszczeniach. Zdalna chirurgia jest zdecydowanie zajęciem w pomieszczeniach, podobnie jak VR. W takim przypadku aplikacje te mogą być połączone przewodowo (np. do zestawu słuchawkowego VR) lub przez sieć bezprzewodową krótkiego zasięgu, taką jak Wi-Fi. Sugeruje to, że jeśli mają być zaprojektowane radiotelefony o niskim opóźnieniu, bardziej pomocne byłyby tryby w komunikacji krótkiego zasięgu niż w sieci komórkowej. Sugeruje również, że łączność wewnętrzna może być wykorzystywana do testowania zapotrzebowania na usługi o niskim opóźnieniu. Jeśli stanie się jasne, że istnieją aplikacje, które (1) duża liczba użytkowników chce wynieść na zewnątrz i (2) użytkownicy zapłacą znacznie więcej, wtedy uzasadnienie biznesowe dla wdrożenia mmWave lub podobnej funkcji może stać się wykonalne. Dostarczanie małych opóźnień jest trudne. Wymagałoby to radykalnego przeprojektowania wielu koncepcji w mobilnych systemach radiowych. Ponadto ma tendencję do działania przeciwko wydajności widma, ponieważ na przykład duże bloki danych mogą być kodowane wydajniej niż mniejsze. Dlatego może być konieczny kompromis między wydajnością a opóźnieniem. Gdyby tak było, ekonomia działania sieci sugerowałaby, że jeśli usługi o niskim opóźnieniu nie byłyby bardzo wartościowe, wydajność zawsze byłaby na pierwszym miejscu. Podsumowując, chociaż internet dotykowy jest interesującą koncepcją, jest bardzo trudny do dostarczenia, może zagrażać innym funkcjom sieci i ma niepewne przychody. Dopóki nie pojawi się wyraźny popyt, trudno wyobrazić sobie operatorów sieci komórkowych wbudowujących go w swoje sieci.

Komunikacja na linii życia

Przewiduje się, że pojawią się kolejne zastosowania dla służb bezpieczeństwa publicznego i ratownictwa. Aplikacje te zazwyczaj wymagają wysokiego poziomu dostępności, długiej żywotności baterii w terminalach użytkowników i uwzględniają nagłe wzrosty natężenia ruchu. Jednym ze zidentyfikowanych zastosowań jest komunikacja w przypadku klęsk żywiołowych. Komunikacja służb ratunkowych była przedmiotem wielu dyskusji, a niektórzy skłaniają się obecnie do korzystania z 4G. Ostatnie wydania specyfikacji 4G dodały funkcje, których potrzebują te grupy użytkowników. Jeśli ci użytkownicy wdrożą system 4G w nadchodzących latach, wydaje się nie do pomyślenia, aby szybko zastąpili go 5G. Takie grupy użytkowników mają tendencję do utrzymywania swoich systemów przez jakiś czas - na przykład komunikacja kolejowa nadal opiera się na wariacie systemu GSM. Służby ratunkowe zaadoptują 4G na swoje potrzeby, a w specyfikacji 5G obecnie nie ma nic, co sugerowałoby, że powinni zamiast tego poczekać na 5G.

Niezawodna komunikacja

Biała księga NGMN zauważa, że wizja roku 2020 i później obejmuje nie tylko motoryzację, opiekę zdrowotną i wspomaganie życia, ale także branże takie jak produkcja przez rolnictwo, które wymagają niezawodnej komunikacji typu maszyny. Inne zastosowania obejmują te, w których istnieje potrzeba zdalnej obsługi i sterowania; w takich przypadkach często wymagane jest niskie opóźnienie (np. inteligentne sieci, zautomatyzowana kontrola ruchu i prowadzenie pojazdu). Często nie ma (lub jest ograniczona) potrzeby mobilności. Chociaż ta lista aplikacji może nie być wyczerpująca, warto omówić każdą z nich po kolei, aby zrozumieć problemy i korzyści potencjalnego rozwiązania 5G.

Automotive

Pojazdy działają dziś dobrze z ograniczoną, jeśli w ogóle, łącznością. Kluczową zmianą, która może to zmienić, są pojazdy autonomiczne. Niektórzy sugerują, że skuteczne działanie autonomiczne będzie wymagało bardzo wysokiej niezawodności i bardzo małych opóźnień w łączności, aby samochód był zawsze pod kontrolą sieci centralnej. Ale chwila zastanowienia pokazuje, że tak być nie może. Gdyby pojazd autonomiczny wymagał takiej łączności, musiałby się zatrzymywać, gdy łączność nie byłaby dostępna. Biorąc pod uwagę części sieci drogowej, które nie mają zasięgu, oznaczałoby to, że samochody autonomiczne dojeżdżałyby kilka kilometrów od dealera, zanim zatrzymałyby się do czasu rozszerzenia zasięgu sieci, co może trwać lata. To jest oczywiście niedorzeczne. Pojazdy autonomiczne są tak określane, ponieważ mogą działać autonomicznie - bez jakiegokolwiek łączności z siecią. Tak właśnie działają wczesne rozwiązania od Google i Tesli. Gdy istnieje łączność, pojazd może pobierać przydatne informacje, takie jak warunki na drodze, ale w większości przypadków kontroluje swoje działanie lokalnie. Centralizacja kontroli byłaby kosztowna, podatna na opóźnienia i niezwykle skomplikowana. Pojazdy mogłyby być użytecznie połączone. Dane telemetryczne z silnika i innych części pojazdu mogą pomóc w konserwacji. Można to zapewnić dzięki pojawiającym się rozwiązaniom IoT. Pasażerowie mogą cieszyć się szerokopasmową łącznością dla rozrywki – to może być również zapewnione przez 4G. Samochody mogą chcieć komunikować się z sąsiadami (na przykład w celu wskazania gwałtownego hamowania) - można to zrobić za pomocą prostych systemów radiowych krótkiego zasięgu. Oczywiście, jeśli superszybka łączność byłaby szeroko dostępna wzdłuż dróg, pasażerowie mogliby uznać za atrakcyjne przesyłanie strumieniowe wideo, ale koszt takiego świadczenia wydaje się z dużym prawdopodobieństwem przewyższyć wartość, jaką pasażerowie by na to przypisali. Zamiast tego pobieraliby wideo przed podróżą, tak jak robią to teraz.

Roboty

Roboty są zazwyczaj urządzeniami statycznymi na linii produkcyjnej, które są połączone kablem. Jeśli potrzebne jest łącze bezprzewodowe, jest ono udostępniane za pomocą nielicencjonowanych systemów fabrycznych, takich jak Bluetooth lub Wi-Fi. Jest mało prawdopodobne, że 5G będzie miało dobry zasięg w pomieszczeniach, a koszty korzystania z niego w porównaniu z systemem dostarczanym samodzielnie będą wysokie. Tutaj nie ma roli dla 5G.

e-zdrowie

Zdalne monitorowanie parametrów życiowych pacjenta może mieć ogromną wartość dla niektórych, na przykład dla osób cierpiących na choroby przewlekłe. Obecnie na ogół osiąga się to za pomocą monitora komunikującego się przez Bluetooth z telefonem, który następnie przekazuje dane w razie potrzeby. W przyszłości może być prostsze łączenie się bezpośrednio za pomocą urządzeń IoT. Problemem jest to, czy można niezawodnie odbierać pilne wiadomości. Jeśli taka wiadomość zostanie zablokowana z powodu przeciążenia sieci lub braku zasięgu, efekt może zagrażać życiu. Sieć 4G ma możliwość priorytetyzacji ruchu. Dodanie kolejnej sieci do miksu wydaje się niewiele wносить. Rzeczywiście, jeśli wydatki wypierają środki przeznaczone na poprawę zasięgu, efekt 5G może być szkodliwy.

Drony

Drony są zwykle sterowane za pomocą łączności bezprzewodowej krótkiego zasięgu. Czasami jest to zastrzeżone; innym razem przyjmuje się rozwiązania takie jak Wi-Fi. Te rozwiązania działają dobrze, dopóki dron nie zniknie z pola widzenia lub poza zasięgiem. Jednak większość dronów jest ograniczona przepisami, aby pozostać w zasięgu wzroku operatora. Co więcej, rynek dronów jest stosunkowo niewielki, a pomysł wdrożenia zupełnie nowej sieci do jego obsługi byłby nieopłacalny.

Chirurgia zdalna

Zostało to omówione wcześniej. Ogólnie rzecz biorąc, jest to aktywność w pomieszczeniach, w której zastosowano by rozwiązania bezprzewodowe krótkiego zasięgu. Podsumowując, choć jest tu kilka cennych aplikacji, można je dobrze obsłużyć za pomocą istniejących rozwiązań. Nic nie jest wystarczająco nowatorskie, skalowane i wartościowe, aby wdrożenie drogiego rozwiązania 5G było opłacalne.

Usługi podobne do transmisji

Niektórzy uważają, że nastąpi odejście od telewizji nadawczej w kierunku usług w czasie rzeczywistym i nie w czasie rzeczywistym, które rozpowszechniają treści za pośrednictwem komórkowego łącza downlink. Treść może również stanowić kanał informacji zwrotnej (łącze nadrzędne) dla usług interaktywnych. Usługi lokalne mogą dostarczać oferty i informacje od lokalnych firm, a usługi regionalne mogą dostarczać informacje o korkach na drogach. Problem polega na tym, że próbowano tego już wcześniej - z niepowodzeniem. W ramach 4G istnieje dobrze określony tryb rozgłaszania, zwany rozwiniętą usługą multicast (eMBMS). Zostało to poddane szeroko zakrojonym próbom operatorów sieci komórkowych i przeanalizowane jako część szerszej europejskiej strategii nadawania przez Komisję Europejską. Próby okazały się mieć jedynie ograniczoną wartość, a Komisja Europejska doszła do wniosku, że nie ma opłacalnego uzasadnienia biznesowego dla powszechnego nadawania za pośrednictwem sieci komórkowych. W proponowanych specyfikacjach 5G nie ma nic nowego, co zmieniłoby te wnioski. Podobnie nic nie stoi na przeszkodzie, aby pojawił się nowy przypadek biznesowy, który mógłby wykorzystać możliwości już dostępne w 4G.

Podsumowanie wymagań NGMN

Różne wymagania określone przez NGMN dzielą się głównie na trzy kategorie:

1. Lepszy zasięg.
2. Nowe usługi.
3. Konsolidacja funkcji innych sieci.

Wydaje się, że lepszy zasięg można uzyskać poprzez ekspansję 4G, a nie przez 5G. W ramach 5G nie ma technologii, które zapewniają większy zasięg, a jego wdrożenie w wyższych pasmach częstotliwości sprawia, że lepiej nadaje się do obszarów miejskich. Nowe usługi, takie jak dotykowy internet, są obiecujące, ale ekonomia wydaje się być bardzo trudna. Bez perspektywy znacznego zwiększenia przychodów trudno jest zrozumieć, w jaki sposób operatorzy sieci komórkowych mogliby uzasadnić swoje wdrożenie. Konsolidacja innych funkcji, takich jak IoT i transmisja, wydaje się niepotrzebna. Korzyści z konsolidacji są minimalne, a 5G nie wnosi żadnych nowych koncepcji ani technologii. Pomimo szerokiego zakresu przypadków użytkowników (a może właśnie z tego powodu), operatorzy sieci ruchomej niewiele mogliby wykorzystać do przekonania inwestorów do zapewnienia im kapitału potrzebnego do wdrożenia 5G. Dostarczając tak obszerną „listę życzeń”, utrudniło to skupienie się na 5G; wynik jest nieprzekonujący.

Wnioski

Spółeczności 5G nie można zarzucić, że brakuje jej wizji – wręcz przeciwnie. Wizje sięgają od metryk dla systemu radiowego do szerokiego zakresu przypadków użycia. Wygląda na to, że 5G ma na celu rozwiązanie wszystkich problemów społeczności mobilnej i zapewnienie utopijnego rozwiązania, w którym wszyscy mają doskonałą komunikację, która zaspokaja każdą ich potrzebę. Porównaj to z poprzednimi generacjami, w których wizje były znacznie bardziej ograniczone, takie jak zwiększenie pojemności lub zapewnienie określonej szybkości transmisji danych. Ale te wizje są zbyt utopijne. Pełne

ich osiągnięcie wymagałoby zdumiewających przełomów w technologii radiowej i wymagałoby od abonentów przygotowania się do znacznego zwiększenia wydatków. Oba są heroicznymi założeniami. W praktyce większość wizji można odpowiednio zrealizować za pomocą istniejącej technologii, takiej jak rozwinięta sieć 4G, ewoluująca sieć Wi-Fi i pojawiające się technologie IoT. Te wizje, które są trudniejsze do zrealizowania, można łatwo skrytykować; samo twierdzenie, że do rozwiązania problemów potrzebny jest optymizm, jest niewystarczające. Przyszłość jest niepewna, a wymagania lub usługi mogą się pojawić, co spowoduje powstanie innej branży niż obecnie. Ale dopóki tak się nie stanie, inwestycje w 5G pozostają nieatrakcyjne.