



# PROGRAMOWANIE APLIKACJI MOBILNYCH

## WYKŁAD

Technologie mieszanej rzeczywistości

---

**dr inż. Mateusz Pomianek**

**Katedra Informatyki i Automatyki, Politechnika Rzeszowska**

[m.pomianek@prz.edu.pl](mailto:m.pomianek@prz.edu.pl) // [D.103](#) // <http://www.kia.prz.edu.pl> // <https://materialy.kia.prz.edu.pl>



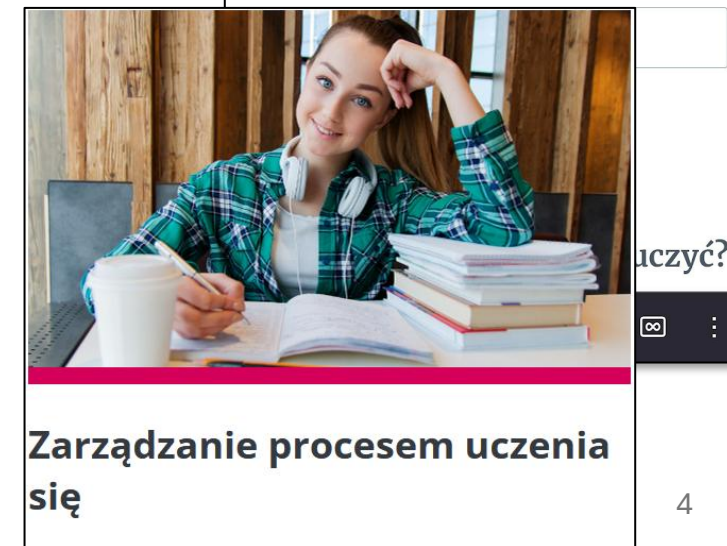
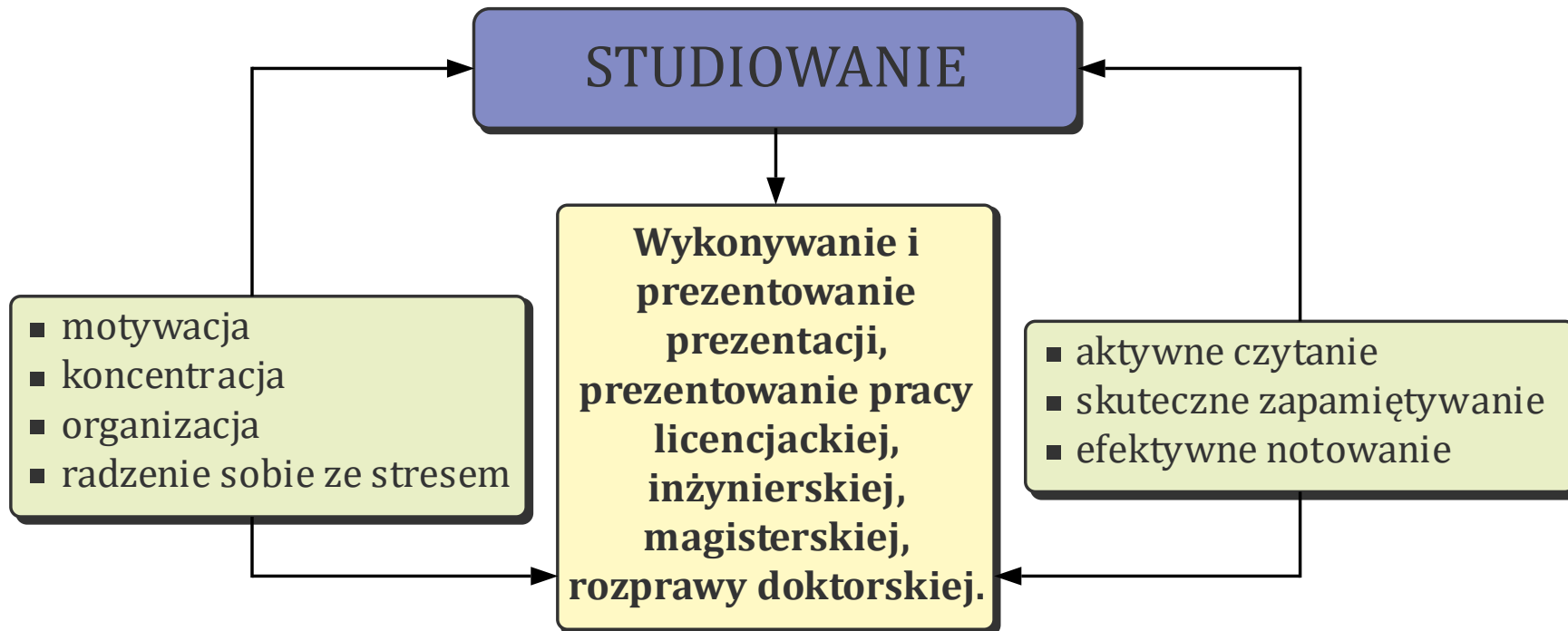
1. Rynek IT
2. Virtuality Continuum
3. Mediated Reality
4. Historia technologii immersyjnych
5. Metaverse
6. Wyzwania i trendy



***Life is not a problem to be solved,  
but a reality to be experienced.***

– Soren Kierkegaard

**NAVOICA** jest polską platformą edukacyjną z kursami typu MOOC, należącą do **Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego**, którą rozwija Ośrodek Przetwarzania Informacji – Państwowy Instytut Badawczy (OPI PIB). Nazwa platformy pochodzi od **Nawojki**, która zgodnie z legendą była pierwszą polską studentką.



Dzisiejszy rynek IT wymaga wiedzy i umiejętności z różnych dziedzin. Cenne są solidne fundamenty teoretyczne, i szeroki zakres umiejętności twardych. W odróżnieniu jednak od sytuacji rynkowej jeszcze 10 lat temu, dziś absolwent informatyki musi posiadać również wiedzę z zakresu biznesu, kierowania projektami, przetwarzania i prezentacji danych oraz – co coraz istotniejsze – wiedzę z zakresu samorozwoju, psychologii i zdrowia psychicznego.

## Umiejętności twarde



Projektowanie procesu i wyrobu w warunkach Przemysłu 4.0

Politechnika Białostocka



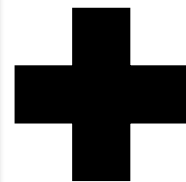
Od pomysłu do miliona pobrań. Jak tworzyć aplikacje mobilne?

Akademia Finansów i Biznesu Vistula



Opracowanie i prezentacja danych cz. 1

Szkoła Wyższa im. Pawła Włodkowica w Płocku



## Umiejętności badawcze



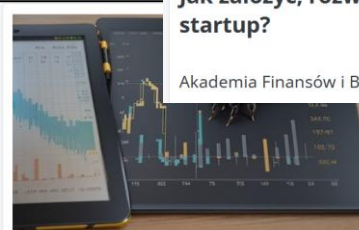
Zarządzanie projektami

Akademia Warszawa



Od idei do pierwszego miliona. Jak założyć, rozwinąć i sprzedać startup?

Akademia Finansów i Biznesu Vistula



Eksperyment – projekt, analiza statystyczna i raport APA

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

## Umiejętności miękkie



Współczesna edukacja – jak uczyć nowoczesnie?

Akade



Współczesne narzędzia ICT i innowacyjne metody kreatywnej edukacji

Śląski w Kat



Lifelong Learning, czyli uczenie się przez całe życie



Emocje i motywacja

Akademia Ekonomiczno-Humanistyczna w Warszawie



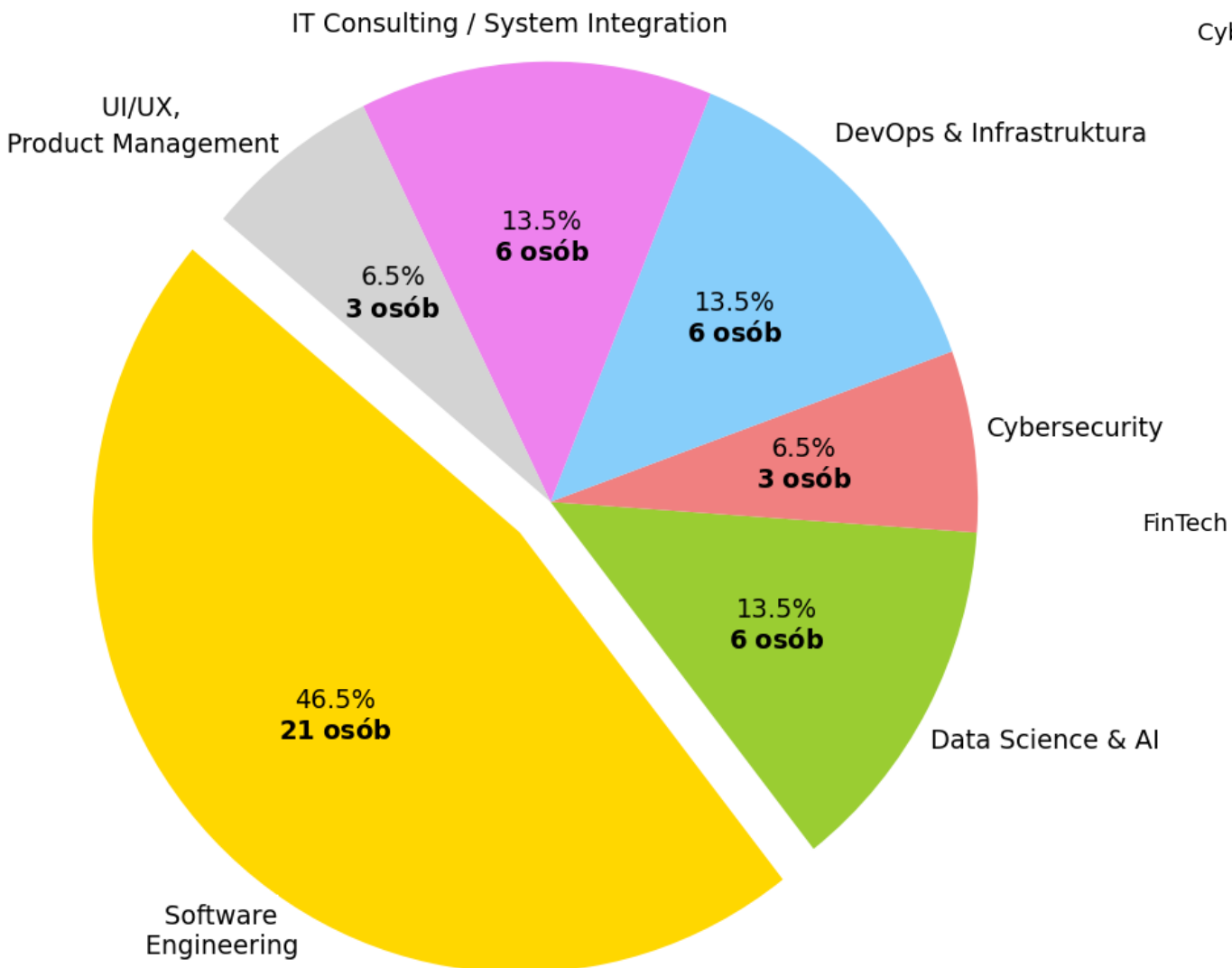
Mindfulness w rozwoju osobistym i zawodowym

Mindfulness w rozwoju osobistym i zawodowym

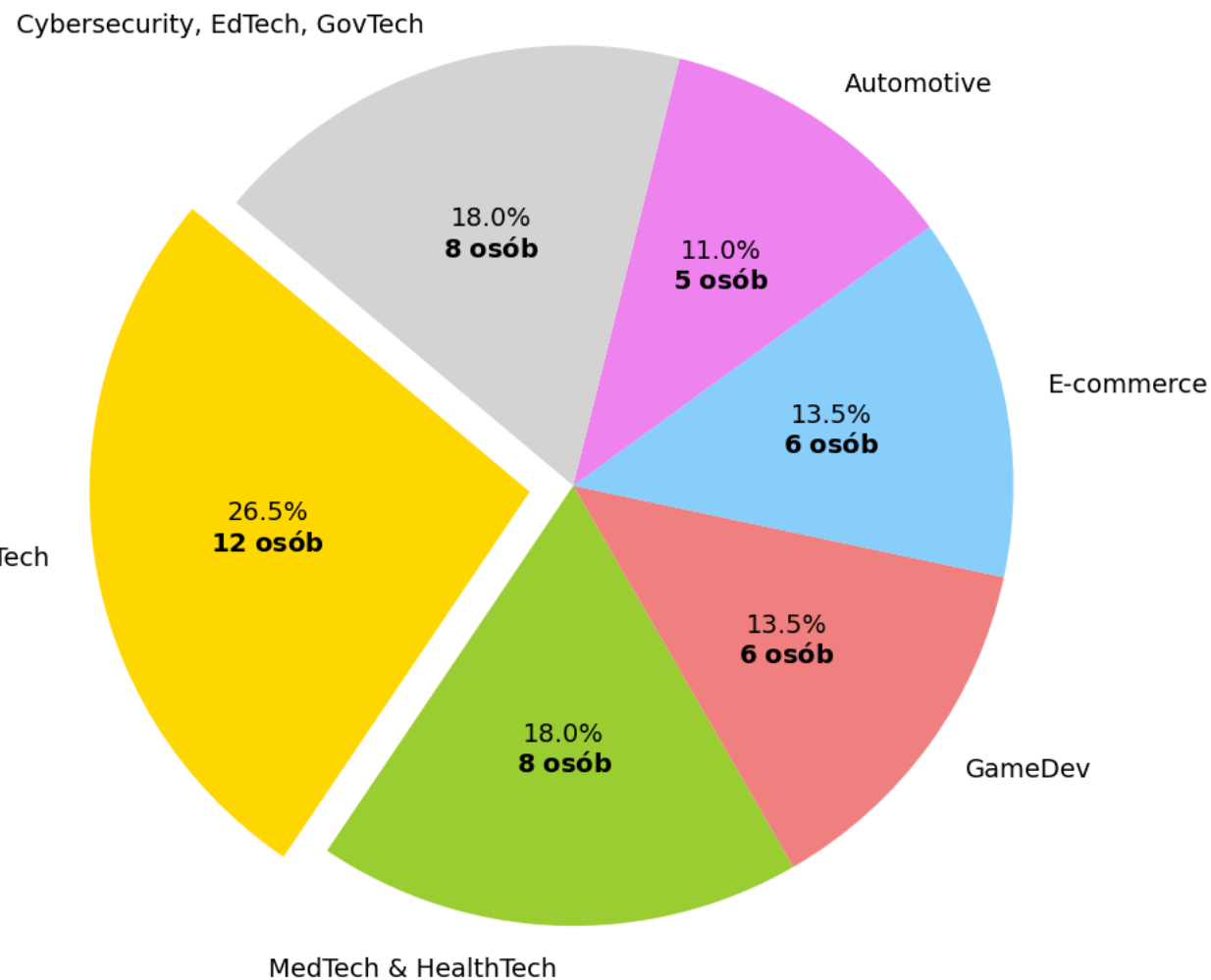
Uniwersytet Śląski w Katowicach



**Rodzaj pracy absolwentów Informatyki  
(45 osób)**

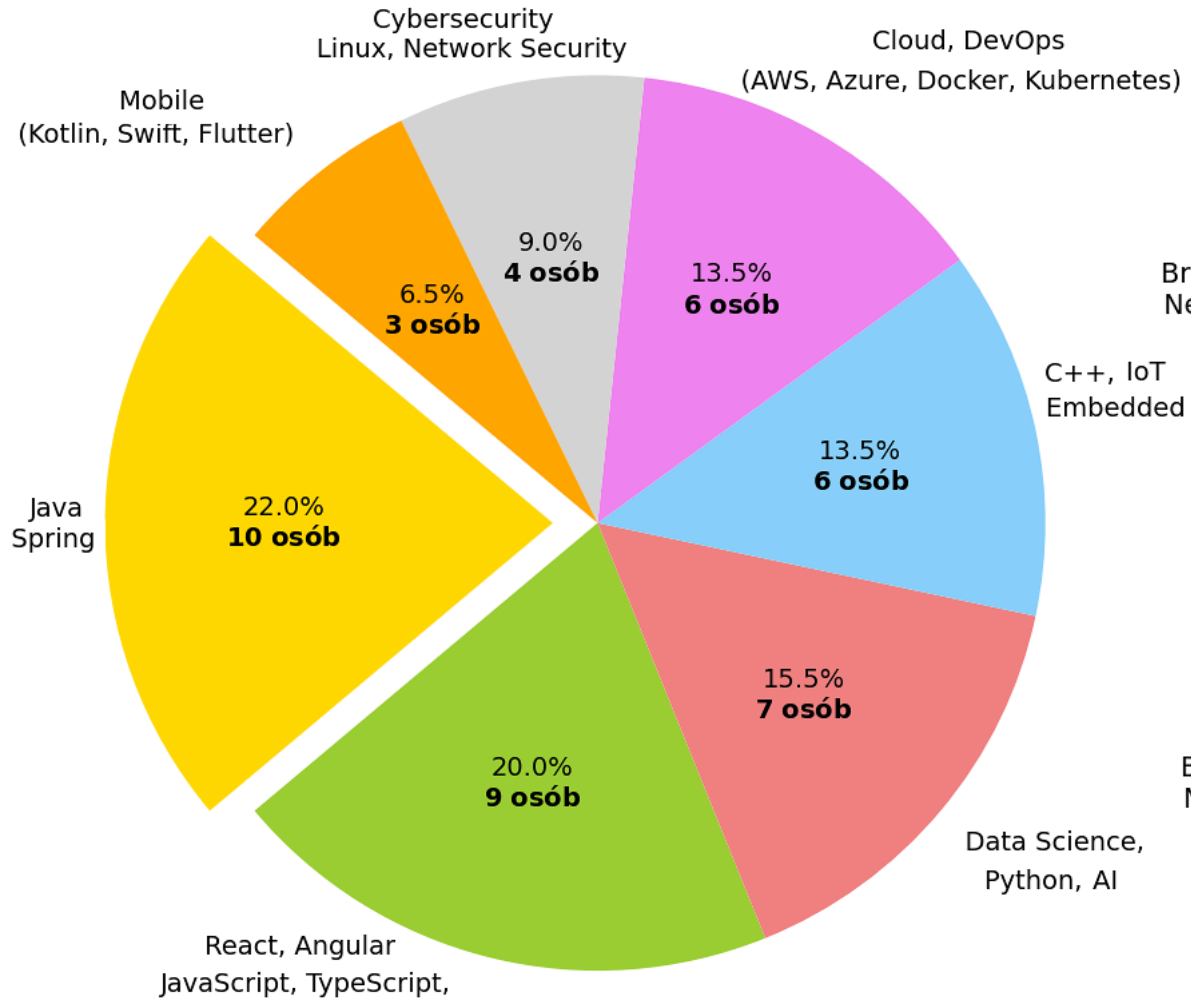


**Branże wybierane przez absolwentów Informatyki  
(45 osób)**

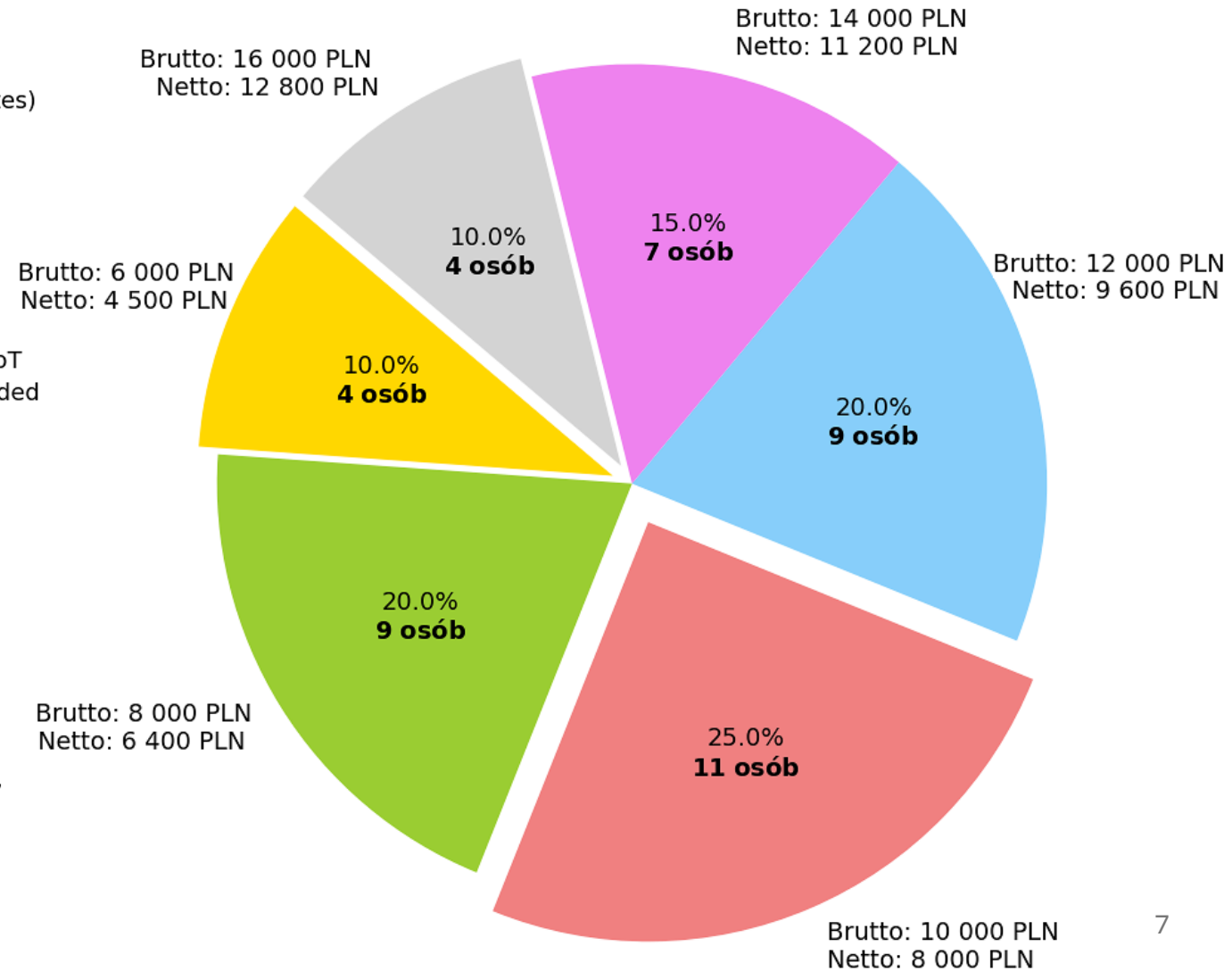




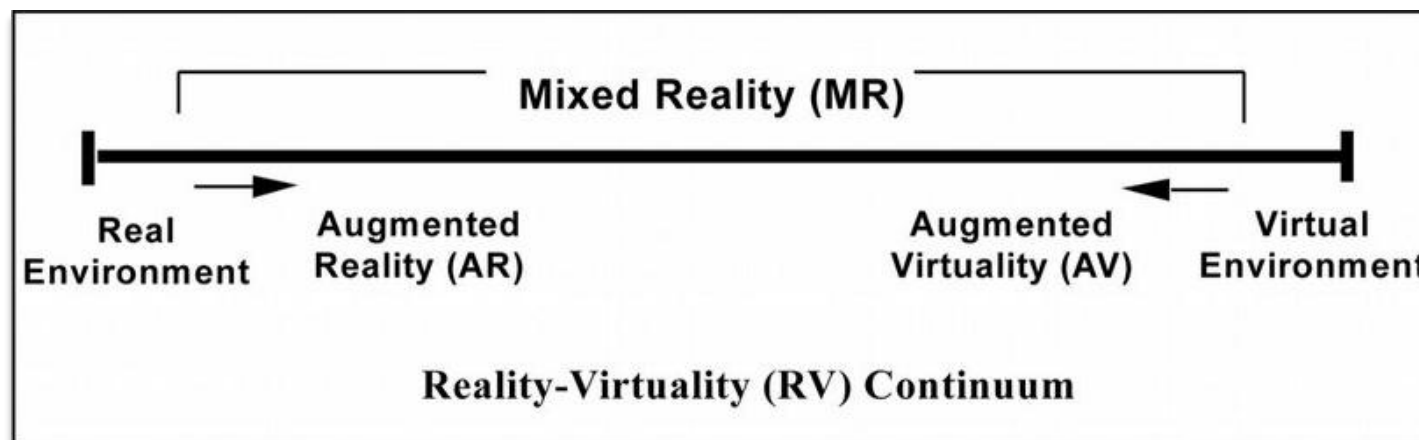
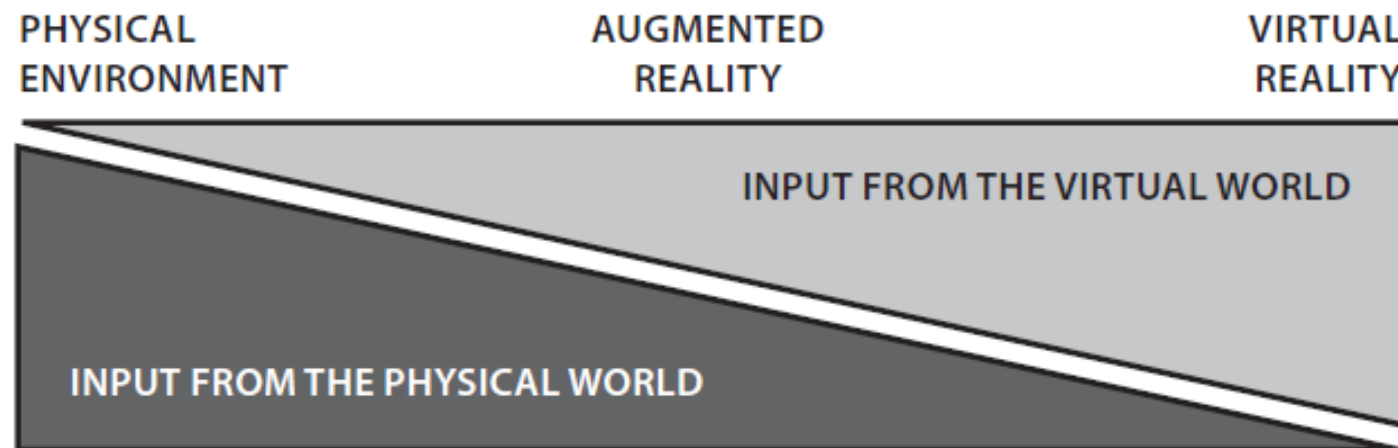
**Technologie używane przez absolwentów Informatyki  
(45 osób)**



**Zarobki absolwentów Informatyki w Polsce (5-10 lat doświadczenia)  
(45 osób)**



Rozwój technologii cyfrowych stwarza ciągle nowe możliwości doświadczania rzeczywistości. Jednym z największych trendów ostatnich lat jest **Extended Reality (XR)**, łącząca technologie wirtualnej (VR), rozszerzonej (AR) i mieszanej rzeczywistości (MR).

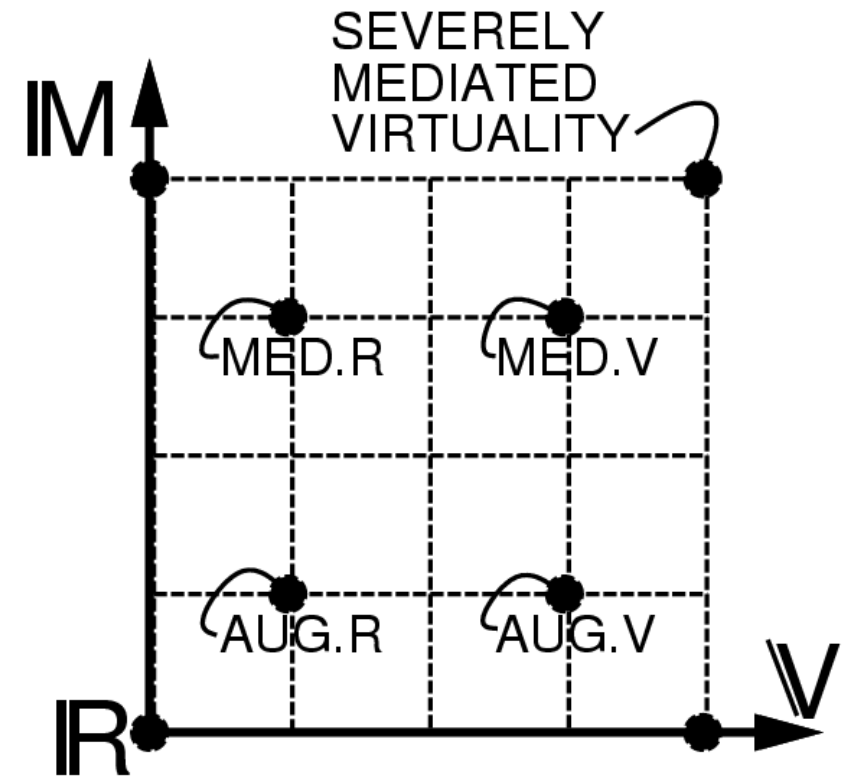


Rozwój technologii cyfrowych stwarza ciągle nowe możliwości doświadczania rzeczywistości. Jednym z największych trendów ostatnich lat jest **Extended Reality (XR)**, łącząca **technologie wirtualnej (VR)**, **rozszerzonej (AR)** i **mieszanej rzeczywistości (MR)**.

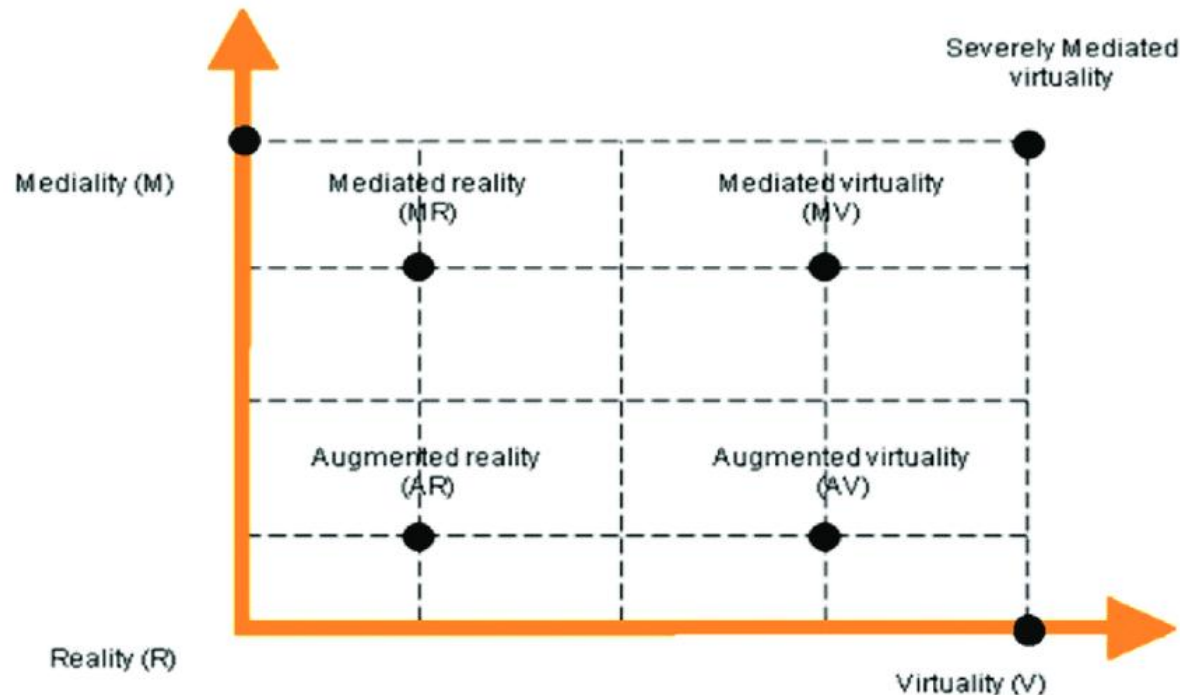


Kontinuum to zostało rozszerzone do **dwuwymiarowej płaszczyzny wirtualności i medialności**. Taksonomia rzeczywistości, wirtualności, medialności.

Początek R oznacza niezmodyfikowaną rzeczywistość. Kontinuum na osi wirtualności, V, obejmuje rzeczywistość rozszerzoną o grafikę (rzeczywistość rozszerzona), a także grafikę, rozszerzoną o rzeczywistość (wirtualność rozszerzona). Taksonomia obejmuje jednak również modyfikację rzeczywistości lub wirtualności lub dowolną ich kombinację.



**Oś medialności** oznacza zmiany. Modyfikacja jest oznaczana przez przesunięcie w górę osi medialności. Dalej w górę tej osi możemy na przykład znaleźć zapośredniczoną rzeczywistość, zapośredniczoną wirtualność lub dowolną ich kombinację. Dalej w górę i w prawo mamy wirtualne światy, które reagują na poważnie zmodyfikowaną wersję rzeczywistości.

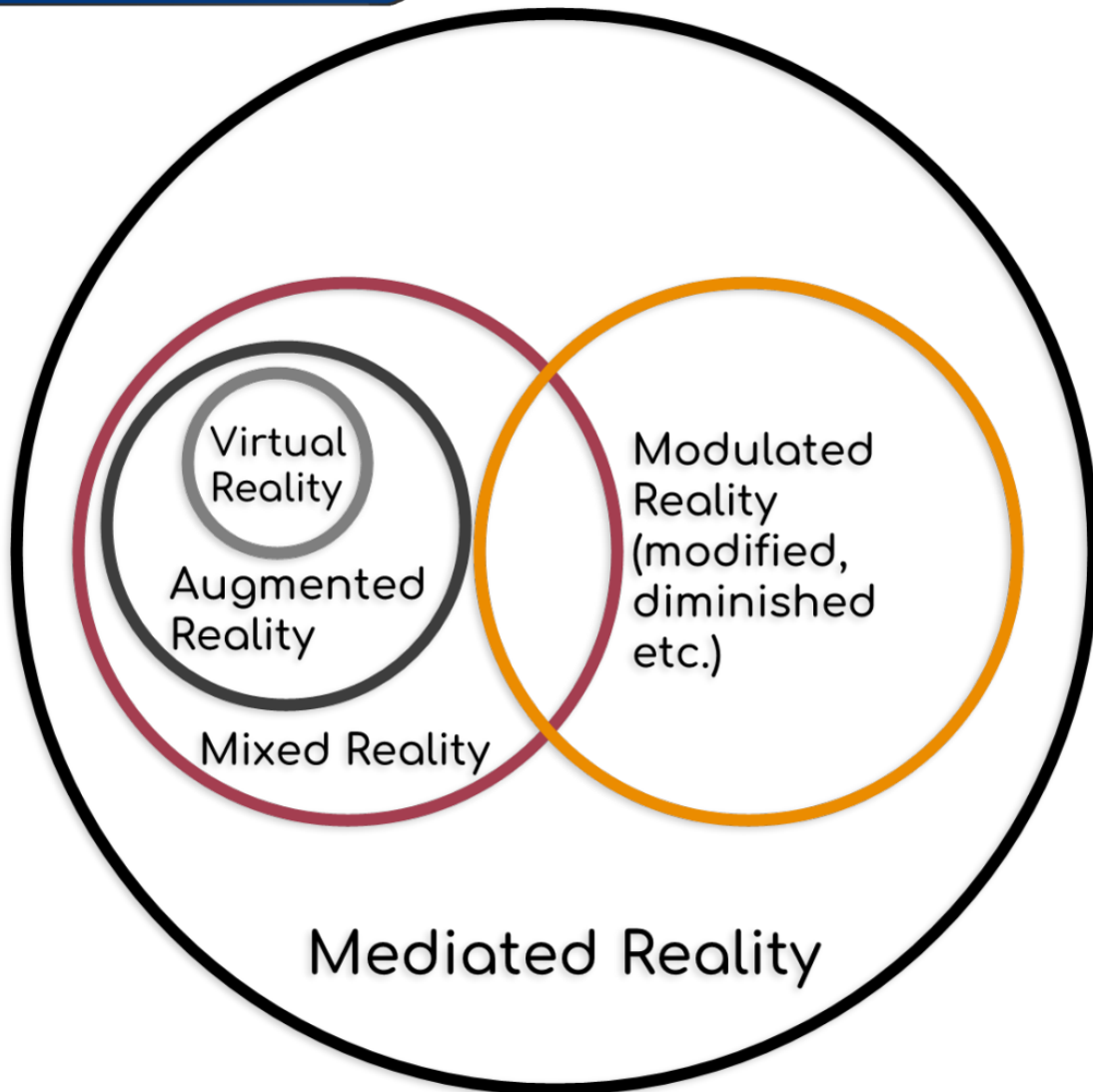


**Kontinuum wirtualności** rozrosło się i rozwinęło poza etykiety takie jak informatyka i nowe media. Ponieważ koncepcja ta ma wiele wspólnego ze sposobem, w jaki ludzie nadal zmieniają sposób, w jaki się komunikują; sposób, w jaki tworzą się tożsamości i sposób, w jaki wchodzą w interakcje ze światem i wewnątrz niego; jest ona dokładniej opisana jako przedmiot antropologii.



**Virtuality:** Wszystkie rzeczywistości, które **dodają grafikę generowaną komputerowo do świata rzeczywistego**, są uważane za wirtualne. Wirtualność obejmuje rzeczywistość wirtualną i podtypy **rzeczywistości mieszanej (MR)**, takie jak **rzeczywistość rozszerzona (AR)** i **wirtualność rozszerzona (AV)**.

**Modularity:** Modułowość odnosi się do wielu form rzeczywistości medialnej, które **dodają lub odejmują części od świata rzeczywistego**. Modułowość obejmuje mniej znane i mniej zaawansowane odmiany modulowanej rzeczywistości (**modulated reality, ModR**), takie jak zmodyfikowana rzeczywistość (**modified reality, MfR**), zredukowana rzeczywistość (**diminished reality, DR**) i poważnie zredukowana rzeczywistość (**severely diminished reality, SDR**).



Termin „**Mediated Reality**” został ukuty przez pioniera wearable computing **Steve'a Manna** i odnosi się do możliwości dodawania, odejmowania informacji lub w inny sposób **manipulowania postrzeganiem rzeczywistości za pomocą urządzeń komputerowych**, takich jak urządzenia do noszenia (np. immersyjne gogle VR/AR) lub urządzenia przenośne (np. smartfony).

**Rzeczywistość mediowana** więc jest super zbiorem rzeczywistości wirtualnej (**VR**), rozszerzonej (**AR**) i mieszanej (**MR**), a także rozszerzonej wirtualności (**AV**), pomniejszonej rzeczywistości (**DR**), modulowanej rzeczywistości (**ModR**) i zmodyfikowanej rzeczywistości (**MfR**).

**Mediated reality** (rzeczywistość mediowana) to ogólny termin określający każdą technologię mającą na celu manipulowanie ludzką percepcją za pomocą przetwarzania komputerowego. Obejmuje ona rzeczywistość wirtualną (VR), rzeczywistość mieszaną (MR) i rzeczywistość rozszerzoną (AR), a także mniej znaną wirtualność rozszerzoną (AV), rzeczywistość modulowaną (ModR), rzeczywistość zmodyfikowaną (MfR) i rzeczywistość zredukowaną (DR).

Toward a user-centric classification scheme for extended reality paradigms

These various examples confirm, over the years, that the definition of mixed reality is not fixed and remains in constant evolution. However, it is possible to observe common points between the different definitions:

- The first point of convergence is on the notion of virtual object integration within the real environment. Moreover, this is in line with the definition of the word "mixed" ("which includes two or more elements of different natures").
- A common distinction is also made on how to display these virtual objects in the environment. It is not a simple "augmentation" but virtual objects in their own right that can be related, or not, to objects of the real and with which they can interact.
- Finally, we can observe the importance of the notion of environment. Each article presents mixed reality as improving the user experience. The goal is to enrich the user environment while avoiding disrupting the link he has with reality (Kress and Cummings 2017b).

As seen earlier, the concept of mixed reality is not recent. One of the first to have mentioned it is Milgram and Kishino (1994) by its real-virtual continuum. This idea of mixed reality is also reused by Mann in his conception of what he calls "mediated reality" (Mann and Nnlf 1994) which is defined as the action of modifying the real world via an intermediary. To fully understand what mediated reality represents, it is necessary to define the notions of "mediate" and "immediate".

According to the "Merriam-Webster.com" dictionary (Merriam-Webster 2019a, b), mediate is said of a thing, "Occupying a middle position; acting through an intervening agency; exhibiting indirect causation, connection, or relation". Conversely, immediate is said of a relation or action, "Existing without intervening space or substance; without an intervening medium or agency; direct".

As it is the case with the Milgram's continuum, we can see on the Mann's mediated reality graph (Fig. 3) that mixed reality is composed of augmented and virtual reality.

These three different realities, considered as mediated, imply the use of an intermediary in the user's perception of his environment. It is in this environment perception that we can identify the main criteria of differentiation between the virtual, augmented and mixed reality paradigms.

### 3.2 Mixed, virtual, augmented realities, SLAM as a main differentiator

We have seen previously that there is a difference between the "augmentation" and the "virtuality" (Billinghurst and Kato 1999) and consequently, the mediator plays a key role in shaping information. Indeed, unlike a conventional

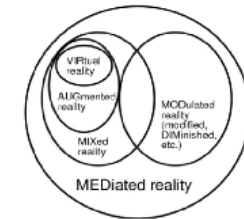


Fig. 3 Mann and Nnlf (1994) mediated reality model

augmented reality experience, in the mixed reality experiences the user can consider his environment in his various actions. The diagram below (Fig. 4) (Kinnebrew and Kipman 2012) represents a user viewing a mixed reality environment through an HMD. One can view a mix of physical and virtual objects which are all interactive.

For example, the user may place a virtual object on a table or use the walls to install virtual windows (Fig. 4, Menu # 344). These virtual objects can therefore be saved in three-dimensional space and time according to:

- A position in relation to the world: an object can have a fixed position and orientation, in the real environment, allowing the user to move around.
- A position relative to the user: the object can be fixed relative to the user. A displacement of the user then drives a proportional displacement of the object.
- A position relative to an object: the object will be positioned relative to another object, be it virtual or physical.

These methods of space recording involve the calculation and the "understanding" of the environment. However, it is possible to compare this process of spatial knowledge with the SLAM principle, "Simultaneous Location and Mapping". Originally, this is an extremely well-known problem since the 1980s, in the field of robotics, where one wonders whether a robot placed in an unknown environment is able to map it incrementally while knowing its position inside (Fox et al. 1999). Durrant-Whyte and Bailey (2006) pioneered in this area, defines the problem as "SLAM is a process by which a mobile robot can build a map of an environment and at the same time use this map to deduce its location".

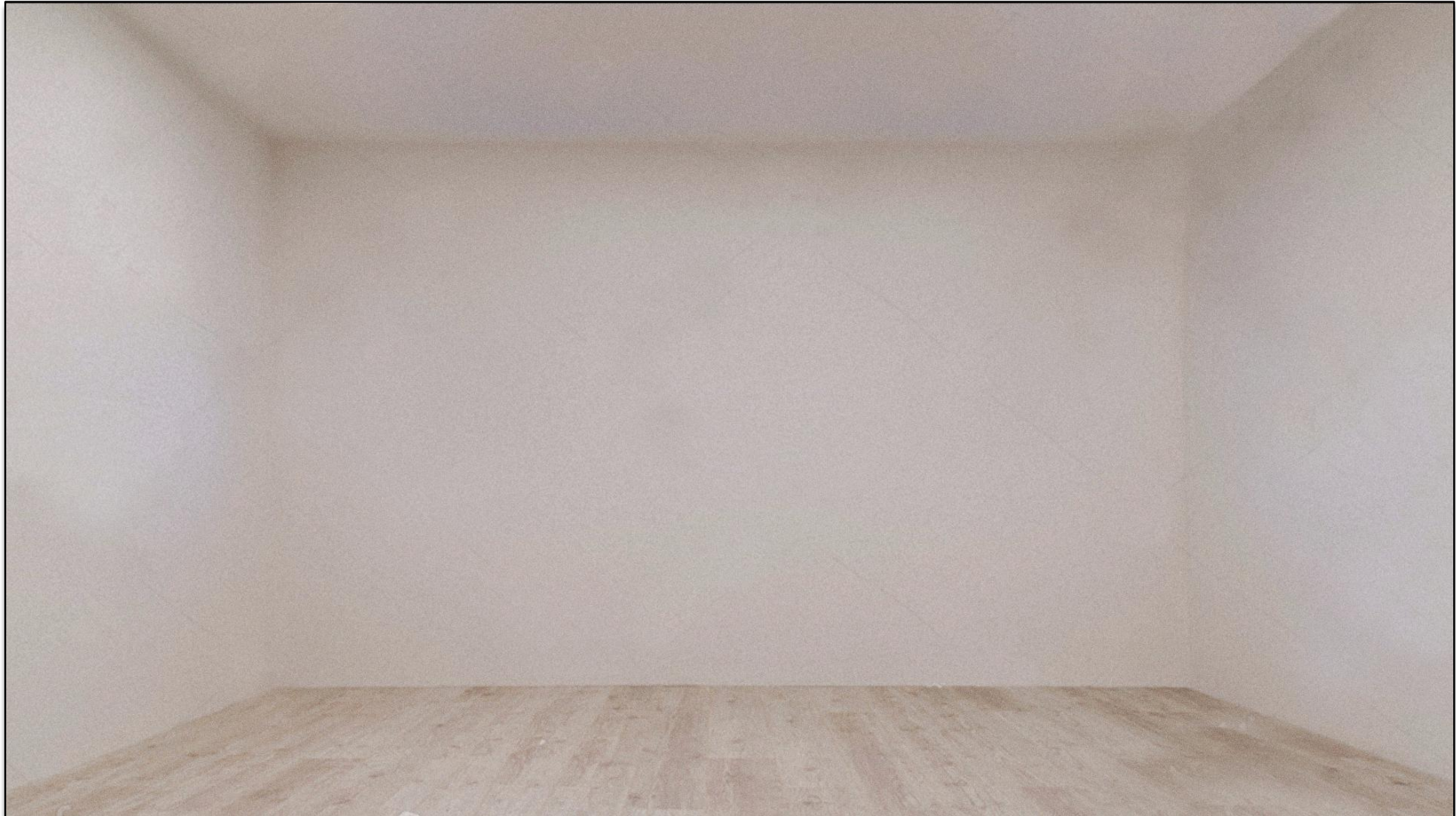
It is possible to use this concept to define what the mixed reality is. In this context, it is no longer the robot equipped with sensors that will move, but the user equipped with a mediate of mixed reality. Therefore, this

**Zmodyfikowana rzeczywistość (MfR):** MfR jest pierwszym na osi modułowości, gdzie percepcja użytkownika jest zmieniana poprzez **filtrowanie i modyfikowanie rzeczywistych elementów**. Możemy mieć do czynienia z **mediowaną rzeczywistością, mediowaną wirtualnością** lub **dowolną kombinacją obu**.

**Zredukowana rzeczywistość (DR):** Definiuje się to jako wykorzystanie technologii do **ukrywania lub zastaniania rzeczywistych obiektów przed percepcją użytkownika**, jak zilustrowano w powyższym odcinku Black Mirror. Termin ten został ukuty przez Steve'a Manna w celu opisanie rzeczywistości, która może dowolnie **usuwać pewne niepożądane aspekty zwykłej rzeczywistości**. Podobnie jak przycinanie obiektu ze zdjęcia w Photoshopie, ale przy użyciu wyświetlacza montowanego na głowie lub podobnych urządzeń, które aktualizują się w czasie rzeczywistym.



# Czym jest Mediated Reality?





CHAPTER

# 1

## Five Rules of Virtuality

*Steve Woolgar*

### WHY STUDY THE SOCIAL DIMENSIONS OF ELECTRONIC TECHNOLOGIES?

We are continuing to witness the burgeoning growth of new electronic information and communications technologies (ICTs). These include interactive and multimedia communications, Internet and World Wide Web, video conferencing, virtual realities, computer-aided design, the information superhighway, and the technologies of electronic surveillance and consumer profiling. These new electronic technologies have been widely regarded as the impetus for radical changes. All these technologies are set to modify the nature and experience of interpersonal relations and communications across a vast range of human activities. Education, politics, medicine, arts, the law, music, entertainment, government, and business are just some of the many areas of life that may be affected, if not wholly transformed, by these technologies. Unsurprisingly, then, the development of new ICTs is central to emerging industries and regulatory policies throughout the world, based on the recognition that they are the key to future vitality. Accordingly, government agencies have deliberated on the appropriate regulatory and policy measures—for example, by way of UK and European White Papers on Growth and Competitiveness—and users in industry have in turn identified the social context in which technologies are actually used as a vital area for understanding.

All aspects of social, cultural, economic, and political life thus stand to be affected by the continued massive growth in electronic technologies. Given their potential radically to transform many fundamental and wide-ranging aspects of society, these new technologies require us to rethink the very basis of

**Steve Woolgar** jest kolejnym badaczem, który ustanowił cztery zasady wirtualności. Są to:

**Rule 1: The uptake and use of the new technologies depend crucially on local social context**

**Rule 2: The fears and risks associated with new technologies are unevenly socially distributed**

**Rule 3: Virtual technologies supplement rather than substitute for real activities**

**Rule 4: The more virtual the more real**

**Rule 5: The more global the more local**





**Opieka zdrowotna i medycyna:** nie można lekceważyć wykorzystania rzeczywistości medialnej w opiece zdrowotnej, zarówno w formie rzeczywistości wirtualnej, jak i rozszerzonej, jest ona przydatna w urządzeniach poprawiających widzenie, telemedycynie, operacjach w czasie rzeczywistym na duże odległości... itp.

**Produkcja:** Montaż produkcyjny intensywnie wykorzystuje rzeczywistość zapośredniczoną komputerowo. Przykładowo, największy na świecie producent samolotów komercyjnych, Boeing, wykorzystuje rzeczywistość rozszerzoną do uproszczenia skomplikowanego okablowania swoich samolotów 787-8 (AKA Dreamliner), aby ułatwić procedurę okablowania. Boeing stwierdził w szczególności, że dzięki wdrożeniu AR korporacja była w stanie zaoszczędzić czas okablowania o około 25% i zmniejszyć liczbę błędów prawie o połowę.



**Gry:** Jeśli chodzi o gry, najpopularniejszą formą rzeczywistości wspomaganą komputerowo są zestawy VR, takie jak Meta Quest. Są to urządzenia, które mocuje się do głowy użytkownika i otaczają jego pole widzenia tylko światem wirtualnym.

**Szkolenia:** Dzięki wykorzystaniu rzeczywistości wspomaganą komputerowo, takiej jak rzeczywistość wirtualna w szkoleniach, zbadano i zarejestrowano wiele zalet w porównaniu ze szkoleniami tradycyjnymi lub stacjonarnymi, na przykład uczniowie są bardziej pewni siebie w stosowaniu tego, czego się uczą, a także są bardziej skoncentrowani i emocjonalnie związani z treścią wśród wielu innych zalet.

Stanley G. Weinbaum, 1935. Pygmalion's Spactacles.

## Pygmalion's Spectacles

CLASSIC SCIENCE FICTION



Stanley G. Weinbaum

# PYGMALION'S SPECTACLES

By **STANLEY G. WEINBAUM**

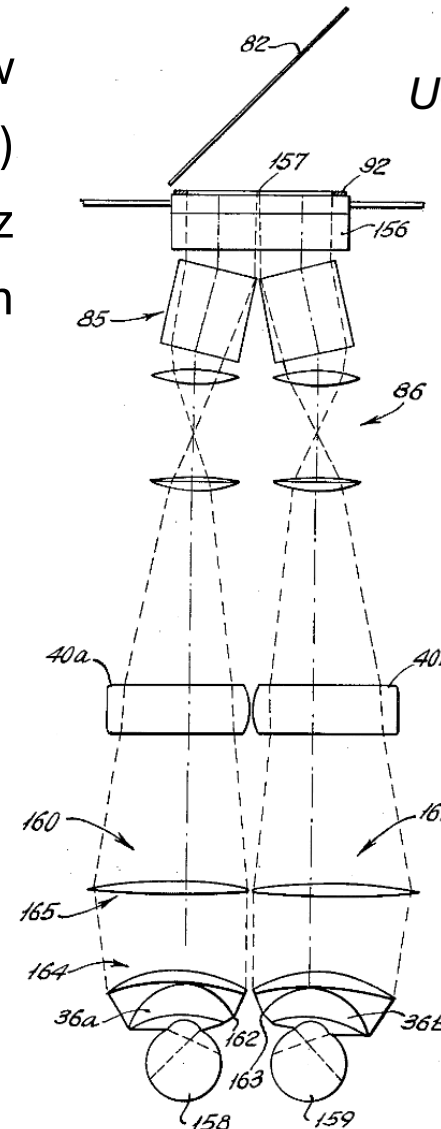
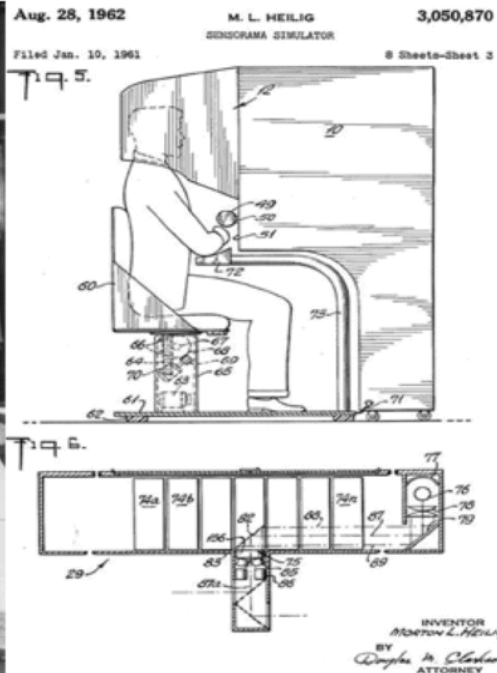
*Author of "The Black Flame," "A Martian Odyssey," etc.*

© 1935 by Continental Publications, Inc.



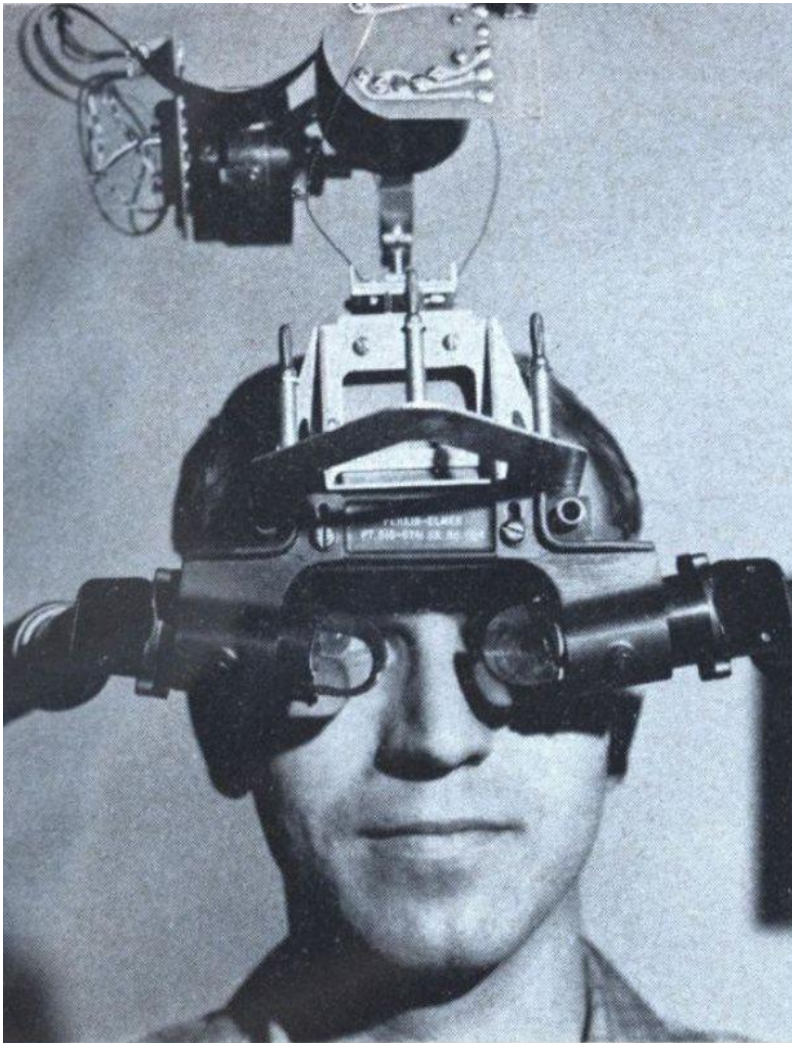
*Unbelieving, still gripping the arms of that unseen chair, Don was staring at a forest*

**Sensorama** była jednym z najwcześniejszych znanych przykładów immersyjnej, multisensorycznej (obecnie znanej jako multimodalna) technologii. Technologia ta, wprowadzona w **1962** roku przez **Mortona Heiliga**, jest uważana za jeden z najwcześniejszych systemów rzeczywistości wirtualnej (VR).



Heilig M. (1962),  
US Patent #3,050,870

INVENTOR  
MORTON L. HEILIG  
BY  
Douglas M. Clarkson  
ATTORNEY



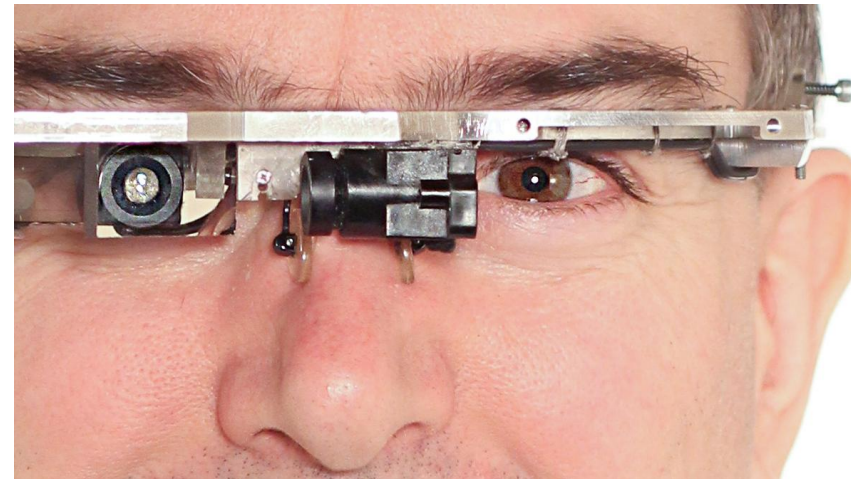
Jednym z pionierów był **Ivan Sutherland**, informatyk, który opracował coś, co często uważa się za pierwszy system AR. W 1968 roku wraz ze swoim studentem **Bobem Sproullem** stworzył system wyświetlaczy montowanych na głowie, znany jako „**Miecz Damoklesa**”. To nieporęczne urządzenie wyświetlało proste obrazy szkieletowe, które reagowały na ruchy użytkownika, dając iluzję wirtualnych obiektów w przestrzeni. Choć był to prymitywny system, był to pierwszy krok w kierunku świata, w którym wirtualność i fizyczność mogły się połączyć.

Jego przełomowa praca przyniosła mu tytuł „**ojca grafiki komputerowej**”, a jego wizja bezpośrednio wpłynęła na następną generację deweloperów AR.

W latach 1970-80 Steve Mann wprowadził „**cyfrowe okulary**” generacji 1 i 2, początkowo jako pomoc w widzeniu, aby pomóc ludziom lepiej widzieć, jako hełm spawalniczy oraz jako pomoc ogólnego przeznaczenia w codziennym życiu, jak opisano w IEEE Technology & Society zatytułowanym „**GlassEyes**”.

## Naturalny interfejs użytkownika (NUI).

W latach 80. i 90. Mann opracował szereg strategii interfejsu użytkownika wykorzystujących naturalną interakcję ze światem rzeczywistym jako alternatywę dla interfejsu wiersza poleceń (CLI) lub graficznego interfejsu użytkownika (GUI). Mann określił te prace jako „Natural User Interfaces”, „Direct User Interfaces” i „Metaphor-Free Computing”

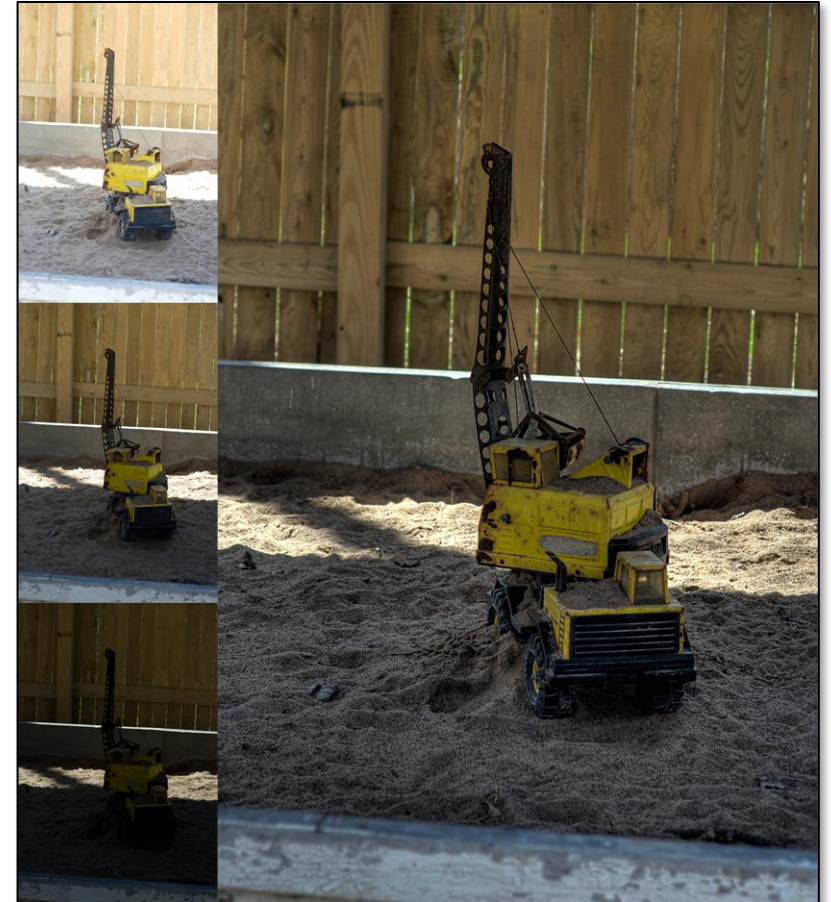


Mann został również opisany jako „pierwszy cyborg na świecie” w kanadyjskiej prasie popularnej, takiej jak NOW, The Globe and Mail, National Post i Toronto Life, ale sam odrzucił termin „cyborg” jako zbyt niejasny [...].



## Obrazowanie o wysokim zakresie dynamiki (HDR):

„Pierwszym doniesieniem o cyfrowym łączeniu wielu zdjęć tej samej sceny w celu poprawy zakresu dynamiki wydaje się być Mann”. (Robertson i in.) Praca Manna nad komputerami do noszenia była motywowana jego wczesnymi komputerowymi systemami wizyjnymi, które pomagały ludziom widzieć lepiej (np. podczas spawania lub w innych sytuacjach o wysokim zakresie dynamiki, z zarządzaniem zakresem dynamiki, nakładkami i rozszerzaniem, a także zmniejszaniem zarówno w sensie addytywnym, jak i odejmującym).





Lata 90. XX wieku były kluczowe dla AR, ponieważ technologia ewoluowała poza teorię do praktycznych zastosowań. Jednym z kluczowych graczy w tej erze był **Tom Caudell**, badacz w firmie **Boeing**. W 1990 roku, podczas pracy nad projektem mającym pomóc pracownikom linii montażowej, Caudell ukuł termin „**rzeczywistość rozszerzona**”.

Jego pomysł polegał na stworzeniu systemu, który nakładałby cyfrowe instrukcje na fizyczne obiekty, takie jak części samolotu, aby kierować pracownikami w czasie rzeczywistym. Był to początek praktycznego zastosowania AR w branżach takich jak produkcja.

Kolejny znaczący przełom nastąpił w 1992 roku za sprawą **Louisa Rosenberga**, który opracował jeden z pierwszych systemów AR dla - **Virtual Fixtures**” - Sił Powietrznych Stanów Zjednoczonych. System ten wykorzystywał ramiona robotyczne i wyświetlacze montowane na głowie do nakładania informacji sensorycznych na środowisko fizyczne. Jego badania wykazały, że AR może poprawić wydajność człowieka, zwłaszcza w złożonych i ryzykownych środowiskach.


Badacze tacy jak **Caudell** i **Rosenberg** położyli podwaliny pod jej komercjalizację, demonstrując jej potencjał w branżach od produkcji po obronność.



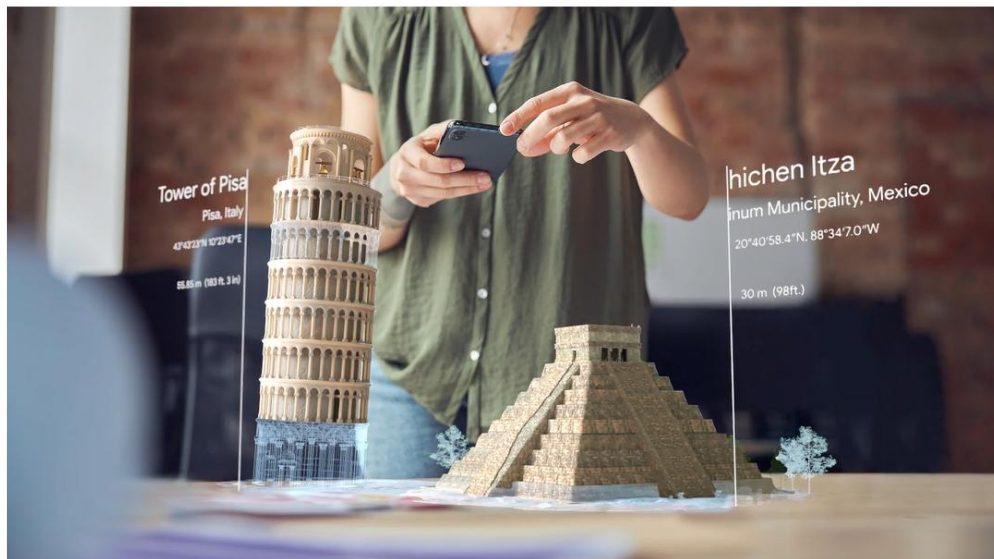


Wraz z nadejściem 2000 roku, AR zaczęła przenosić się z laboratoriów badawczych w ręce konsumentów. Firmy takie jak **Google**, **Microsoft** i **Apple** odegrały kluczową rolę we wprowadzeniu AR do głównego nurtu, opracowując platformy i urządzenia, które uczyniłyby ją bardziej dostępną i praktyczną w codziennym użytkowaniu.

W 2012 roku Google trafiło na pierwsze strony gazet dzięki **Google Glass**. Chociaż nie przyjęło się ono zgodnie z oczekiwaniami, wzbudziło zainteresowanie opinii publicznej i zainspirowało do dalszego rozwoju.

**Google** kontynuowało udoskonalanie technologii AR, a w 2017 roku uruchomiło  **ARCore** zestaw programistyczny (SDK), który umożliwił tworzenie aplikacji AR na **urządzenia z systemem Android**.

**Apple** również wniosło znaczący wkład w krajobraz AR wraz z wydaniem **ARKit** w **2017** roku. Umożliwił on programistom tworzenie aplikacji AR na **urządzenia z systemem iOS**, zapewniając wrażenia AR milionom użytkowników iPhone'ów i iPadów.



## ARCore

ARCore to pakiet SDK do rzeczywistości rozszerzonej Google, w którym dostępne są wieloplatformowe interfejsy API, które pozwalają tworzyć nowe i rzeczywiste wrażenia na Androidzie, iOS, Unity i w przeglądarkach internetowych. Zmieni sposób, w jaki ludzie grają, robią zakupy, uczą się, tworzą i doświadczają świata przez poznawanie kontekstu ludzi, miejsc i rzeczy.

Rozpocznij

W międzyczasie Microsoft wszedł do wyścigu AR wraz z wydaniem **HoloLens** w 2015 roku. HoloLens było krokiem naprzód dla AR, oferując bardziej zaawansowane, wciągające doświadczenie. W przeciwieństwie do Google Glass, które koncentrowały się na prostych nakładkach, HoloLens pozwalały użytkownikom na interakcję z cyfrowymi obiektami w ich otoczeniu, tworząc **mieszaną rzeczywistość**.

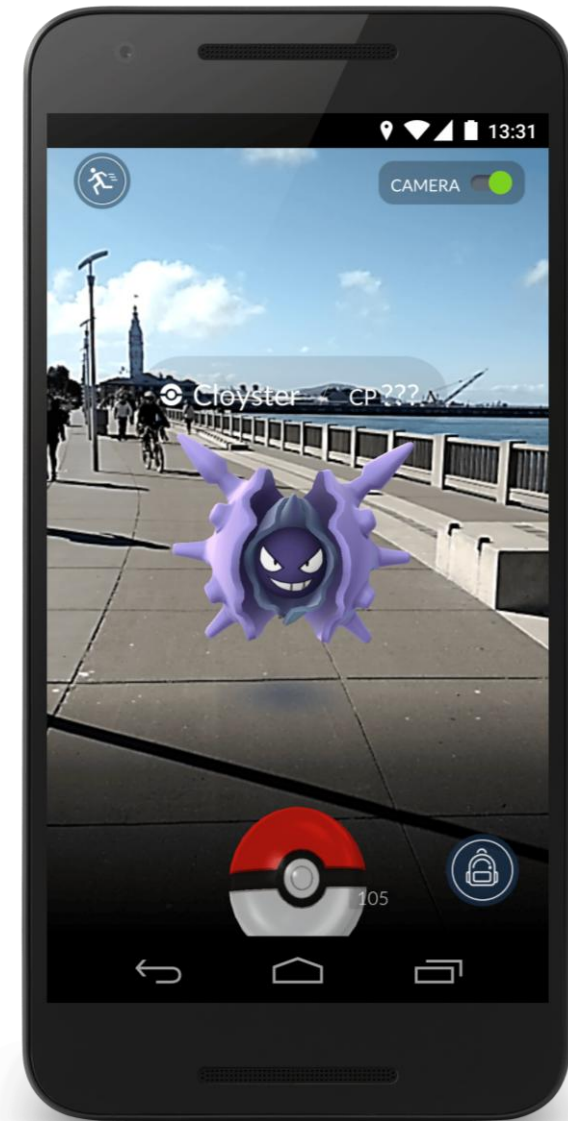


Microsoft pozycjonował HoloLens jako narzędzie dla branż takich jak opieka zdrowotna, inżynieria i edukacja, gdzie profesjonaliści mogli wizualizować złożone dane w rzeczywistych warunkach.



Jednym z najbardziej znanych zastosowań tej technologii była niezwykle udana gra **Pokémon GO**, która wykorzystywała AR do przenoszenia wirtualnych stworzeń do rzeczywistych środowisk. Aplikacja ta stała się globalnym fenomenem, pokazując rozrywkowy potencjał AR i cementując jej miejsce w kulturze popularnej.

Firmy te oraz wielu innych deweloperów i inżynierów pomogło wprowadzić AR do głównego nurtu. Obecnie AR jest wykorzystywana w branżach od handlu detalicznego i nieruchomości po edukację i rozrywkę, a jej zastosowania wciąż rosną.





# Przerwa

3D near-eye display -> **HMD** - head-mounted display/device - > ~~**OHMD**~~ - optical head-mounted display

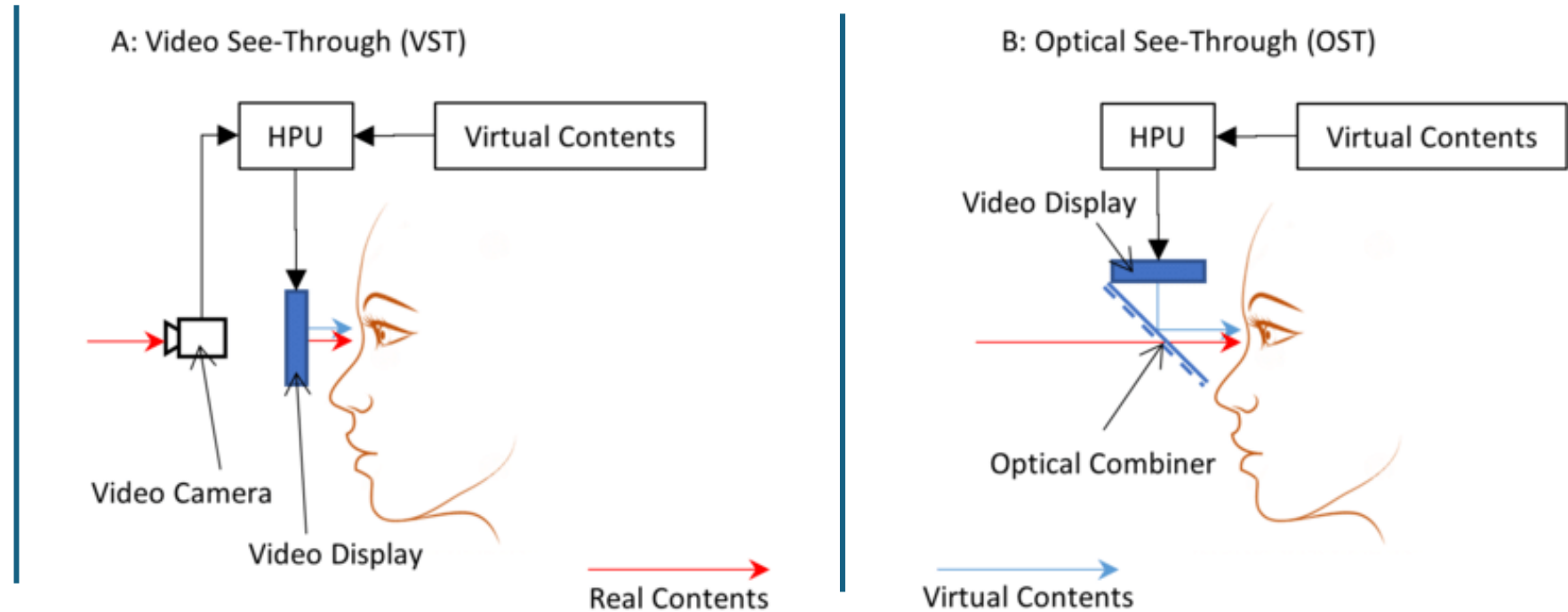
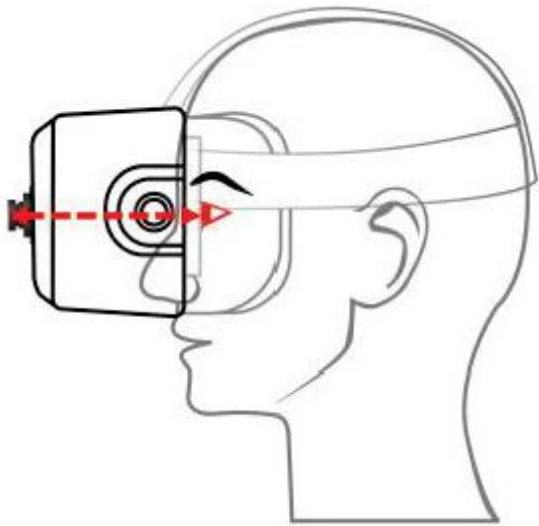
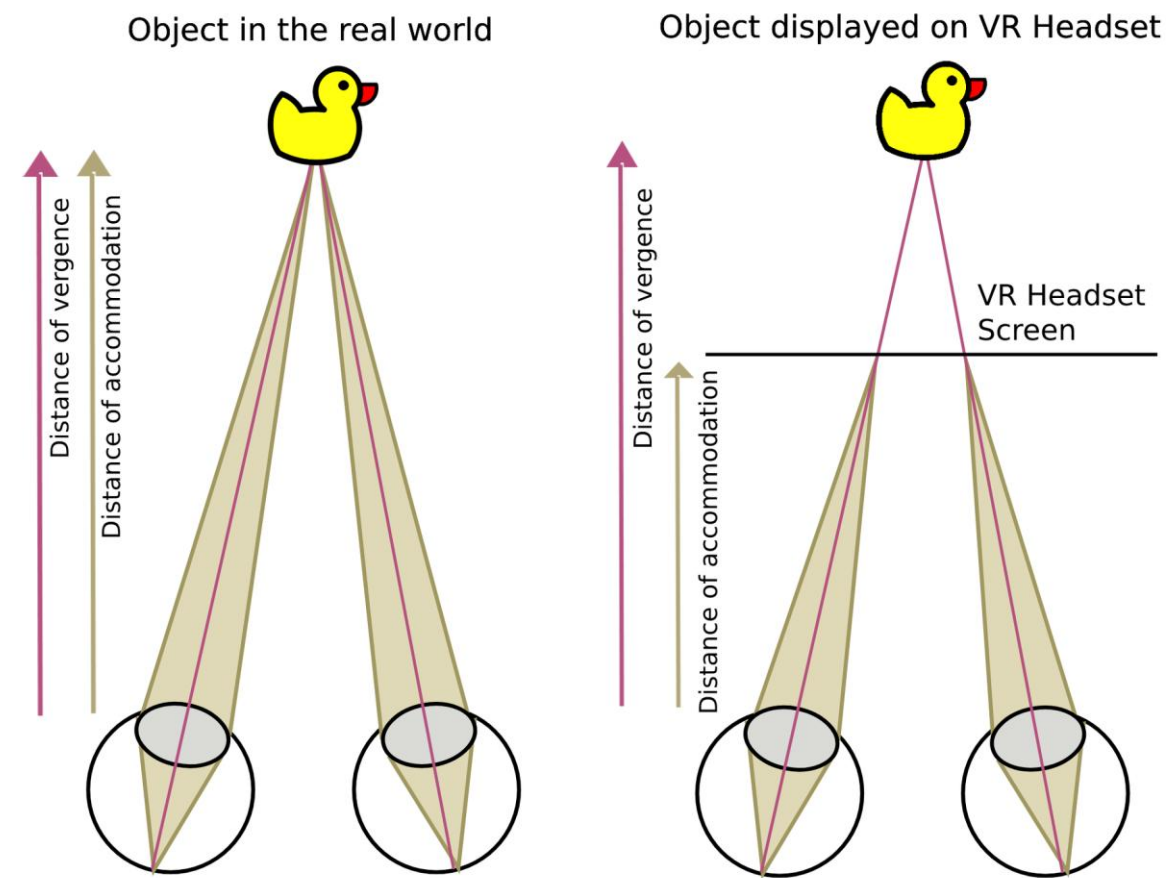
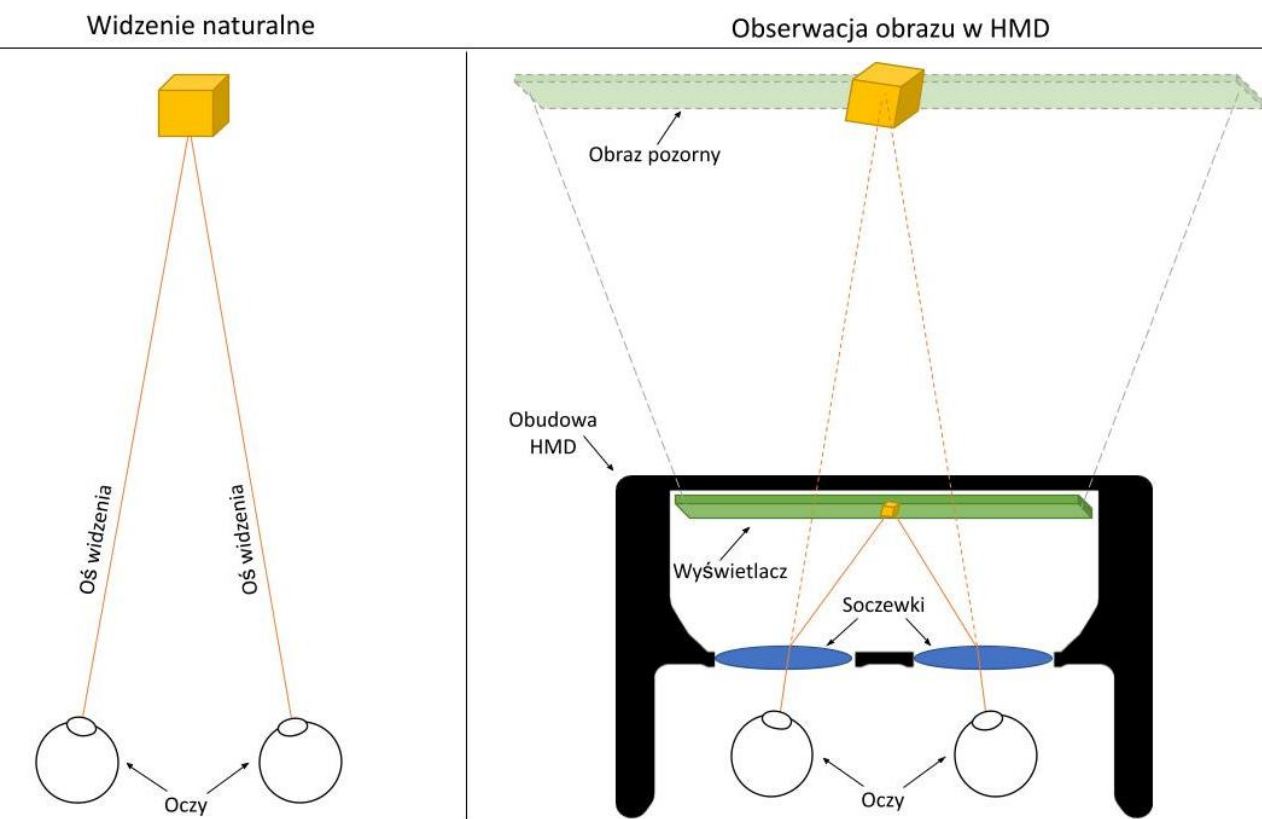


Figure 2. The configuration of Video See-Through (A) and Optical See-Through (B) as applied in wearable HMD.

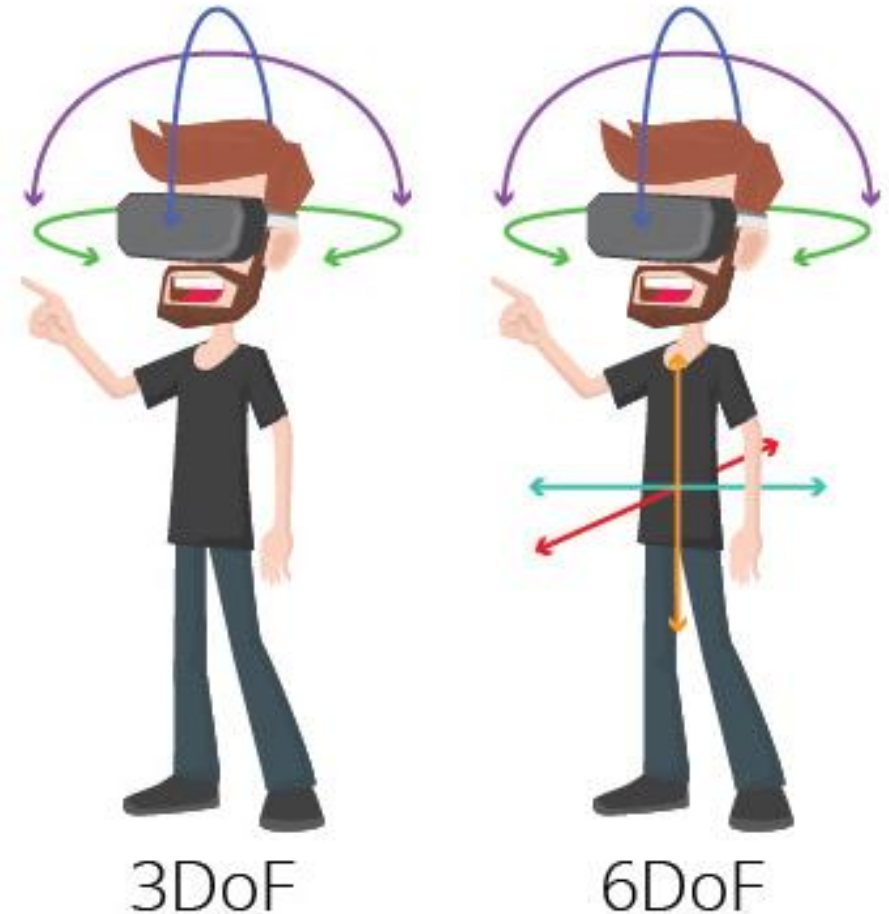
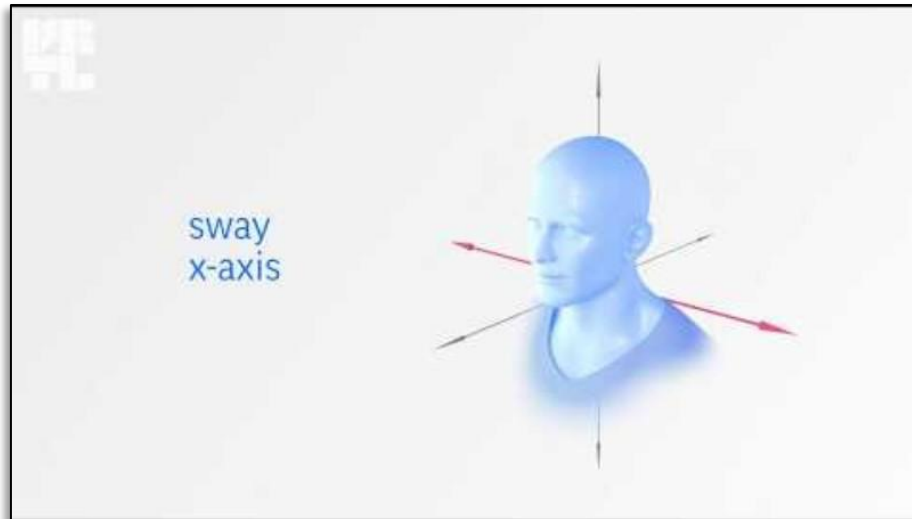
Najnowsze osiągnięcie w dziedzinie optyki „holograficzno-falowodowej” umożliwia nakładanie stereoskopowych obrazów na rzeczywisty świat bez użycia nieporęcznego zwierciadła półprzepuszczalnego.

Konflikt wergencja-akomodacja (VAC) to zjawisko, które występuje, gdy mózg otrzymuje **niespójne** bodźce pomiędzy **wergencją**, a **akomodacją oka**. Efekt ten może być nieprzyjemny i powodować zmęczenie oczu.

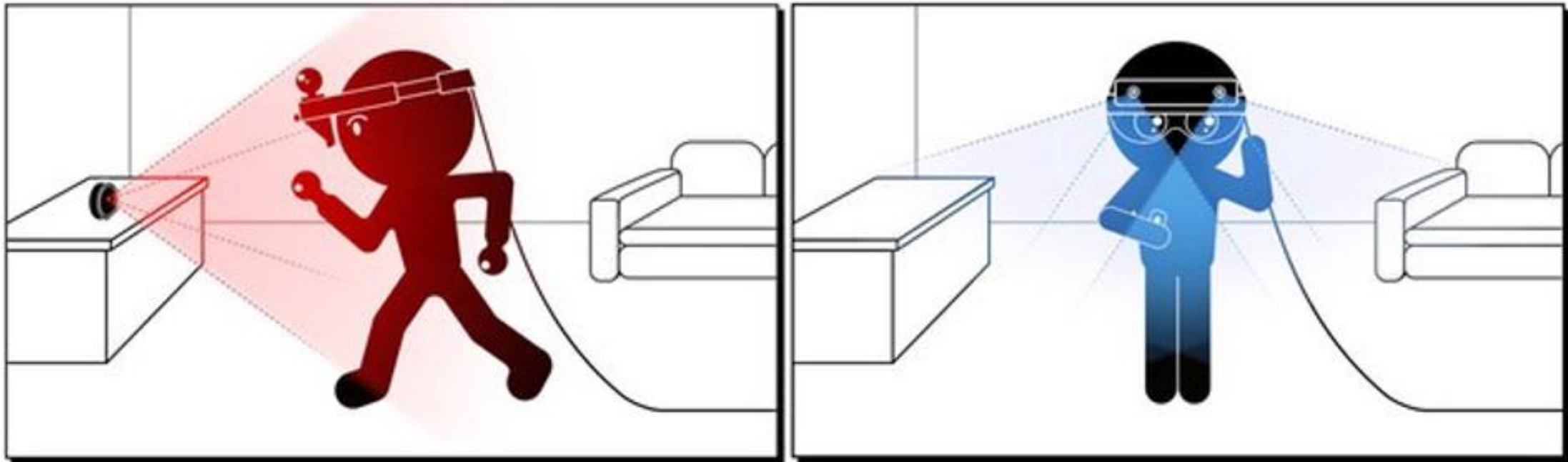


System śledzenia wykrywa położenie HMD (head-mounted display), kontrolerów, innych obiektów lub części ciała w przestrzeni euklidesowej.

- **3DOF** (trzy stopnie swobody), umożliwia śledzenie **orientacji** urządzenia: *pitch* (pochylenia), *yaw* (odchylenia), *roll* (przechylenia).
- **6DOF** (sześć stopni swobody), umożliwia śledzenie **orientacji** oraz **pozycji** urządzenia.



Jeśli kamera/y (lub inne czujniki) są umieszczone są **poza śledzonym obiektem** (np. HMD, kontrolery), uznaje się to za śledzenie typu **Outside-In**. W przypadku, gdy kamera umieszczona jest **w urządzeniu** określane to jako śledzenie typu **Inside-Out**.



Outside-in  
Positional Tracking

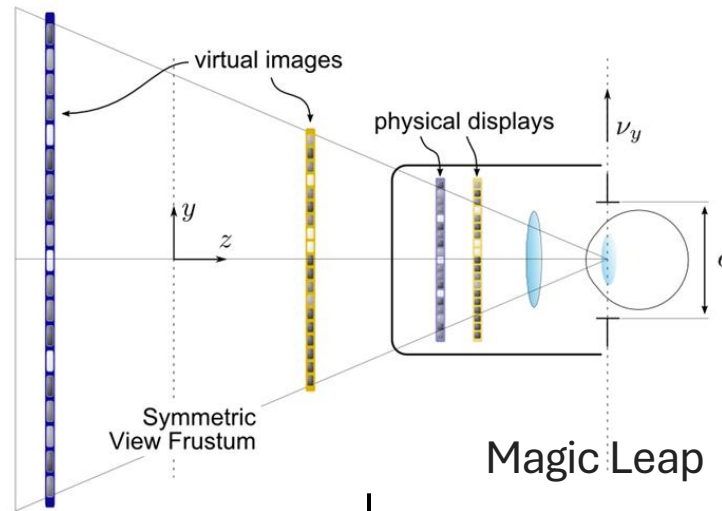
Inside-out  
Positional Tracking

### Mechaniczny ruch układu optycznego

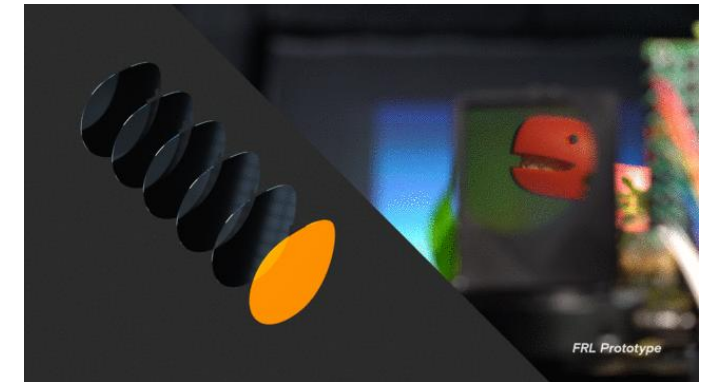


Oculus Half Dome 2

### Technologia light field



### Elektroniczne sterowanie ogniskową



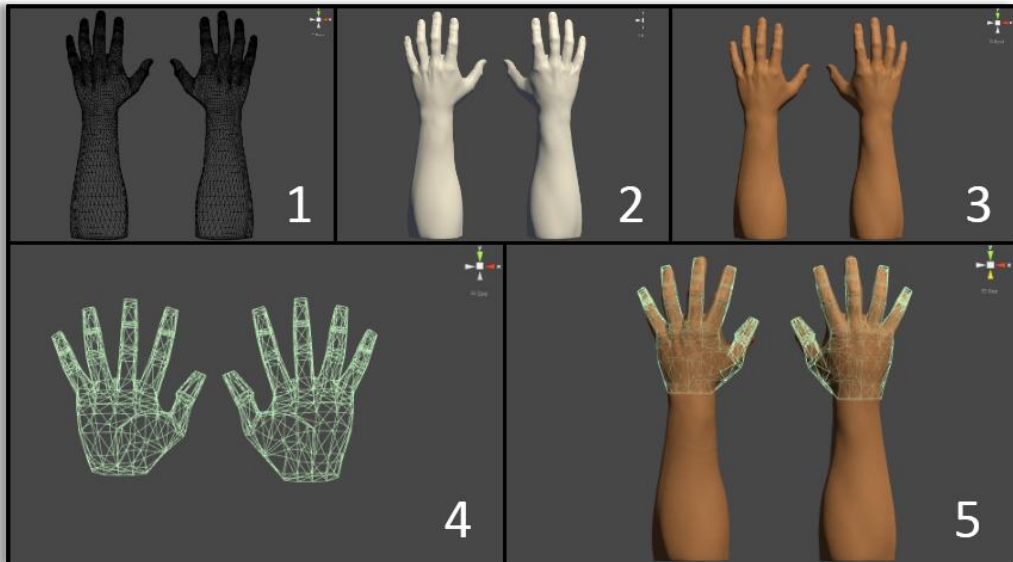
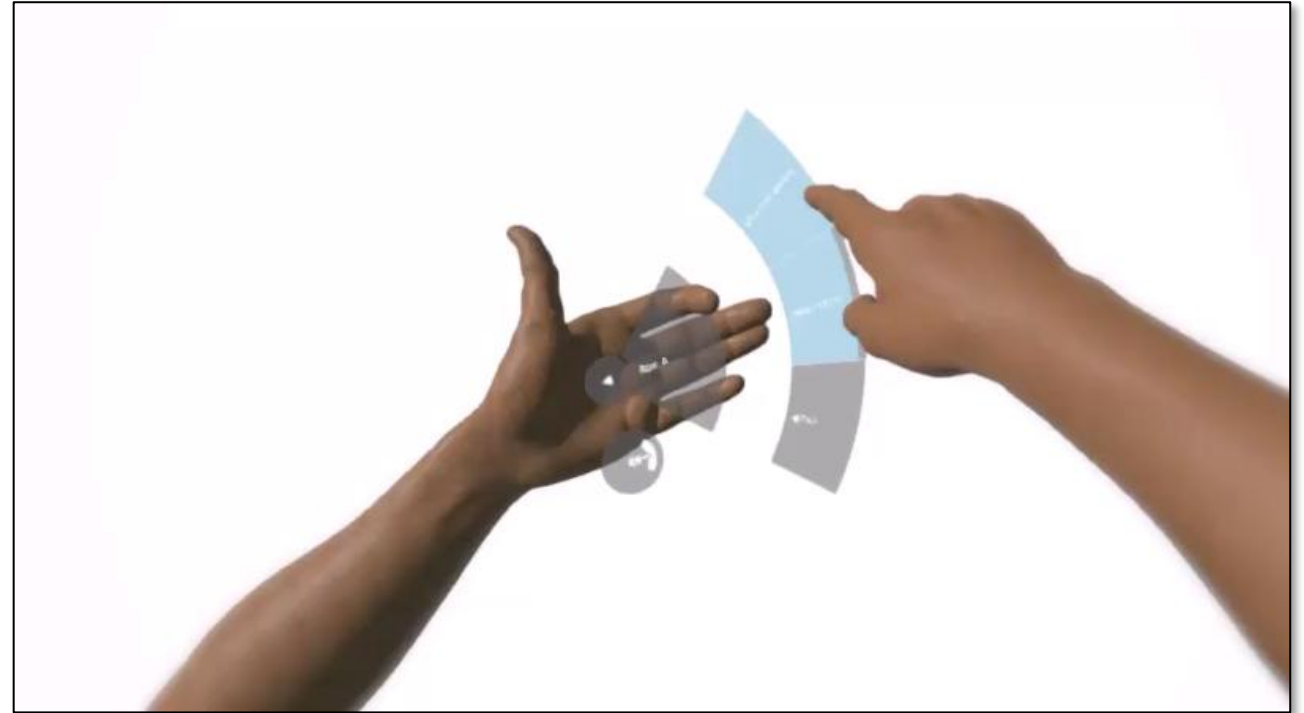
Half Dome 3

Generowany bodziec do akomodacji  
→ wirtualny obraz

**Dyskretne płaszczyzny akomodacyjne**

Do zastosowań medycznych

Wymagana płynna zmiana w szerokim zakresie



  
VIVE

  
oculus





*HMD Vive Pro Eye zintegrowane systemem śledzenia wzroku firmy Tobii Technology*



*Pupil Core firmy Pupil Labs*



*Tobii Pro Glasses 3*



*HMD firmy AdHawk Microsystems*

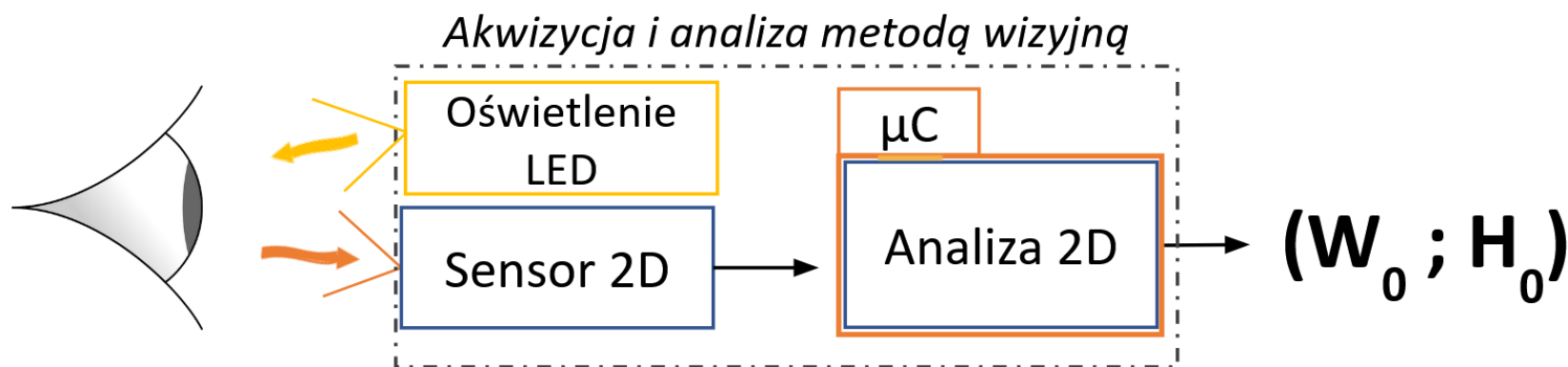
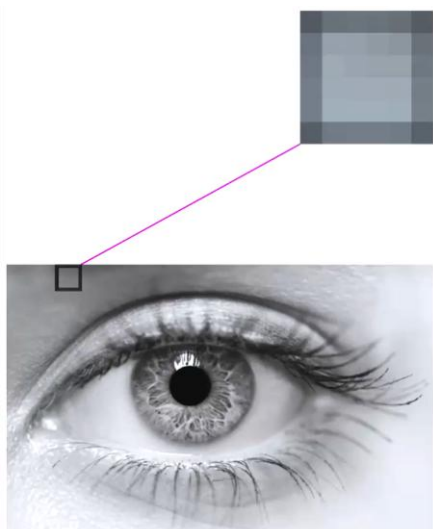
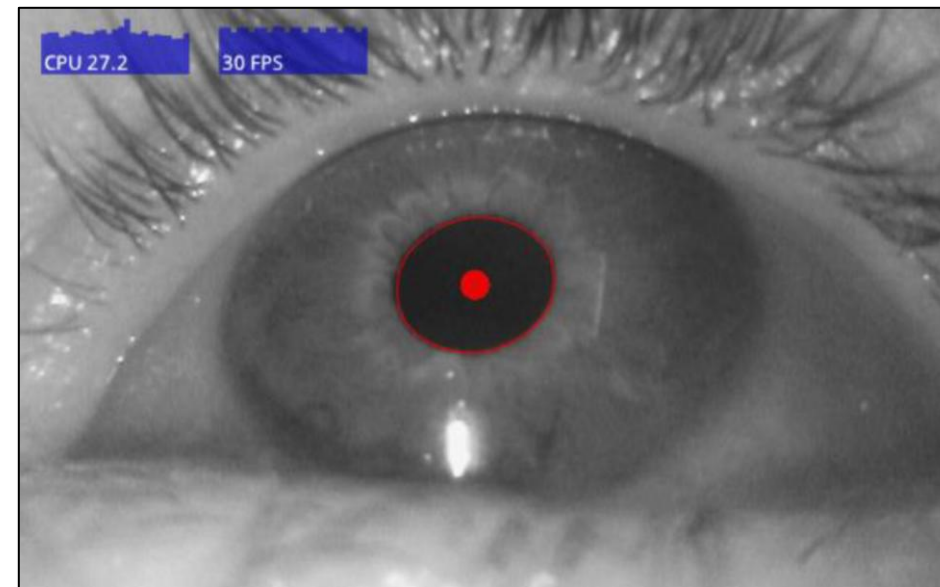
Typowa dokładność  
**0,7°**

Typowa szybkość  
**120 Hz**

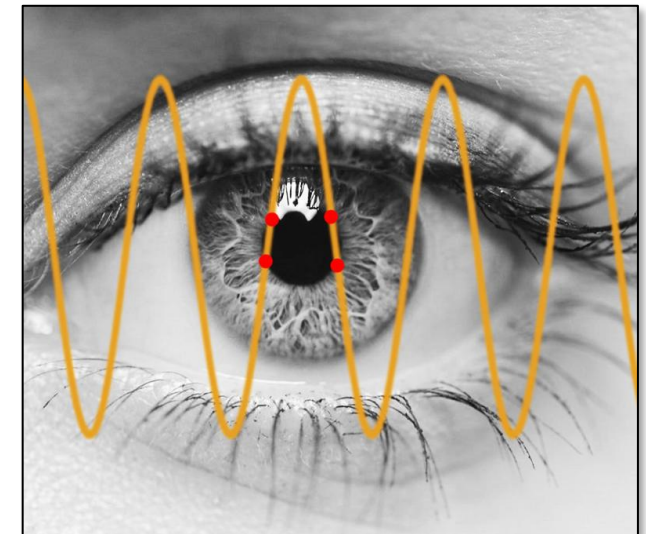
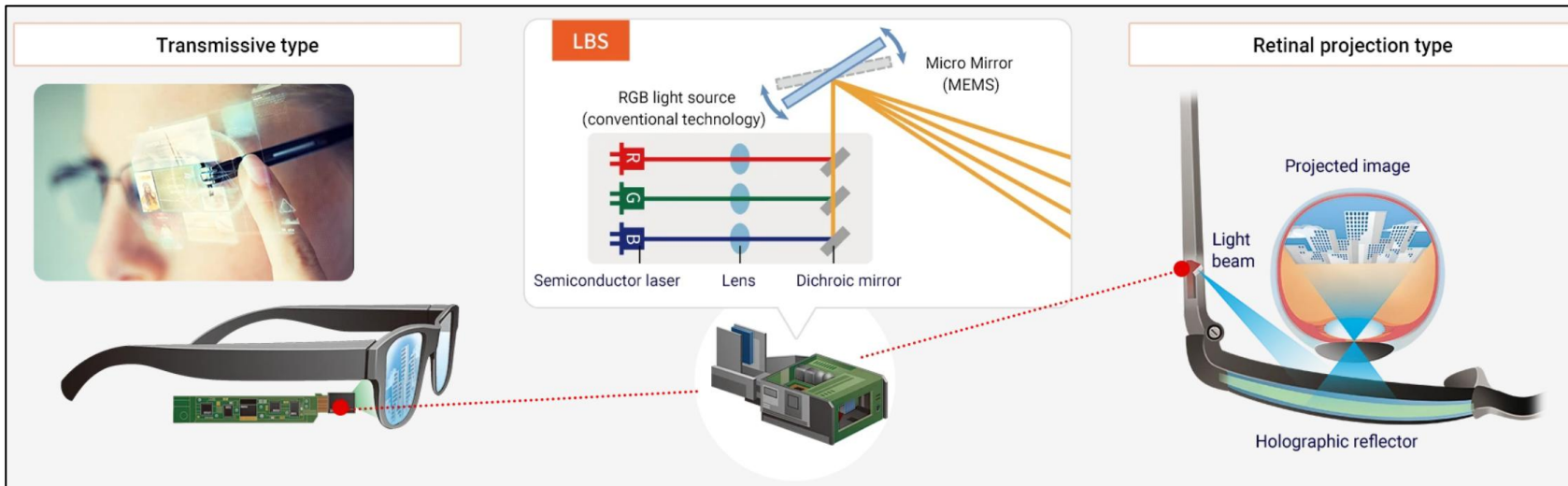
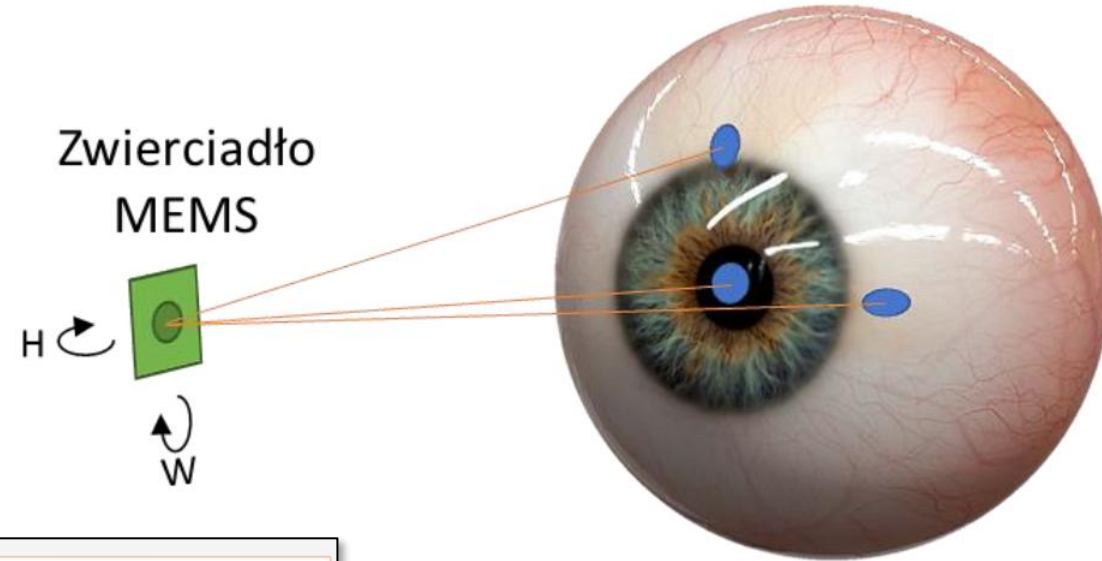
Przetwarzanie obrazu jest bardzo **wymagające obliczeniowo**.

Aby dostosować taki system do możliwości obliczeniowych systemu mobilnego, konieczne jest użycie kamer o bardzo niskiej rozdzielczości. Tak więc rozwiązanie przetwarzające obraz

- wykorzystuje dużo danych, ale działa z niską prędkością, albo
- działa szybko, ale z niską dokładnością.



Metoda ta opiera się na **analizie intensywności sygnału odbitego od gałki ocznej** podczas pojedynczej **ścieżki skanowania**. Zmniejsza to znacznie ilość danych do przetworzenia. Skanowanie wykonywane poprzez zwierciadło MEMS (*ang. microelectromechanical system*).



Urządzenie	Meta Quest 3S	Meta Quest 3
System operacyjny	<b>Android</b>	
System śledzenia	6DOF, Inside-Out,	
Sensory	4 kamery na podczerwień, 2 kamery RGB, 2 podświetlacze IR	
Odświeżanie obrazu	72 Hz, 90 Hz, 120 Hz	
Wyświetlacz	3664 x 1920 ( <b>1832 x 1920</b> per eye)	4128 x 2208 ( <b>2064 × 2208</b> per eye)
Pole widzenia	<b>96° x 90°</b>	<b>110° x 96°</b>
Gęstość pikseli	<b>20 PPD</b> (pikseli na stopień) 773 PPI (pikseli na cal)	<b>25 PPD</b> (pikseli na stopień) 1218 PPI (pikseli na cal)
Hardware	Snapdragon XR2 Gen 2, 8 GB RAM	
Zasilanie	Akumulator, <b>4324 mAh</b>	
Cena	330 € (1400 zł) - 128 GB 440 € (1850 zł) - 256 GB	550 € (2300 zł) - 512 GB

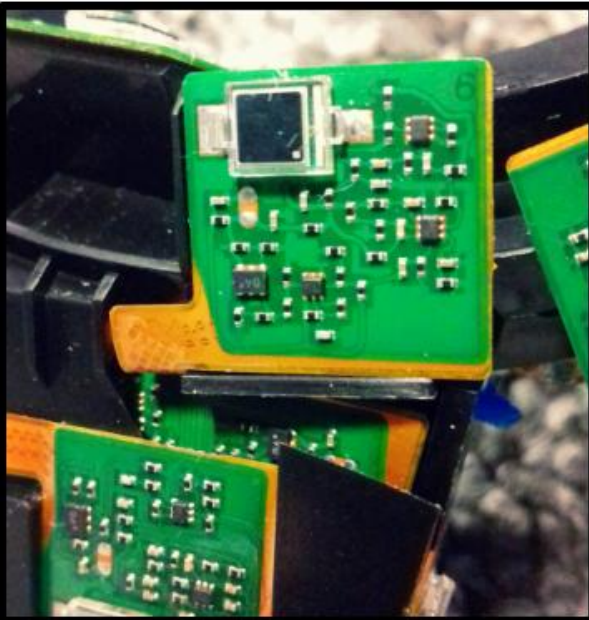


Meta Quest 3

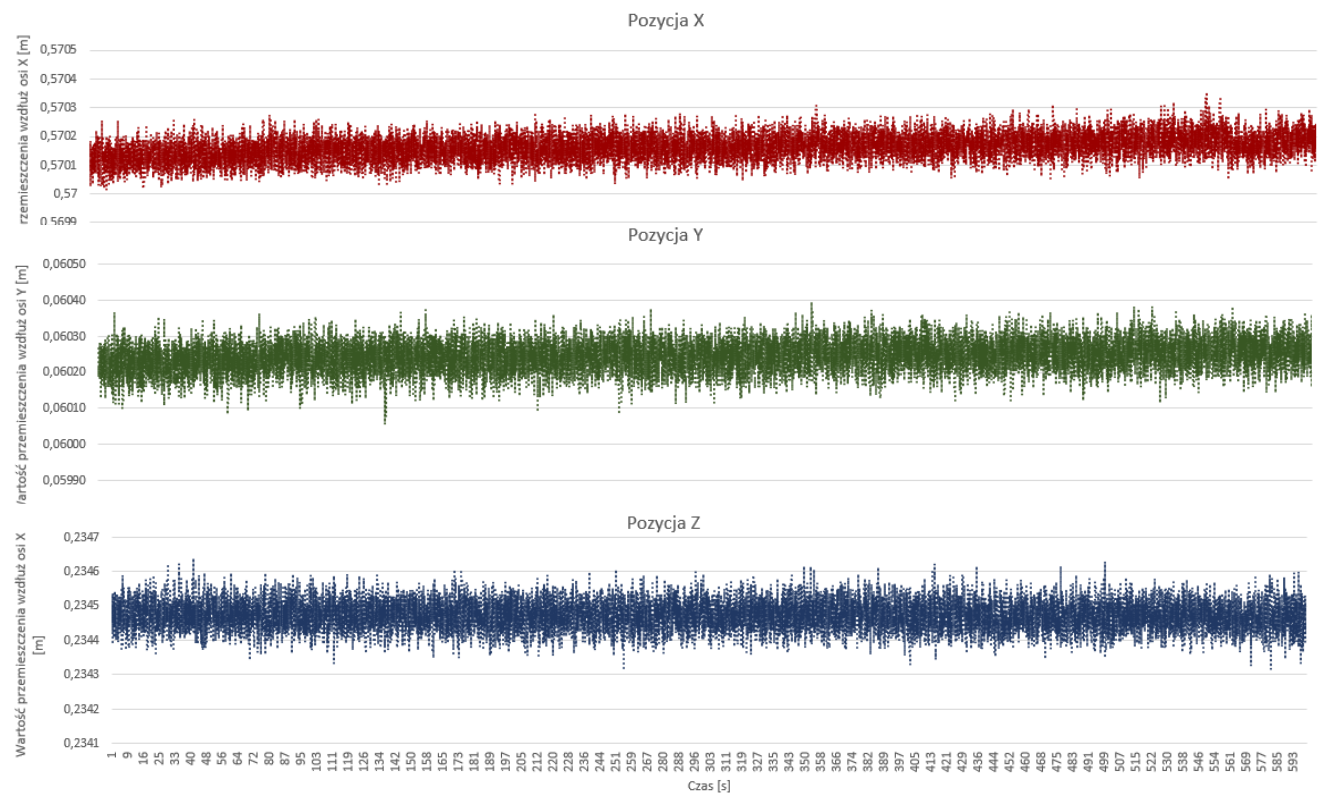


Meta Quest 3S

Urządzenie	Meta Quest 3S	Meta Quest 3	VIVE XR Elite	VIVE Focus Vision	Simula One	Pimax Crystal
OS	Android	Android	Android	Android	Linux (SimulaOS )	
Odświeżanie obrazu	72 Hz, 90 Hz, 120 Hz	120 Hz	90 Hz	90 Hz, 120 Hz	90 Hz	120 Hz
Wyświetlacz – pixels per eye	1832 x 1920	2064 × 2208	1920 x 1920	2448 x 2448	2448 x 2448	2880 x 2880
Pole widzenia	96° x 90°	110° x 96°	110°	116°	100°	110°
Gęstość pikseli	20 PPD 773 PPI	25 PPD 1218 PPI	20 PPD	25 PPD	35.5 PPD	35 PPD
Hardware	Snapdragon XR2 Gen 2, 8 GB RAM	Snapdragon XR2 Gen 2, 8 GB RAM	Snapdragon XR2, 12 GB RAM, Adreno 650	Snapdragon XR2, 12 GB RAM, Adreno 650	<b>i7-1365U</b> , 32 GB RAM, Iris Xe	Kryo 585, Adreno 650
Cena	330 € (1400 zł) - 128 GB 440 € (1850 zł) - 256 GB	550 € (2300 zł) - 512 GB	\$900 (3500 zł)	\$900 (3900 zł)	\$3500 (13500 zł)	\$1500

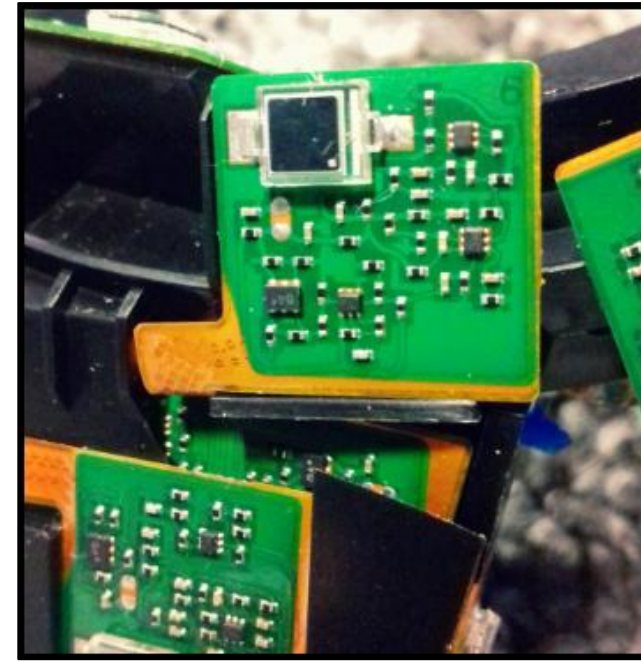


# SteamVR Lighthouse

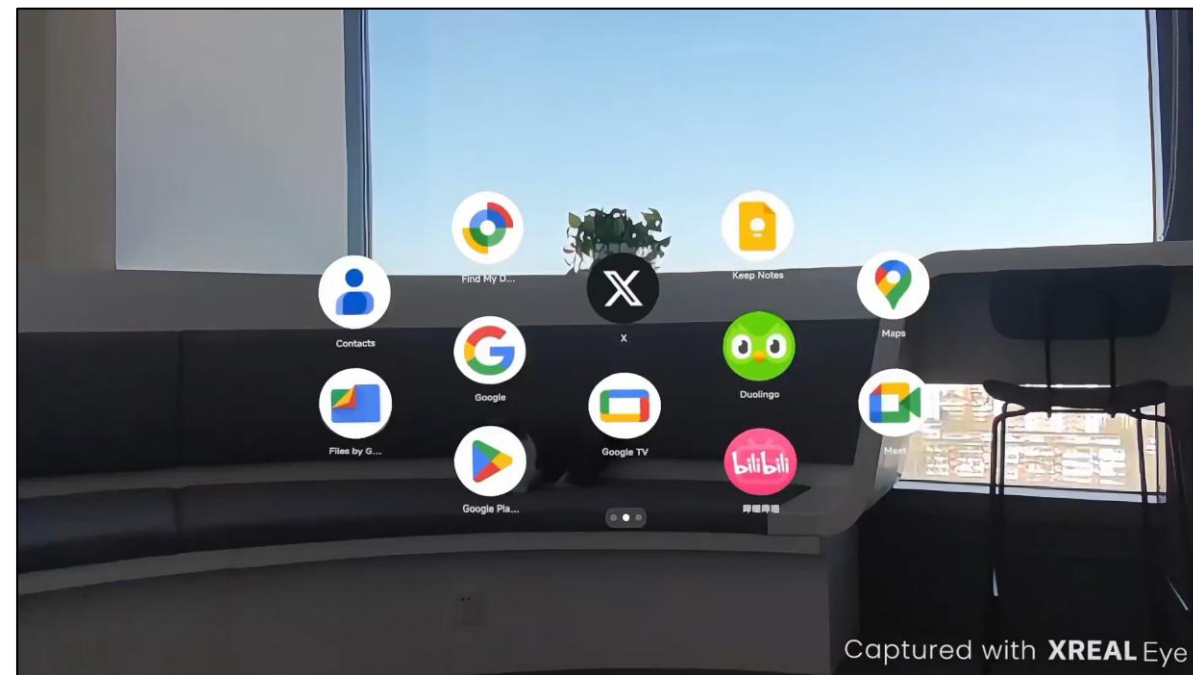


	Pozycja X	Pozycja Y	Pozycja Z	Rotacja X	Rotacja Y	Rotacja Z
Zmiana wartości sygnału	5,3 $\mu\text{m}/\text{min}$	3,18 $\mu\text{m}/\text{min}$	-0,53 $\mu\text{m}/\text{min}$	555 $\mu\text{rad}/\text{min}$	92,5 $\mu\text{rad}/\text{min}$	- 37 $\mu\text{rad}/\text{min}$

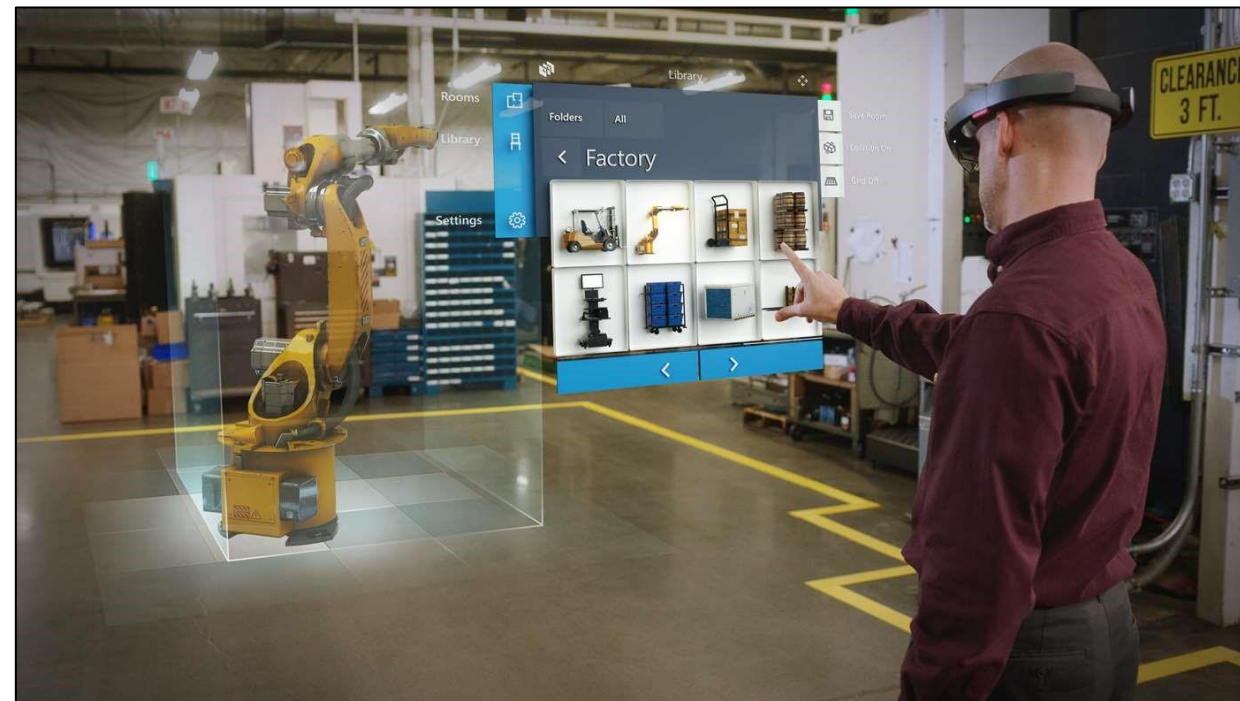
	Pozycja X	Pozycja Y	Pozycja Z	Rotacja X	Rotacja Y	Rotacja Z
Zmiana wartości sygnału	5,3 $\mu\text{m}/\text{min}$	3,18 $\mu\text{m}/\text{min}$	-0,53 $\mu\text{m}/\text{min}$	555 $\mu\text{rad}/\text{min}$	92,5 $\mu\text{rad}/\text{min}$	- 37 $\mu\text{rad}/\text{min}$



1. [Xreal One Pro](#) (€650) – 3 DoF, 57° FoV, 120 Hz,
2. [Rokid AR Spatial](#) (€650) – 3 DoF, 50° FoV, 90 Hz
3. [Rokid AR Joy 2](#) (\$530) - 50°
4. [Halliday AI smart glasses](#) (\$490)
5. [Inair Glasses](#)
6. [Nuance Audio](#)
7. [Sharge Loomos](#)
8. [Chamelo Aura Rx](#)



Urządzenia są stosunkowo drogie, często nieporęczne i wymagają znacznej mocy obliczeniowej. Pole widzenia w większości gogli MR pozostaje ograniczone, a jakość renderowania hologramów nie zawsze spełnia oczekiwania użytkowników. Istnieją również wyzwania związane z precyzyjnym mapowaniem przestrzennym w złożonych lub dynamicznie zmieniających się środowiskach.



## Microsoft Windows - Mixed Reality Portal



## Microsoft Learn

## Microsoft Mesh

1. Enjoy rich immersive experiences on PCs and Meta Quest VR devices
2. Use avatars and immersive spaces in any Teams meetings.

<https://learn.microsoft.com/pl-pl/mesh/>

[Co można zrobić za pomocą usługi Mesh](#)

**Get started with immersive spaces in Microsoft Teams**





Metaverse („metaświat”) to luźno zdefiniowany termin odnoszący się do wirtualnych światów, w których użytkownicy reprezentowani przez awatary wchodzą w interakcje, zwykle w 3D i koncentrują się na powiązaniach społecznych i gospodarczych.

Termin metaverse powstał w powieści science fiction **Snow Crash z 1992** roku jako połączenie słów „meta” i „universe”. W powieści Snow Crash, metawersja jest wyobrażona jako wersja Internetu, która jest pojedynczym, uniwersalnym i wciągającym wirtualnym światem, ułatwionym dzięki zastosowaniu zestawów wirtualnej rzeczywistości (VR) i rzeczywistości rozszerzonej (AR).

*To jak ucieleśniony Internet, w którym jesteś, zamiast na niego patrzeć.*



Termin „**metaverse**” jest często powiązany z **technologią wirtualnej rzeczywistości**, a od początku lat 2020-tych z **Web3**. Termin ten był używany jako modne hasło przez firmy, aby wyolbrzymić postępy w rozwoju różnych powiązanych technologii i projektów dla celów public relations. **Prywatność informacji, uzależnienie** użytkowników i ich **bezpieczeństwo** to obawy związane z metaverse, wynikające z wyzwań stojących przed mediami społecznościowymi i branżą gier wideo jako całością.

**Web3** (Web 3.0) był pomysłem na nową iterację sieci **World Wide Web**, która obejmuje takie koncepcje, jak decentralizacja, technologie blockchain i ekonomia oparta na tokenach. Jest to odmienne od koncepcji **semantycznej sieci Tima Bernersa-Lee**. Niektórzy przeciwstawili ją **Web 2.0**, w której ich zdaniem treści generowane przez użytkowników są kontrolowane przez niewielką grupę firm określanych jako Big Tech. Termin „**web3**” został ukuty w 2014 roku przez współzałożyciela Ethereum, Gavina Wooda, a pomysł zyskał zainteresowanie w 2021 roku ze strony entuzjastów kryptowalut, dużych firm technologicznych i firm venture capital.



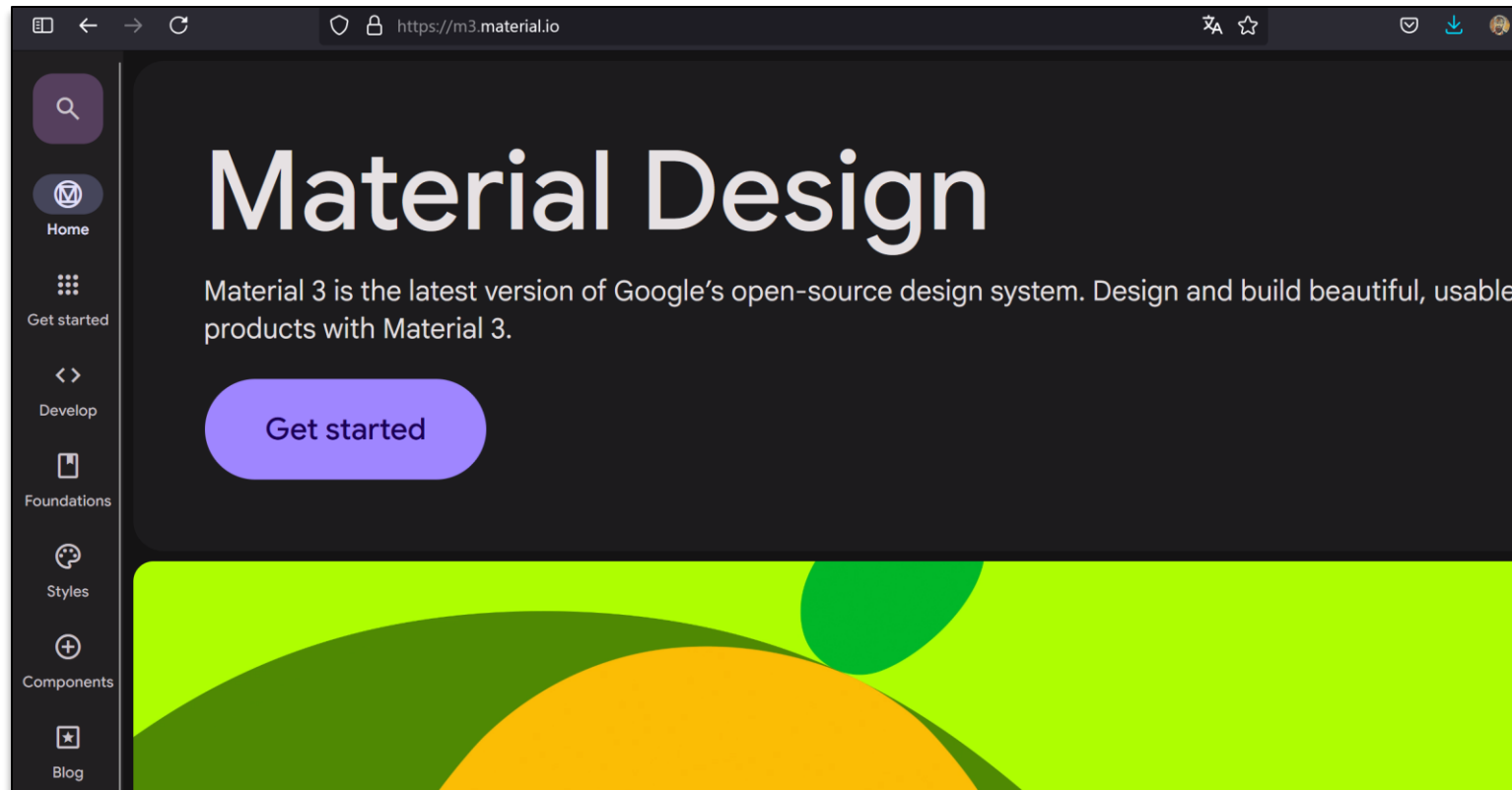
**Android XR** to system operacyjny rozszerzonej rzeczywistości (XR) opracowany przez Google i oparty na Androidzie. System operacyjny został zaprojektowany do obsługi **urządzeń XR**, w tym headsetu **Samsung Project Moohan** i pary inteligentnych okularów opracowanych przez **Google DeepMind**. Android XR jest silnie zintegrowany z generatywnym chatbotem Gemini opartym na sztucznej inteligencji.

**visionOS** to system operacyjny rzeczywistości mieszanej wywodzący się głównie z **iPadOS** i jego podstawowych frameworków (w tym **UIKit**, **SwiftUI**, **ARKit** i **RealityKit**) oraz frameworków specyficznych dla MR do **foveated renderingu** i interakcji w czasie rzeczywistym. Został opracowany przez Apple Inc. wyłącznie dla zestawu mieszanej rzeczywistości **Apple Vision Pro**.



# Przyszłość i trendy

		2018-19	2020-25	2025 and after
Near-eye display	Screen	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR • Development from monocular 2k/90Hz screen to monocular 4k/120Hz screen</li> <li>AR • AMOLED screen for VR, LCOS/OLEDoS imaging for AR to achieve wide application</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Development of monocular 8k/240Hz screen</li> <li>• Industrialization of emerging technologies such as Micro-LED</li> </ul>
	Optics	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR • Fixed depth of focus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AR • Industrialization of multifocus, zoom and light field display with zoom depth</li> </ul>	
Perception interaction	Hand interaction	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR • VR handle interaction reaches 6DoF</li> <li>AR • AR gesture recognition is developing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AR • Hand gesture completely replaces gesture recognition interaction; handle and hand gesture fusion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completely natural hand interaction, comparable to bare hand experience and precision up to 1 millimeter</li> </ul>
	Scene locating	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VR identification point locating matures</li> <li>• AR SLAM algorithm eases into practice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AR • The maturity of SLAM algorithm technology, combined with AI technology, achieves coordinate superposition, geometric physical information interaction, semantic understanding, etc., greatly optimizes the experience</li> </ul>	
	Multipass interaction	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR • Eyeball tracking, immersion sound field, tactile feedback, etc., mature</li> <li>AR</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• A more perfect interactive experience, including virtual sound field and perfect simulation of touch, roughness, viscosity, hardness; force feedback can simulate gravity changes with smaller device volume</li> </ul>
Near-eye display	Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR • Hardware optimization gradually meets most of VR application requirements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AR • Real-time rendering application gives AR a more in-depth experience</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendering of AR virtual objects reaches high fidelity (real-time shadows, material reflections, etc.)</li> </ul>
	Terminal	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR • Rendering dedicated chip appears</li> <li>AR</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• The rendering dedicated chip matures, making virtual display technology more rich and realistic</li> </ul>
Internet transmission	5G	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR • Initial 5G implementation to meet B-end application needs</li> <li>AR</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultra-large bandwidth, ultra-low latency and super-mobility ensure virtual reality to reach complete immersive experience and pave the way for 5G commercialization</li> </ul>
	Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> <li>VR • 20Gbps/5ms</li> <li>AR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40Gbps/2ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100G</li> </ul>



Zapoznać się przed kolejnymi zajęciami

**<https://m3.material.io/>**



# Koniec wykładu