

ZESZYTY NAUKOWE WSEI
SERIA:
TRANSPORT I INFORMATYKA

7(1/2017)

ZESZYTY NAUKOWE
WYŻSZEJ SZKOŁY EKONOMII I INNOWACJI W LUBLINIE
SERIA: TRANSPORT I INFORMATYKA

Rada naukowa:

prof. zw. dr hab. inż. Andrzej Niewczas (ITS Warszawa)
prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek (Politechnika Warszawska)
dr hab. inż. Tadeusz Dyr (Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu)
prof. Tatiana Čorejova (University of Žilina, Słowacja)
prof. dr hab. inż. Igor Kabashkin (Transport & Telecommunications Institute, Łotwa)
dr hab. inż. Grzegorz Koralewski (WSOWL, Dęblin)
prof. dr hab. Aleksander Medvedevs (Transport & Telecommunications Institute, Łotwa)
prof. Inga O. Prochenko (The Russian Academy of National Economy and Public Service
at the President of the Russian Federation)
prof. zw. dr hab. inż. Marek Stabrowski (WSEI w Lublinie)
prof. George Utekhin (Transport and Telecommunication Institute. Riga. Latvia)
prof. dr hab. inż. David Valis (University of Defence Brno, Republika Czeska)

Redakcja:

dr inż. Józef Stokłosa (Redaktor Naczelny), mgr Joanna Sidor-Walczak (Sekretarz Redakcji),
mgr Marek Szczodrak (Redaktor Techniczny)

Redaktorzy tematyczni:

prof. dr hab. inż. Jan Kukielka (Infrastruktura transportu),
dr hab. Grzegorz Wójcik (Informatyka),
dr hab. inż. Andrzej Marciniak (Modelowanie systemów transportowych),
dr inż. Mariusz Walczak (Mechanika, Inżynieria materiałowa)

Recenzenci:

dr hab. inż. Andrzej Adamkiewicz dr hab. inż. Tadeusz Cisowski, dr hab. inż. Paweł Drożdżel,
prof. dr hab. inż. Henryk Komsta, dr hab. inż. Marianna Jacyna, dr hab. inż. Marek Jaśkiewicz,
dr hab. inż. Zofia Jóźwiak, dr hab. inż. Grzegorz Koralewski, prof. dr hab. Anna Křižanova,
dr hab. inż. Andrzej Marciniak, prof. zw. dr hab. inż. Andrzej Niewczas, prof. dr hab. inż. Marek Opielak,
dr hab. inż. Marek Pawełczyk, dr hab. inż. Artur Popko, dr hab. Grzegorz Wójcik



Redaktorzy prowadzący:

Marek Szczodrak, Anna Konieczna

© Copyright by Innovatio Press Wydawnictwo Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji w Lublinie.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie, przedrukowanie i rozpowszechnianie całości
lub fragmentów niniejszej pracy bez zgody wydawcy zabronione.

Printed in Poland
Innovatio Press Wydawnictwo Naukowe
Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji
20-209 Lublin, ul. Projektowa 4
tel.: + 48 81 749 17 77, fax: + 48 81 749 32 13
www.wsei.lublin.pl

ISSN: 2084-8005

Spis treści

Marek Kryczka, Leszek Gil

Odpoczynek w pracy kierowcy

Rest at the driver's work5

Michał Maj

Kwantowa dystrybucja klucza: stan wiedzy

Quantum key distribution. Statement question17

Марина Беленькая, Андрей Креймер, Даниил Прохоров

Обзор протокола управления доступом Buffer-to-Buffer Credits

Admission control protocols. Buffer-to-Buffer Credits27

Olena Nalobina, Alexander Gerasimchuk, Yulia Muravunets Vitaly Puts,

Alexander Shovkomyd

Development of new tillin machine for flax harvesters

Rozwój konstrukcji elementów wykonawczych kombajnu do zbioru lnu37

Adam Bartoszewski

Droga do trójwymiarowości w grach komputerowych

Development of the level design application for computer games.....45

mgr inż. Marek KRYCZKA

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie,
Wydział Transportu i Informatyki

dr inż. Leszek GIL

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie,
Wydział Transportu i Informatyki

ODPOCZYNEK W PRACY KIEROWCY

REST AT THE DRIVER'S WORK

Streszczenie

W artykule przedstawiono praktyczne wykorzystanie odpoczynku, który musi wykonać kierowca realizujący przewozy drogowe towarów i osób. Ponieważ od wypoczęcia i dobrego stanu psychofizycznego w dużym stopniu zależy bezpieczeństwo transportu oraz innych uczestników ruchu. Pomimo, że czas pracy kierowcy reguluje ustawa, a pojazd jest na postoju, nie znaczy, że kierowca odpoczywa. W tym celu podjęto badania weryfikacyjne jak jest w rzeczywistości.

Summary

The paper presents the real use of rest, which must be performed by a driver performing road transport of goods and people. Since the transport and other road users safety highly depend on rest and good psychophysical conditions of drivers. Although the driver's working time is regulated and a vehicle is stationary, the driver does not have to rest. For this purpose, verification as it looks in real life is undertaken.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo ruchu drogowego, tachograf, czas pracy kierowcy.

Keywords: road safety, tachograph, driver's working time.

Wstęp

Bezpieczeństwo na drodze w dużym stopniu zależne jest od kierowców i ich wypoczęcia. Rozporządzenie 561/2006 [3] reguluje czas jazdy i odpoczynków kierowców zawodowych a zapis dokonywany jest za pomocą tachografu. Urządzenia rejestrujące czas pracy ewidencjonują tylko to co ustawi kierowca na tachografie i co dzieje się z pojazdem a nie samym kierowcą. Do tej pory nie stosuje się ustawowo żadnej metody do sprawdzenia bezpośredniego stanu psychofizycznego kierowcy. Dlatego podjęto badania mające zweryfikować praktyczne wykorzystanie odpoczynku kierowców zawodowych.

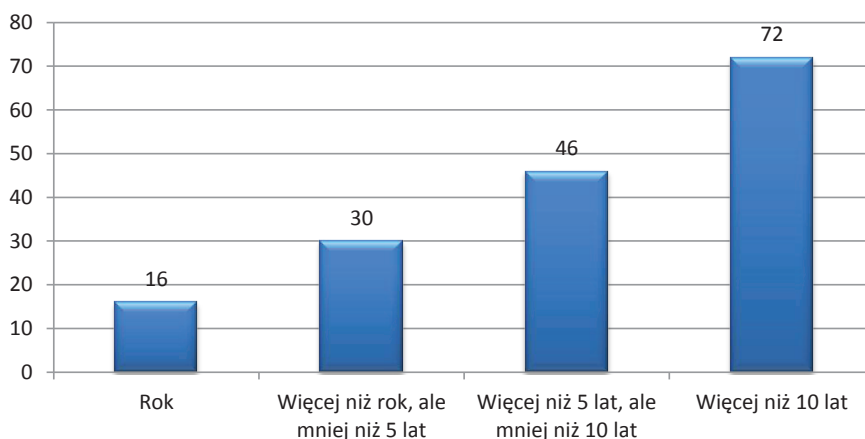
Badania i analiza wyników

Badania dotyczące wykorzystania odpoczynku w pracy przeprowadzono na grupie kierowców samochodów ciężarowych oraz kierowców autobusów będących w różnym wieku. Ankietowani kierowcy mają zróżnicowany zarówno wiek jak i staż pracy w swoim zawodzie. Każdy z badanych miał możliwość wyrażenia indywidualnej opinii oraz przedstawienia propozycji wprowadzenia zmian, które jego zdaniem usprawnią system czasu pracy i odpoczynków kierowców.

W ankiecie wzięło udział 164 osoby. Ankieta dotyczyła stażu w zawodzie kierowcy, posiadanych uprawnień, rodzaju wykonywanego transportu oraz pytań związanych z czasem pracy kierowcy i ich przestrzegania.

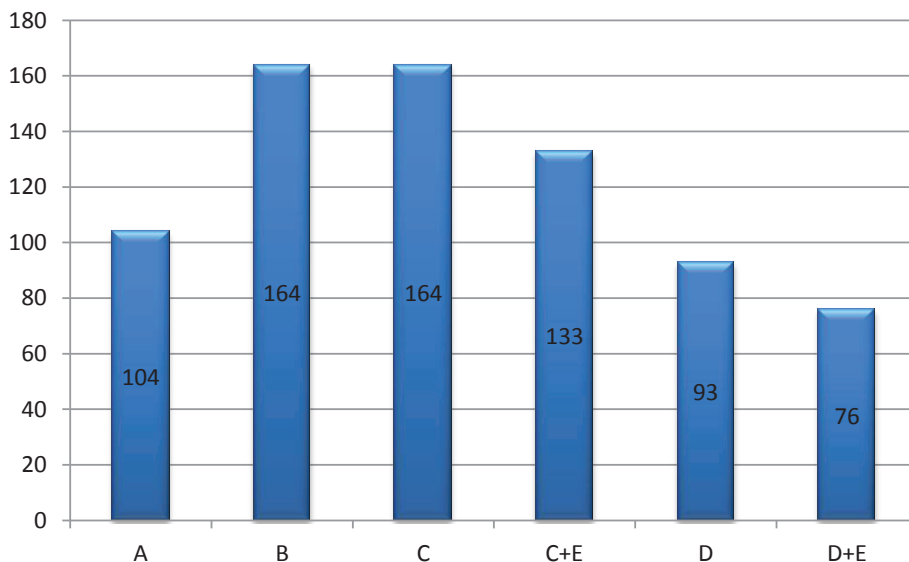
Pierwsza część ankiety dotyczyła zagadnień związanych z posiadanymi uprawnieniami i doświadczeniem zawodowym.

Staż w zawodzie kierowcy



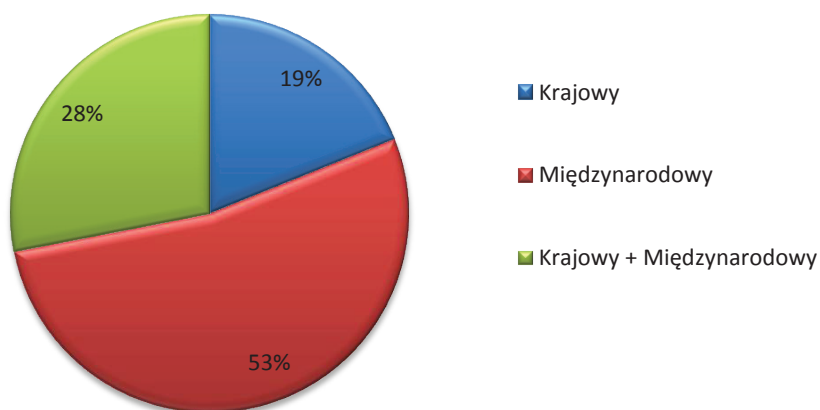
Rys. 1. Staż w zawodzie kierowcy [2].

Posiadane kategorie prawa jazdy



Rys. 2. Posiadane kategorie prawa jazdy [2].

Rodzaj transportu



Rys. 3. Rodzaj transportu [2].

Na rysunku 1 przedstawiono doświadczenie kierowców biorących udział w badaniu. Spośród badanych, najmniej doświadczonych kierowców, 16 osób posiada staż w zawodzie kierowcy od roku lub poniżej roku. Jest to 10% badanych.

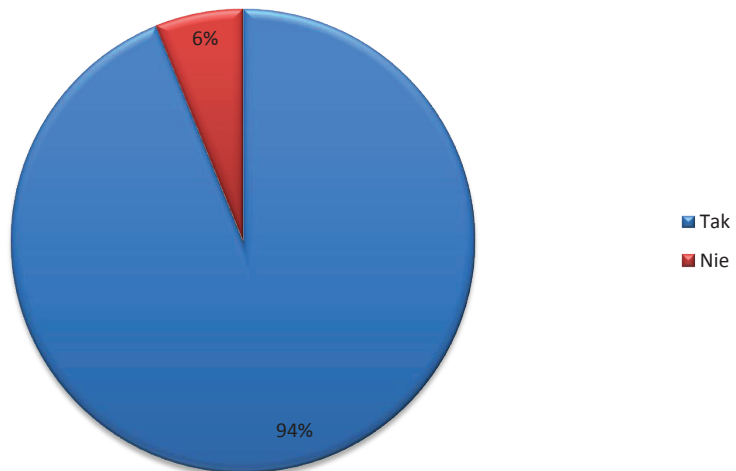
18% czyli 30 ankietowanych jest kierowcą więcej niż rok ale mniej niż 5 lat. Największy staż w zawodzie czyli więcej niż pięć ale mniej niż 10 lat oraz więcej niż 10 lat posiada odpowiednio 28% i 44% czyli 46 i 72 badanych. Spośród nich 19% wykonuje przewozy krajowe; 28% przewozy krajowe i międzynarodowe, 53% transport międzynarodowy, obrazuje to rysunek 3. Na rysunku 2 przedstawiono ilość kierowców posiadających odpowiednią kategorię prawa jazdy. Zgodnie z nim kategorię „A” posiada 104 osoby, kategorię „B” 164 osoby, kategorię „C” 164 osoby, kategorię „C+E” 133 osoby, kategorię „D” 93 osoby, kategorię „D+E” 76 ankietowanych. Jest to odpowiednio 63%, 100%, 100%, 81%, 57%, 46% ankietowanych.

Druga część ankiety skupiała się na przepisach dotyczących czasu pracy kierowców, ich zrozumienia oraz popełnianych przez kierowców błędach i wykroczeniach.

Wśród ankietowanych 99% uważa, że rozumie doskonale przepisy dotyczące prawidłowego rozliczania czasu pracy jazdy i odpoczynku kierowców. 1% uważa, że przepisy są jasne, ale niektóre sprawiają problemy.

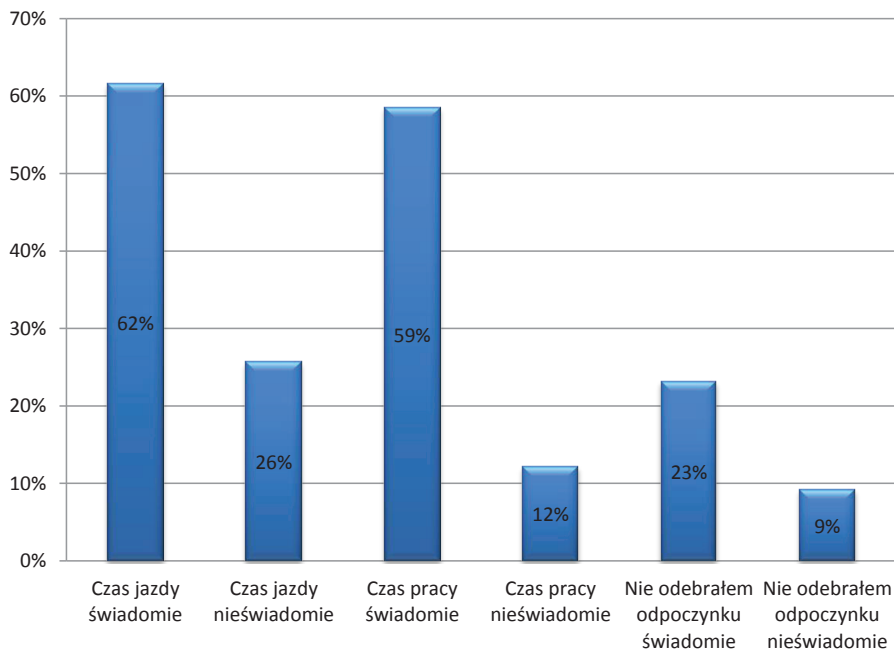
Na pytanie „Czy przepisy dotyczące czasu pracy kierowcy są potrzebne?”. Większość kierowców 94% twierdzi, że przepisy są jak najbardziej potrzebne. Wszyscy Ci kierowcy stwierdzili, że głównym powodem stosowania tych przepisów jest bezpieczeństwo. Jest to związane z kolejnymi argumentami, które mówią, że przepisy pozwalają kierowcy normalnie żyć i odpocząć, a wypoczęty kierowca stwarza mniejsze zagrożenie na drodze. Badani stwierdzili również, że są dobrą kartą w ich rękę w „walce” z pracodawcami. Gdyby nie przepisy, pracodawcy z chęci uzyskania większego zysku, zmuszaliby kierowców do ciągłej jazdy. Według badanych, przepisy powinny w większy sposób tolerować sytuacje wyjątkowe np. dojazd do domu, nawet jeśli miałyby to spowodować niewielkie przekroczenie czasu pracy. Jednak 6% badanych kierowców uważa, że przepisy te nie są potrzebne. Warto zaznaczyć, że wszyscy ankietowani, którzy opowiadają się po przeciwnej stronie wykonują transport krajowy. Uważają oni, iż każdy kierowca zna swoje możliwości i sam powinien decydować o tym kiedy powinien odpocząć a problem nie jest związany z czasem jazdy tylko czasem związanym z procesem załadunku i rozładunku. Poza tym przy niezdrowej konkurencji spowodowanej pensją uzależnioną od przejechanych kilometrów, przepisy te sprawiają, że kierowcy mniej zarabiają i przez to muszą łamać przepisy i narażają się na kolejne koszty związane z mandatami.

Czy uważasz, że przepisy dotyczące czasu pracy kierowcy są potrzebne?



Rys. 4. Czy uważasz, że przepisy dotyczące czasu pracy kierowcy są potrzebne? [2].

Które przepisy złamałeś w ciągu ostatnich dwóch lat?

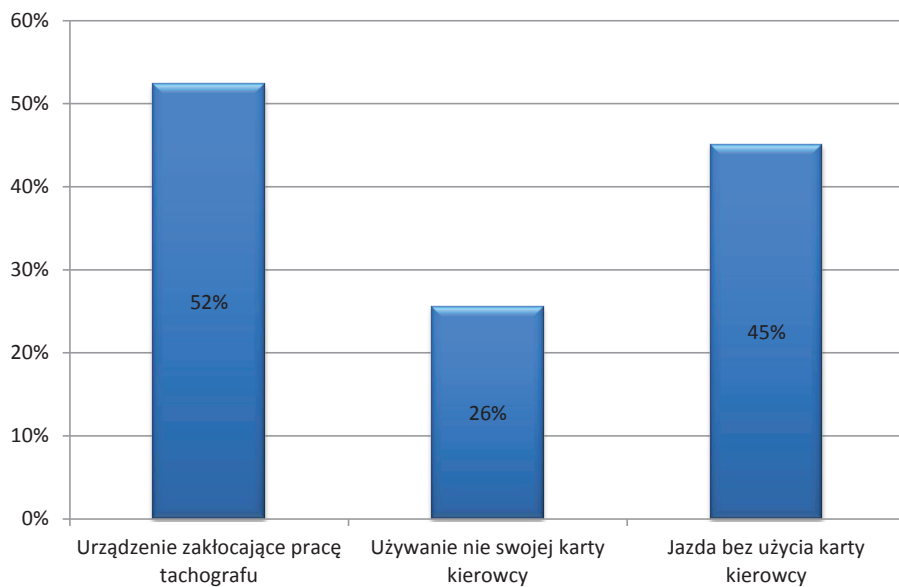


Rys. 5. Które przepisy złamałeś w ciągu ostatnich dwóch lat? [2].

Na pytania odnoszące się do łamania przepisów dotyczących czasu pracy kierowcy, często kosztem przerwy w pracy badani odpowiedzieli w następujący sposób. 62% przekroczyło czas jazdy świadomie, 26% przekroczyło czas jazdy nieświadomie. 59% przekroczyło czas pracy świadomie, a 12% zrobiło to nieświadomie. Jeśli chodzi o odpoczynek to większość kierowców odbiera go w sposób prawidłowy, jednak 23% badanych nie odebrało prawidłowego odpoczynku w sposób świadomy, a 9% nieświadomie.

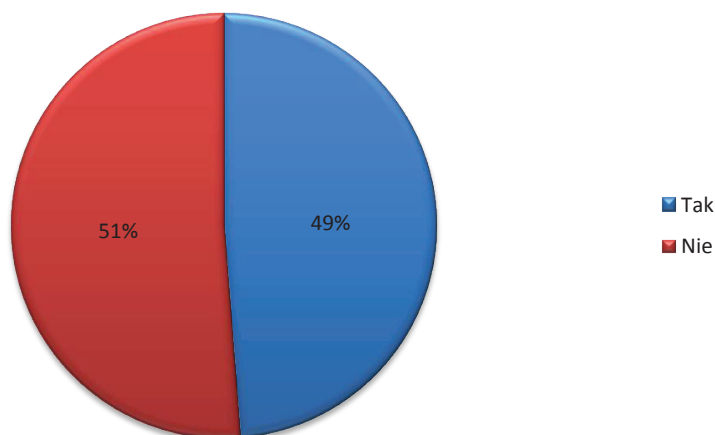
Rysunek 6 pokazuje nam w jaki sposób kierowcy próbują omijać przepisy oraz oszukiwać pracę tachografu. 52% kierowców przyznaje się do używania urządzeń zakłócających pracę tachografu np. jazda na magnesie. 26% ankietowanych używała nie swojej karty kierowcy, aby nie zostawić śladu o złamaniu przepisów. 45% natomiast wykonywało przewóz bądź część przewozu bez użycia karty kierowcy. Każdy z tych przypadków odbywał się kosztem realnie zmniejszonego czasu odpoczynku.

Sposób fałszowania zapisów tachografu.



Rys. 6. Sposób fałszowania zapisów tachografu [2].

Czy w okresie ostatnich dwóch lat Twój pracodawca nakłaniał Cię do złamania przepisów dotyczących czasu pracy kierowcy?



Rys. 7. Czy w okresie ostatnich dwóch lat Twój pracodawca nakłaniał Cię do złamania przepisów dotyczących czasu pracy kierowcy? [2].

Jest wiele przyczyn nieprzestrzegania przepisów związanych z czasem pracy kierowców, ale zawsze choćby pośrednio związane jest to z czynnikiem ekonomicznym. Prawie połowa, 49% badanych kierowców przyznaje, że pracodawca nakłaniał ich do złamania przepisów czasu pracy kierowców a 51% nie przyznaje takiego faktu. Aż 97% ankietowanych przyznaje że podczas wykonywania innych czynności takich jak załadunek, wypełnianie dokumentów tankowanie itd. zdarza im się wykonywać na przerwie, 3% nie przyznaje się do takiego faktu. Chęć dalszej jazdy bezpośrednio po wykonaniu tych czynności jest głównym powodem popełniania tego wykroczenia, które w przypadku wykrycia oczywiście wiąże się z mandatem karnym.

Powodów łamania przepisów związanych z czasem pracy kierowców jest wiele. Są jednak takie, które kierowcy wskazują najczęściej. Są to między innymi:

- presja wywierana przez pracodawcę;
- chęć większego zysku spowodowanego pensją zależną od przejechanych kilometrów;
- brak miejsc parkingowych;
- chęć szybszego dojazdu do miejsca przeznaczenia;
- dojazd do domu i miejsca garażowania;
- konieczność załadowania towaru;

- złe zaplanowanie trasy;
- wyznaczone terminy załadunku lub rozładunku, które są nieprzestrzegane;
- złe logistycznie ułożenie załadunków i rozładunków;
- brak rozważań ze strony kierowców i zbyt duża wiara we własne siły i umiejętności [2].

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przepisy Rozporządzenia 561/2006, umowy AETR, [1,3] ustawy o transporcie drogowym są rozumiane przez kierowców zawodowych. Są jednak osoby, które nie do końca radzą sobie z prawidłowym rozliczaniem czasu pracy i jazdy. Są to zazwyczaj osoby młode, nie mające dużego stażu jako kierowca zawodowy. Jak wiadomo teoria powinna iść w parze z praktyką, jednak na kursach przygotowujących do zawodu kierowcy nie ma zajęć praktycznych pozwalających dotknąć tych przepisów. Sucha teoria sprawia, że świeżo upieczeni kierowcy łamią przepisy nieświadomie lub świadomie gdyż zdobyta czysto teoretyczna wiedza nie przygotowuje ich na sytuacje, w których nie wszystko jest idealnie zaplanowane i poukładane. Praktyka zazwyczaj pokazuje, że sytuacje idealne w transporcie nie mają miejsca i to od kierowcy wymaga się dokładnego zaplanowania czynności oraz prawidłowego rozplanowania trasy przejazdu. Pomimo iż 99% uważa iż przepisy są jasne, każdy miał kiedyś problem jak prawidłowo zachować się w zaistniałej, nietypowej sytuacji. Zajęcia praktyczne, polegające na uczestniczeniu w wykonywaniu przewozu, w sposób bardziej przejrzysty umożliwiłyby wyjaśnienie tych trudnych zagadnień. Tak naprawdę kierowcy uczą się zawodu w praktyce już po podjęciu pracy, a powinno się dążyć do jak największego bezpieczeństwa więc na tę naukę bardzo często już jest za późno.

Z badań wynika, że bardzo duży wpływ na popełnianie wykroczenia ma rodzaj wykonywanego transportu oraz długość tras. Kierowcy wykonujący przewozy krajowe dużo częściej uciekają się do łamania przepisów, gdyż łatwiej zaplanować jest trasę przez całą Europę niż krótką trasę, gdzie jest kilka rozładunków na które kierowca nie ma wpływu, a towar ma być dostarczony do każdego odbiorcy na czas. Jest to związane z nieodpowiednim podejściem załadowców i odbiorców, którzy w żadnym stopniu nie odpowiadają za przetrzymanie pojazdu podczas procesu załadunku i rozładunku nie dotrzymując terminów. Tego typu sytuacje sprawiają, że cała odpowiedzialność spada na kierowcę, że nie dowiózł towaru do kolejnego miejsca. Przepisy, które regulują czas pracy kierowców, są bezapelacyjnie potrzebne i powinny być ciągle doskonalone. Mimo wielu przypadków, w których niedostosowanie się zasad doprowadziło do katastrofy drogowej, wciąż istnieje odsetek kierowców, którzy uważają inaczej i według których przepisy przeszkadzają w funkcjonowaniu kierowcy. Wiąże się to z chęcią zwiększenia zarobku. Organy kontroli powinny częściej monitorować przedsiębiorstwa pracodawców, którzy według badanych i opinii publicznej nakładają często w sposób

niedosłowny kierowców do łamania przepisów. Bardzo częstą praktyką stosowaną przez pracodawców jest wypłata zależna od przejechanych kilometrów. Powinno się dążyć do jak najszybszego wyeliminowania takich praktyk, wyrównania szans i wprowadzenia zdrowej konkurencji, ponieważ jeśli się to nie zmieni, na drogach wciąż będą pojawiać się ignoranci oraz osoby zmuszane, które nie do końca są świadomi konsekwencji popełnianych czynów.

Wszystkie osoby biorące udział w ankiecie jako urządzenie rejestrujące wskazały tachograf cyfrowy. Jak wspomniano w rozdziale dotyczącym tachografów, w tachografie cyfrowym ciężiej jest sfałszować zapis. Coraz czystsza praktyką jest stosowanie przez kierowców kilku kart kierowcy. Praktyka wiąże się z posiadaniem kolejnej karty, a jak wiadomo kierowca nie może posiadać kilku kart. W związku z tym pracodawca i osoby odpowiedzialne za przewóz w przedsiębiorstwie, ale nie poruszające się samochodem wyposażonym w tachograf posiadają karty kierowcy, które są docelowo przeznaczone dla kierowców wyruszających w trasę.

Ankietowani uważają, że przepisy związane z czasem pracy są dobre i nie należy ich zmieniać. Nieznaczną część opowiedziało się za skróceniem czasu pracy ponieważ 15 godzin to za dużo. Około 70% opowiedziało się za wprowadzeniem obowiązku i egzekwowania przepisu dotyczącego odbierania odpoczynków tygodniowych (skróconych 24 godziny; normalnych 45 godzin; odbieranych 66 godzin) poza miejscem pracy czyli poza pojazdem. Większość z tym badanych stwierdza ponadto, że odpoczynku po dwóch tygodniach pracy czyli odpoczynki 45 godzin i dobieranie godzin 66 powinny być odbierane w domu w miejscu zamieszkania. Dzięki takim praktykom kierowca mający świadomość, że będzie mógł być w domu i spotkać się z rodziną, będzie funkcjonował znacznie lepiej psychicznie, a co za tym idzie fizycznie. Ma to ogromny wpływ na jakość i bezpieczeństwo jazdy. Osoba nie mająca kontaktu z rodziną, będąca długi czas poza domem i przebywająca ciągle na tak małej powierzchni jest sfrustrowana taką sytuacją i przez to zwiększa się ryzyko powstania wypadku.

Kierowcy wykonujący transport drogowy osób chcieliby, aby przepisy dla nich różniły się od przepisów dla przewożących towary. Jako argumenty podają, że w przypadku wystąpienia utrudnień np. zatorów drogowych oprócz opóźnienia z tym związanego dochodzi jeszcze opóźnienie związane z koniecznością wykonania przerwy. Ponieważ rozkład jazdy często układany jest na styk. Takie sytuacje sprawiają, że nie tylko kierowca ale i pasażerowie są spóźnieni często na ważne spotkania i swą złość wyładowują bezpośrednio na kierowcy.

W związku z powyższym należy dążyć do ciągłej poprawy jakości transportu; szanowania pracy innych; przestrzegania przepisów zarówno przez kierowców jak i pracodawców; uświadamiania osób związanych z transportem o istnieniu zasad czasu pracy kierowcy. Wszystkie przepisy czasu pracy, jazdy i odpoczynku są potrzebne i ważne. Bardzo ciężko stworzyć przepis, z którego będą zadowoleni

wszyscy. Najważniejsze jest tutaj przestrzeganie zasad przez kierowców i pracodawców, a organy kontroli powinny się skupiać w większym stopniu na tych drogach, ponieważ z przeprowadzonych badań wynika, że to pracodawcy są głównym czynnikiem powodującym łamanie przepisów.

Bibliografia

- [1] Konwencja AETR europejska umowa dotycząca pracy załóg pojazdów, które wykonują międzynarodowe przewozy drogowe.
- [2] Kryczka M., Analiza czasu pracy kierowców, Praca magisterska, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, Lublin 2016.
- [3] ROZPORZĄDZENIE (WE) nr 561/2006 PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie harmonizacji niektórych przepisów socjalnych odnoszących się do transportu drogowego oraz zmieniające rozporządzenia Rady (EWG) nr 3821/85 i (WE) 2135/98, jak również uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 3820/85 Dz.U.UE.L.06.102.1.
- [4] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o czasie pracy kierowców, Dz. U. 2004 nr 92 poz. 879.

inż. Michał MAJ

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

KWANTOWA DYSTRYBUCJA KLUCZA: STAN WIEDZY

QUANTUM KEY DISTRIBUTION. STATEMENT QUESTION

Streszczenie

Analogie między informatyką i mechaniką kwantową ujawniły się jeszcze w XX wieku, czego przykładem było wykorzystanie układów kwantowych do obróbki i przesyłania informacji. Dla tych dwóch sfer dociekań naukowych najważniejszym kierunkiem badań stał się postęp prac nad komputerem kwantowym. Powstały już teorie dotyczące bramek kwantowych, które mają być podwaliną do stworzenia pełnego komputera kwantowego. Jednak największe sukcesy fizyki w informatyce dotyczą kryptografii. Niniejsza praca przybliża ogólne założenie związane z kwantową dystrybucją klucza, a w szczególności z metodą Bennetta-Brassarda. Zawarto w niej informacje dotyczące szyfrowania wiadomości, podstaw mechaniki kwantowej oraz elementów wiedzy na temat zabezpieczeń przy użyciu fotonów.

Summary

The usage of the quantum state to sending messages is one of the example of analogies between Information technology and the quantum mechanics, which are known since the 20th century. From the scientific point of view the development of the quantum computing is currently the most important research. The quantum logic gate theories, which are supposed to be the beginning to create a quantum computer, have already been developed. It is worth noting that science's greatest successes in the information technology is connected with cryptography. The article is about basic theories on the quantum key distribution protocols, especially Bennett-Brassard method. There are information about messages encryption, the basics of the quantum mechanics and basics of photonics are included in the article.

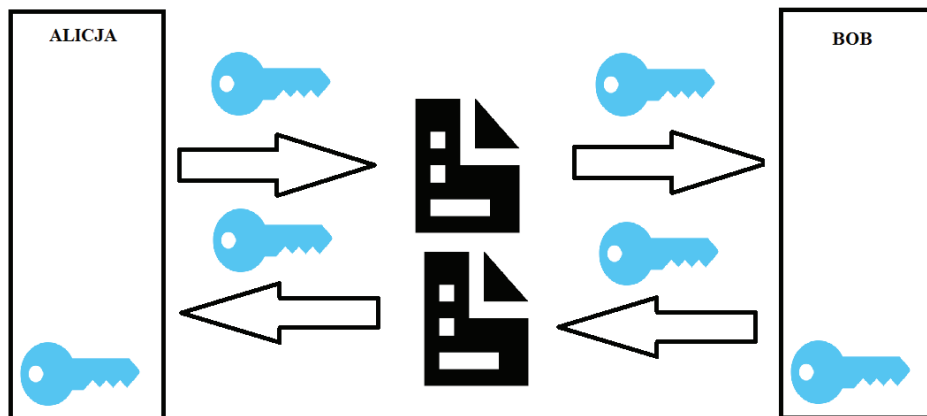
Słowa kluczowe: gry komputerowe, środowisko gry, 3d, projektowanie poziomów, mechanika kwantowa, bezpieczeństwo teleinformatyczne, kryptologia, fotonika.

Keywords: level designing, computer games, history of the computer games, 3d games, Quantum mechanics, cyber security, cryptography, photonics.

Wstęp

Wraz z rozwojem cywilizacyjnym nastąpił popyt na technikę utajniania ważnych informacji gospodarczych, politycznych, wojskowych i innych mających znaczenie indywidualne i zbiorowe. Dziedziną, która zajmuje się ochroną danych jest kryptografia. Rozwiązania, jakie stosuje, zapewniają bezpieczeństwo w cyfrowym świecie. Dzięki niej poufne dane są niedostępne dla osób niepowołanych, odpowiada również za autoryzację użytkowników, spójność danych, autoryzację oraz niezaprzeczalność. Na kryptografię składają się trzy dziedziny nauki: matematyka, informatyka oraz elektrotechnika – w ogólnym rozumieniu zajmuje się praktyką i teorią związaną z poufnością danych. Współczesna kryptografia czerpie swoje właściwości z teorii informacji, teorii złożoności obliczeniowej, kombinatoryki, statystyki teorii liczb i algebry abstrakcyjnej. Dzieli się na dwie kategorie: kryptografię symetryczną oraz kryptografię asymetryczną [9]. Obie oparte są na informatyce klasycznej, zapewniają bezpieczeństwo poprzez długi czas kryptoanalizy (gałąź kryptologii odpowiedzialna za przełamywanie szyfrów [11]). Związane jest to z tajnością klucza oraz złożonością obliczeniową.

Głównymi założeniami kryptografii symetrycznej [5] jest posiadanie przez obie strony – nadawcę (umownie nazywanego Alicją [3]) i odbiorcę (umownie nazywanego Bobem [3]) – takiego samego symetrycznego tajnego klucza szyfrującego. Służy on jednocześnie do szyfrowania i deszyfrowania wiadomości, która wysyłana jest jawnym kanałem (rysunek 1). Istnieją dwie metody szyfrowania: szyfr blokowy oraz szyfr strumieniowy [9]. Pierwsza z nich służy do przekształcania bloku tekstu jawnego na szyfrogram o takiej samej długości przy pomocy klucza szyfrującego. Druga natomiast pozwala na utworzenie dowolnie długiego klucza, który następnie, przy pomocy operacji XOR (logiczny funktor zdaniotwórczy), jest łączony z tekstem jawnym. Obie metody, dzięki jednorazowemu użyciu klucza, są praktycznie nie do złamania. W kryptografii symetrycznej głównym problemem jest trudność w bezpiecznym przesyłaniu i przetrzymywaniu kluczy [3].

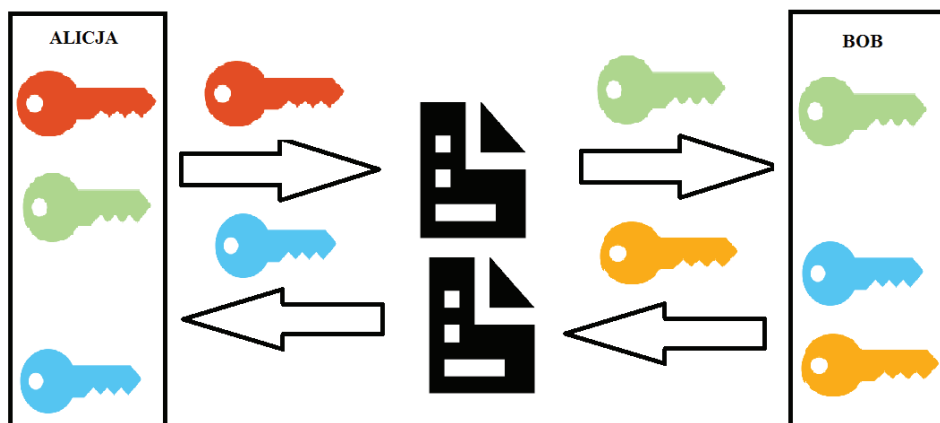


Rys. 1. Szyfrowanie w kryptografii symetrycznej (źródło: Opracowanie własne).

Kryptografia asymetryczna [5], w przeciwieństwie do symetrycznej, zakłada istnienie dwóch kluczy: prywatnego i publicznego. Bob posiada klucz prywatny służący do deszyfrowania wiadomości. Natomiast Alicja dysponuje kluczem publicznym, który jest ogólnodostępny i służy do szyfrowania wiadomości (rysunek 2). Głównym założeniem tej kryptografii jest wykorzystanie algorytmów opartych na operacjach jednokierunkowych. Są one łatwe do wyliczenia, ale trudne do odwrócenia. Oznacza to, że nie istnieje żaden wielomianowy algorytm, który znajdzie element przeciwobrazu $f(x)$ z większym prawdopodobieństwem niż funkcja zaniebdywalna (dąży do 0 szybciej niż dowolny wielomian), o ile x jest wybrane losowo [7]. Z takich rozwiązań korzysta na przykład RSA (najpopularniejszy asymetryczny algorytm kryptograficzny [5]), gdzie szyfrowanie przebiega przy pomocy operacji mnożenia. Natomiast, aby rozszyfrować wiadomość należy użyć faktoryzacji. Składowe obu kluczy (d oraz e) oblicza się używając dwóch możliwie zbliżonych do siebie długości liczb pierwszych (p oraz q) generowanych losowo. Składowe d, e powstają na podstawie równania, które musi spełniać następujące warunki, po pierwsze, jedna składowa jest losowa: $d * e \equiv 1 \pmod{(p - 1)(q - 1)}$, po drugie $p * q$ zostają częścią klucza i są oznaczane jako n . W takim przypadku klucz publiczny i prywatny, w takim przypadku, stanowią pary (e, n) i (d, n) [4]. Innym przykładem połączenia łatwej operacji szyfrowania z trudną operacją rozszyfrowania jest ElGamal. Korzysta on z potęgowania modulo i logarytmowania dyskretnego. W związku z tym uzyskanie klucza prywatnego na podstawie klucza publicznego jest obliczeniowo trudne. Tak samo jak w kryptografii symetrycznej problematyczne jest przesyłanie i przechowywanie klucza [3].

Metodą, która daje gwarancję, że przesyłany klucz szyfrujący nie zostanie skopiowany przez osobę podsłuchującą (umownie nazwaną Ewą [3]) jest kwantowa dystrybucja klucza. Jej działanie opiera się na właściwościach mechaniki

kwantowej i w przeciwieństwie do szeroko obecnie stosowanych metod nie pozwala na odczytanie przysyłanych informacji.



Rys. 2. Szyfrowanie w kryptografii asymetrycznej (źródło: Opracowanie własne).

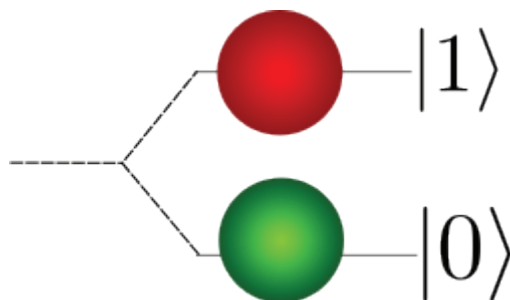
1. Teoretyczne podstawy

Kryptografia kwantowa, która wykorzystuje zasady mechaniki kwantowej do wykonywania zadań kryptograficznych, daje narzędzie do bezpiecznego przesyłania informacji [12]. Narzędziem tym jest kwantowa dystrybucja klucza. Jest ona ściśle powiązana z informatyką kwantową zajmującą się właściwościami układów kwantowych potrzebnych do przesyłania i obróbki informacji.

Podstawowym pojęciem informatyki kwantowej jest kubit [2] – elementarny nośnik kwantowej informacji, którego odpowiednikiem dla informacji klasycznej jest bit. Zachowania tych najmniejszych porcji informacji uzależnione jest w przypadku bitu od klasycznej dynamiki, w skład której wchodzi między innymi klasyczna mechanika, klasyczna elektrodynamika i termodynamika. Dzięki nim wiadomo, że bit może podlegać zaburzeniom otoczenia zgodnie z zasadami termodynamiki klasycznej. Stąd można wprowadzić pojęcie ogólnej entropii informatycznej Shannona. Natomiast zachowanie kubitów jest dostosowane do kwantowego opisu. Oznacza to, że również podlega zaburzeniom, ale wtedy nieodwracalnie ginie – związane jest to ze zjawiskiem dekoherencji (utrata informacji o układzie gdy oddziałuje z otoczeniem). Pomiedzy klasyczną a kwantową informacją istnieją różnice polegające na tym, że kwantowe pojemności informatyczne są większe, a równoległe przetwarzanie kwantowe pozwala na przyspieszenie funkcji eksponentialnej (funkcja wykładnicza o podstawie e – podstawa logarytmu naturalnego). Należy także zwrócić uwagę na różnice wynikające z pomiaru. Zgodnie z zasadami fizyki klasycznej można dokonać pomiaru związanego, na przykład, z natężeniem prądu, pojemnością kondensatora etc.

Pomiar taki, w przeciwieństwie do pomiaru kwantowego, jest nieniszczący, powtarzalny i nie wyróżnia obserwatora. Natomiast ze względu na założenia mechaniki kwantowej mierzenia danego układu zaburza go. Egzemplifikację stanowi mierzenie położenia elektronu przy pomocy fotonu, który z uwagi na dokładny pomiar musi mieć krótką długość fali. W związku z tym foton będzie posiadał wystarczająco dużą energię, aby zmienić w sposób nieprzewidywalny prędkość i położenie elektronu [6].

Z fizycznego punktu widzenia nie ma informacji bez nośnika. Więc kubit jako najmniejsza i niepodzielna jednostka informacji kwantowej stanowi kwantowo-mechaniczny układ w dwuwymiarowej przestrzeni Hilberta (przestrzeń liniowa nad ciałem liczb rzeczywistych lub zespolonych z abstrakcyjnym iloczynem skalarnym), dla której znajduje się w dowolnej superpozycji dwóch stanów kwantowych [7]. W przypadku kwantowej dystrybucji klucza przedstawiany będzie jako spolaryzowany foton. Zgodnie z definicją kubitu reprezentowanego w dwuwymiarowej przestrzeni Hilberta H^2 , w której kubit o stanach własnych $|0\rangle$ i $|1\rangle$ jest reprezentowany przez unormowany wektor $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, gdzie liczby α i β należą do zbioru liczb zespolonych i spełniają warunek $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$, można zapisać stan kwantowy używając notacji Diraca (sposób zapisu stanów kwantowych) $|0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$, $|1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$. W związku z tym dokonując na kubicie pomiaru, będzie on miał z prawdopodobieństwem $|\alpha|^2$ stan $|0\rangle$ i z prawdopodobieństwem $|\beta|^2$ stan $|1\rangle$ i wynika z tego, że dokonując pomiaru na stałe zmienia się stan kubitu [13] (rysunek 3).

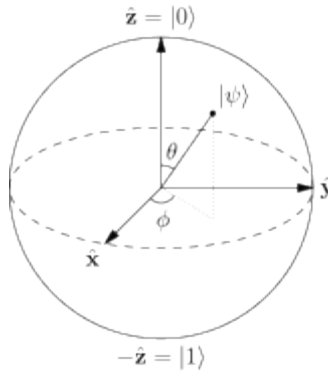


Rys. 3. Wykonanie pomiaru na kubicie (źródło: Wikipedia, pl.wikipedia.org, Kubit, inf. z dnia 12 czerwca 2017).

Za geometryczne przedstawienie stanów kubitu odpowiada sfera Blocha (zespolona sfera trójwymiarowa o promieniu jednostkowym). Koordynaty Hopfa umożliwiają graficzne przedstawienie kubitu. Dają one cztery stopnie swobody, po dwa dla α i β , z tymże jeden z nich został usunięty ze względu na spełniony

warunek $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$. Przykładowy wybór może wyglądać następująco

$\alpha = e^{e\psi} \cos \frac{\theta}{2}, \beta = e^{i(\psi+\phi)} \sin \frac{\theta}{2}$. W związku z tym pojedynczy kubit mógłby zostać zwizualizowany w sposób przedstawiony jak na rysunku 4 [14].



Rys. 4. Możliwa reprezentacja kubit (źródło: Wikipedia, pl.wikipedia.org, Qubit, inf. z dnia 12 czerwca 2017).

Protokoły kwantowej dystrybucji klucza są bezpieczne zgodnie z założeniami schematu von Neumanna (niepowtarzalny charakter pomiaru kwantowego) oraz twierdzeniu *No-Cloning* (brak możliwości skopiowania nieznanego stanu kwantowego) [6]. W związku z tym próba mierzenia przesyłanych informacji niszczy je, dodatkowo kwantowa transmisja jest zakłócona. Niesie to za sobą również konsekwencje dotyczące informacji kwantowej. Jedną z nich jest niemożność odwrócenia w czasie operacji kopiowania (usunięcie informacji względem jej kopii jest niewykonalne) – nosi nazwę *No-Deleting*. Druga natomiast *No-Broadcasting* nie pozwala na komunikację jeden do wielu [6]. Osoba podsłuchująca (Ewa) zaburzy stan kwantowy kubitów podczas próby odczytania informacji przekazywanej pomiędzy Alicją a Bobem. Jest to zgodne ze stwierdzeniem, że każdy zysk informacji kwantowej oznacza zaburzenie stanów kwantowych [1].

2. Metoda Bennetta-Brassarda

Korzystając definicji kubit oraz postulatów mechaniki kwantowej [8] opracowano pierwszą metodę kwantowej dystrybucji klucza BB84. Została zaproponowana w 1984 roku przez Charlesa Bennetta i Gilles'a Brassarda, w praktyce została wykonana dopiero w 2004 roku w Wiedniu [3]. Zasada działania opiera się na przesyłaniu spolaryzowanych liniowo w czterech płaszczyznach fotonów od nadawcy do odbiorcy. Jednocześnie spełnione jest prawo Malusa. Dzięki niemu można określić płaszczyznę polaryzacji porównując natężenie światła przecho-

dającego z nieprzepuszczonym. Należy jednak zauważyć, że dla pojedynczego fotonu możliwe jest określenie tylko prawdopodobieństwa przejścia przez polaryzator. Stąd, aby wyznaczyć stan polaryzacji, należy dokonać wielu pomiarów identycznie spolaryzowanych fotonów, przy czym ich pomiar powoduje polaryzację zgodnie z płaszczyzną ustawioną w polaryzatorze [3]. W metodzie BB84 fotony są

wysyłane pod odpowiednimi kątami $0, \frac{\pi}{2}$ lub $\frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{4}$. Generowany losowo stan polaryzacji otrzymuje bit 0 lub 1 dla każdej pary ortogonalnych polaryzacji. Alicja generuje ciągi klasycznych bitów (a i b) o długości $(4 + \Delta)n$. Następnie kodowany jest pierwszy z nich w postać kubitów o następujących stanach własnych operatora Pauliego $Z \equiv \sigma_z$: $|\psi_{00}\rangle = |0\rangle$, $|\psi_{10}\rangle = |1\rangle$ (z wartościami własnymi

1 i -1) oraz operatora Pauliego $Z \equiv \sigma_x$: $|\psi_{01}\rangle = |+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$,

$|\psi_{01}\rangle = |-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)$ (z wartościami własnymi 1 i -1). Stany te nie są wzajemnie ortogonalne, więc żaden pomiar nie rozróżni wszystkich stanów.

Alicja otrzyma stan $|\Psi_A\rangle = \bigoplus_{k=1}^{(4+\Delta)n} |\psi_{a_k b_k}\rangle$ dla ciągu bitów w postaci kubitu o bazie $\{|0\rangle, |1\rangle\}$, pod warunkiem, że wartość bitu $b_k = 0$ lub kubit posiada bazę $\{|+\rangle, |-\rangle\}$. Gdzie a_k i b_k są odpowiednio k – tymi bitami ciągów a i b . Wybór bazy jest uzależniony od wartości bitów w ciągu b [1]. Pierwsza z nich – baza prosta – umożliwia polaryzację fotonów o kierunkach 0° i 90° , druga – baza ukośna – polaryzację pod kątem 45° i 135° . W związku z tym pomiary bazy prostej nie dadzą informacji o bazie ukośnej i na odwrót. Obie stanowią oddzielne wielkości fizyczne i zgodnie z zasadą nieoznaczoności Heisenberga [8] nie można ich zmierzyć jednocześnie z dowolną dokładnością [10]. Ta zasada wynika z natury rzeczywistości, więc pomiar jednej wielkości wpłynie na utratę drugiej wielkości [15]. Kolejnym etapem metody BB84 jest wysłanie przez Alicję do Boba przez publiczny kanał komunikacyjny stanu $|\Psi_A\rangle$. Bob odbierze zaburzony kubit $|\Psi_B\rangle \equiv \varepsilon(|\Psi_A\rangle)$, operacja kwantowa ε jest wynikiem zarówno zakłóceń w kanale komunikacyjnym oraz prób podsłuchu przez Ewę. Dany kubit można

zapisać w postaci jawnej $|\Psi_B\rangle = \sum_c \langle\psi_c|\Psi_A\rangle |\psi_c\rangle + \sum_i \langle\eta_i|\Psi_A\rangle |\eta_i\rangle$, dla której ψ_c jest stanem kanału komunikacyjnego, natomiast η_i jest stanem użytym do podsłuchu [1]. Należy zwrócić uwagę, że Bob nie zna danych współczynników, a jedynie stan $|\Psi_B\rangle$. Dla braku podsłuchu oraz braku zakłóceń wartość $\langle\eta_i|\Psi_A\rangle = 0$ oraz wartość $\langle\psi_c|\Psi_A\rangle = 0$. Kolejnym etapem będzie wysłanie przez Boba jawnej informacji o odebranych stanie kwantowym. Spowoduje to, że każda ze stron posiada różne stany: nadawca $|\Psi_A\rangle$, odbiorca $|\Psi_B\rangle$, natomiast osoba podsłuchu-

jąca $|\eta_i\rangle$. Przy czym Alicja nie przysłała informacji związanych z ciągiem bitów b . W takim przypadku Ewa musi zgadywać jakie bazy są używane do pomiaru, a jej błąd zaburzy stan, który otrzyma Bob. Tym samym również odbiorca nie posiada informacji w jaki sposób dokonać odczytu. W związku z tym generuje ciąg b' złożony z przypadkowych bitów $(4 + \Delta)n$ i przy ich pomocy dokonuje wyboru bazy. Następnie przeprowadza pomiar odebranych kubitów i otrzymuje ciąg bitów a' [1]. Bob jawnie przesyła informacje o ustawieniach swojej bazy, Alicja porównuje z własnymi ustawieniami i wspólnie odrzucają z ciągów a i a' te bity, które w odpowiadających im ciągach b i b' są różne. Stąd bity w ciągach a i a' spełniają warunek $a' = a$, ponieważ Bob i Alicja wykonali pomiary przy użyciu taki samych stanów bazy [3]. Nadawca przesyła informację o odczytanych prawidłowo bitach. Jeżeli będą się one zgadzały z bitami odczytanymi przez odbiorcę, dadzą gwarancję braku podsłuchu. Odczytane prawidłowo pomiary będą stanowiły klucz szyfrujący. Związane jest to ze statystycznym ustawieniem polaryzatora przez osobę podsłuchującą. W rezultacie średnio od 25% do 50% bitów kontrolnych zostałoby błędnie odczytanych. Przykładem może być próba *ataku man-int-the-middle* (polega na podsłuchu nadawcy i odbiorcy, bez ich wiedzy). Ewa próbuje odgadnąć bazę z jednoczesnym pomiarem fotonów wysłanych przez Alicję. Następnie generuje zakodowany foton. Bob odbierając foton, nie wie jeszcze, że układ został zaburzony. Jednak po wykonaniu kolejnych kroków i jawnym porównaniu wyników z Alicją, okazuje się, że duży poziom błędów wskazał na próbę podsłuchu. Ponieważ każda próba ataku wprowadza błąd, jest ona zawsze wykrywana. W związku z tym kwantowa dystrybucja klucza gwarantuje bezpieczeństwo.

Alicja										
Losowanie bitu	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
Losowanie bazy										
Kodowanie bitu										
Kanał kwantowy										
Losowanie bazy										
Pomiar										
Zdekodowanie bitu	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0
Bob										

Tab. 1. Przykładowe działanie metody BB84 bez podsłuchu.

Zakończenie

Kryptografia kwantowa stale się rozwija i ma duże znaczenie dla informatyki. Zabezpieczeń przy użyciu kwantowej dystrybucji klucza można używać już na odległościach do 200 kilometrów. Powstają coraz to nowe sieci oparte na zabezpieczeniach kwantowych oraz następuje rozwój firm zajmujących się produkcją urządzeń do kryptografii kwantowej. W ciągu ostatnich lat dokonano wielu inwestycji związanych z informatyką kwantową, nastąpił rozwój SECOQC (Secure Communication based on Quantum Cryptography). Należy jednak zwrócić uwagę na konsekwencje, jakie niesie za sobą kwantowe przetwarzanie informacji. Związane są zarówno z niedoskonałościami technologicznymi, które mogą wpływać między innymi na utratę fotonów w światłowodzie. Drugi przypadek dotyczy sytuacji, gdy detektor informuje, że wykrył foton, pomimo, że żadnego fotonu nie było. Również część źródeł fotonów generuje pojedyncze fotony tylko statystycznie, co oznacza, że impuls może zawierać dwa fotony lub żadnego. Inne konsekwencje wynikają z praw mechaniki kwantowej. Przede wszystkim kryptografia kwantowa uniemożliwia szyfrowanie samej wiadomości, gdyż losowa jej część uległaby zniszczeniu na skutek pomiaru. Nie ma również możliwości prognozowania pomiaru nawet przy tej samej bazie, a podsłuchana informacja

ulega zniszczeniu. Komunikacja kanałem kwantowym odbywa się tylko jeden do jednego, a informacji nie da się skopiować i przesłać jej dalej. W związku z tym użycie klasycznego *repeatera* jest niemożliwe. Jednak, pomimo tych wszystkich niedogodności, warto pochylić się nad informatyką kwantową, ponieważ to ona może wyznaczyć kierunek postępu technologicznego.

Bibliografia

- [1] Adamowski J., Kryptografia kwantowa, www.ftj.agh.edu.pl.
- [2] Bouwmeester D., Ekert A., Zeilinger A., The Physics of Quantum Information: Quantum Cryptography, Quantum Teleportation, Quantum Computation, Springer-Verlag, Berlin 2000.
- [3] Karpierski M., Podstawy fotoniki, Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
- [4] Goldreich O., Foundation of Cryptography: Volume 1, Basic Tools, Cambridge University Press, Cambridge 2001.
- [5] Hirsch F. J., SSL/TLS Strong Encryption: An Introduction, www.apache.org.
- [6] Jacak J., Wstęp do kryptografii kwantowej, www.kierunkizamawiane.pwr.wroc.pl.
- [7] Nielsen M., Chuang I., Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press, Cambridge 2000.
- [8] Shankar R., Mechanika kwantowa, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016.
- [9] Schneier B., Kryptografia dla praktykantów: protokoły, algorytmy i programy źródłowe w języku C, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
- [10] Tanaś R., Kryptografia kwantowa raz jeszcze, zon8.physd.amu.edu.pl
- [11] Trybicka-Francik K., Kryptoanaliza, www.zo.aei.polsl.pl
- [12] <https://www.technologyreview.com/s/418968/commercial-quantum-cryptography-system-hacked/>
- [13] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Kubit>
- [14] <https://en.wikipedia.org/wiki/Qubit>
- [15] https://pl.wikipedia.org/wiki/Zasada_nieoznaczoności

**Марина БЕЛЕНЬКАЯ, Андрей КРЕЙМЕР,
Даниил ПРОХОРОВ**

Московский Технический Университет Связи и Информатики,
факультет Информационных технологий
(Москва, Россия)

ОБЗОР ПРОТОКОЛА УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ BUFFER-TO-BUFFER CREDITS

ADMISSION CONTROL PROTOCOLS. BUFFER-TO-BUFFER CREDITS

Резюме

В статье описано значение протокола управления доступом, используемого в разных операционных системах, мультимедийных системах и сетях хранения данных. Также представлен протокол Buffer-to-Buffer и его функции.

Summary

The article describes the importance of the admission control protocols used in various forms of operating systems, multimedia systems, and storage area networks. Discusses the Buffer-to-Buffer Credits protocol and its features.

Ключевые слова: протокол управления доступом, Quality of Service, Buffer-to-Buffer Credits.

Keywords: admission control protocols, Quality of Service, QoS, Fibre Channel, Buffer-to-Buffer Credits, Brocade.

Введение

С ростом популярности мультимедийных приложений, востребованности задач реального времени, а также сервисов удалённого хранения данных возник вопрос обеспечения грамотного и гарантированного выполнения пользовательского запроса в распределённом варианте. Например, системы реального времени характеризуются получением корректного результата за строго заданное время, называемое *deadline*, что влечёт за собой определённые требования к ядру операционной системы (ОС), расписанию работы центрального процессора, среде передачи данных, к используемым сетевым протоколам. Эта особенность относится также и к мультимедийным системам, так как они являются одним из вариантов систем жёсткого реального времени. Для хранилищ данных, помимо скоростных характеристик, важным фактором является гарантированная запись на удалённое устройство хранения, поскольку сбой такой операции для юридического лица в роли пользователя с большой долей вероятности приведёт к потере прибыли.

Вышесказанное послужило развитию протоколов управления доступом – *admission control protocols*. В современных операционных системах именно алгоритмы управления доступом помогают достичь требуемой скорости и гаранта предоставления запрашиваемого ресурса. Применительно к системам реального времени, суть этих алгоритмов заключается в том, что ядро ОС либо допускает выполнение процесса, если последний гарантировано завершится в срок, либо отклоняет запрос на постановку в очередь готовых для исполнения задач, если достижение необходимого корректного результата за *deadline* процесса невозможно [4]. Примером может служить *rate-monotonic* алгоритм для периодических задач, при котором исполняемая процессором задача с низким статическим приоритетом может быть вытеснена процессом с более высоким статическим приоритетом. В контексте работы в сетевом варианте контроль доступа представляет собой механизм управления трафиком, определяющий, способно ли ядро ОС данного сетевого узла предоставить требуемый уровень *Quality of Service (QoS)* для нового запроса при сохранении уровня *QoS* для уже существующих, ранее разрешённых запросов [1]. Такое решение, в отличие от алгоритмов управления доступом, опирающихся на *deadline* процессов, обладает гибкостью вследствие того, что по согласованию с обеих сторон допускается понижение уровня *QoS* для удовлетворения запроса к требуемому ресурсу.

Несмотря на довольно понятный принцип «можем предоставить ресурс, не вредя другим потребителям – предоставляем», унификация имеющихся методов управления доступом не увенчалась успехом ([1]), так

как для наилучшей поддержки QoS запрос на конкретный ресурс должен обрабатываться при помощи конкретного алгоритма или протокола.

Одной из самых интересных и перспективных реализаций механизма управления доступом является протокол Buffer-to-BufferCredits (BBCs), применяемый в сетях хранения данных (StorageAreaNetworks, SAN). О нём и пойдёт речь далее.

Управление доступом в сетях FibreChannel

Сегодня преобладающей архитектурой для сетей хранения данных является FibreChannel (FC) – технологический стандарт, разработанный в рамках отраслевого сотрудничества и аккредитованный множеством стандартизирующих организаций, техническими ассоциациями и вендорами [5]. Он позволяет передавать данные на чрезвычайно высоких скоростях. Текущие реализации поддерживают передачу данных по одному каналу на скорости до 32 Гбит/с. Агрегируя каналы можно увеличить этот показатель в несколько раз.

Изначально FibreChannel был ориентирован только на оптоволоконную среду передачи, однако позже стал поддерживать медную кабельную систему. Поэтому в названии стандарта закрепилось слово «fibre», а не «fiber».

Идея организации сетей хранения данных в том виде, в котором они сейчас существуют, принадлежит компании IBM. Однако ведущим производителем, как аппаратных, так и программных средств для SAN является компания Brocade. Решения именно этого производителя рассматриваются в данной статье.

FibreChannel, как основная применяемая в SAN спецификация, представляет собой транспортный протокол, инкапсулирующий трафик любого типа. Но большинство производителей реализовали команды протокола блочного доступа к данным SCSI (SmallComputerSystemInterface) [6]. Он подразумевает пять уровней функций, каждый из которых по аналогии с уровнями модели ISO/OSI независим от других.

- FC-0 (PhysicalInterface/Media) – нижний уровень, связанный с физической средой передачи данных (кабель, разъёмы, электротехнические параметры).
- FC-1 (TransmissionProtocol, Encode/Decode) – уровень на котором определяются обязанности по кодированию согласно алгоритму «8B/10B».
- FC-2 (SignalingProtocol, Framing/FlowControl) – уровень, отвечающий за создание фрейма и контроль скорости, фактически определяющий независимый от вышележащих протоколов механизм передачи данных.

- FC-3 (CommonServices) – уровень, ответственный за функции, используемые несколькими портами на узле сети (например, передача данных в режиме multicast).
- FC-4 (ProtocolMappingLayer, Multimedia/Channels/Network) – уровень, отвечающий за связь с протоколами уровня приложения (UpperLevel-Protocol, ULP).

Механизм управления потоком (flowcontrol) на уровне FC-2 разделён на два подуровня – физический и логический [3]. Первый называется Buffer-to-Bufferflowcontrol и представлен протоколом управления доступом Buffer-to-BufferCredits между устройствами коммутации. Второй получил название End-to-Endflowcontrol, так как управляет соединением непосредственно между отправителем и получателем (рис. 1).

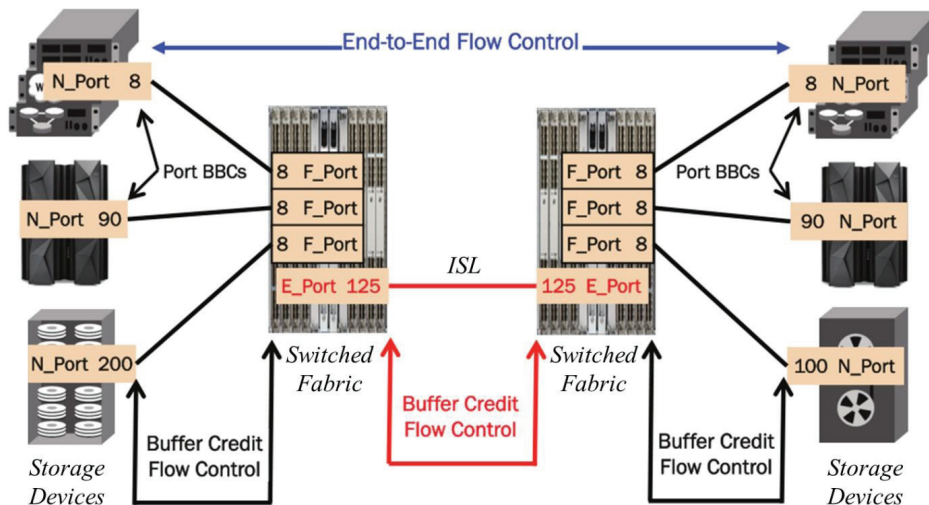


Рис. 1. Механизм управления потоком FibreChannel.

Как видно из рисунка 1, одна логическая операция передачи данных может содержать несколько пар «отправитель-получатель», в каждой из которых работает протокол Buffer-to-BufferCredits.

Необходимость управления потоком передаваемых данных в SANхорошо поясняется на следующем примере. Любой порт сетевого устройства имеет буфер – конечную физическую память, в которую сохраняются принимаемые фреймы. Каждый фрейм покидает буферпосле некоторой обработки контроллером сетевого адаптера с передачей далее либо вышестоящим протоколам, либо буферу другого порта. Если отправитель будет продолжать слать фреймы, а получатель не успевать их обрабатывать, то возникнет ситуация переполнения приёмного буфера, при которой

вновь приходящие данные будут отброшены ввиду отсутствия памяти, что неприемлемо для сетей хранения. Совершенно ясно, что перезапись буфера также ведёт к нарушению целостности данных.

Протокол Buffer-to-BufferCredits решает эту проблему путём согласования между приёмником и передатчиком количества фреймов, которое гарантированно может быть принято получателем. Буферный кредит – это объём физической памяти, эквивалентный максимальному размеру одного FC-фрейма, который в свою очередь равен 2148 байт. Иными словами, чем больше буферных кредитов выделено на порт, тем больше фреймов он может принять и тем большее количество общей для всех портов памяти он потребляет. Очевидно, что два соединённых между собой устройства могут иметь различное количество буферных кредитов на используемых портах. Однако необходимость уравнивания этих значений существует лишь для каналов между фабриками коммутаторов, которые получили название Inter-SwitchLink – ISL. Под фабрикой коммутаторов понимается один или несколько коммутаторов FibreChannel, соединённых между собой и функционирующих как единая логическая сущность с единой точкой управления. Стоит сказать, что порты фабрики коммутаторов могут иметь различное количество буферных кредитов, хотя подобная настройка сетевого оборудования не рекомендуется компанией Brocade. Вышеописанные факты отражены на рисунке 1.

Взаимодействие двух устройств по протоколу буферных кредитов начинается с процесса инициализации соединения, при котором потенциальный получатель на одном конце канала связи сообщает своему потенциальному отправителю на другом конце этого же канала об имеющемся у него на порте количестве кредитов для принимаемых FC-фреймов (рис. 2).

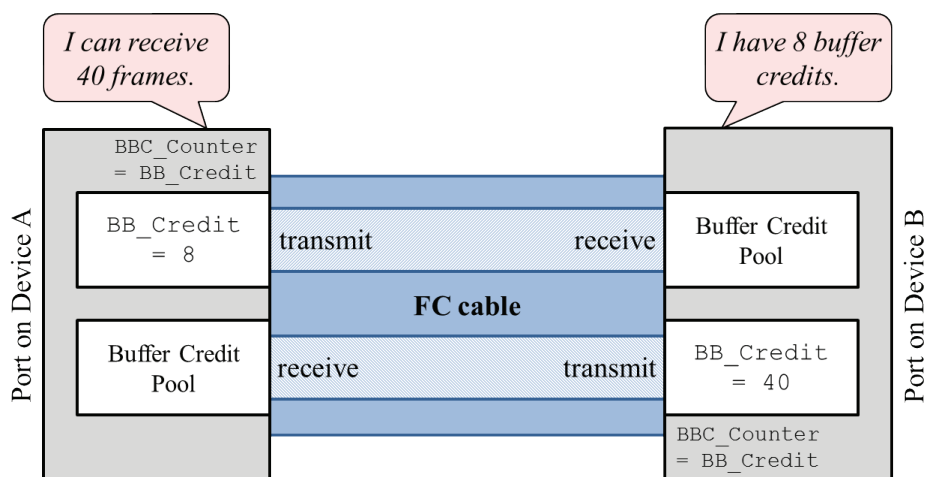


Рис. 2. Пример процесса согласования буферных кредитов.

Это значение называется `BB_Credit` и используется передатчиком для отслеживания расхода буферов получателя при помощи специального счётчика `BBC_Counter` и для мониторинга скорости передачи при необходимости. Спецификация `FibreChannel` позволяет устанавливать значение счётчика, равное нулю, или значению `BB_Credit`. Производители оборудования имеют возможность выбора удобного для себя варианта реализации (Brocade использует второй). Каждый узел уменьшает общее количество кредитов, определяемое аппаратной базой, а именно специализированной интегральной схемой – ASIC, на число кредитов, выделенное только что инициализированному порту.

Пока значение счётчика `BBC_Counter` отправителя не равно нулю, он вправе передавать данные получателю, в противном случае – передача запрещена. Поскольку резервирование кредита, т.е. уменьшение `BBC_Counter` на 1, происходит непосредственно перед отправкой фрейма, фактически получается так, что передатчик отсылает последний фрейм уже при нулевом значении счётчика принимающих буферов. При этом буфер, используемый отправителем для хранения передаваемого фрейма, не освобождается до тех пор, пока устройство не получит подтверждение от получателя об успешной передаче данных. Такие квитанции могут выдаваться как на каждый принятый фрейм, так и на их совокупность фреймов.

На принимающей стороне при корректной обработке принятых данных формируется стандартное подтверждение об успешном получении, отправляемое передатчику по обратному каналу связи, – сообщение «`R_RDY`» («receiver ready»). Имея такую квитанцию, отправитель увеличивает значение

счётчика `BBC_Counter` на необходимую величину и освобождает память, выделенную под хранение успешно переданных данных. Таким образом, передатчик уменьшает значение своего счётчика принимающих буферов на основе их логического использования, а увеличивает согласно физической сигнализации принимающего устройства.

Важно заметить, что буферные кредиты необходимы не только на стороне отправителя в процессе передачи фреймов данных, но и на стороне получателя для поддержки процесса передачи квитанций. В самом простом случае объём памяти, выделяемой приёмником для подтверждений, должен быть равен объёму памяти, выделяемой передатчиком под фреймы.

Метрики FibreChannel для буферных кредитов

Для достижения высокой производительности сети хранения данных необходимо правильно сконфигурировать количество буферных кредитов на взаимодействующих портах каждого канала связи. Следует учитывать основные четыре метрики: скорость канала связи, удвоенное покрываемое кабелем расстояние, степень сжатия передаваемых данных и среднее значение размера фреймов.

Первый параметр объясняется тем, что от скорости канала зависит время передачи фрейма – чем она меньше, тем большее количество времени фрейм будет находиться в канале (другими словами, он займёт большую дистанцию) и, как следствие, меньше буферных кредитов потребует для данного соединения (рис. 3). То есть, при увеличении скорости связи в n раз, число буферных кредитов также должно увеличиться в n раз.

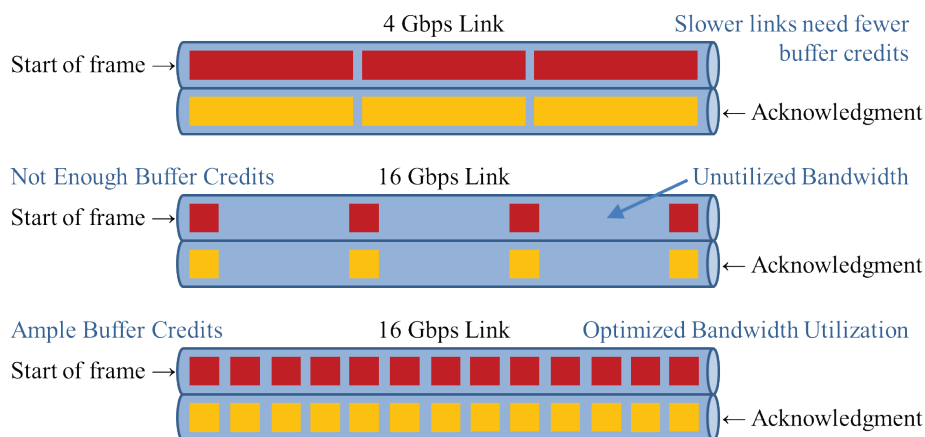


Рис. 3. Взаимосвязь буферных кредитов и скорости канала.

Необходимость учёта удвоенного покрываемого кабелем расстояния возникает из-за того, что для освобождения буфера на стороне отправителя требуется подтверждение от принимающего устройства. Приведём пример. Для ISL-канала со скоростью 1 Гбит/с FC-фрейм максимального размера занимает примерно 4 км оптоволокна [5, 3]. Пусть длина канала равна 100 км. Тогда к моменту получения приёмником первого фрейма отправитель может отослать уже 25-ый фрейм, а к моменту получения им подтверждения об успешной передаче первого фрейма – 50-ый. Поэтому для полной утилизации канала связи рассматриваемой длины принимающее устройство должно иметь минимум 50 буферов.

Самой сложной метрикой буферных кредитов является средний размер фрейма. Это статистическая величина, вычисляемая на каждом порте устройства в промежутке между командами очистки статистики порта или операциями сброса питания. Она важна по следующим причинам. Размер фрейма может варьироваться от 36 байт до 2148 байт. Независимо от этой характеристики, любой фрейм занимает один буферный кредит, а чем меньше передаваемая информационная единица, тем быстрее данные достигнут получателя. Следовательно, при уменьшении размера фрейма возрастает число необходимых буферных кредитов приёмника. Согласно исследованиям компании Brocade [7] не менее 95% всех фреймов имеют длину 2 Кбайт, а более короткие фреймы используются для пересылки служебного трафика FibreChannel в фабрике коммутаторов и команд протокола SCSI. При вычислении среднего значения размера фрейма следует помнить о специфике статистического типа данных: достоверность результата зависит от объёма выборки. Производители программно-аппаратных средств предоставляют рекомендуемые значения того или иного параметра для определённых условий среды передачи.

Принимая во внимание вышеописанные метрики, расчёт количества буферных кредитов можно вести по следующей формуле [3]:

$$BBCredits = \frac{2 * linkDistance * fullFrameSize}{frameLength * avgFrameSize} + 6. \quad (1)$$

где *linkDistance* – расстояние, покрываемое каналом связи, (км); *frameLength* – длина фрейма или количество буферов на километр (км); *fullFrameSize* – максимальное значение размера фрейма (байт); *avgFrameSize* – среднее значение размера фрейма (байт); 6 – статическое число кредитов, зарезервированное для нужд фабрики, группового и широковещательного трафика.

Формула (1) – одна из нескольких формул, позволяющих высчитать количество буферных кредитов на порте принимающего устройства при

заданных условиях среды передачи. Значение параметра *frameLength* постоянно для конкретной скорости канала (табл. 1).

Табл. 1. Длина фрейма в зависимости от скорости канала связи

Скорость канала связи, Гбит/с	Длина фрейма, км
1	4
2	2
4	1
8	0,5
10	0,33
16	0,25

Приведём пример расчёта буферных кредитов. Пусть покрываемое каналом расстояние равно 60 км, скорость канала равна 4 Гбит/с, а средний размер фрейма – 1450 байт. Исходя из таблицы 1, длина фрейма для указанной скорости будет составлять 1 км. Тогда согласно формуле (1) количество кредитов принимающего устройства будет равняться:

$$BBCredits = \frac{2 * 60 * 2148}{1 * 1450} + 6 \approx 184 \text{ шт.}$$

Заключение

Протокол управления доступом Buffer-to-BufferCredits помогает предотвратить потерю фреймов, снижает частоту целых FC-последовательностей, которые необходимо повторно передавать по каналу связи. Кроме этого он способен обеспечить наилучшую утилизацию канала при правильной настройке метрик. Другими словами, механизм кредитов является одним из ключевых звеньев в вопросах обеспечения QualityofServices сетей хранения данных.

Компания Brocade всесторонне совершенствует программную и аппаратную части архитектуры FibreChannel. По состоянию на IV квартал 2016 года компания разработала ASIC под названием «Condor 4», поддерживающую передачу данных на скорости 128 Гбит/с, имеющую 64 порта на одну микросхему и общее количество буферных кредитов, равное 15360 [2].

В настоящее время авторами ведётся исследование операционной системы BrocadeFabricOS с целью выявления механизмов поддержки QoS.

Библиография

- [1] Braden R., Zhang L., Berson S., Herzog S., Jamin S. Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification. RFC 2205, September 1997. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc2205> (дата обращения: 12.05.2017).
- [2] Brocade SAN 2016. Сентябрь 2016.
- [3] Fibre Channel Buffer Credits and Frame Management. Brocade White paper, 04/16 GA-WP-2094-00, 2016.
- [4] Silberschatz A., Galvin P. B., Gagne G., Operating System Concepts. 9th edition, JohnWiley&Sons, Inc, 2013.
- [5] Tate J., Beck P., Ibarra H. H., Kumaravel S., Miklas L., Introduction to Storage Area Networks. 7th edition, IBM, 2016.
- [6] Беленькая М. Н., Малиновский С. Т., Яковенко Н. В., Администрирование в информационных системах. Учебное пособие для вузов. Рекомендовано УМО МГТУ им. Баумана. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 408 с., ил.
- [7] Джад Д., Основы проектирования SAN. – 2-е изд., 2008. – 589с., ил.

Olena NALOBINA

Department of building, road, reclamation machinery and equipment,
Studying and Scientific Institute of Mechanical Engineering,
National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine

**Alexander GERASIMCHUK, Yulia MURAVUNETS
Vitaly PUTS, Alexander SHOVKOMYD**

Faculty of Engineering. Lecturer of machinery for light industry
Lutsk National Technical University, Ukraine

DEVELOPMENT OF NEW TILLIN MACHINE FOR FLAX HARVESTERS

ROZWÓJ KONSTRUKCJI ELEMENTÓW WYKONAWCZYCH KOMBAJNU DO ZBIORU LNU

Summary

The article contains the materials of theoretical research, which became the basis for the creation of a new design for the lifting machine of the flax harvesting combine. In the basis of creating a new design, the author posed the task of ensuring high quality indices of the process of flax loosening.

Streszczenie

W artykule przedstawiono materiały z badań teoretycznych które stały się podstawą do stworzenia nowego wzornictwa dla maszyny do zbioru lnu. U podstaw nowej koncepcji urządzenia stało założenie opracowania wysokiej jakości maszyny do zbioru lnu.

Keywords: flax, tearing apparatus, analysis, design, stretch, grip width.

Słowa kluczowe: len, rozwłóknie-
nie, uchwyt, szerokość urządzenia.

Statement of a question. At the present stage, the development of flax harvesting machine designs is based on numerous studies of working organs, including a trolley apparatus. Machines for harvesting flax have a number of advantages and can significantly reduce labour and money costs during the harvesting of flax with a long wolf. At the same time, they have a number of shortcomings that require elimination. So, during the cleaning of contaminated and flaxy flax, the trolley apparatus does not provide complete re-weeding of the stems. The stem tape, which is formed in the streamer's streams, contains non-parallel, skewed stems; there is a significant displacement of the stems of the stems, which leads to an increase in the stretching of the flax tape.

Elimination of these shortcomings is impossible without thorough and comprehensive research of mechanisms.

Analysis of literary sources. Research and substantiation of individual working organs of flax harvesters were carried out by: N. N. Bykov [1], G. A. Haylis [2, 3, 4], M. M. Kovalev [5, 6], V. A. Sheychenko [7], A. Y. Gorbovuy [8], N. N. Tolstushko [9] and others.

Analysis of known studies and designs of trollying apparatuses has shown that the flax stalk's height, its density, the speed of movement of the flax harvesting machine, the height of the nozzle spacing, and other factors influence the efficiency of this machine working element and its performance index-the stretching of the flax stalk tape [2, 5, 8]. Studies have also revealed that the width of the tethering section has a significant influence [7, 10], that is, the spacing between the spouts of dividers, which in known machine designs is 38 sm. The use of trolleys with such a wide grip leads to an increase in the tensile index, which is a drawback of trolley apparatuses.

Taking into account the aforesaid, the development of theoretical foundations for the creation of an improved design of a lifting apparatus that will ensure the fulfilment of the process of loosening flax with a minimum stretch index is an important scientific and practical task to solve which this article is devoted to.

Objective. To carry out the theoretical substantiation of the improvement of the design of the lifting machine of a flax harvesting machine.

Statement of the main material. Flax-tillers with longitudinal creeks (Fig. 1, a, b, v) contain two belts, and the minimum number of rotating parts is five (there are designs with a large number of rotating pulleys and rollers). In a trollying machine with transverse streams, the entire apparatus has two belts, five pulleys and nine rollers. If you change the width of each trolley section with the same width of the device, the total number of sections, belts, pulleys and rollers will increase, which will lead to an increase in the material consumption.

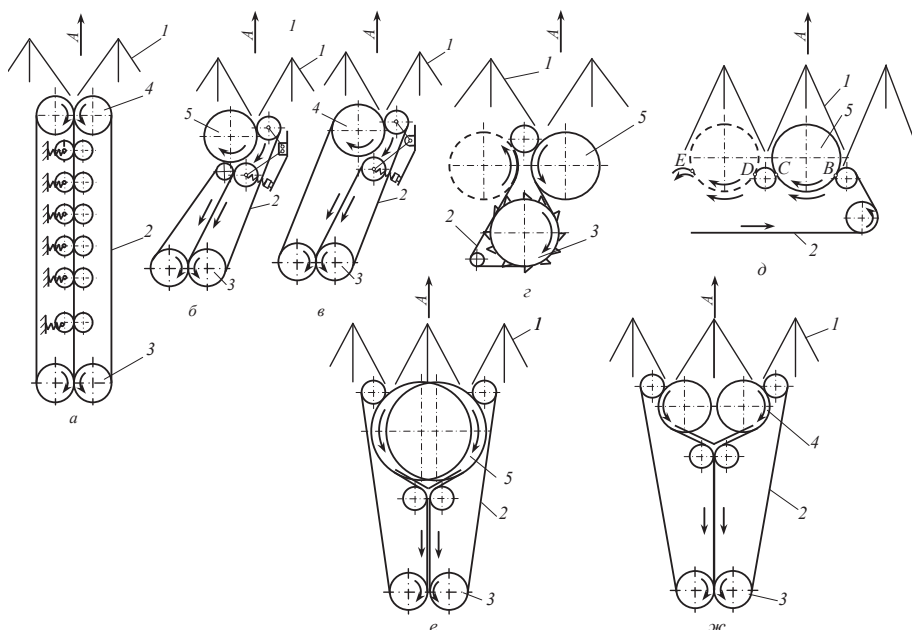


Fig. 1. Schemes of the torching beds of flax combines: a – LT-7; b – «Unon»; v – LTV-4; g – «Cres»; d – TLN-1.5; e, g – self-propelled frontal machines; 1 – dividers; 2 – termobile belts; 3 – driving pulleys; 4 – driven pulleys; 5 – rubberized disks; the other moving parts are rollers.

The assessment of the complexity of the construction of various tearing apparatuses [10], carried out by the author of the article, revealed that the indicator of the complexity of the apparatus with transverse creeks is much smaller than that of the apparatus with longitudinal creeks, taking into account this, it can be concluded that work in the direction of reducing the width of the tethering sections with a slight complication. The design of the apparatus is best carried out for a device with transverse creeks.

When developing a new device, it must also be taken into account that in each section the length of the tethering section (the length of the aircraft BC, DE of the tight fit of the belt to the pulley, figure 1, d). Should be sufficient to ensure a full extension of the root from the ground. In accordance with [7], the length of the trolley section should be S_p at least 25 cm. With this length of the trolley section, the transverse tethering section can function with a working width b of up to 30 cm. If the length of the tethering section is reduced insufficient to provide the process of tethering S_p .

A further reduction b is possible if the trolley rollers are moved forward and closer to the masters in order to ensure an increase in the arc of coverage of each

shoe by a belt (Figure 2). In Fig. 2, the length of the arc C_2C_1 of the belt 2 coverage of the rod 4 exceeds π the value $2\alpha_0$, where α_0 is the deviation angle of the radius O_1C_2 from the line O_1a_2 , which is perpendicular to the machine's direction of travel. Taking this into account, the arc length C_2C_1 of tight fit belt to the stems and a pulley: $(r_{\text{ш}} + \delta_{\text{л}})(\pi + 2\alpha_0)$, where is the radius of $r_{\text{ш}}$ the pulley, $\delta_{\text{л}}$ - the thickness of the layer of stems. If given by an angle α_0 , the arc C_2C_1 will be equal to the actual length of the tethering section S_p . Taking into account what has been said in this apparatus:

$$S_p = (r_{\text{ш}} + \delta_{\text{л}})(\pi + 2\alpha_0) \quad (1)$$

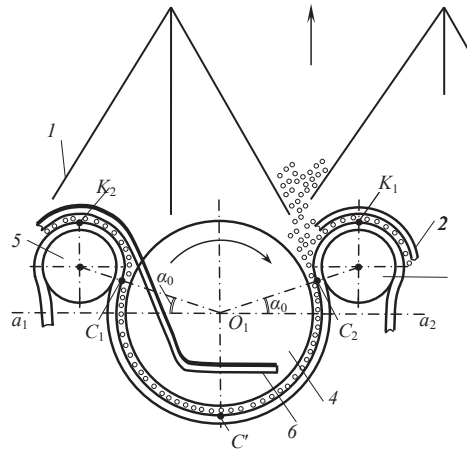


Fig. 2. The scheme of the part of the tearing apparatus with crosswise arms and the position of the centers of the rollers is closer to the dividers behind the line connecting the centers of the pulleys: 1 – divider; 2 – a period; 3 – roller located to the right of the pulley; 4 – trolley pulley; 5 – the roller located to the left of a pulley; 6 – clamping rod.

On the other hand, the width of the gripper section is equal to the distance O'_2O_2 :

$$b = 2(r_{\text{ш}} + \delta_{\text{л}} + \delta_{\text{п}} + r_{\text{п}})\cos\alpha_0, \quad (2)$$

Where is the $\delta_{\text{п}}$ thickness of the hoisting belt.
Solving equations (1) and (2) we find:

$$r_{\text{ш}} = \frac{S_p}{\pi + 2\alpha_0} - \delta_{\text{л}}. \quad (3)$$

$$r_p = \frac{b}{2\cos\alpha_0} - \frac{s_p}{\pi + 2\alpha_0} - \delta_p. \quad (4)$$

The boundary position of the rollers 3 and 5 will be such that the distance from the points K_1 and K_2 of the belts surrounding the rollers to the axis $a_1O_1a_2$ is equal r_{III} . Further moving of the rollers forward is not possible, since it will mesh the arrival of stems in the trolley handle. The boundary value α_{on} of the angle α_0 in this case, as well as the values of the radii r_{III} , are r_p determined by three equations:

$$r_{III} + \delta_{II} = \frac{s_p}{\pi + 2\alpha_{on}}; \quad (5)$$

$$r_{III} - r_p - \delta_{II} - (r_p + \delta_{II} + \delta_p + r_{III})\sin\alpha_{on}; \quad (6)$$

$$b - 2(r_p + \delta_{II} + \delta_p + r_{III})\cos\alpha_{on}. \quad (7)$$

By solving these equations, we find the parameters α_{on} , r_{III} , r_p .

Taking into account the theoretical studies carried out by us, we produced a trolley machine of a flax harvesting combine with a working width of 26 cm [11], the scheme of which is shown in Fig. 3. In Fig. 4 shows a photo of a manufactured trolley apparatus that was installed on a flax harvester and passed field tests.

Advantages of the proposed design of the flax harvesting machine are that due to the possibility of adjusting the position of the trolley rollers relative to the pulling pulleys, the distances between the spouts of the dividers are reduced, which increases the quality of stalk loosening and the reduction of their stretching.

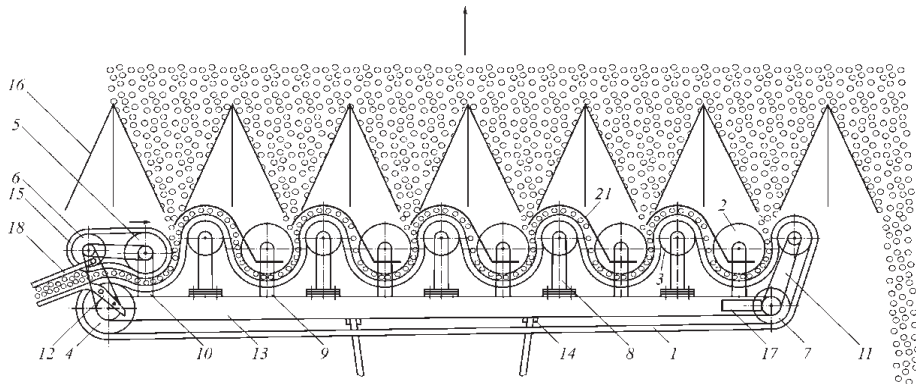


Fig. 3. Scheme of a tearing machine with narrow-clawed sections: 1 – tethering belt, 2 – trolley pulleys, 3 – trolley rollers, 4 – drive pulley, 5-pulley of the cocking device, 6 – roller of the cocking device, 7 – guide roller, 8 – brackets for trolley rollers, 9 – brackets of trolley sheaves, 10 – bracket of the outrigger pin, 11 – bracket for the right pulling and guide rollers, 12 – bracket for the outfit roller, 13 – frame, 14 – bracket for connection to the tractor hitch, 15–16 dividers 17 – tensioning devices oh 18 bars output device.

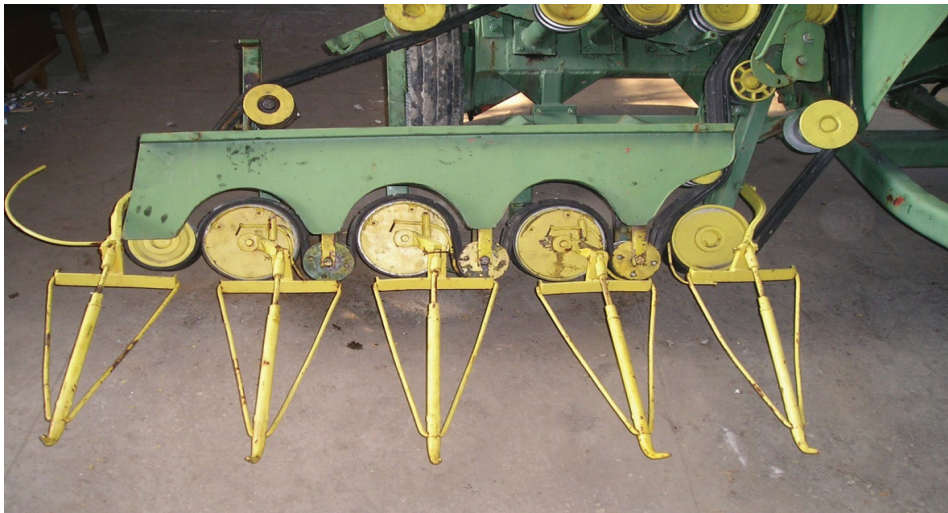


Fig. 4. A photo of the experimental samples of a lifting machine with a working width of 26 cm.

Conclusions

1. Analysis of ways to reduce the stretching of the stems during the weeping, which is achieved by reducing the width of the trolley section, it is established that it is easiest to reduce the width of the grip in curved devices with transverse streams.
2. If the width of the section is reduced, the diameter of the tearing creek must be reduced, which can negatively affect the amount of the tethering section of each section. To prevent this, it is recommended to decrease the position of the pinch roller in each brook by moving it forward towards dividers. At the same time in each creek, the angle of coverage of the pulley with a belt increases.
3. Testing of the proposed trolley apparatus with a 260 mm width allowed to reduce the stretching of the flax fiber ribbon and, consequently, to jiggle the yield of the fiber during the primary processing of the trusts, in a raving, by 10%.

Bibliography

- [1] Bykov N. N., Handbook of the mechanizer of flax / N. N. Bykov, V. M. Lutsenko, V. I. Smirnov. – Moscow: Rosselkhozizdat, 1981. – 240 p.
- [2] Haylis G. A. Harvesters / G. A. Haylis, N. N. Bykov, V. M. Bukharkin, G. K. Vasiliev, B. P. Mozharov. – Moscow: MechanicalEngineering, 1985. – 232 pp.
- [3] Haylis G. A., Technology flax harvesting technology and mechanization problems flax HA. Haylis, AA Nalobina // APC Technology. – 2004. – №1-2. – P. 17.
- [4] Haylis G. A., Elements of the theory and calculation of flax harvesting machines. – M.: Mashgiz, 1963. – 151 s.
- [5] Kovalev M. M., Problems of scientific provision of flax growing // Technical crops. – 1991.-? 6.
- [6] Kovalev M. M., Resource-saving technology and equipment for processing of flax material: intensification of machine technologies for production and processing of flax products: Intl. Scientific-practical. Conf. / M. M. Kovalev, A. P. Apykhin, F. V. Zubov, D. G. Dyachenko. – Tver, 2004. – P. 16–26.
- [7] Sheychenko V. O., Justification parameters and operating mode taking flax unit with cross ditch. Dissertation for sciences.grade. PhD. – Lviv, 2006. C – 173.
- [8] Gorbov A., Scientific basis of improvement of adaptive technology of mechanized harvesting of flax. Dis. dts – Kyiv, 2007. – s. 394.

- [9] Tolstushko N. N., Justification of parameters and operating mode mill bestrew tape stalks of flax: Dis. ... candidate. Sc. Sciences: 05.05.11 / Tolstushko N. – Lutsk, 2004. – 229 p.
- [10] Nalobina E. E., Mechanical and technological bases of interaction of working bodies Flax harvesting of plant material: Dis. ...Dr. Sc. Sciences: 05.05.11 / Nalobina E. – K., 2008. – 341 p.
- [11] Pat. 25873 Ukraine, A01D46 / 00. Taking flax of narrow grips sections / Nalobina E. E., Haylis G. A., Zaluzhnuy V. I.; LDTU. – № u200703989. Appl. 10.04.2007. Publish. 27.08.2007, Bull. Number 13, 2007.

inż. Adam BARTOSZEWSKI

DROGA DO TRÓJWYMIAROWOŚCI W GRACH KOMPUTEROWYCH

DEVELOPMENT OF THE LEVEL DESIGN APPLICATION FOR COMPUTER GAMES

Streszczenie

W artykule prześlędzono historię rozwoju gier komputerowych z punktu widzenia silników graficznych, od pierwszej gry do gier w pełni korzystających z trójwymiarowości. Analizę przeprowadzono pod kątem projektowania poziomów w grach tzw. level designing. Wraz ze wzrostem zainteresowania coraz dokładniejszym i bardziej realistycznym środowiskiem w grze potęgowało się zapotrzebowanie na coraz lepsze i wydajniejsze komputery i karty graficzne. Tak więc gry komputerowe stymulowały rozwój komputerów. Praca niniejsza pokazuje ten proces krok po kroku.

Summary

This article tells about developing of the computer games. The main point of view is history of the game engines, from first game to the games fully using 3 d. In this analysis the main aspect is level designing. Along with growth of interest exact more and request more beter was increased in game more reallistic enviroment and efficient computers and graphic cards. So, computer games stimulated development of computer. The present work shows this process step by step.

Słowa kluczowe: gry komputerowe, poziomy w grach, komputer.

Keywords: computer games, games level, computer.

Wstęp

Projektowanie środowiska, w którym odbywa się rozgrywka dotyczy wszelkich znanych gier, jednak dopiero gry komputerowe wymagały stworzenia nowego rodzaju profesji i zdefiniowania nowych terminów. Pojawił się zawód określany jako projektant poziomów. Do zadań takiego grafika należy konstrukcja przestrzeni, w której toczy się akcja gry, dlatego określenie „projektant poziomów” jest dość nieprecyzyjne i właściwie dokładniejsza nazwa powinna brzmieć „projektant przestrzeni gry”. W poniższym opracowaniu termin „projektant poziomów” odnosi się do twórcy zajmującego się kreowaniem poziomów, misji, map, środowiska gry i innych miejsc, w których dochodzi do interakcji gracza lub jego awatara ze światem gry. W tym miejscu warto wyjaśnić, czym jest poziom w grze. Początkowo gry podzielone były na etapy różniące się między sobą poziomem trudności poczynając od najłatwiejszego pierwszego poziomu. Każdy następny był trudniejszy od poprzedniego, co zapewniało stały wzrost trudności. Stąd nazwa poziom. Współczesne gry kierują się w zasadzie podobną regułą, ale przejścia między poszczególnymi etapami nie są już tak proste jak w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Obecnie różnice między poszczególnymi poziomami są bardziej subtelne, a przejście stosunkowo płynne. Równocześnie poszczególne poziomy mogą być bardzo duże i złożone, a fabuła czasami dość skomplikowana. Termin „poziom” w mniejszym stopniu dotyczy zmian w trudności współczesnych gier, a częściej określa obszar, na którym rozgrywa się jakaś misja lub konkretną strefę rozgrywki. Rozwój środowiska graficznego gier najlepiej można prześledzić na przykładzie produkcji typu FPS (First-Person Shooter), czyli strzelanek pierwszoosobowych. To właśnie tego typu gry stanowiły główną siłę napędową postępu w tworzeniu coraz bardziej realistycznych widoków w grach. Stało się tak ze względu na specyfikę gier FPS, które jako podstawowy obraz przyjęło widok od strony osoby uczestniczącej w grze w roli głównego bohatera. W związku z tym zauważono potrzebę jak najbardziej sugestywnego budowania świata gry. Pociągnęło to z kolei konieczność rozbudowywania i ulepszania silników gier. Wraz ze wzrostem możliwości silników gier stało się możliwe coraz bardziej szczegółowe i realistyczne odtwarzanie otoczenia w grach.

W poniższym opracowaniu zawarto krótką historię fascynującego postępu jaki dokonał się na przestrzeni ostatnich czterdziestu lat w dziedzinie tworzenia gier komputerowych, a zwłaszcza w zakresie rozwoju sposobu w jaki powstają środowiska w których toczy się rozgrywka.

Pomysł, aby wykorzystać komputery nie tylko do wykonywania obliczeń o charakterze naukowo-badawczym, ale również w celach rozrywkowych pojawił się stosunkowo wcześniej i takie zastosowanie sprzętu komputerowego stało się w krótkim czasie nie tylko znaczącą gałęzią jego komercyjnego zastosowania,

ale także siłą napędową wymuszającą szybki rozwój komputerów osobistych i ogromne przyspieszenie w zakresie ich możliwości i wydajności.

Pierwsze gry komputerowe

Pierwszą grą komputerową, a właściwie jej prototypem był napisany w 1947 roku przez Thomasa A. Goldsmitha Jr. i Estle Raya program „Cathode-Ray Tube Amusement Device” analogowy symulator pocisku raketowego używający lamp elektronowych.

Jednak dopiero wynalezienie w Wielkiej Brytanii komputera EDSAC posiadającego wyświetlacz będące prototypem monitora umożliwiło pojawienie się gier komputerowych w formie graficznej. W 1952 roku na Uniwersytecie w Cambridge Alexander Sandy Douglas w ramach swojej pracy doktorskiej stworzył komputerową implementację zabawy w kółko i krzyżyk (Noughts and Crosses) rozpoczynając tym samym nową dziedzinę w ramach informatyki. Od tego czasu mogliśmy zaobserwować lawinowy rozwój sprzętu komputerowego i oprogramowania. Gry komputerowe stały się znaczącą pozycją przemysłu rozrywkowego. Stale rosnące wymagania i ogromne zapotrzebowanie na tego typu rozrywkę nie tylko przyczyniły się do upowszechnienia komputerów, ale równocześnie wymusiły dalsze przyspieszenie w tej dziedzinie.

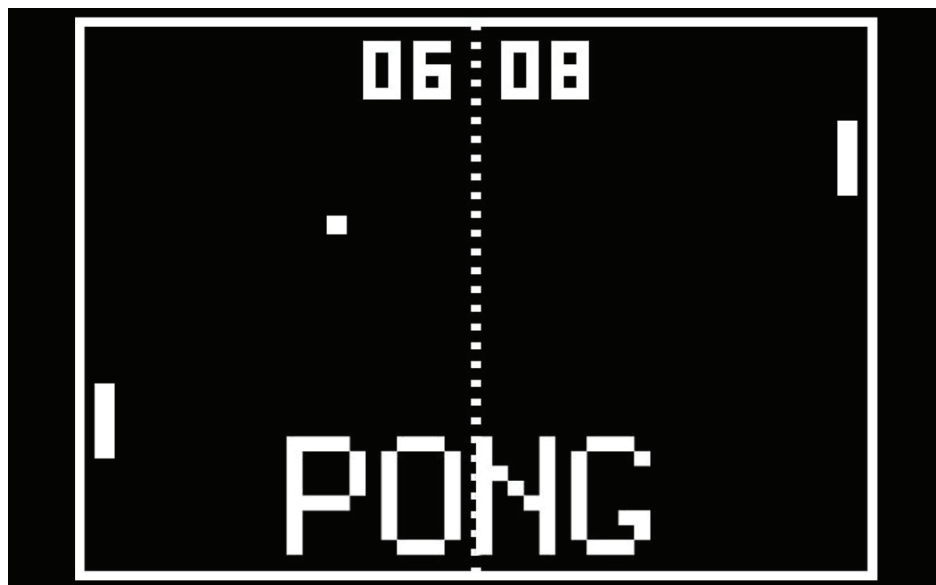
Kolejnego kroku w dziedzinie produkcji gier komputerowych dokonał fizyk William Higinbotham tworząc w 1958 roku „Tennis for Two” opartego na grze w tenisa. Gra była wyświetlana na oscyloskopie i posiadała kontrolery do sterowania.

Następną rewolucyjną grę stworzył Steve Russell z Massachusetts Institute of Technology w 1961 roku. Była to gra „Spacewar”, w której dwaj gracze kierując swoimi statkami kosmicznymi starali się zniszczyć pojazd przeciwnika. Innowacyjność tej produkcji polegała na tym, że była to pierwsza gra oparta na prawdziwej komputerowej grafice wektorowej.

Ze względu na cenę i pierwotne zastosowanie komputery można było spotkać jedynie w różnego typu instytucjach badawczych stąd również pierwsze gry były produkcjami akademickimi. Z osób pragnących udostępnić interaktywne programy szerszemu gronu odbiorców należy Ralph Baer, który wpadł na pomysł wykorzystania w tym celu telewizorów. Baer wynalazł kontrolery, takie jak na przykład pistolet do strzelania w ekran, które po podłączeniu do telewizora umożliwiały interaktywną rozgrywkę.



Fot. 1. Gra „Spacewar”.



Fot. 2. Gra „Pong”.

Tak w 1972 roku powstała pierwsza konsola gier wideo o nazwie „Magnavox Odyssey”. Pierwszą zaś grą na automaty był „Pong” z 1972 roku stanowiący uproszczoną wersję tenisa. Ta gra osiągnęła również pierwszy sukces komercyjny w dziedzinie gier komputerowych sprzedawana seryjnie przez firmę Atari. Od tej pory rozwój gier komputerowych przebiegał dwutorowo z jednej strony nastąpił szybki wzrost produkcji automatów i konsol do gry, związany z konkretnymi korzyściami finansowymi, z drugiej strony powstawały co prawda gry przeznaczone na komputery, ale ich rozwój był opóźniony ze względu na małe upowszechnienie tego typu sprzętu.

Zachęcenii sukcesem „Ponga” producenci zaczęli tworzyć kolejne gry przeznaczone na automaty. Były to głównie różnego rodzaju gry zręcznościowe. Do najbardziej znanych należą takie gry jak „Tank” z 1974 roku, będący symulatorem walki czołgów, zawierający pierwsze animacje postaci „Shark Jaws” z 1975, opartej na technologii mikroprocesorów „Gun Fight” z 1975, czy protoplastę arkanoida „Breakout” z 1976 Steve’a Jobs’a i Steve’a Wozniaka. Do niezapomnianych gier cieszących się popularnością należą niewątpliwie „Space Invaders” z 1978 roku rozpoczynający gatunek strzelanek, „Galaxian” z 1979 roku przeznaczona dla kolorowych wyświetlaczy, czy „Asteroids” z 1979 roku. Od czasu kolejnego przeboju w dziedzinie gier elektronicznych, słynnego „Pac-Mana” natchnienia zaczęli w grach szukać również twórcy filmowi, czego przykładem był serial animowany zainspirowany właśnie tą grą. Należałoby tu również wspomnieć o takich produkcjach jak „Dragon Lair” z 1983 czy „Mario Bros” z 1983, która to gra doczekała się pełnoekranowej ekranizacji. Stale rosnąca popularność i niewątpliwy sukces gier konsolowych nie pociągał za sobą podobnego zjawiska w dziedzinie gier komputerowych ze względu na dostępność komputerów. W latach siedemdziesiątych powstał gatunek gier tekstowych, który uwzględniał niedoskonałość techniczną ówczesnego sprzętu komputerowego. W grach tych zarówno komendy jak i cały interfejs zapisywany był w trybie tekstowym. Do tego typu należą „Adventure” z 1976 roku i „Zork” z 1977 roku. Dopiero wprowadzenie w 1982 roku komputera osobistego ZX Spectrum, a następnie Comodore 64, Atari 512 ST, czy Amigi 1000 w 1985 roku stało się przełomowym momentem w dziedzinie gier komputerowych. Upowszechnienie komputerów osobistych spowodowało lawinowy przyrost różnego rodzaju oprogramowania w tym także gier. Równocześnie wzrost oczekiwań w stosunku do komputerów wymuszał postęp technologiczny w dziedzinie sprzętu i dostępnego oprogramowania.

Komputer ZX Spektrum charakteryzował się nie tylko zamkniętą architekturą, ale posiadał też kolorowy wyświetlacz i umożliwiał dodanie do gry dźwięku. Również jego cena była osiągalna dla użytkowników domowych.

Tworzenie gier 2D

Możliwości pierwszych komputerów osobistych były bardzo ograniczone, więc programy dla nich przeznaczone również musiały być jak najprostsze. Nic dziwnego, że gry tworzone w tym okresie musiały odgraniczać się do dwu wymiarów.

Do znanych gier przeznaczonych na ZX Spectrum należy platformówka „Manic Miner” Matthew Smitha z 1983 roku i dalsza część „Jet Set Willy” (1984).



Fot. 3. Gra „Manic Miner”.

Pomimo wyraźnie widocznego postępu nieodzownym narzędziem gracza w dalszym ciągu była duża doza wyobraźni. W grze posługiwano się jedynie symbolicznym przedstawieniem sytuacji. Mimo to historia była na tyle wciągająca, że doczekała się kontynuacji.

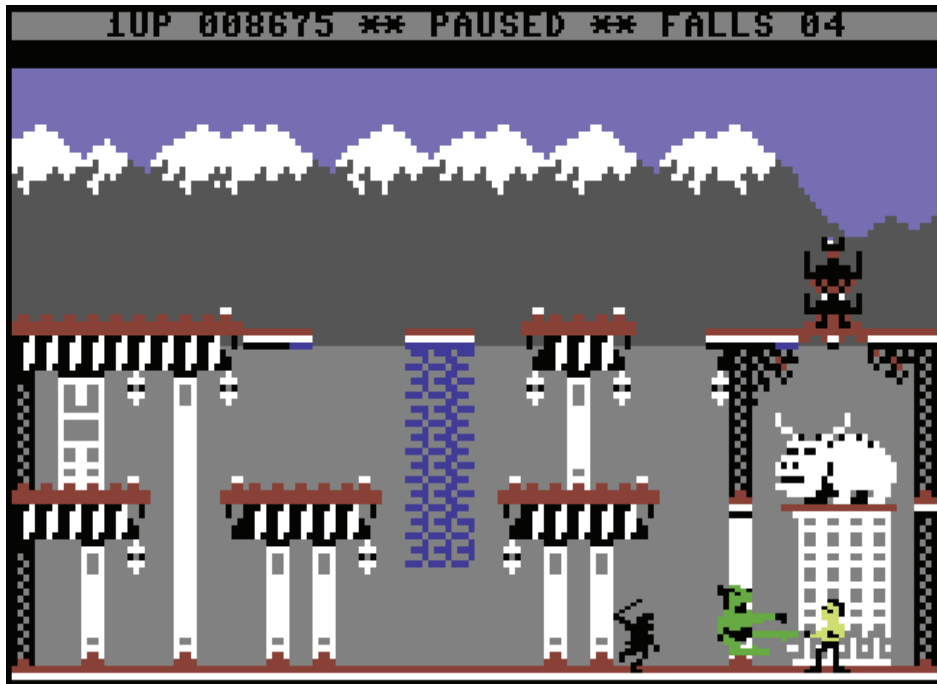
Charakterystyczny dla gier platformowych widok z boku na tyle dobrze ukazywał sytuację, że nie domagało się to wprowadzenia szybkich zmian, dlatego produkcje tego typu nie wymuszały ciągłego doskonalenia silników gry, czy postępów w grafice, czego najlepszym przykładem są inne tego typu produkcje z lat późniejszych.

Jako przykład mogą tu posłużyć takie tytuły jak „Bruce Lee” (1984), czy „The Great Giana Sisters” z 1987 roku, będąca odwzorowaniem hitu z konsoli Nintendo

„Mario Bros.” z pewnymi kosmetycznymi zmianami. Braci Mario zastąpiły siostry, a zamiast grzybów pojawiły się sowy.



Fot. 4. Gra „The Great Gina Sisters”.



Fot. 5. Gra „Bruce Lee”.

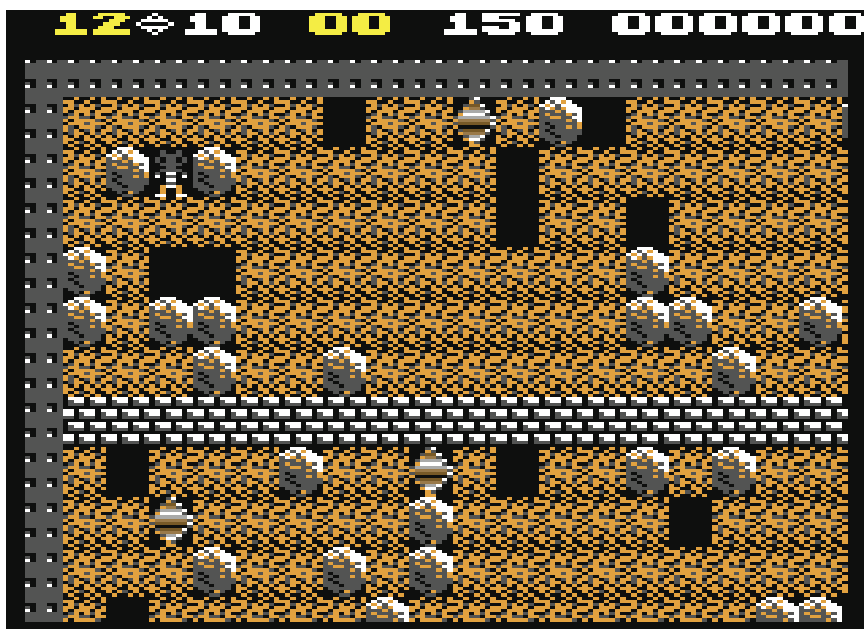
Wszystkie gatunki gier komputerowych miały swych protoplastów do około 1989 roku.

„Bruce Lee” aczkolwiek niewątpliwie jest grą platformową, to zawierał element bezpośredniej walki z przeciwnikiem, która to idea została rozwinęta, tworząc między innymi nurt gier o charakterze sportowych rywalizacji w sztukach walki. Do niezapomnianych produkcji można tu zaliczyć „International Karate Plus” z 1987 roku, która jak na owe czasy była zaskakująco realistyczna i wyraźnie widoczny był tu wkład pracy nad środowiskiem gry, mającym jak najlepiej sugerować istnienie trzeciego wymiaru w scenerii stworzonego świata. Ponadto posłużono się tu zaskakująco dobrymi animacjami.



Fot. 6. Gra „International Karate Plus”.

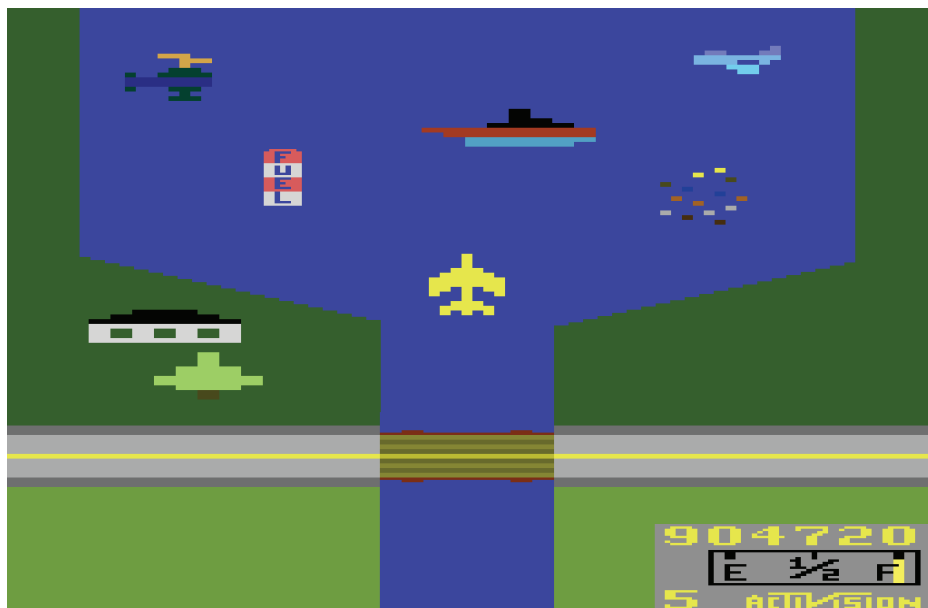
Gry logiczne takie jak „Boulder Dash” (1984) Petera Liepy, czy „Tetris” (1984) Aleksieja Pażytnowa na długo zagościły w repertuarze graczy.



Fot. 7. Gra „Boulder Dash”.

Tego typu tytuły nie wymagały jednak specjalistycznych silników, ani programów do tworzenia grafiki, zadowalając się w zupełności dwoma wymiarami. Stworzenie takiej gry ograniczało się do napisania programu. Nie było to zbyt pracochłonne i jeden programista mógł w stosunkowo krótkim czasie wyprodukować całą grę. Na przykład o ile Ken Williams opracował pierwszą grę na komputery posiadającą oprawę graficzną „Mystery House” (1979) w ciągu kilku dni, to stworzenie gry na ZX Spectrum czy Amigę trwało około kilku tygodni. Mimo ubogiej szaty graficznej gry te zapewniały wiele godzin wciągającej rozrywki. „Boulder Dash” posiadał setki poziomów i edytor pozwalający na stworzenie dodatkowych własnych plansz.

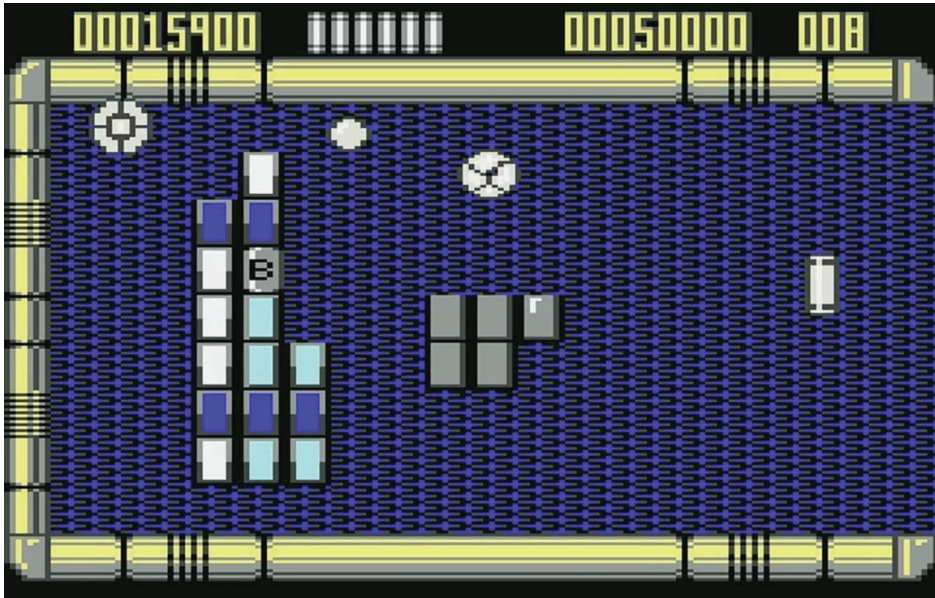
Poza widokiem z boku, w różnych typach, gier stosowany był widok z góry. Tego typu uproszczenie sytuacji również nie wymagało trójwymiarowości. Uproszczenia graficzne starano się kompensować ciekawą, szybką rozgrywką nierzadko wymagającą zręczności lub zawierającą elementy strategii. Do znanych gier z widokiem z góry z lat osiemdziesiątych należą „River Raid” (1982), „Kra-kout” (1987) czy „Microprose Soccer” (1989). Jak widać, pod względem graficznym wszystkie te produkcje były dość ubogie.



Fot. 8. Gra „River Raid”.

Mimo to „River Raid” stanowił jedną z najbardziej ekscytujących gier tamtych czasów, łącząc elementy symulacji walki sprzętu wojskowego, strzelanki i strategii (trzeba było planować pewne zachowania w grze jak na przykład tankowanie paliwa).

Podobnie szybka rozgrywka i różnorodność poszczególnych rozgrywek doskonale odwracała uwagę od aspektów graficznych w grze „Krakout” będącej klonem „Arkanoida”.



Fot. 9. Gra „Krakout”

Jeśli chodzi o graficzną stronę, to wyraźnie widać na przykładzie tych gier, że obraz składał się z różnokolorowych kwadratów. Przy tak niskiej rozdzielczości obrazu wszystkie linie zakrzywione miały wyraźnie zaznaczoną konstrukcję schodkową.

Z grupy gier z widokiem z góry warto wspomnieć o prekursorze gier sportowych z gatunku rozgrywek piłkarskich. O tej grze wypowiadają się znawcy, że w swoim czasie po prostu nie istniała lepsza gra sportowa. Mowa tu o „Microprose Soccer”.



Fot. 10. Gra „Microprose Soccer”.

Pod koniec lat osiemdziesiątych do szczytowych osiągnięć w grach 2D można zaliczyć niezwykle wciągającą grę „Turrican” (1989), przeznaczoną na komputery Atari, Amiga i C64. Graficy starali się w niej o zaznaczanie wypukłości elementów, jednak mimo dobrych efektów był to nadal świat dwuwymiarowy, bez możliwości poruszania się w dowolnym kierunku.



Fot. 11. Gra „Turricon”.

Prawdziwą siłą napędową rozwoju realizmu w grach komputerowych stanowiły niewątpliwie gry posługujące się specyficzną sztuką psychologiczną mającą na celu większe zaangażowanie gracza. Chodzi tu oczywiście o widok sugerujący, że gracz znajduje się wewnątrz świata gry.

Rewolucja w wizualizacji gier 3D

W całej historii gier komputerowych najbardziej wymagającymi pod względem graficznym były te, w których widok ukazujący się na ekranie symuluje widok od strony osoby znajdującej się wewnątrz świata gry. Rozgrywka dokonuje się jako interakcja gracza z jego otoczeniem w grze. Zastosowanie takiego widoku znacznie podniosło wymagania odnośnie realizmu gry. Skoro graczowi sugerowano, iż znajduje się wewnątrz świata gry, to obraz na ekranie musiał to odpowiednio potwierdzać. Ze względu na to, że najczęstszym sposobem oddziaływania gracza na otoczenie w grze było strzelanie tego typu gry określono nazwą FPS (First Person Shooter – pierwszoosobowa strzelanka). Inną odmianą gier zawierających widok od strony gracza chociaż bardzo często również zawierających element strzelania są różnego typu symulatory.

Swoistym „zaczynem intelektualnym” dla trójwymiarowości w grach był program napisany przez Jima Bowery dla uniwersyteckiej sieci PLATO o nazwie „Spasim” (1974). Była to 32 osobowa gra sieciowa 3D z czterema systemami planet i ośmioma graczami na system, latającymi wokół miejsca, w którym gracz się

ukazał w nieotekstutowanym szkielecie statku kosmicznego, którego pozycja była aktualizowana co około sekundę.

Również w tej samej sieci pojawiły się tytuły takie jak „Airrace” Sila Warnersa, „Airfight” Kevina Goreya, czy „Panzer” (1977). Niektóre z tych gier przyczyniły się do rozwoju profesjonalnych symulatorów sprzętu wojskowego, wykorzystywanych do celów szkoleniowych.

Równocześnie kandydatem do tytułu pierwszej gry 3D z gatunku pierwszoosobowej jest program „Maze War” z 1973 roku, stworzony przez NASA. Akcja gry rozgrywała się w labiryntach skonstruowanych z wielokątnych ścian pochyłonych pod kątem 90 stopni, pomiędzy którymi mógł przemieszczać się gracz strzelając do innych graczy. Program ten zawierał pewne udoskonalenie w stosunku do „Spasim”, w którym statki były nieotekstutowane i można było zobaczyć co jest po ich drugiej stronie. W „Maze War” ściany były pisane algorytmem, który eliminował wszystkie wielokąty niewidoczne dla gracza, co powodowało złudzenie, że ściany są solidne. Ta technologia nie pojawiła się jednak jeszcze przez wiele lat w komputerach domowych. Zarówno sieć PLATO jak i komputery wykorzystywane przez NASA nie były szeroko dostępne. Sprzęt ten należał do najbardziej zaawansowanych i kosztownych systemów na świecie.

W przypadku komputerów osobistych historia projektowania poziomów 3D rozpoczyna się w 1983 roku wraz z wydaniem gry „Battlezone” dla komputerów Apple II i PC. W „Battlezone” gracz sterował czołgiem, niszczył przeciwnika i unikał jego ataków. Świat gry oparty jest na nieotekstutowanych wielokątach, jednak próba zasugerowania trójwymiarowości w grze stanowiła istotny przełom w dziedzinie realizmu. Jest to pierwszy krok od gier opartych na dwuwymiarowych ikonach do świata widzianego w pełnym trójwymiarze. Ograniczenia starano się pokonać również za pomocą papierowych instrukcji do gry, w których można było znaleźć na przykład opis otoczenia. Pomimo ograniczeń „Battlezone” był pierwszą grą FPS, która naprawdę dobrze się sprzedawała.

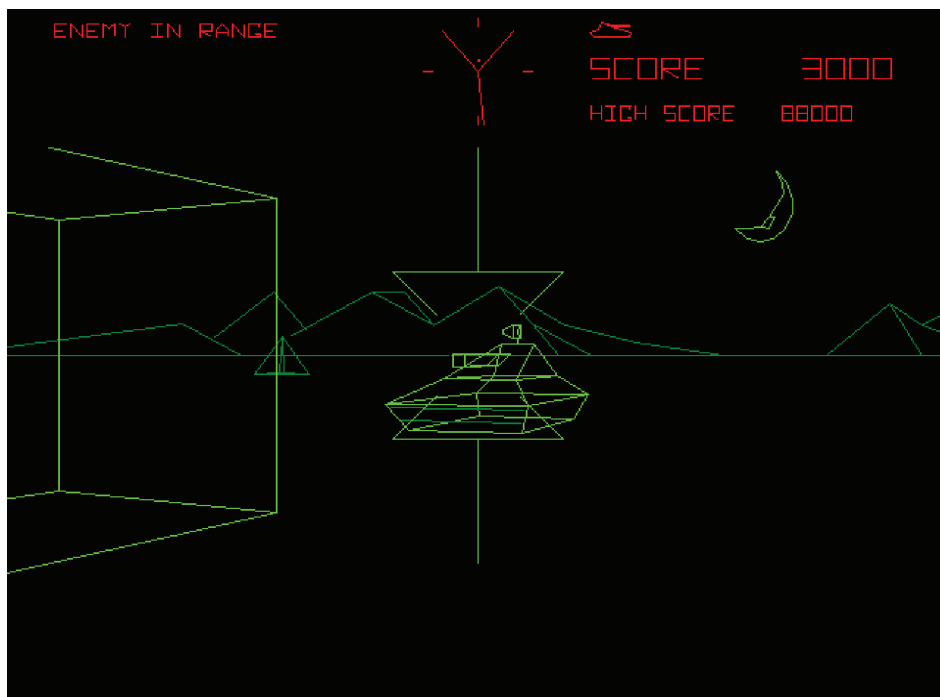
Nie wszystkie gry 3D wykorzystywały środowisko oparte o wielokąty. Do ciekawszych prób należy na przykład „Rescue on Fractalus” (1986) firmy Lucasfilm Games, wykorzystujący technologię fraktali do renderowania świata gry. Gracz przejmował tu rolę pilota mającego za zadanie ratowanie innych pilotów rozbitych na powierzchni planety Fractalus.

Koncepcja symulatora statku kosmicznego na podstawie FPS-a powróciła później w tytule „X-wing” z 1993 roku i w 1994 roku w grze „Fighter” oraz w „Wing Commander” (1990) firmy Origin Systems.

Silnik oparty na wielokątach pozostał jednak najpopularniejszym i najefektywniejszym narzędziem służącym do tworzenia środowiska gry 3D i wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej komputerów w latach 80-tych twórcy gier zaczęli stosować tę technologię.

Port PC komputerów BBC micro i Acorn o nazwie Elite, Elite Plus był kompleksową symulacją wymiany i walki, w której gracz otrzymywał statek kosmiczny i niewielką ilość funduszy, aby podróżując po różnych systemach gwiazdnych zarabiać pieniądze.

W 1987 roku Firebird Software wraz z Elite Plus po raz pierwszy wprowadziło udokumentowaną metodę wypełnianych wielokątów. Technika ta rozwiązała problem „szklanych przeciwników” w grze „Battlezone” przez obliczanie i przeniesienie linii, które mogłyby się blokować w stałych obiektach. Przez połączenie tych obliczeń ze zdolnością do wypełniania wielokątów możliwa stała się również wypełnienie na kolorowo wrogiego statku, co w „Elite Plus” stwarzało wrogów, sprawiających wrażenie, że stanowią solidne konstrukcje. Był to milowy krok jeśli chodzi o realizm w grach.



Fot. 12. Gra „Battlezone”.

„Elite Plus” była równocześnie grą o dużej grywalności jak na tamte czasy. Akcja mogła toczyć się w ośmiu galaktykach liczących tysiące planet. Nawet obecnie, gdy dysponujemy specjalnymi narzędziami do tworzenia poziomów gier, taki wszechświat byłby dużym wyzwaniem dla twórców, dlatego autorzy oprogramowania wybierają technikę pseudolosowego generowania światów, pozwalającą

skomasować kompletny wszechświat w stosunkowo małej przestrzeni przy jak najmniejszym nakładzie pracy projektanta.

Gra firmy ID Software pod tytułem „Wolfenstein 3D”, która ukazała się w 1992 r. powszechnie uznawana jest za początek gier 3D tak zwanych strzelanek z widokiem od strony pierwszej osoby (First-Person Shooter).

Id Software nie było jednak pierwszą firmą, która eksperymentowała z odwzorowanymi teksturami w grach 3D. Ten zaszczyt przypada zapomnianemu obecnie Looking Glass Technologies za ich grę „Ultima Underworld: The Stygian Abyss” z marca 1992 roku. Była to pierwsza gra typu RPG (Role Playing Game), w której działania gracza pierwszoplanowego (first-person) odbywały się w środowisku 3D. Wszystkie RPG typu 3D od „Morrowind” do „World of Warcraft” wywodziły się od wspólnego protoplasty „Ultima Underworld” zarówno pod względem graficznym jak i klimatu, w którym się te gry toczą.



Fot. 13. „Ultima Underworld”.

„World of Warcraft” używa nieco innej perspektywy, w postaci widoku od strony trzeciej osoby (third person perspective). Tak czy inaczej „Underworld” stał się wzorem dla gier RPG, jeśli chodzi o poziom realizmu i trójwymiarowości. Do stworzenia „Ultima Underworld: The Stygian Abyss” wykorzystano ogromnie zaawansowany silnik graficzny, znacznie lepszy niż przy grze „Wolfenstein 3D”. „Underworld” mógł poradzić sobie z dużą liczbą elementów, która to zdolność nie

pojawiła się ponownie, aż do opublikowania gry „Doom” 10 grudnia 1993 roku oraz w kilka lat potem w grze „Duke Nukem 3D” 29 stycznia 1996 r.

Podczas gdy „Wolfenstein” mógł zawierać świat widziany z perspektywy 90 stopni i stałą wysokość pułapu, „Underworld” pozwalał na użycie różnych wysokości pułapu i ścian z użyciem 45 stopni nachylenia, co przyczyniło się do budowania bardziej złożonych i realistycznych obiektów architektonicznych. Następnie wraz z oprogramowaniem gry „Doom” (Id Software) i „Rise of the Triad” firmy Apogee stało się możliwe wprowadzenie do gry schodów. Aż go gry „Duke Nukem 3D” wiodące tytuły firm nie mogły stosować takich efektów jak pochylone powierzchnie pozwalające na dodawanie do gry ramp i tym podobnych. Wszystkie te elementy były dostępne w 1992 roku w grze „Ultima Underworld” i David Kusner stwierdził w „Master of Doom”, że Id Software zaczął rozważać dodanie odwzorowywanych tekstur, po tym gdy projektant Juhn Romero został poinformowany o tym, co Looking Glass zmieniło w „Ultimie Underworld”.

Wiodący programista Id Software Juhn Carmack przyznał, że gra Id „Catacombs 3D” oparta o scenerię jaskiń, która po sześciu miesiącach pobiła „Ultimę Underworld” pod względem sprzedaży, była zainspirowana głównie zainteresowaniem Id stworzeniem gry z odwzorowanymi teksturami. Odwzorowanie tekstur, które Carmack dodał do „Catacombs 3D” było znaczącą innowacją w stosunku do poprzednich tytułów. Próbkki tekstur były proste, składające się głównie z kamiennych ścian pokrytych mchem lub dzikim winem, ale w połączeniu z czarnym sufitem pozwalało to stworzyć wrażenie pozostawiania na otwartej przestrzeni (w niektórych poziomach) lub pozostawiania głęboko pod ziemią. W mailu do autora, czołowy projektant poziomów i świetny kierownik „Catacombs 3D” Tom Hall stwierdził, że odwzorowywane tekstury w „Catacombs” były „technologią Wolfensteina, ale w EGA”. „Catacombs 3D” wprowadziło również znany obecnie element pierwszoosobowej strzelanki, w której broń widoczna jest w dole ekranu w centralnej części. W „Catacombs 3D” broń tę stanowiła czyjaś ręka, z której mogły być rzucone na wroga różne magiczne zaklęcia. Chociaż poziom graficzny i tło były relatywnie proste, ale w połączeniu z odwzorowywanymi teksturami dawały okazję do pochłaniającej rozgrywki. „Catacombs 3D” jako taka oparta była o wcześniejszy tytuł Id „Hovortank 3D”, w której gracz jeździł czołgiem, niszczył wrogów przy pomocy swojego głównego uzbrojenia i uwalniał uwięzionych ludzi. Rozgrywka była stosunkowo prosta, ale silnik stanowił nowość.

Główny programista Id Software John Carmack był tak znudzony tym, co zobaczył w symulatorze lotu „Wing Commander”, że postanowił stworzyć szybszy silnik do gier 3D.

Carmack wykorzystał technikę znaną jako ray casting (promieniste rzutowanie) pozwalającą komputerowi na rysowanie tylko tego, co obserwator może zobaczyć. Oznaczało to, że pierwsza gra Id oparta na tej technologii, „Hovortank

3D”, i jej pochodna, „Catacombs 3D” były dużo szybsze w renderowaniu gry od innych tytułów w tamtym czasie.



Fot. 14. „Catacombs”.

Położenie nacisku na szybkość skutkowało jednak mniejszą złożonością poziomów w porównaniu do „Ultimy”. Początkowo jednak gracze nie zorientowali się w różnicach między tymi grami, gdyż „Hovortank 3D” i „Catacombs 3D” trafiły do sprzedaży przed „Ultimą”.

Trzeci tytuł firmy Id wyposażony w tę technologię, „Wolfenstein 3D” mógł dopiero udowodnić, że jest naprawdę genialny.

„Wolfenstein 3D” był przeróbką „Castle Wolfenstein” tytuł zaprogramowany przez Silas Warner i pierwotnie stworzony dla komputerów Apple II w 1981 roku.



Fot. 15. „Wolfenstein 3D”.

„Castle Wolfenstein” został przeniesiony na Commodora 64 w 1983 i ostatecznie do systemu DOS w 1984 r. Silnik gry „Wolfenstein 3D” oparty był na tych samych zasadach co „Hovertank” i „Catacombs”, ale ze znaczącymi dodatkami wykonanymi przez Johna Carmacka.

Silnik gry „Catacombs 3D” wspierał grafikę EGA w znaczeniu takim, że mógł wyświetlać tylko 16 kolorów z miliona, które w rzeczywistym świecie może rozróżniać ludzkie oko.

„Wolfenstein 3D” także oparty był o 16 kolorową grafikę, ale zawierał wsparcie dla standardu VGA pozwalającego na użycie 256 kolorów. Stanowiło to znaczny postęp VGA pozwalało również na stosowanie wyższych rozdzielczości. Te udoskonalenia w zakresie grafiki w połączeniu z szybkością z jaką John Carmack wprowadził renderujący silnik pozwoliły osiągnąć poziom przewyższający wszystko, co Id zrobiło wcześniej.

Położenie nacisku na szybkość odbiło się jednak na ograniczeniu ilości szczegółów tworzonego świata.

Podobnie do „Hovertank” i „Catacombs” silnik mógł rysować tylko ściany, pozostawiając podłogę i sufit pokrytą jednolitym kolorem. W grze rozgrywanej się w całości wewnątrz nazistowskiego zamku takie rozwiązanie w małym stopniu wpłynęło na samą rozgrywkę, ale powodowało ograniczenia elastyczności silnika. Pokryte odwzorowywanymi teksturami podłogi i sufity musiały poczekać do następnego projektu Id.

Interaktywność w grze „Wolfenstein 3D” była stosunkowo ograniczona. Gracz mógł wpływać na świat tylko na dwa sposoby strzelając, aby zabić i otwierając

drzwi przy pomocy uniwersalnego przycisku „use”. „Wolfenstein 3D” podwyższył stawkę wprowadzając odsuwane ściany. Ściany te wyglądały jak normalne solidne konstrukcje, ale można było przez użycie przycisku spowodować, że powoli się rozsuwały odsłaniając wejście do ukrytego pomieszczenia. Ukryte pomieszczenia i tajne poziomy miały odegrać znaczącą rolę w przyszłych grach 1D i innych strzelankach pierwszoosobowych. Innowację w postaci przesuwanych ścian wprowadził Tom Hall, dyrektor zatrudniony przy produkcji „Wolfensteina 3D”, jako nagrodę dla gracza uważnie badającego świat gry. Ten ciekawy mechanizm rozgrywki został zapożyczony z tradycyjnych gier wideo zawierających sekrety i niespodzianki, które gracz miał znaleźć. Pomimo uznania przez wiele osób stosowania tych „jajek niespodzianek” za zastanawiające, stwarzają one okazję do zwiększenia zaangażowania gracza w świat gry. Ponadto staranne rozmieszczenie takich tajnych miejsc w grze zachęcają do powtórnego przejścia danego tytułu przez rozbudzenie w graczach ciekawości. Broń, zestawy medyczne i dodatkowe wyposażenie czy amunicja tradycyjnie odnajdywane były w takich sekretnych komnatach, jednak późniejsze tytuły jak „Duke Nukem 3D” wprowadzały ukryte pomieszczenia, w których było stosunkowo niewiele konkretnych poszukiwanych przedmiotów, ale rozbudzały one zainteresowanie grą i jej poziomem graficznym.

„Wolfenstein 3D” wzbogacony został również w możliwość wyboru rodzaju broni z dostępnego dla gracza zestawu.



Fot. 16. „Trespasser”.

Od czasu ustanowionego w „Catacombs 3D” standardu wybrany przez gracza rodzaj broni widoczny był na środku w dolnej części ekranu. Stwarzało to wrażenie oglądania świata gry z perspektywy swojego awatara. Technika ta stanowiąca

normę w pierwszoosobowych strzelankach została potem wzbogacona o dodatkowe funkcjonalności jak na przykład możliwość obserwacji nóg postaci przy skierowaniu kursora w dół ekranu. Firma DreamWorks Interaktive w grze „Trespasser” z 1998 roku opartej na licencji Jurassic Park rozwinęła posunęła się jeszcze dalej dając graczowi możliwość spojrzenia w dół i obejrzenia obfitego biustu żeńskiego awatara, który miał tatuaż w kształcie serca w wyższej części lewej piersi stanowiący wskaźnik zdrowia przeniesiony tu z normalnie dostępnego widoku.

Poziomy w „Wolfenstein 3D” były tworzone przy pomocy autorskiego programu o nazwie TED5 rozbudowanego przez Johna Romero. Powstał on na bazie wcześniejszego programu używającego kafelków, który Id użyło wcześniej w grach „Hovortank 3D” i „Catacombs 3D”. Wszystkie poziomy miały tę samą odgórną perspektywę, która niewiele wносиła, gdyż wszystkie sufitu i ściany miały w silniku „Wolfensteina 3D” tę samą wysokość. Wykreowanie czegoś dla „Wolfensteina”, co Romero określał jako „poziom o wysokiej jakości” w TED5 zabierało „kilka godzin”. Jak zaobserwował Romero, z powodu kafelków niewiele można było zrobić, a to co twórca widział w edytorze nie było tym samym, co widoczne było potem w grze. Z punktu widzenia procesu produkcji gry projektant mógł rozpocząć pracę od ułożenia zagadnień związanych z głównym tematem, epizodami i określeniem wrogów, a następnie przejść do tworzenia poziomów według własnego uznania. Szkice papierowe poziomów o ile były, należały do rzadkości, gdyż szybciej można było stworzyć poziom w edytorze niż robić kompleksowe przygotowania. Z drugiej strony prostota tworzenia poziomów była spowodowana ograniczeniami pierwszych gier Id Software. W efekcie gry nie były w pełni trójwymiarowe, a raczej pseudotrójwymiarowe, gdyż gracz był ograniczony w poruszaniu się pomieszczenia zaś miały tylko jedną wysokość. W „Wolfensteinie 3D” nie było także schodów, ramp i nie można było zmienić położenia gracza na wyższe. Wiele z tych ograniczeń udało się uniknąć w opublikowanej w grudniu 1993 roku grze „Doom”, która w fundamentalny sposób zmieniła gatunek pierwszoosobowej strzelanki na stałe wbudowując wiele innowacji z „Hovortank 3D” i „Wolfensteina 3D” stanowiących odtąd podstawowe elementy wszystkich gier typu FPS. Rozgrywka przebiegająca w szybkim tempie, różnorodność potężnego uzbrojenia i szczegółowe odwzorowane realistyczne środowisko stały się cechami charakterystycznymi od czasu opublikowania „Dooma”. Rzeczywiście „Doom” stanowił przełom i większość FPSów wydanych po nim można by określić jako jego klony. Silnik „Dooma” wspierał kilka nowych narzędzi, które umożliwiały stworzenie realistycznego, w pełni interaktywnego środowiska gry. Zamiast zwykłych drzwi, które mogły zostać otwarte „Doom” posiadał możliwość uruchamiania zdarzeń przez system przełączników i wyzwalaczy. Takim wydarzeniem mogło na przykład być pojawienie się z podziemi schodów lub otwarcie pomieszczenia pełnego wygłodniałych prawie niewidocznych potworów, albo wyłaniające się z toksycznego śluzu mosty. Ponadto „Doom” posiadał windy, które mogły przenieść

gracza na poziomy znajdujące się na innej wysokości, a czasem wykorzystywane jako tłuki powodowały śmierć miażdżonej postaci. Dodatkową korzyścią płynącą z silnika „Dooma” umożliwiającego stosowanie sufitów i podłóg umieszczonych na różnych poziomach była zdolność do poruszania się wzdłuż wszystkich trzech osi i tworzenie bardziej złożonych obiektów architektonicznych. Progi, ołtarze, platformy, niskie korytarze, schody prowadzące w górę bądź w dół, przepastne jaskinie i inne obiekty mogły być tworzone przy wykorzystaniu geometrii.



Fot. 17. „Doom”.

Zdolność do wyzwalania zdarzeń, dzięki której można było uwolnić potwory czy też inna geometria zachęciły projektantów poziomów do tworzenia wielu zaskakujących i skomplikowanych pułapek odkrywanych przez gracza podczas gry od nagle wznoszących się podłóg po mosty, które mogły zatonać w toksycznym śluzie jeśli gracz poruszał się zbyt wolno. W „Doomie” zdarzało się także, że gracz był karany za zebranie wyposażenia lub amunicji; często łatwo dostępne, pozostawione na widoku cenne przedmioty stanowiły przynętę i po zbliżeniu się do nich następował atak. Ten sam mechanizm zastosowano zarówno w grze „Doom II” z 1994 roku jak i „Doom III” z 2004 roku, aczkolwiek graczy w 2004 roku nie bawiło to już w takim stopniu co poprzednio. Dla graczy „Dooma” takie rozwiązanie było na pewno czymś, z czym się dotąd nie spotkali. Zastosowanie

różnej wysokości sufitów i podłóg oznaczało możliwość poruszania się w górę i w dół w świecie gry, ale nie bez pewnych ograniczeń. Zgodnie z możliwościami silnika, w grze nie mogły występować pomieszczenia umieszczone bezpośrednio jedno nad drugim, tak jak to występuje w architekturze w przypadku budynków. Mimo wszystko ograniczenie to nie miało zasadniczego znaczenia w porównaniu do możliwości poruszania się wzdłuż wszystkich osi, która stanowiła ważne osiągnięcie w zakresie techniki stosowanej w grze. Wzbogacając wystój wnętrza o liczne detale projektanci poziomów mogli stwarzać wrażenie u gracza, że architektura w grze jest bardziej złożona.

Projektowanie skomplikowanej architektury nie było oparte jedynie o wysokość pomieszczeń, ponieważ silnik „Dooma” pozwalał również na konstruowanie ścian ustawionych pod innym kątem niż 90° . Była to najbardziej widoczna zmiana w stosunku do architektury w grze „Wolfenstein” pozwalająca budować bardziej realistyczne kształty. Jednak silnik ten wspierał tylko pionowe płaszczyzny, nie dając możliwości kształtowania powierzchni poziomym, stąd o ile ściany mogły pochylić się pod dowolnym kątem to wszystkie podłogi i sufity były zupełnie płaskie i nie można było skonstruować pochylej rampy.

John Carmack wykorzystał silnik „Dooma” do lepszego odwzorowywania tekstur podłóg i sufitów. Można było stosować przy tym silniku tekstury przeznaczonych dla nieba. Oznaczało to, że gracz wyglądając na zewnątrz lub wychodząc z budynku mógł widzieć niebo i otaczający teren. Tekstury te mogły się zmieniać w zależności od wątku czy poziomu, w którym gracz właśnie się znajdował. Pojawienie się tekstur nieba świadczy o tym, że do tej pory gry FPS 3D toczyły się wewnątrz ograniczonych korytarzy bez wychodzenia na otwartą przestrzeń. Jako uzupełnienie architektonicznych nowinek w „Doomie” dodano możliwość zmiany oświetlenia w poziomach. We wszystkich poprzednich produkcjach do „Wolfensteina” włącznie wszystkie poziomy były jednakowo oświetlone bez możliwości zmian w tym zakresie. Wyglądało to sztucznie, gdy obszar położony w oddali miał identyczne oświetlenie jak ten w pobliżu gracza. W „Doomie” projektant mógł już różnicować stopień oświetlenia poszczególnych obszarów, a nawet wprowadzać dynamiczne, pulsujące światła. W wielu przypadkach zdolność do sterowania oświetleniem była wykorzystywana do wywoływania paniki u gracza, który pogrążony w ciemności nagle zostawał oświetlony i napotykał ledwie widocznych wrogów, próbował desperacko szukać wyłącznika światła. Korzystanie z różnych źródeł światła zostało następnie rozwinięte w bardziej zaawansowanych silnikach.

Poziomy w grze „Doom” powstawały przy pomocy bardziej rozbudowanego narzędzia niż poprzednie tytuły firmy Id. Romero napisał specjalnie do tego silnika program do edycji poziomów o nazwie „DoomEd”, który działał na systemie operacyjnym NeXTSTEP, który był dużo bardziej zaawansowany niż DOS, będący wówczas standardowym systemem operacyjnym dla komputerów PC, czy nowo wprowadzony przez Microsoft system Windows. Rozwijany przez NeXT

Computers, firmę założoną przez Steve'a Jobs'a po jego odejściu z Apple Computer system operacyjny NeXTSTEP oraz sprzęt NeXT stanowił doskonałe, potężne narzędzie dla projektanta i były inspiracją dla Jonha Carmacka do rozwinięcia silnika nowej generacji mogącego podołać „Doomowi”. Oznaczało to jednak konieczność tworzenia w systemie NeXT, a następnie przenoszeniu efektów na PC, a także znaczny wzrost trudności projektowania poziomów i koniec kreatorów opartych na prostych kafelkach. Mimo wzrostu realizmu, na który „Doom” pozwalał z graficznego punktu widzenia poziomy wciąż działały na zasadzie bardziej sugerowania niż rzeczywistej reprezentacji świata w grze. Poziomy mogły zawierać elementy sprawiające wrażenie bazy wojskowej lub demonicznych dekoracji lecz ograniczenia silnika nie pozwalały na bardziej szczegółowe odwzorowanie otoczenia. „Doom” stanowił wielki krok na przód jeśli chodzi o złożoność projektów i wprowadzone innowacje, ale był też doskonałym przykładem możliwości gier FPS w zakresie symulowania rzeczywistych lokalizacji. „Doom” pokazał także, że poziomy nie muszą opierać się na łatwych do rozpoznania miejscach, aby gracz mógł się dobrze bawić, ani opierać się na jakiś zgodnych z góry przyjętymi założeniami co do wyglądu otoczenia. Ktoś mógłby nie zgodzić się z tym argumentem zauważając, że poziomy w „Doomie” są reprezentacją pokazującą jak kompleks badawczy w obcym świecie mógłby wyglądać; w rzeczywistości, fakt iż świat ten jest jednocześnie znajomy i abstrakcyjny sprawia, że dajemy się uwieść jej urokowi. Wszak nacisk w „Doomie” położony został nie na rozpoznawalności otoczenia, ale na przyjemności płynącej z rozgrywki.

Zabawa jaką daje udział w grze jest bardzo ważnym aspektem dla projektantów poziomów. Początkowe poziomy „Dooma” stanowiły odwzorowanie prawdziwych obiektów wojskowych, co nie zawsze jest dobrym rozwiązaniem, gdyż takie rzeczywiste kompleksy nie zawsze nadają się jako środowisko gry. Wiele aspektów przemawia przeciwko odwzorowywaniu rzeczywistych lokalizacji w grze, ale najważniejszym z nich jest fakt, że większość prawdziwych miejsc nie jest przeznaczona do zabawy zwłaszcza pozostawiającej niezapomniane wrażenie. Głównym celem w projektowaniu poziomów w grze jest zachowanie równowagi między dokonywaniem odkryć i poruszaniem się w grze oraz interakcjami z postaciami i przedmiotami. O ile pod względem architektonicznym i funkcjonalnym „Doom” wykorzystywał możliwości silnika, to nie był pozbawiony też niedociągnięć. Po pierwsze nie wykorzystano w pełni wszystkich możliwości tego przełomowego silnika, a po drugie nie wprowadzono bardziej urozmaiconej, wciągającej rozgrywki, co zresztą jest podstawowym błędem twórców gier. Rozwiązując te problemy w kolejnych poziomach starano się uwypuklić naturę gry, którą można określić jako typ „biegnij i strzelaj” a także w większym stopniu wykorzystano możliwości silnika.

Jedna z późniejszych odsłon serii „Doom”, wydany przez Id w 2004 roku „Doom 3” prezentował zupełnie inne podejście do projektowania poziomów

zawierając pełne szczegółów otoczenie przedstawiające bardzo zbliżone do oczekiwania środowisko marsjańskiej bazy. W tym przypadku projektanci zdecydowali się na podejście progresywne wychodząc od bardzo realistycznej scenerii na początku gry, które wraz z postępami rozgrywki zmieniało swój charakter na bardziej abstrakcyjny przez pojawianie się pseudoorganicznych struktur lub sennych wizji gotyckiego piekła. Korzystając z jedenastoletniego postępu technologicznego projektanci mogli lepiej oddać pierwotną wizję „Dooma”. Z drugiej strony tworzenie coraz bardziej złożonych i wymyślnych poziomów w „Doomie 3” jest najlepszym przykładem na wzrost możliwości silników i większą wygodę w posługiwaniu się narzędziami do projektowania poziomów. Taki trend nie ograniczał się tylko do serii „Doom”, ale stał się normą. Wielokrotnie wstępne projekty były wzbogacane przez projektantów poziomów dzięki możliwościom nowych narzędzi projektanckich. W niektórych szczególnych przypadkach jak na przykład upublicznionej w 1998 roku grze „Half-Life” firmy Valve zespół zajmujący się tworzeniem gry mógł pozwolić sobie na całkowitą zmianę pierwotnego projektu i stworzeniem go od nowa mimo iż zwykle kwestie finansowe nie pozwalały na tak drastyczne kroki.

Pomimo wprowadzenia wielu nowinek technologicznych w „Doomie” nadal musiano pewne rzeczy poświęcić w imię szybkości działania. Nadal podobnie jak w „Wolfensteinie 3D” wrogowie i wiele obiektów w „Doomie” nie było skonstruowanych z wielokątów i w zasadzie nie stanowiły one rzeczy trójwymiarowych. Przedmioty, wrogowie i wiele elementów dekoracyjnych miało prostą, dwuwymiarową konstrukcję. Korzyści płynące ze stosowania elementów dwuwymiarowych wynikały z tego, iż potrzebowały niewiele mocy procesora do ich wygenerowania, a przy tym mogły być narysowane stosunkowo szybko. W przypadku gry „Wolfenstein” postaci były rysowane ręcznie przez artystów, ale już w „Doomie” wiele postaci powstawało jako modele z tworzywa, które następnie były fotografowane cyfrowo w różnych pozach. Te cyfrowe obrazy odpowiednio dostosowywano i wykorzystywano do wykonania animacji ruchów postaci, zwłaszcza jej ataków. Takie podejście pozwoliło na redukcję kosztów przy równoczesnym podniesieniu jakości animacji. Największą wadą używania płaskich obiektów jest ich nie pasujący do trójwymiarowego świata gry, przypominający wycinanki wygląd. O ile mogło to być w pewnym stopniu kompensowane, to martwy przeciwnik lub obiekt leżący na ziemi zawsze wyglądały tak samo nawet, gdy gracz obchodził je dookoła. Sprawiało to wrażenie, że obiekty mają tylko jedną stronę i nie można było nigdy zobaczyć ich z tyłu lub z boku. Dokładnie rozpatrując rozgrywkę w „Doomie” można pokusić się o stwierdzenie, że jej szybkość można by ewentualnie poświęcić dla pełnej trójwymiarowości. Przed „Doomem” projektanci koncentrowali się na tworzeniu gry dla pojedynczego gracza, więc poziomy były dostosowywane do tego co się z nim działo. W „Doomie” wprowadzono dodatkowo tryb rozgrywki wieloosobowej w postaci tak zwanych DeathMatch

(pojedynków na śmierć i życie). Tworzenie poziomów przeznaczonych do rozgrywek wieloosobowych wymaga przyjęcia innego zestawu priorytetów w zależności od tego, czy otoczenie przeznaczone jest do współpracy graczy czy do pojedynków. Projektanci oczywiście muszą też brać pod uwagę rozmiar mapy i liczbę graczy biorących w niej udział. Wielkość mapy powinna być optymalna, gdyż zarówno zbyt duży jej obszar jak i zbyt mały mają swój wpływ na samą rozgrywkę. Przy za dużym obszarze gracze mogą mieć trudność w odnalezieniu przeciwników i spada tym samym tempo rozgrywki. Zbyt mała mapa powoduje z kolei, że uciec na tym mogą walory strategiczne gry. We współczesnych grach poziomy przeznaczony do rozgrywek w trybie wieloosobowym są projektowane specjalnie dla tego typu bądź stanowią odpowiednią modyfikację wybranych części świata gry konstruowanego dla pojedynczego gracza.

W pierwszych produkcjach nie stosowano osobnego rodzaju map uzależnionego od trybu rozgrywki. Przy projektowaniu poziomu dla wielu graczy należy również uwzględnić sprawę szybkiego i płynnego poruszania się gracza po mapie, co jest szczególnie ważne przy pościgach, a także odpowiednie rozmieszczenia uzbrojenia i zestawów medycznych tak, by dać równe szanse na ich zdobycie. W przeciwieństwie do map z „Dooma”, które pokazywały jedynie wycinek świata gry, obecnie stosuje się płynne połączenie między poszczególnymi mapami tworząc u gracza wrażenie, że znajduje się wewnątrz całego świata. Przykładowo rozwiązanie takie zastosowano w grach „SiN”, „Half-Life” czy „Doom 3”.

W grach przeznaczonych dla pojedynczego gracza występują często różnego rodzaju zagadki, które tracą na atrakcyjności, gdy tę samą mapę zastosujemy w rozgrywce wieloosobowej z tego też powodu tryb rozgrywki wieloosobowej wymaga tworzenia specjalnych map lub odpowiedniej modyfikacji poziomów dla pojedynczego gracza. W „Doomie” zastosowano podział gry na dwie części silnik i pliki WAD zawierające poziomy, efekty dźwiękowe, animacje, muzykę. Pliki te można było modyfikować. Takie działanie miało zapobiegać piractwu, przy jednoczesnym zachęcaniu graczy do kreatywności, gdyż do tej pory gry były często hakowane w celu dokonania w nich modyfikacji. Takie ulepszone wersje były następnie rozprowadzane z oczywistą stratą finansową dla twórców. Oddzielenie silnika od reszty gry przyczyniło się do powstania graficznych interfejsów pozwalających na modyfikowanie poziomów. Zmieniać można było muzykę, wygląd postaci i pomieszczeń. Jednym z pierwszych edytorów gier był Doom Editor Utility stworzony przez Barndona Wyber’a. Pozwalał on na modyfikacje istniejących poziomów lub utworzenie zupełnie nowych. Z kolei DeHackEd Grega Lewisa’a pozwalał na powstanie nowego pliku wykonawczego. Pozwoliło to na rozwój różnego rodzaju modyfikacji nazywanych modami i grupowanie się fanów w społeczności poświęcające swój czas na tworzenie własnych wersji gier.

Niewątpliwie „Doom” był przełomową produkcją pod wieloma względami. Nie był jednak jedynym tytułem wnoszącym nowinki technologiczne do tworzenia

gier komputerowych. W marcu 1994 firma Looking Glass wydała „System Shock”, tytuł z gatunku science fiction oparty na ulepszonym silniku użytym przy grze „Ultima Underworld”. Jest to mieszanka FPS, RPG (Role Playing Game) i gry przygodowej. Położono tu nacisk nie na szybką rozgrywkę lecz dokonywanie przez gracza trafnych wyborów w zakresie rozwoju swego awatara. Powodzenie w grze zależy od możliwości postaci, którą kieruje. Klimat gry jest pełen tajemniczości i zawiera wiele tajemnic do odkrycia. Wiąże się z tym inny typ silnika, który pozwalał na tworzenie świata bogatszego o większą ilość szczegółów przeznaczonego do trybu dla pojedynczego gracza, który stopniowo odkrywał zagadki i przekształcał swego awatara w zaawansowanego technologicznie cyborga.



Fot. 18. Gra „System Shock”.

Silnik miał wszystkie nowinki zawarte w „Doomie” czy „Ultimie”, ale obsługiwał wyższą rozdzielczość (640x480) pozwalającą na lepszą prezentację elementów i tekstur. Takie rozwiązanie ograniczało jednak krąg odbiorców, gdyż nie wszystkie komputery mogły poradzić sobie z obsługą tak wymagającego programu z odpowiednią szybkością. W przeciwieństwie do tego „Doom” był tak zaprojektowany by gra mogła toczyć się bardzo szybko, a sama gra by działała na maksymalnie dużej ilości systemów. W ten sposób powstały dwa typy silników przeznaczone dla gier o różnego typu podejściach do opowieści szybkiego w stylu biegij i strzelaj oraz stopniowego poznawania świata i planowej ewolucji awatara.

Mroczną atmosferę w „System Shock” stwarzał brak ludzkich istot z którymi gracz mógłby wchodzić w interakcję. Jedynymi śladami obecności ludzi na stacji były martwe ciała, przy których często znajdowały się informacje tekstowe lub zapisy audio, grające istotną rolę w kreowaniu atmosfery. Dokładne przeszukiwanie stacji dawało graczowi konkretne korzyści spowalniając równocześnie tempo gry. Konieczność podejmowania decyzji w walce z jednostką sztucznej inteligencji o nazwie SHODAN stanowiła początek głębszej interakcji ze światem gry będącej czymś więcej niż strzelanie i otwieranie drzwi. Nieco mniej poważne podejście do przemocy zaprezentowano w grze „Rise of the Triad” z 1994 roku firmy Apogee. Gra została opracowana w oparciu o zmodyfikowany silnik „Dooma”. Z wprowadzonych innowacji na uwagę zasługuje tu możliwość poruszania się w pionie, czy przesuwanie ścian do wewnątrz tak, że mogło to zabić awatara. W grze pojawiły się również takie atrakcje jak trampoliny posyłające gracza wraz z przeciwnikiem ku niebu, wirujące ostrza mogące wypatroszyć awatara, broń, której pociski pozostawiały ślady na ścianach, czy śmiertelne wybuchy. Przeciwnik trafiony rakietą zamieniał się w gejzer mielonych części ciała i krwi. Takie podejście do zabijania nierzadko przeplatane nutą humorystyczną nazwano Comm-Batt. Tryb pojedynków w „Rise of the Triad” również wzbogacono o nowe techniki likwidacji przeciwnika jak rakiety samonaprowadzające, rakiety termoczułe, działa ogniowe, kolce umieszczone na podłodze lub suficie. Wszystkie te innowacje sprawiały, że gracz był bardziej świadomy otoczenia w grze.

W marcu 1995 roku firma Volition Software opublikowała grę o podobnym charakterze o nazwie „Descent”. Była to pierwsza gra, w której występowały po raz pierwszy w pełni trójwymiarowe środowisko i trójwymiarowi przeciwnicy. Pojazdy kosmiczne występujące w grze były trójwymiarowe i oteksturowane, z dużą liczbą detali. Trójwymiarowość wyrażała się w swobodnym oglądaniu świata we wszystkich kierunkach i pod dowolnym kątem. Dodatkowo innowacją w stosunku do innych produkcji było dynamiczne oświetlenie, które pozwalało na wykorzystanie takich efektów jak flary, czy oświetlenie przez wybuch. W styczniu 1996 roku wraz z ukazaniem się gry „Duke Nukem 3D” pokazał się nowy silnik o nazwie BUILD, którego autorem był Ken Silverman. Pod wieloma względami silnik ten wyprzedzał ten zastosowany w „Doomie”. Gra zyskała ogromną popularność ze względu na swe możliwości i zastosowane nowinki techniczne. Edytor przeznaczony do silnika BUILD pozwalał na szybszą i bardziej intuicyjną pracę dzięki zastosowaniu podglądu w czasie rzeczywistym. Poprzednie edytory wymagały za każdym razem dokonania kompilacji mapy w celu obejrzenia rezultatów własnej pracy. Nowością w grze była możliwość zastosowania takich efektów jak burzenie budynków na skutek eksplozji, pękanie gruntu podczas trzęsienia ziemi czy niszczenie ścian za pomocą rakiet. Efekty te sprawiały wrażenie, że świat gry oddziałuje w dużym stopniu na gracza w przeciwieństwie do na przykład gry „Red Faction” z 2001 roku, w której to gracz odnosi wrażenie, że to on wpływa

na otoczenie swego awatara. „Duke Nukem 3D” dawała graczom możliwość wchodzenia w interakcję z ogromną liczbą przedmiotów w otoczeniu. Również nieomal każdy element dekoracyjny mógł być zniszczony przez awatara. Lustra pokazywały odpowiednie odbicia i podobnie jak szkła ulegały rozbiciu na drobne kawałki.



Fot. 19. Gra „Duke Nukem 3D”.

Pomimo wielu technicznych innowacji zawartych w „Duke Nukem 3D” świat gry nie był w pełni trójwymiarowy, a silnik BUILD nie pozwalał na umieszczanie pomieszczeń jednego nad drugim. Aby pokonać tę trudność wykorzystano niewidzialne teleporty w miejscach taki jak na przykład wejście do studzienki kanalizacyjnej, które przenosiły awatara do pomieszczenia wyglądającego jak ta studzienka. Ten wybieg dawał efekt w postaci wrażenia, że pomieszczenia znajdują się bezpośrednio jedno pod drugim. Ten sam efekt stosowano od tej pory w wielu przypadkach między innymi przy sceneriach, w których występowały zbiorniki wodne, w których można było pływać pod wodą. Tu początek miały również języki skryptowe używane obecnie do kontroli różnych zmiennych i efektów w grach FPS. Przez dodanie wartości „hi tags” lub „lo tags” w edytorze poziomów można przypisać pewne akcje do obiektów lub powiązać funkcjonalnie kilka obiektów. W przeciwieństwie do poprzednich produkcji poziomy w „Duke 3D” koncentrują się wokół tematu centralnego i poszczególne mapy są dość zróżnicowane od scenerii miejskiej po bazę kosmiczną. Wszystkie poziomy są związane ze sobą opowieścią i dają wrażenie bardzo rozległego świata gry. Chociaż „Duke Nukem 3D” cieszył się ogromną popularnością inne firmy również nie pozostawały w tyle. W październiku 1994 roku zaczęto sprzedawać gry „Doom II: Hell On

Earth” a w czerwcu 1996 roku „Quake” firmy Id Software. Całe środowisko architektoniczne, przeciwnicy oraz przedmioty zbudowane były tu z wielokątów. Niestety w pełni trójwymiarowy świat wymagał komputerów o znacznie większych możliwościach. Generowanie tak dużej liczby wielokątów znacznie spowalniało grę. Była to jedna z najpopularniejszych gier tego rodzaju. Zastosowano w niej dynamiczne światła i wiele rodzajów przeciwników od olbrzymów po zombi mogących rzucać w gracza częściami swego ciała.



Fot. 20. „Quake”.

Nad grą pracowało kilku różnych projektantów pracujących nad różnymi tematami, w efekcie powstawały różnorodne aranżacje. Połączenie ich stało się możliwe dzięki zastosowaniu w opowieści teleportów umożliwiających podróże między wymiarami. Cała gra była utrzymana w ciemnej kolorystyce, co podkreślało nastrój grozy. Podobnie do „Dooma” „Quake” był w zamyśle przeznaczony do modyfikacji przez graczy. Tym razem jednak Carmack zamiast oprzeć się na plikach WAD, rozwinął język skryptowy nazwany QuakeC, pozwalający na drastyczne modyfikacje gry. Dodawanie nowych rodzajów broni, czy funkcji wykonywanych przez gracza były stosunkowo dość proste i zaowocowały powstaniem takich modyfikacji jak „TeamFortress” i „ThreeWave” Capture the Flag. Spowodowało to nie tylko wzrost popularności samego „Quake’a”, ale zwiększenie liczby graczy zainteresowanych modelingiem i powstaniem wielu portali społeczności-

wych o tym profilu. Silną stroną „Quake’a” był też tryb rozgrywki wieloosobowej, który obsługiwany przez protokół internetowy TCP/IP umożliwiał grę przez szybko rozwijający się internet. Dodana później poprawka wprowadzała system znany jako QuakeWorld, który pozwalał na wprowadzanie wyprzedzenia po stronie klienta, co znacznie poprawiało rozgrywkę na wolniejszych łączach. Produkcja Carmacka „GLQuake” pozwoliła na przetestowanie nowych akceleratorów graficznych. Do gry dodano możliwość renderowania świata gry. Nowa technologia znacznie przyspieszyła grę, a także wzbogaciła o takie efekty jak przezroczystość wody, refleksy, czy cienie. W poprzednich produkcjach woda widziana z góry była nieprzezroczysta i nie można było zobaczyć, co się w niej znajduje jeśli się w niej nie zanurzyło. Z kolei dodanie cieni nadało charakter oświetleniu w grze. Był to kolejny krok w stronę zwiększenia realizmu. „Quake” został uzupełniony dwoma dodatkami w lutym 1997 roku powstał „Scourge of Armagedon” stworzony przez Ritual Entertainment, a w marcu 1997 „Dissolution of Eternity” firmy Rouge Entertainment.

Obydwa dodatki poza nowymi poziomami zawierały nowe rodzaje broni i przeciwników. Gra doczekała się również kontynuacji w postaci „Quake II” (listopad 1997) i „Quake III Arena”. Obie te pozycje kontynuowały rozwój technologii renderingu, ale nie wносиły zbyt wiele do samej edycji poziomów czy rozgrywki. Technicznie rzecz biorąc w „Quake II” wprowadzono możliwość renderowania kolorowych świateł, a w „Quake III” dodano zaokrąglone krzywizny (do tej pory wszystkie krzywizny były kanciaste). Obecnie używanie akceleratorów 3D jest standardem w komputerach, a nawet często korzysta się ze specjalnych procesorach graficznych.

Silnik „Quake’a” sprzedawany był na licencji i w ten sposób stał się podstawą dla całej generacji gier. Sprzedaż licencyjna silników gier w znaczący sposób przyczyniła się do szybszego powstawania gier, ponieważ ich producenci mogli skupić się tylko na tworzeniu poziomów i samej opowieści. Jednak w przypadku większych modyfikacji silnika mających na celu dostosowanie go do swoich potrzeb czasem zajmowało to więcej czasu niż stworzenie gry od podstaw.

Kolejną fundamentalną produkcją w dziedzinie gier komputerowych była z pewnością opublikowana w maju 1998 roku przez Digital Extremes and Epic Games gra „Unreal”. Miała ona imponujące możliwości graficzne, liniowo połączone poziomy i dość zaawansowaną sztuczną inteligencję stosowaną do zachowań przeciwników mogących dzięki temu niemiłe zaskakiwać gracza. Podobnie jak „Quake”, „Unreal” zawierał w pełni trójwymiarowy silnik, ale mogący obsługiwać bardziej złożone środowisko. Konstrukcja poziomów również przebiegała tu inaczej. W tytułach opartych na „Quake’u” pusty poziom musiał zostać zmontowany z różnych geometrycznych kształtów zwanych brush przez odpowiednie manipulowanie nimi. „Unreal” używał techniki przypominającej bardziej rzeźbienie w bryle świata gry.

„Unreal” wiele wniósł jeśli chodzi o odwzorowanie naturalnego środowiska tropikalnej krainy. Dodatkowo występowały tu takie efekty jak wodospady, przezroczysta woda, kolorowe światła i interakcje z przedmiotami jak na przykład blokami, które mogły być przesuwane i używane jako schody.



Fot. 21. „Unreal”.

Pomimo, że silniki od „Unreal’a” i „Quake’a” dominowały na rynku, to inne firmy jak na przykład Looking Glass rozwijały swoje własne produkty. W grudniu 1998 roku opublikowano grę „Thief: The Dark Project”, a w sierpniu 1999 roku ukazała się pierwsza implementacja jej silnika – „System Shock 2”. „Thief” najlepiej charakteryzuje określenie pierwszoosobowa skradanka (First Person Sneaker), w której celem nie jest niszczenie wrogów lecz podkradanie się i zdobywanie w ten sposób cennych przedmiotów. Każdy poziom rozpoczynały i kończyły filmiki rozwijające opowieść. W grze występowały prawdziwie dynamiczne światła bardzo ważne w budowaniu nastroju. Niewątpliwie „Thief” można określić mianem prekursora takich gier jak na przykład „Splinter Cell” firmy Ubi-Soft. „Thief” pokazał, że nie tylko krwawe bijatyki mogą się dobrze sprzedawać. Gra zwróciła uwagę na to jak istotne są w niej dźwięki. Odgłos kroków przeciwnika miał zasadnicze znaczenie dla poczynań gracza. Od tej pory głosy wydawane przez przeciwników stały się ważnym elementem rozgrywki pozwalającym

na lepszą orientację w świecie gry. Gracz mógł również wykorzystywać dźwięk w celu rozproszenia wroga. Choć dźwięki występowały już w poprzednich produkcjach, to tak istotną rolę odegrały dopiero w grze „Thief”. Realistyczny dźwięk przestrzenny zawdzięczano współpracy z kartami dźwiękowymi Sound Blaster.



Fot. 22. „Thief: The Dark Project”.

„System Shock 2” rozwijany przez Irrational Games i Looking Glass Studio kontynuował opowieść zawartą w „System Shock”. Tym razem gracz wcielał się w rolę samotnego rozbitka na statku kosmicznych, który zderzył się z inną jednostką. Gra zawiera elementy RPG (role play game), gry akcji w stylu „Dooma” i przygodówki z odcieniem horroru. Kluczowym elementem w projektowaniu poziomów było tu rozmieszczenie amunicji, broni i potrzebnych gadżetów, gdyż braki w tym względzie znacząco podnosiły napięcie. Problemy jakie stały przed graczem mogły mieć różne rozwiązania w zależności od stylu gry. Na przykład drzwi można było otworzyć kluczem lub łamiąc kod, kamerę można było zniszczyć lub ominąć, gdy była skierowana w inną stronę. Należało również dostosowywać rodzaj broni do typu przeciwnika. Podobnie do jak w innych produkcjach Looking Glass uważała penetracja świata gry była premiowana w postaci odnalezionych gadżetów lub zdobytej wiedzy. Następnym osiągnięciem było oparcie wszystkich niemal wydarzeń o sekwencje skryptowe a nie na filmikach.

Następną pozycją zaliczaną do panteonu gier był „Deus Ex” z czerwca 2000 roku. Akcja gry rozgrywała się w przyszłości w ogarniętych przemocą, podzielonych na

frakcje terrorystyczne Stanach Zjednoczonych. Świat gry tworzą w dużej mierze odtworzone autentyczne miejsca jak Liberty Island, czy Battery Park w Nowym Yorku. Gracz wciela się tu w agenta antyterrorystę ulepszonemu dzięki nanotechnologii. Na początku gry awatar dysponuje pewnym zestawem umiejętności, które rozwija się dzięki doświadczeniu lub pakietom ulepszającym. Cele mogą tu być osiągnięte na różne sposoby, co daje poczucie wolności.



Fot. 23. „Deus Ex”.

Taka wolność wiązała się jednak dla projektantów z dokładnym planowaniem uwzględniającym różne możliwe rozwiązania. Na przykład drzwi można było zniszczyć wysadzając je, otworzyć przy pomocy klucza lub złamanie kodu albo ominąć wybierając inną drogę. Możliwość dokonywania wyboru przez gracza była dużym wyzwaniem dla projektantów, ale pozwalała na dostosowanie stylu gry do własnych preferencji i charakteru. Inne podejście niż w większości dotychczasowych produkcji zaprezentowała firma Seattle w opublikowanej w listopadzie 1998 roku grze „Half-Life”, w której gracz wciela się w postać Gordona Freemana naukowca ze ściśle tajnego kompleksu badawczego w fikcyjnym Black Mesa. O ile najczęściej w grach tego typu bohater budzi się po katastrofie, o tyle opowieść o Freemanie rozpoczyna się przed katastrofą, w której następnie gracz uczestniczy. Na początku gry pojawiają się w niej postaci tak zwanych NPC (non player character) – czyli postaci, w które nie możemy się wcielić, ani nie będących przeciwnikami. Liczba tych przyjaznych osobników, z którymi możliwe było

wchodzenie w interakcję była jednak ograniczona ze względu na silnik gry. Opowieść potraktowano tu w bardziej filmowy sposób wprowadzając najpierw gracza w typowy dzień pracy naukowca w tajnym kompleksie badawczym, w którym świat jest uporządkowany i pełen szczegółów, a następnie po katastrofie pogrąża się w chaosie. Postaci NPC, z którymi awatar wchodzi w interakcję wyposażono w zdolność synchronizacji pewnych dźwięków z ruchem ich ust, co sprawia wrażenie, że rozmawia się z ludźmi.



Fot. 24. „Half-Life”.

NPC pomagają często w różnych działaniach, jednak nie dochodzi tu do dialogu z nimi, gdyż gracz pozostaje niemy i tylko postaci mogą do niego wygłaszać jakieś kwestie.

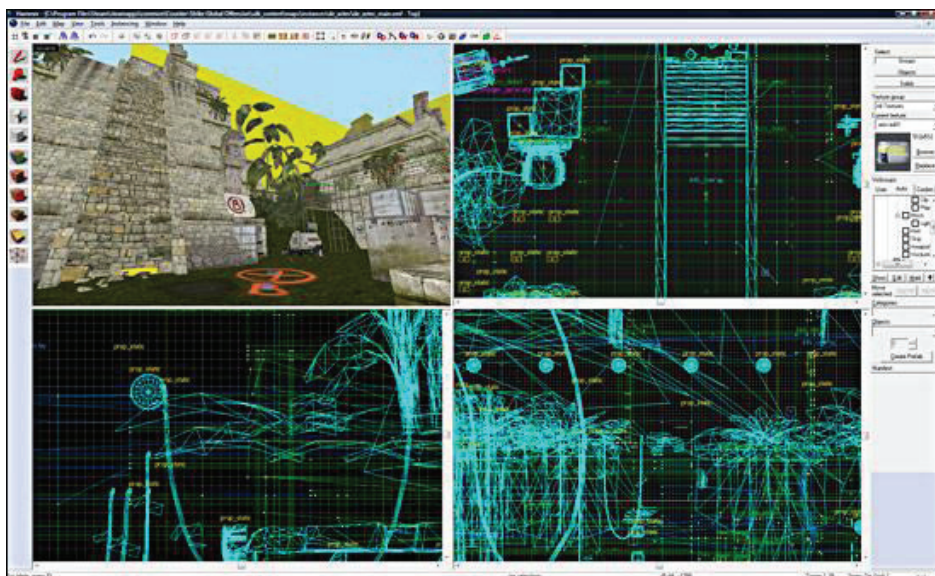
Wystąpiły tu również dynamiczne, szybkie przejścia między poziomami tak gładkie jak to możliwe było na tym silniku. Dawało to graczowi złudzenie, że przebywa w jednolitym świecie. Gracz miał ponadto możliwość powrotu do miejsc, w których mógł wypełniać jakieś pominięte zadania. Silnik gry stanowił bardzo zmodyfikowany silnik Quake'a obsługujący w pełni trójwymiarowy świat. Kolorowe światła, sekwencje animowane skrypcowo i imponująco odwzorowane otoczenie to cechy charakterystyczne „Half-Life’a”. Nic więc dziwnego, że gra odniosła sukces. Do tego pakiet narzędzi pozwalających na modyfikację gry o nazwie Software Development Kit (SDK) zaowocował rozwojem społeczności

fanów i powstaniem takich tytułów jak „Counter-Strike”, „Natural Selection” czy „Day of Defeat”.

Aktualnie stosowane edytory do tworzenia środowisk graficznych gier

Drogą wytyczoną przez pionierów tworzenia gier podążyły różne zespoły. W ten sposób powstało wiele różnych edytorów poziomów ułatwiają pracę projektantom i przyczyniając się do szybkiego wzrostu liczby gier komputerowych. Oto kilka wybranych dostępnych edytorów.

Hammer Source



Fot. 25. Widok okna Hammer Source.

Hammer Source to jeden z ogólnodostępnych edytorów poziomów. Służył między innymi do stworzenia takich gier jak „Left 4 Dead 1”, „Left 4 Dead 2”, „Counter-Strike”, „Day of Defeat: Source”, „Half-Life 2” wraz z epizodami, „Portal 1 i 2”, „Team Fortress 2”. Przeznaczony do Source Engine, dostępny bezpłatnie dla posiadaczy gry z tym silnikiem. Pierwotnie powstał jako edytor stworzony przez Bena Morrisa w sierpniu 1996 roku do gry „Quake”, następnie wykorzystany przy grze „Half-Life” opublikowanej w lipcu 1997 roku.

Edytor ten posiada obszar roboczy podzielony na cztery części jedno okno pokazuje efekty pracy widziane z poziomu 3D, trzy pozostałe to widoki szkieletów

elementów tworzących środowisko widziane z trzech stron. Zmiany dokonywane w jednym z widoków roboczych automatycznie stają się widoczne w pozostałych oknach. Pierwotna wersja Hammera zwana Worldcraft opierała się na prostych elementach konstrukcyjnych zwanych brushami. Używane one są w starszych grach GoldScr, ale niektóre unowocześnienia jak na przykład displacement map (przemieszczenie mapy) nie są kompatybilne z wersją 4.0 edytora. Valve Hammer Editor wersja 4.0 domyślnie zapisuje pliki w formacie .vmf. Pliki te są prostymi plikami zawierającymi wszystkie informacje o poziomie. Pliki .vmf są podczas kompilacji konwertowane do formatu .bsp odczytywanego przez silnik gry.

Pracę rozpoczyna się od ustawiania brashy na osiach x y z (długość, szerokość, wysokość). Przy wstawianiu kolejnych prostopadłościanów dokonuje się kolejnych, stopniowych zmian w wyglądzie otoczenia. Wielkość brasha modyfikujemy zaznaczając obszar, który ma on zajmować na płaszczyznach roboczych xy, xz i yz wzdłuż osi. Do uzyskania pochyłych ścian używane jest specjalne narzędzie clipping tool, pozwalające na usuwanie fragmentów brasha pod wybranym kątem lub narzędzie vertex tool pozwalające na ścinanie pod kilkoma różnymi kątami. Zaokrąglenia powstają przez kolejne przybliżające ścięcia. Do zaznaczania służy narzędzie selection tool, z kolei camera pozwala na oglądanie pracy z wybranego przez projektanta punktu.

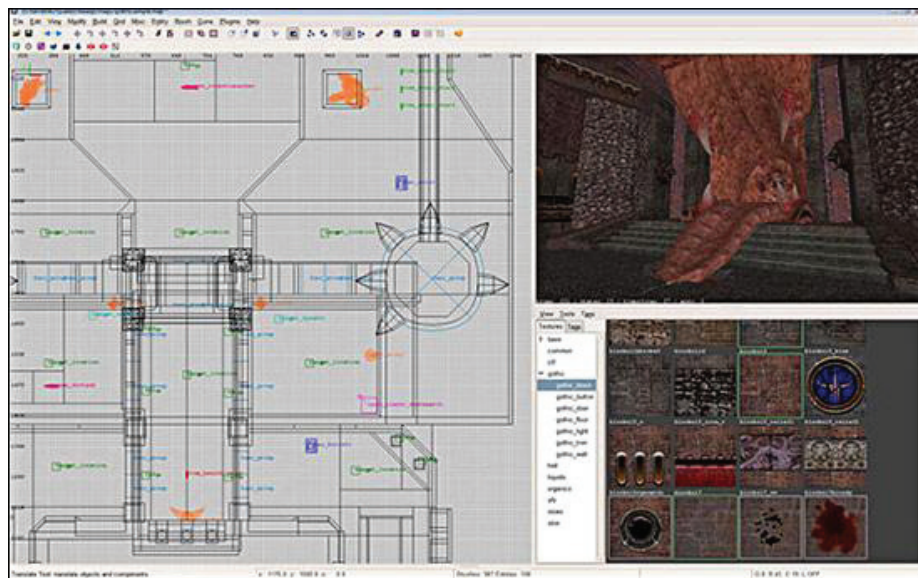
Po stworzeniu szkieletu przy pomocy tekstur aplikacion możemy zmienić domyślne tekstury na inne, możemy też powstawać gotowe elementy graficzne bez konieczności tworzenia nowych brashy przy pomocy overlay.

Dodawanie kolejnych brushy i przycinanie ich aż do uzyskanie odpowiednich kształtów jest zajęciem bardzo żmudnym i wymagającym wiele cierpliwości.

Następnym krokiem jest wykorzystanie entity tool do dodania efektów takich jak światło, efektów specjalnych typu dym, ogień, wybuchy itp., a także ustalenia zasad gry typu informacje o miejscu pojawiania się gracza lub drużyny. Światło można dodawać w dowolnym momencie po stworzeniu podstaw.

Zrobienie średniej wielkości mapy do gry zajmuje mniej więcej około miesiąca.

GTKRadiant



Fot. 26. GTKRadiant.

Edytor: GTKRadiant

Silnik gry: id Tech 3

Gry: „Return to Castle of Wolfenstein”, „Soldier of Fortune II : Double Helix”, „Quake Live”, „Quake III Arena”, „Urban Terror”, „Wolfenstein: Enemy Territory”, „Star Wars Jedi Knight II: Jedi Academy”, „CodeRED: Alien Arena”, „DarkPlaces”, „Doom 3”, „Half-Life”, „Star Wars Jedi Knight: Jedi Outcast”, „Heretic II”, „Nexuiz”, „Star Trek: Voyager Elite Force”, „UFO: Alien Invasion”, „Tremulous”.

GTKRadiant został udostępniony w 2001 roku jako modyfikacja Q3Radiant.

Wprowadzono w nim dwie zasadnicze zmiany: używał GTK+toolkit, aby mógł być stosowany również w środowisku Linux i Mac OS X, a także był niezależny od silnika gry.

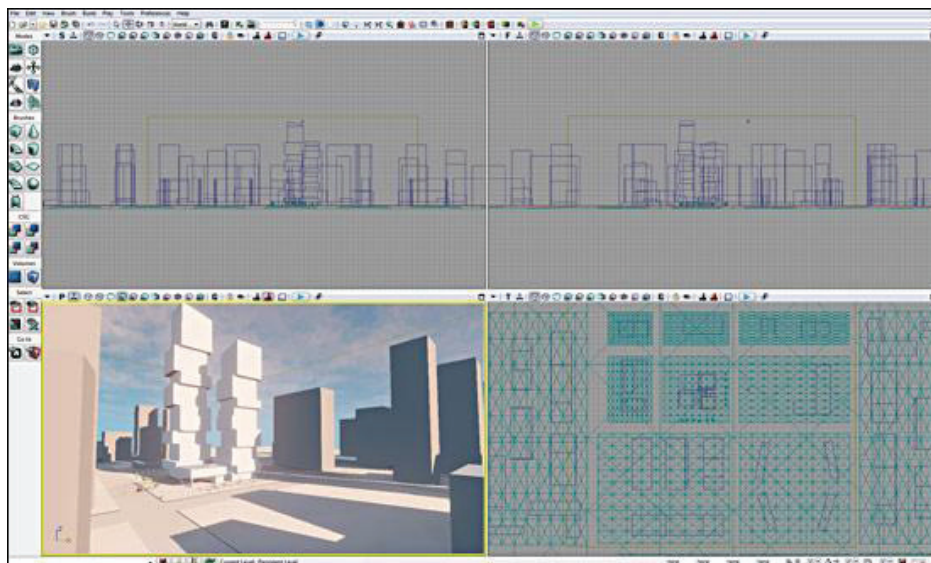
Edytor ten jest rozpowszechniany na licencji GNU (General Public License). Przez długi czas kod aplikacji był publicznie dostępny w repozytoriach id Software, jednak ze względu na zastosowanie systemu podwójnej licencji (część kodu stanowiła własność id Software ze względu na wykorzystanie go w grze „Quake III Arena”) nie można było go stosować do celów komercyjnych. Licencja ta została zmieniona w lutym 2006 roku na GPL.

Bardzo popularny edytor szczególnie chętnie stosowany przez fanów serii „Quake 3”, „Return to Castle of Wolfenstein” i „Star Wars” tworzących dużą

grupę dość pręźnie działających amatorów. Projektantów poziomów umieszczali swe produkcje na forach internetowych dostarczając sporej porcji dodatkowych atrakcji innym graczom.

W działaniu bardzo podobny do poprzednio omówionego edytora.

Unreal Editor



Fot. 27. Unreal Editor.

Edytor: Unreal Editor, UDK

Silnik: Unreal Engine 3, (UDK)

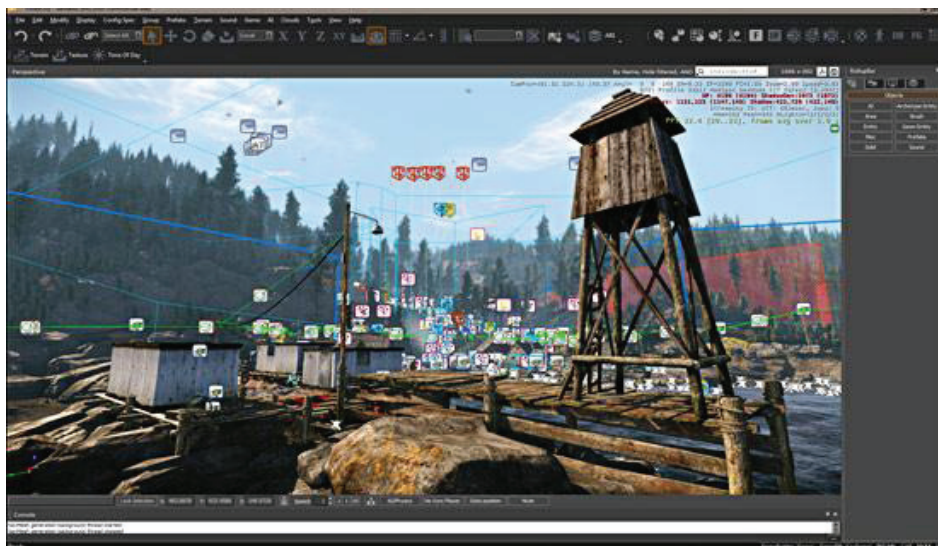
Gry: „2013: Infected Wars” (2013), „50 Cent: Blood on the Sand” (2009), „A Story About My Uncle” (2014), „A4”, „Absolute Force Online” (2011), „Abyss Odyssey” (2014), „Adam’s Venture” (2009, 2011, 2012), „Afterfall: InSanity” (2011), „Age of Dawn” (2013), „Alien Breed” (2009, 2010), „Alien Rage” (2013), „Antichamber” (2011), „Alice: Madness Return”(2013), „Batman” (Arkham Asylum 2009, Arkham City 2011, Arkham Origins 2013, Arkham Knight 2015), „BioShock Infinite” (2013), „Borderlands” (Borderlands 1 2009, Boredrlands 2 2012, Borderlands The Pre-Sequel 2014), „Bulletstorm” (2011 – polska gra stworzona przez People Can Fly), „Dishonored” (2012), „Dmc: Devil May Cry” (2013), „Dungeon Defenders” (2011), „Gears of War”(Gears of War 1, Gear of War 2, Gear of War 3, Gear of War Judgment), „Goat Simulator” (2014), „Injustice: Gods Among us” (2013), „Mass Effect” (Mass Effect 1 2007, Mass Effect 2 2010, Mass Effect 3 2012), „Mirror’s Edge” (2008), „Moonbase Alpha” (2010), „The Ball” (2010), „Thief”

(2014), „Unreal Tournament 3” (2007), „XCOM: Enemy Unknown” (2012) i wiele innych.

Jest to edytor będący cały czas w użyciu, zbliżony w obsłudze do poprzednich.

Opiera się na zasadzie ujmowania elementów, rzeźbienia w skończonym świecie.

SandBox Editor



Fot. 28. SandBox Editor.

Edytor: SandBox Editor

Silnik: CryEngine 3

Gry: „Crisis 1, 2, 3”, „Warface”, Homefront 2”.

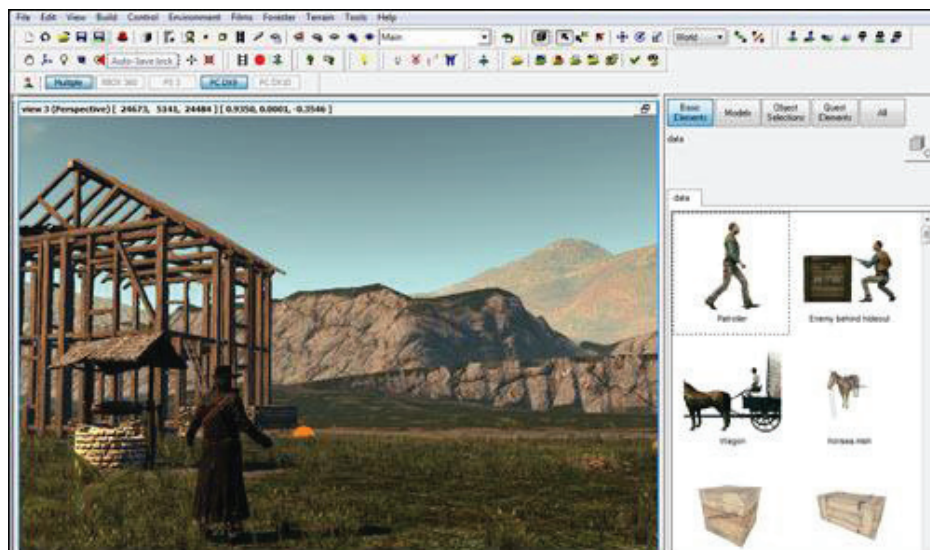
Silnik CryEngine 3 powstał jako modyfikacja silników CryEngine 1 i 2, stworzonych do serii gier „Far Cry”. Używany jest zarówno do tworzenia gier na komputery jak i na konsole.

Edytor działa na zasadzie dodawania kolejnych elementów, a nie na ujmowaniu, rzeźbieniu w określonej bryle świata. W zamyśle przeznaczony jest do gier toczących się na bardzo rozległych obszarach, chociaż rozgrywki mogą toczyć się również wewnątrz pomieszczeń. Do dyspozycji projektanta znajduje się tu wiele gotowych algorytmów przeznaczonych do szybkiego tworzenia obiektów roślinnych i a także innych pozwalających na odtwarzanie środowiska naturalnego.

SandBox posiada wbudowaną funkcję szybkiego podglądu dokonywanych zmian (WYSIWYP – „What You See Is What You Play”).

Edytor wspiera wszystkie nowinki silnika CryEngine jak pojazdy, fizyka, skrypowanie, zaawansowane światła łącznie z ruchomymi w czasie rzeczywistym cieniami, technologię Polybump, shadery, 3D audio animacje, dynamiczną muzykę, Real Time Soft Particle System i inne.

ChromED Level Editor



Fot. 29. Chrom edytor.

Edytor: Chromed Level Editor

Silnik: Chrom

Gry: „FIM Speedway Grand Prix” (2003), „Chrome” (2003), „Chrome: Spec-Force” (2005), „Crazy Soccer Mundial” (2006), „Xpand Rally” (2004), „Xpand Rally Xtreme” (2006), „Terrorist Takedown: War in Columbia (2006), „Terrorist Takedown: Covert Ops” (2006), „GTI Racing” (2006), „FIM Speedway Grand Prix 2” (2006), „Expedition Tryphy: Murmansk Vladivostok” (2006), „UAZ 4X4 – Ural Appeal” (2007), „Classic Car Racing” (2007), „Code of Honor: The French Foreign Legion” (2007), „Full Drive 2: UAZ 4X4” (2008), „4X4 Hummer” (2008), „Full Drive 2: Daurian Marathon” (2008), „Full Drive 2: Siberian Appeal” (2008), „Battlestrike: Force of Resistance” (2008), „Sniper: Art of Victory” (2008), „GM Rally” (2009), „KrAZ” (2010), „Full Drive 2: Trophy Murmansk – Vladivostok 2” (2010), „Call of Juarez” (2006), „FIM Speedway Grand Prix 3” (2008), „Speedway Liga” (2009), „FIM Speedway Grand Prix 4” (2011), „Call of Juarez: Bound in Blood” (2009), „Sniper: Ghost Warrior” (2010), „Naild” (2010), „Mad Riders” (2012), „Call of Juarez: The Cartel” (2011), „Dead Island” (2011), „Dead Island:

Riptide” (2013), „Call of Juarez: Gunslinger” (2013), „Dying Light” (2015), „Hellsraid” (2015).

Jest to edytor do silnika gry „Chrom” polskiej firmy Techland.

Zakończenie

Na zakończenie niniejszego opracowania nasuwa się kilka spostrzeżeń. Po pierwsze widać wyraźnie gwałtowny rozwój informatyki na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci, które zaowocowały głębokimi zmianami społecznymi. Inaczej wygląda obecnie komunikacja między ludźmi, tworzą się grupy miłośników nowego typu rozrywki. Z drugiej strony ogromny popyt i wzrastające wymagania graczy wymuszały przyspieszenie rozwoju samego sprzętu komputerowego i oprogramowania. Ponadto społeczności osób interesujących się grami komputerowymi wyłoniły wielu nowych informatyków w tym także projektantów poziomów. W ich kształceniu jakże pomocne stało się udostępnianie odpowiednich narzędzi w postaci edytorów poziomów. Gry komputerowe stały się ważną częścią naszego życia nie tylko jako źródło rozrywki, jakże istotnej dla zachowania równowagi psychicznej, ale zaczęły również spełniać rolę narzędzia edukacyjnego, szczególnie różnego rodzaju strategie czy symulatory. Środowiska trójwymiarowe mogą mieć istotne zastosowanie w technice, architekturze czy medycynie, dlatego czas i wysiłek włożony w zwykłą, „pustą”, powiedziałby ktoś, rozrywkę mogą zaowocować bardzo wymiernymi korzyściami dla wszystkich.

Bibliografia

- [1] Noesis Interactive, Advanced Source Level Design, (2009).
- [2] Busby J., Parrish Z., Wilson J., Mastering Unreal Technology, Volume In: Introduction to Level Design with Unreal Engine 3 (2009).
- [3] Byre E., Game Level Design, (2004).
- [4] Kremers R., Level Design: Concept, Theory and Practice, (2009).
- [5] Novak J., Travis castillo Game Developement Essentials: Game Level Design, (2008).
- [6] Wychadańczuk A., Cyfrowa kreacja. Artystyczne projektowanie gier, Software Developer's Journal 02/2010.
- [7] Kalicki K., Jak napisać pierwszą grę komputerową, Software Developer's Journal 02/2010.
- [8] Zagrodzki J., Mapy kafelków w grach 2D, Software Developer's Journal 02/2010.
- [9] Techniki renderingu 2,5 D w grach, Software Developer's Journal 02/2010.

- [10] <http://www.worldofleveldesign.com/>
- [11] <http://rvanhoorn.ruhosting.nl/optimization.php?chapter=intro>
- [12] <http://www.interlopers.net/>
- [13] <http://www.waylon-art.com/LearningUnreal/>
- [14] <http://www.tophattwaffle.com/tutorials/>
- [15] http://www.gamasutra.com/view/feature/131083/educational_feature_%20a_history_and_.php
- [16] http://www.gamasutra.com/view/feature/131091/educational_feature_a_history_and_.php
- [17] http://www.gamasutra.com/blogs/JoelBurgess/20130501/191514/Skyrim's_Modular_Approach_to_Level_Design.php
- [18] wikipedia.org
- [19] <http://doc.crydev.net/SandboxManual/frames.html?frmname=topic&frm-file=index.html>
- [20] <http://level-design.org/>