



PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

Marcin Szewczyk

**Interakcje człowiek-maszyna (HCI) w kontekście
dokumentów elektronicznych**

Opiekun pracy
mgr inż. Rajmund Kozuszek

Ocena

.....

Podpis Przewodniczącego
Komisji Egzaminu Dyplomowego

Streszczenie

Współczesna technologia daje nadzieję na zastąpienie w niedalekiej przyszłości dokumentów papierowych ich cyfrowymi następcami. W ramach tej pracy dyskutuję zalety i wady obu. Przedstawiam rozwiązania przejściowe, które łączą jednocześnie wykorzystanie jednych i drugich.

Praca ta zawiera również przegląd aktualnie dostępnych interfejsów pozwalających na interakcję człowiek-maszyna. W szczególności skupiam się na tych dotyczących pracy z elektronicznymi dokumentami. Są wśród nich zarówno te kładące nacisk na część sprzętową jak i takie pozostawiające interakcję prawie całkowicie w świecie wirtualnym.

Przedstawiam również autorskie rozwiązanie potencjalnie mogące rozszerzyć i usprawnić metody pracy z cyfrowymi dokumentami. Jego istotnym elementem jest urządzenie dające użytkownikowi komputera substytut uczucia fizycznego przeglądania dokumentów przez wytworzenie metafory dającej się kartkować książki.

Oprócz już przygotowanego projektu prezentuję także koncepcje jego przyszłego rozwoju.

Słowa kluczowe: hci, interfejs, książka, dokument, przeglądanie, kartkowanie

Human-computer interaction (HCI) with electronic documents

Contemporary technology gives hope that in the near future it will be possible to replace paper documents with their digital successors. In this thesis I discuss advantages and disadvantages of both. I present transitional solutions combining simultaneous use of those two types of media.

This thesis also reviews currently available interfaces allowing human-computer interaction (HCI). In particular these concerning interaction with electronic documents. They are represented both by solutions based mainly on new physical interfaces as well as these existing almost fully and exclusively in the virtual reality.

I present my own project which has a potential of extending already existing and creating new methods of using digital documents. Its major part is the hardware giving the user a substitute of a feeling of real pages under one's thumb by creating a book metaphor allowing to leaf through it.

Additionally I present concepts of the future development of that project.

Keywords: hci, interface, book, document, browse, leaf, skim

Spis treści

1. Wstęp	8
2. Interakcja człowiek maszyna	10
2.1. Wstęp	10
2.2. Duet (prawie) standardowy	10
2.2.1. Klawiatura	10
2.2.2. Mysz	11
2.2.3. Więcej niż mysz	11
2.2.4. Touchpad	11
2.2.5. Touchmouse	12
2.2.6. Inne przełożenie ruchu	12
2.3. Wielkoformatowe interfejsy multitouch	12
2.3.1. 10/GUI	12
2.3.2. Granica między <i>science</i> i <i>fiction</i>	12
2.3.3. Microsoft Surface	13
2.3.4. g-speak	13
2.4. Wzbogacona rzeczywistość	13
2.4.1. 6th Sense	13
2.4.2. Bionic Eye	14
2.4.3. Telewizja	15

2.5.	Cyborgizacja	15
2.5.1.	Wszczep sztucznej siatkówki	15
2.5.2.	B-Touch	15
2.5.3.	Głośnik	15
2.5.4.	Mikrofon	16
2.5.5.	Pomieszanie zmysłów	17
2.6.	Sterowanie ciałem	18
2.6.1.	Microsoft Kinect (dawniej Natal)	18
2.7.	Bycie częścią maszyny	19
2.8.	Podsumowanie	19
3.	Czytanie elektronicznych dokumentów	20
3.1.	Ekrany	21
3.1.1.	E Ink®	21
3.1.2.	LCD	22
3.1.3.	OLED	22
3.2.	Sprzęt	23
3.2.1.	Komputer osobisty	23
3.2.2.	Netbook	23
3.2.3.	Tablet	23
3.2.4.	E-book reader	24
3.2.5.	Wygoda korzystania ze sprzętu	25
3.2.6.	Podsumowanie	26
3.3.	Oprogramowanie	26
3.4.	Formaty dokumentów	27
3.4.1.	Popularność aplikacji i formatów	27
3.4.2.	Źródła dokumentów	28
3.4.3.	Pliki tekstowe	28

3.4.4.	reST	30
3.4.5.	HTML	31
3.4.6.	L ^A T _E X	32
3.4.7.	Portable Document Format	33
3.4.8.	DjVu	35
3.4.9.	Funkcje aplikacji jako konsekwencja właściwości formatów	36
3.5.	Treść a forma	37
4.	PlasticPage	41
4.1.	Wstęp	41
4.2.	Ogólne założenia	41
4.3.	Podobne rozwiązania	42
4.4.	Arkusze	43
4.4.1.	Tektura	43
4.4.2.	PET	43
4.4.3.	PVC	43
4.5.	Platforma rozwojowa	44
4.6.	Czujniki	45
4.6.1.	Cechy dobrego czujnika	45
4.6.2.	Styki	46
4.6.3.	Fototranzystor	47
4.6.4.	Słabe przewodniki	49
4.6.5.	Tensometria elektrooporowa	51
4.6.6.	QTC	58
4.6.7.	Niewykorzystane metody pomiaru	58
4.7.	Podsumowanie	59
5.	glBook	61
5.1.	Wstęp	61

5.2. Podobne rozwiązania	62
5.3. Implementacja	62
5.4. Funkcjonalność	63
6. PagePortal	65
6.1. Wstęp	65
6.2. Koncepcja	66
6.3. Implementacja	66
7. Podsumowanie	69
Bibliografia	71

Załączniki

A. Kody źródłowe	77
A.1. Informacje ogólne	78
A.2. glBook i PlasticPage	78
A.3. PagePortal	78

Rozdział 1

Wstęp

Niniejsza praca przedstawia swoiste sprawozdanie z faz projektowania oraz wykonania urządzenia realizującego ideę metafory książki. Na początku istniała jedynie koncepcja, by w jakiś sposób użytkownikowi udostępnić fizyczne narzędzie, które będzie w dotyku przypominać stos stron rzeczywistej papierowej książki. Następnie rozważano różne koncepcje konstrukcji takiego przedmiotu. Ostatecznie utrzymany został pomysł, iż właściwą realizacją jest ta złożona ze stosu zachodzących na siebie sprężystych arkuszy umieszczonych w jakiejś większej obudowie.

Jednak koncepcja stanowiła jedynie początek. Istotnym elementem pracy było przetestowanie różnych materiałów, które mogły posłużyć do wytworzenia arkuszy. Jeszcze bardziej istotne było stwierdzenie, w jaki sposób dokonać pomiaru odkształceń arkuszy. Jest to więc także studium wykonalności czujnika w różnych technologiach. To także wybór platformy rozwojowej, która pozwoliła na wygodne dokonywanie modyfikacji i sprzęg z komputerem.

Urządzenie potrzebowało również oprogramowania, które pozwoliłoby wykorzystać jego możliwości. Praca opisuje autorską aplikację reagującą na bieżąco na dane wysyłane przez urządzenie.

Rozwój obu części projektów doprowadził do ogólniejszych przemyśleń na temat interakcji z dokumentami w ogóle. Stąd w dokumencie zostały sformułowane funkcje, które powinna posiadać przeglądarka dokumentów. Funkcje te zostały określone na podstawie możliwości, jakie dają popularne obecnie formaty dokumentów — one również zostały pokrótce przedstawione, a także na podstawie możliwości, które dają już istniejące aplikacje.

Ostatecznie w pracy przedstawiona jest całościowa koncepcja przeglądarki dokumentów wykorzystująca zarówno samo urządzenie, jak i dająca użytkownikowi nowe możliwości na poziomie oprogramowania niespotykane w powszechnie stosowanych aplikacjach, a w niektórych przypadkach wzmiankowane jedynie jako koncepcje w artykułach naukowych.

Na początku umieszczony został wstęp przedstawiający szeroki wachlarz możliwości z zakresu interakcji człowiek-maszyna. Ma on na celu nadanie kontekstu, w którym umieszczony został prezentowany projekt. Ze względu na charakter urządzenia, wstęp ten ma również po-

kazać, jak wiele istnieje zrealizowanych pomysłów z zakresu HCI, a jak niewiele z nich jest powszechnie stosowanych, w szczególności w urządzeniach typu e-reader.

W kolejnym rozdziale przedstawione zostały same urządzenia e-reader. Przedstawiono również ich porównanie z innym sprzętem, który można wykorzystać do czytania elektronicznych publikacji. Ocena poszczególnych rozwiązań poprzedzona jest wstępem, który przybliży charakterystyczne cechy różnych typów ekranów występujących w poszczególnych urządzeniach. W tym rozdziale znalazł się również wzmiankowany skrót informacji o popularnych formatach dokumentów. Rozdział kończą rozważania na temat zdolności urządzeń do radzenia sobie z prezentacją treści, której towarzyszy u papierowych pierwowzorów wyszukana forma.

Następna część stanowi zasadniczą treść opisująca fizyczny interfejs. Wymienione zostały założenia, którymi kierowano się przy jego tworzeniu. Opisane zostały podobne rozwiązania innych autorów. Przedstawione zostały różne rodzaje czujników służące do pomiaru odkształceń arkuszy wytwarzających właściwą metaforę książki. W rozdziale znalazły się zdjęcia oraz schematy dokumentujące proces rozwoju urządzenia oraz jego wersji prototypowej. Dużo miejsca poświęcono teoretycznemu opracowaniu pomiaru przy pomocy tensometrii elektrooporowej.

Kolejno następuje rozdział opisujący oprogramowanie prezentujące możliwości urządzenia.

Ostatecznie rozważania kończy opis projektu, w którym zaimplementowane zostały dodatkowe funkcje, które w przyszłości mogłyby być dostępne z poziomu urządzenia, a które również mają uczynić interakcje użytkownika z dokumentami elektronicznymi wygodniejszymi.

Rozdział 2

Interakcja człowiek maszyna

2.1. Wstęp

Przed dyskusją nad interakcjami użytkownika z dokumentami elektronicznymi warto przedstawić zestawienie narzędzi i metod umożliwiających interakcje z maszynami w ogóle. Jest to zestawienie subiektywne, ale dość szerokie. Wstęp ten istnieje również po to, by podsumować, co jeszcze niedawno było możliwe jedynie w historiach fantastyczno-naukowych, a co jest realną już technologią.

2.2. Duet (prawie) standardowy

2.2.1. Klawiatura

Wydaje się, że można zaryzykować stwierdzenie, iż na co dzień przeciętny użytkownik komputera domowego porozumiewa się z nim przy pomocy klawiatury i myszki. Wydaje się, że klawiatura to naturalny następca maszyn do pisania. Odziedziczyła nawet układ QWERTY (projektowany tak, by uniknąć zakleszczeń ruchomych elementów u pierwowzoru), którego nie udało się wyprzeć nawet teoretycznie wygodniejszym i umożliwiającym szybsze pisanie układem Dvoraka [1]. Być może temu ostatniemu zaszkodziła cecha będąca w założeniach zaletą, czyli duża mnogość wariantów — na jedną rękę czy specjalne układy narodowe.

Do ciekawych rozwiązań należy klawiatura, w której funkcje poszczególnych przycisków można modyfikować w zależności od kontekstu, a funkcje te są na bieżąco wyświetlane na samych przyciskach. Takie możliwości oferuje MorphPad [2].

2.2.2. Mysz

Myszka ma już przynajmniej 20 lat, nawet wg umiarkowanych szacunków. Po drodze przeszła oczywiście szereg zabiegów podnoszących jakość pracy. Kulkę zastąpiono czujnikami optycznymi reagującymi na chropowatości powierzchni, która przesuwa się pod myszą. Do wyboru są również myszy bezprzewodowe. Wypracowano przyjęty ogólnie dla komputerów osobistych (zgodnych z IBM) standard trzech przycisków. Urządzenie to pozwala poruszać się w dwóch wymiarach. Dla wygody przeważnie wmontowany jest również wałek do przewijania stron.

2.2.3. Więcej niż mysz

Mysz wyewoluowała do kilku rozwiązań niszowych. Wojsko (radary) oraz personel medyczny (USG) zaznajomieni są z pewnością z urządzeniem typu trackball.

Godne wzmianki jest rozwiązanie firmy 3Dconnexion (należącej do Logitech) o nazwie *SpaceNavigator* [3]. Ma ono postać pokrętkła, które jednak można również pochylać i wciskać. Dzięki temu użytkownicy aplikacji typu CAD mogą poruszać się, a także manipulować obiektami w przestrzeni trójwymiarowej.



Rysunek 2.1: SpaceNavigator, źródło: www.3dconnexion.com

2.2.4. Touchpad

W komputerach przenośnych popularnym rozwiązaniem jest *touchpad*. Powierzchnia o przekątnej raptem kilku centymetrów, która wykorzystując pomiar zmiany pojemności, informuje system o położeniu palca, bądź palców — jeśli mamy do czynienia z interfejsem umożliwiającym detekcję kilku dotknięć (*multitouch*).

2.2.5. Touchmouse

Firmy Apple (produkt gotowy) oraz Microsoft (faza koncepcyjna) postanowiły połączyć mysz z urządzeniem typu *touchpad* [4]. Zachowany jest klasyczny kształt myszy, jednak brak w niej ruchomych elementów. Klikanie odbywa się poprzez lekkie puknięcia opuszką palca w obszar, gdzie kiedyś znajdowały się przyciski. Gładząc urządzenie można uzyskać przewijanie stron lub przybliżanie obrazów.

Technologie użyte do realizacji tych produktów, to w zależności od modelu — pomiar pojemności (*touchpad*) lub analiza odbić światła podczerwonego (Microsoft Surface).

2.2.6. Inne przełożenie ruchu

Do tej pory wspomniane urządzenia charakteryzowało to, że operacje na nich wykonywane powodują ruch przyrostowy, brak w nich odwzorowania bezwzględnych współrzędnych biurka na bezwzględne współrzędne ekranu. Istnieją jednak urządzenia, które korzystają z takiej właśnie koncepcji — np. *tablety*. Dysponując specjalnym rysikiem, graficy tworzą przy ich pomocy cyfrowe obrazy.

2.3. Wielkoformatowe interfejsy multitouch

2.3.1. 10/GUI

Projekt *10/GUI* [5] łączy w sobie idee bezwzględnego pozycjonowania i sterowania bezpośrednio dotykiem powierzchni palcami użytkownika (wieloma jednocześnie). Technicznie rzecz biorąc — jest to wyjątkowo dużych rozmiarów *touchpad*. Ręce leżą wygodnie na biurku, jak w przypadku myszki. Polecenia wydaje się poprzez specjalny zestaw gestów.

10/GUI to również nowy pomysł na środowisko okienkowe. Okna leżą obok siebie, zachodząc na siebie jedynie bokami. Tak więc zmiana okna to przesunięcie w jednym wymiarze — w lewo lub prawo.

2.3.2. Granica między *science* i *fiction*

Film pt. „Raport mniejszości” [6] z 2002 roku zaprezentował nowatorski pomysł półprzezroczystego pionowego ekranu dotykowego, który reagował na gesty operatora wyposażonego w specjalne rękawice. Aktor z dużą prędkością manipulował obszernym materiałem wideo z wielu źródeł. Wydaje się, że film ten, choć przedstawiający fikcję, wytworzył pierwowzór gestów służących do przesuwania, powiększania czy obrotów widocznych obiektów.

Pomysłem zaopiekowali się jednak inżynierowie i w ten sposób 6 lat później powstał projekt...

2.3.3. Microsoft Surface

Tak jak poprzednio — idea *multitouch* (to już standard) zoptymalizowana, by obsługiwać aż 52 punkty jednocześnie. Skrótowno można opisać ten produkt jako stół z wbudowanym ekranem. Dzięki światłu podczerwonemu emitowanemu z góry i kamerom pod spodem, urządzenie namierza obiekty znajdujące się na jego powierzchni.

Ten magiczny stolik potrafi jednak nieco więcej. Posiada wbudowany interfejs *Bluetooth*. Przy jego pomocy tuż po położeniu na nim telefonu komórkowego czy aparatu fotograficznego (również z takim interfejsem), można przeglądać ostatnio zrobione zdjęcia czy inne zgromadzone w nich dane [7].

W przypadku braku ekranu oryginalnie reagującego na dotyk, można takim go uczynić dzięki technologii Displax Interactive Systems [8].

Ciekawym rozwiązaniem, choć na razie jedynie hobbystycznym, jest wykorzystanie powierzchni wody [9] jako interfejsu z obsługą *multitouch*.

2.3.4. g-speak

Rozwinięcie pojedynczej ściany czy pojedynczego stołu to połączenie obu w całość. Kilka dużych pionowych ekranów może pokazywać jednocześnie duże ilości informacji, przede wszystkim grafiki w dużej rozdzielczości. Interesujące elementy można przenosić ze ściany na podręczny stolik, który może posłużyć do szczegółowej obróbki. Wszystko to poprzez wykonywanie gestów dłońmi odzianymi w specjalne rękawice. Rozwiązanie wydaje się nieść w sobie podtekst bycia w przyszłości na wyposażeniu służb mundurowych, które będą mogły przy jego pomocy wygodnie monitorować całe miasta czy przestrzeń powietrzną państwa [10].

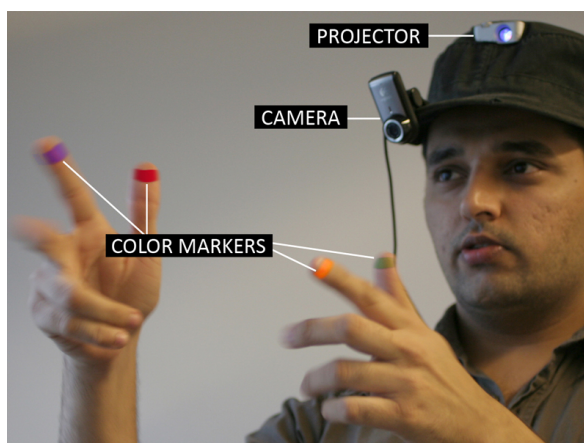
2.4. Wzbogacona rzeczywistość

Na razie przedstawione zostały przede wszystkim metody komunikacji z komputerem w wytwarzanym przez niego środowisku. Istnieje jednak dość jeszcze świeży trend wzbogacania rzeczywistości przy pomocy wirtualnych tworów. Wydaje się, iż źródłem opisanych poniżej rozwiązań cywilnych mogły być wojskowe systemy *HUD* [11] i *HMD*, które to do rzeczywistego obrazu otoczenia dodają pilotom dane wspierające walkę w przestworzach.

2.4.1. 6th Sense

Ten przenośny system oparty jest o urządzenie klasy *smartphone* z kamerą oraz miniaturowy rzutnik. Operator mający na palcach kolorowe znaczniki, wykonuje nimi ruchy przed rzeczywistą kamerą, a na powierzchni przed sobą widzi wyświetlany obraz. W ten sposób zwykłą ścianę można wzbogacić o interaktywną mapę, a dłoń może stać się klawiaturą telefonu ko-

mórkowego. Jeśli umieścić kolorowe wskaźniki np. w gazecie, do artykułu można dołączyć materiał filmowy, który czytelnik wyświetli sobie sam [12].

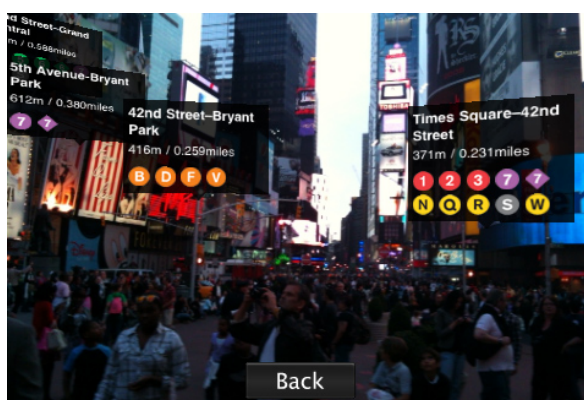


Rysunek 2.2: 6th Sense, źródło: www.pranavmistry.com

Sterowanie gestami wykonywanymi w powietrzu to również cecha Imaginary Interfaces [13]. W tym jednak przypadku użytkownikowi nie jest wyświetlany żaden obraz. Skuteczność zależy od koordynacji ruchowej i poziomu rozwinięcia pamięci krótkotrwałej.

2.4.2. Bionic Eye

Innym pomysłem jest pokazanie na wyświetlaczu przenośnego urządzenia obrazu z kamery, ale z nałożonymi jednocześnie dodatkowymi informacjami. Dzięki wykorzystaniu wbudowanego kompasu i systemu GPS, wraz z poruszaniem się w przestrzeni, aktualizowane są wirtualne wskazówki. W ten oto sposób znajdując się przed jakimś zabytkiem w nieznanym mieście, można w kilka chwil nałożyć nań zwięzłą notkę na jego temat [14].



Rysunek 2.3: Bionic Eye, źródło: www.bionic-eye.com

2.4.3. Telewizja

Pomysł łączenia rzeczywistości ze światem żyjącym jedynie we wnętrzu komputera znany jest również z telewizji. Przez lata widzowie mogli przyzwycząić się do prognozy pogody realizowanej dzięki technologii *blue box* [15]. Relacje z meczów, podczas których na murawę nakładane są dodatkowe informacje, również znane są nie od dziś. Niedawno mogliśmy oglądać efekt połączenia i rozwinięcia obu tych pomysłów. Kanały CNN [16] oraz TVN24 [17] skorzystały z technologii nazwanej „*videoportacją*”.

Technologia ta synchronizuje ruchy kamer w dwóch odległych studiach tak, by na obraz rzeczywisty z jednego z nich, nałożyć widziany z odpowiedniej perspektywy obraz reportera czy reporterki w studiu zdalnym. Należy pamiętać o tym, że technologia ta generuje obraz jedynie w pamięci komputera i wbrew sugestiom CNN, nie mamy do czynienia z prawdziwym hologramem [18][19].

2.5. Cyborgizacja

Ludzie mają tę korzystną cechę, że część ich organów występuje w dwóch egzemplarzach, a niektóre, choć występujące w jednym, potrafią się regenerować. Czasem jednak to nie wystarcza. Wtedy można wspomóc ludzkie ciało elektroniką.

2.5.1. Wszczep sztucznej siatkówki

Aktualnie trwają testy kliniczne sztucznych siatkówek wszczepionych do ludzkich oczu [20]. Nie gwarantują one obrazu takiej jakości jak u zdrowego człowieka. Stanowią jednak dobry początek pozwalający niewidomym, choć w niewielkich rozdzielczościach, dać wyobrażenie o świecie opartym w dużej mierze na obrazach właśnie.

2.5.2. B-Touch

Warto przy okazji wspomnieć o urządzeniu, które będąc wielkości telefonu komórkowego, zawiera w sobie kamerę, oprogramowanie rozpoznające tekst oraz matrycę brajlowską o względnie dużej rozdzielczości [21]. Ten projekt to na razie koncepcja, ale być może już niedługo zastąpi on energochłonne i nieporęczne linijki czy duże ekrany.

Można w tym miejscu również nadmienić o ekranie pneumatycznym [22], który potrafi np. uczynić wyświetlane przyciski faktycznie wypukłymi.

2.5.3. Głośnik

Dotychczas często spotykanym pomysłem na zastąpienie uszkodzonego zmysłu wzroku jest wykorzystanie syntezatorów mowy. Niewidomi korzystają z oprogramowania, które produkuje wypowiedzi przypominające szczekanie. Choć dla niewprawionego ucha może się wy-



Rysunek 2.4: B-Touch, źródło: www.yankodesign.com



Rysunek 2.5: Monitor brajlowski, źródło: Wikimedia Commons

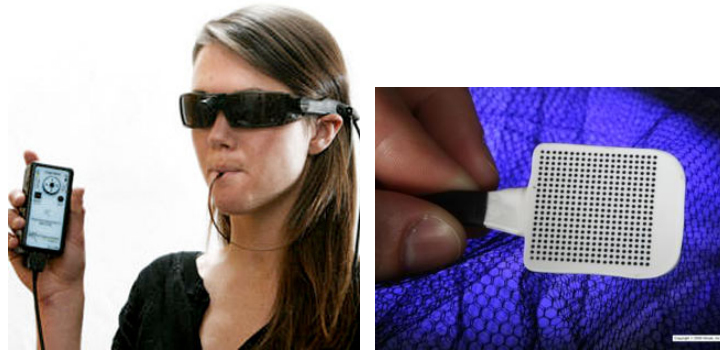
dawać, że dźwięki te nie mają nic wspólnego z ludzką mową, przyzwyczajonym odwdzięczają się dużym stosunkiem ilości przekazanej informacji do wykorzystanego czasu. Syntezatory takie jak IVONA [23], choć generujące wyjątkowo dobrze brzmiące wypowiedzi, nie sprawdzają się w codziennej pracy. Często wykorzystywanym programem jest *JAWS* [24], który opiera swe zdolności m.in. na interfejsie *IAccesible* [25] systemu Windows.

2.5.4. Mikrofon

Dźwięk można wykorzystać jednak też w drugą stronę — do sterowania. Zestaw kilku prostych dźwięków pozwala na poruszanie kursorem i wykonywanie kliknięć. Tym samym *Vocal Joystick* [26] może zastąpić mysz ludziom, którzy utracili władzę nad swymi kończynami.

Nieco bardziej wyszukaniem rozwiązaniem jest rozpoznawanie całych słów czy nawet zdań.

Ta technologia wydaje się jednak być przede wszystkim gadżetem np. w telefonach komórkowych.

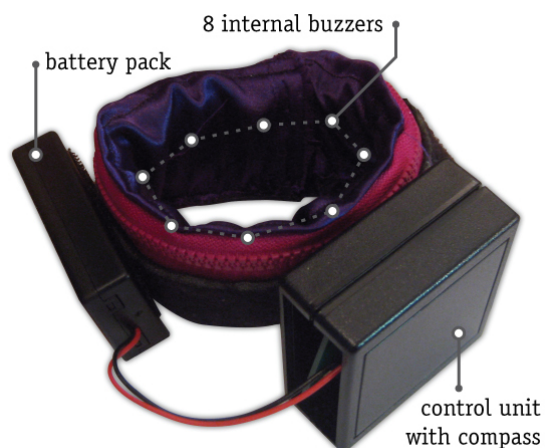


Rysunek 2.6: BrainPort, źródło: www.scientificamerican.com

2.5.5. Pomieszanie zmysłów

Inżynierska wersja znanej z poezji czy muzyki klasycznej synestezji to projekt widzenia językiem BrainPort [27][28]. Użytkownik wyposażony jest w matrycę, która leżąc na języku, wysyła do niego słabe impulsy elektryczne, odwzorowując pobrany wcześniej obraz z kamery. Ponoć mózgi dotychczasowych testerów potrafiły dość szybko nauczyć się przetwarzać tego typu informacje na dane przypominające reprezentację graficzną.

Mniej imponującym gadżetem jest wykorzystanie wibrującej w wielu punktach na obwodzie obroży [29] do reprezentacji położenia biegunów magnetycznych. Tym samym człowiek, spełniwszy już wcześniej sny o lataniu, nabywa kolejną umiejętność należącą dotychczas do ptactwa [30].



Rysunek 2.7: Northpaw, źródło: hplusmagazine.com

2.6. Sterowanie ciałem

Do tej pory przedstawione interfejsy były związane z konkretną częścią ciała. Można jednak sterować też całym sobą.

2.6.1. Microsoft Kinect (dawniej Natal)

Produkt Microsoft to odświeżona wersja gadżetu o nazwie *EyeToy* [31] firmy Sony, przeznaczonego dla konsol *PlayStation*. Podobnie jak swój poprzednik, pozwala maszynie rozpoznawać ułożenie ciała, wyraz twarzy i mowę gracza. W ten sposób w dużej mierze można zrezygnować z tradycyjnych klawiatur, myszy i joysticków. Interakcja z konsolą zaczyna przypominać coraz bardziej interakcję ze światem realnym. Machając ręką w powietrzu, użytkownik maluje wirtualnym pędzlem wirtualny obraz. Balansując przed kamerą ciałem steruje deską surfingową czy snowboardową. Gdy się zmęczy, może usiąść wygodnie na kanapie i, wydając komendę głosową, włączyć film [32][33].

Microsoft stworzył również interfejs, w którym ręka operatora służy za wyświetlacz, a lokalizacja uderzeń-kliknięć palca drugiej ręki ustalana jest na podstawie pomiaru rozchodzącej się w ręce fali akustycznej [34].



Rysunek 2.8: HAL, źródło: www.cyberdyne.jp

2.7. Bycie częścią maszyny

Zamiast zdawać się na interpretację ruchów człowieka na pstrokatym tle w obrazie z kamery, można podłączyć własny układ nerwowy do komputera. Podstawowym kryterium różniącym tego typu rozwiązania jest ich inwazyjność.

Pierwszy to badanie potencjałów na powierzchni skóry. Jest to metoda nieinwazyjna. Udało się wykorzystać ją do budowy interfejsu sterowanego gestami jednej ręki, dzięki czemu można komunikować się z urządzeniem nie przerywając właśnie wykonywanej czynności [35].

Drugi to wszczepienie elektrod bezpośrednio do mózgu i odbieranie impulsów stamtąd [36] [37].

Efektom są protezy kończyn czy nawet całe egzoszkielety jak HAL [38], HULC [39] czy ReWalk [40].

2.8. Podsumowanie

Przedstawiono tu zestaw możliwości współpracy z komputerem w ogóle. W dalszej części omówione zostaną bardziej szczegółowo współcześnie powszechne rozwiązania w zakresie przenośnych i poręcznych urządzeń służących do czytania dokumentów. Warto zauważyć, że mimo tak szerokiego spektrum sposobów porozumiewania się z maszyną, urządzenia typu e-reader udostępniają niezwykle skromny ich zestaw. Proponowane tutaj rozwiązanie ma w założeniu wypełnić częściowo tę lukę. Jest to również propozycja nowego sposobu implementacji idei metafory książki.

Rozdział 3

Czytanie elektronicznych dokumentów

Zasadniczy projekt prezentowany w tej pracy ma ułatwiać i czynić przyjemniejszymi interakcje użytkownika z dokumentami elektronicznymi. Należy więc opisać, czym jest elektroniczny dokument. Ścisłe definiowanie tego pojęcia wydaje się nie mieć większego sensu. W ogólności można przyjąć, że dokumentem elektronicznym będzie nazywany każdy twór będący cyfrowym odpowiednikiem papierowego pierwowzoru czy jeszcze ogólniej — plik bądź zestaw plików zawierający pewną treść, opcjonalnie wraz z informacją o zakładanej ostatecznej formie jej przedstawienia.

Rozdział rozpoczyna przedstawienie interfejsów zarówno sprzętowych jak i oprogramowania. Wśród obu grup dominuje zestaw utartych mechanizmów nawigacji w dokumencie. We wstępie przedstawionych zostało kilka urządzeń, które mogłyby zburzyć lub przynajmniej naruszyć ten porządek, stanowią one jednak nadal jedynie propozycję. Na tej bazie możliwe będzie również pokazanie, na czym polega nowatorstwo proponowanego rozwiązania.

W dalszej części omawiane są także popularne formaty dokumentów. Warto opisać je chociażby dlatego, że każdy z nich wymusza pewien zestaw funkcji, które docelowa przeglądarka dokumentów powinna zapewnić. Zasadne wydaje się więc ich zbiorcze zestawienie dające ogólny pogląd na przyjęte konwencje i możliwości poszczególnych formatów. W szczególności wiele uwagi zostanie poświęcone PDF z uwagi na ciekawe funkcjonalności zdefiniowane w specyfikacji, ale niezaimplementowane. Format, choć powszechny, nadal zawiera w sobie niewykorzystany potencjał.

Jest to zestawienie formatów popularnych w tym sensie, że każdego z nich używa pokaźna grupa użytkowników. Mogą to być jednak grupy rozłączne. Podsumowanie takie więc ma dać ogłęd dostępnych technologii reprezentacji dokumentów, skoro interakcja z dokumentami elektronicznymi jest przedmiotem tej pracy.

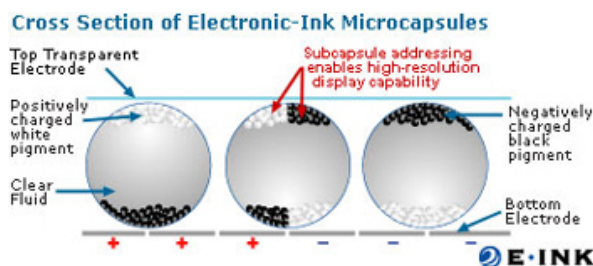
Rozdział kończy przedstawienie różnych typów dokumentów (w szczególności książek). Są to rozważania mniej techniczne, a bardziej nastawione na odbiór zagadnienia przez potencjalnego przyszłego użytkownika, a także na metody komunikacji treści oraz formy przez autorów.

3.1. Ekran

Istnieje kilka technologii produkcji ekranów, które są komponentami urządzeń służących do czytania. Różnią się m.in. możliwością wyświetlania kolorów, elastycznością, poborem prądu czy metodą podświetlania.

3.1.1. E Ink®

E Ink® to materiał, który można zaliczyć do ogólnej klasy e-papieru. Jest produkowany przez korporację o tej samej nazwie. Podstawą działania są miliony mikroskopijnych kapsułek o średnicy zbliżonej do tej ludzkiego włosa. W jednej z odmian każda mikrokapsułka zawiera białe cząsteczki o dodatnim oraz czarne o ujemnym ładunku elektrycznym zawieszone w przezroczystym płynie. Przykładając do podstawy ekranu pole elektryczne powoduje się przyciągnięcie jednych i odepchnięcie drugich cząstek — tym samym powodując zmianę odcienia szarości przybieranego przez dany piksel.



Rysunek 3.1: Zasada działania E Ink®, źródło: www.eink.com

Powierzchnia pokryta tego typu „atramentem” może zachować elastyczność, więc i ekran będzie można w pewnym zakresie odkształcać.

Ekran tego typu nie wymaga podświetlania, wystarczy światło padające na ekran jak w przypadku zwykłej kartki papieru.

E Ink Vizplex® osiąga do 16 poziomów skali szarości. Czas potrzebny na zmianę odcienia to typowo poniżej 800ms, a w najlepszym wypadku (tryb monochromatyczny) poniżej 300ms [41].

Dużą zaletą jest również niski pobór prądu. Przy czym ekran nie potrzebuje prądu, by utrzymać stan pikseli — jedynie do zmiany ich odcienia. Chociaż producent nie udostępnia precyzyjnych danych dla samego ekranu, to można szacować wartości na podstawie specyfikacji jednego z zestawów służących do budowy prototypowych urządzeń. Dla AM-100 EPD Kit [42] z 6-calowym ekranem o rozdzielczości 800 x 600 pikseli:

- Odświeżanie ekranu — wartość szczytowa: 1800mW
- Odświeżanie ekranu — wartość typowa: 750 mW
- Stan spoczynku: 1mW

Do ciekawostek należy zastosowanie w 2008 roku przez magazyn Esquire ekranu tego typu do wyświetlania animacji na okładce jubileuszowego wydania papierowego [43].

3.1.2. LCD

Ekran LCD czyli Liquid Crystal Displays to w tej chwili najpopularniejsza technologia stosowana do produkcji ekranów stacjonarnych komputerów osobistych oraz laptopów.

Zasada działania polega na przesłanianiu światła generowanego za ekranem przy pomocy wbudowanych jarzeńówek lub LED. Przesłanianie odbywa się poprzez zmianę kierunku polaryzacji światła przez warstwę ciekłego kryształu pod wpływem przyłożonego napięcia. Jasność piksela (subpiksela) zależy od ilości przepuszczonego światła.

Ekran LCD może wyświetlać obrazy barwne. Natomiast ciężko uzyskać prawdziwie głęboką czerń, co wynika z faktu, iż nawet obszary czarne pozostają przez cały czas podświetlone, a jedynie warstwa ciekłego kryształu przesłania owo światło, co nie jest całkowicie skuteczne [44].

Technologia ta wymaga jednak dużego zużycia energii. Sama zasada działania wymusza stratę przynajmniej 50% światła z powodu polaryzacji. Dodatkowe straty występują w warstwie filtrów barwnych. Ostatecznie tracąc ok. 90% światła, potrzebne jest wyjątkowo silne podświetlenie.

3.1.3. OLED

Rozwinięcie skrótu OLED brzmi Organic Light Emitting Diode. Chodzi więc o diody świecące, szczególnie o tyle, że budowane na bazie związków organicznych.

Ekran OLED może być (i najczęściej są) kolorowe. Nie potrzebują podświetlania, ponieważ same wytwarzają światło. Dają się wyginać i rolować.

Na ekranach OLED czerń jest głębsza niż na ekranach LCD, ponieważ gdy ten pierwszy „wyświetla” czarny piksel, po prostu go wyłącza, czyli nie dostarcza prądu i wytwarza światła.

Jeśli chodzi natomiast o pobór mocy, to nie da się jednoznacznie stwierdzić, czy jest on mniejszy niż w przypadku np. ekranów LCD. Pobór prądu jest w przybliżeniu liniowo zależny od średniego poziomu jasności obrazu. W przypadku ciemnego obrazu pobór jest o ponad połowę mniejszy niż w przypadku LCD, natomiast dla obrazu w całości białego pobór prądu może być ponad trzy razy większy [45].

Problemem technologii OLED jest fakt, że trzeba stosować wyjątkowe warstwy ochronne, które odizolują materiał organiczny od wody i tlenu [46].

Do minusów należy również względnie szybsze niż w LCD i nierównomierne ze względu na kolor składowych subpikseli zużycie ekranu.

3.2. Sprzęt

Przede wszystkim warto opisać kontekst sprzętowy, czyli jakiego sprzętu potencjalny czytelnik może użyć, by zaznajomić się z treścią elektronicznego dokumentu.

3.2.1. Komputer osobisty

Czytanie z ekranu komputera osobistego ociera się niejednokrotnie o torturę. Problemem jest sztywne związanie z miejscem, w którym taki komputer stoi, a co za tym idzie chociażby brak możliwości delektowania się materiałem siedząc w wygodnym fotelu. Jak wynika z badań kierowanych przez Jakoba Nielsena, czytającym siedzenie przed monitorem komputera stacjonarnego zwyczajnie kojarzy się z pracą, tym samym odbierając przyjemność [47].

3.2.2. Netbook

Sytuację poprawiają coraz bardziej popularne laptopy. W szczególności ich klasa zwana potocznie netbookami. Są to urządzenia rzeczywiście dość lekkie (ok. 1.3kg w przypadku Asus Eee PC 1000 [48]) oraz energooszczędne. Aktualnie dostępne modele mogą, korzystając jedynie z baterii, pracować bez przerwy przez cały 8-godzinny dzień pracy.

Nie zmienia to jednak faktu, że 1.3kg to nadal sporo więcej niż przeciętna powieść, a ilość ciepła produkowana przez procesor jest znacząca. Większość netbooków nadal korzysta z procesorów, które są spadkobiercami architektury x86 (często Intel Atom) i muszą korzystać z aktywnego chłodzenia.

3.2.3. Tablet

Kolejną klasą przenośnych komputerów są tablety. Do takich należy m.in. iPad firmy Apple. Pozbawiony fizycznej klawiatury i składający się przede wszystkim z obudowanego ekranu.

Przed podaniem specyfikacji warto przypomnieć wymiary popularnych dokumentów papierowych napotykanym na co dzień, by łatwiej było wyobrazić sobie i oszacować wymiary urządzenia:

- A4 — 210 mm x 297 mm
- B5 — 176 mm x 250 mm (popularny format książek i zeszytów)

Skrótowa specyfikacja Apple iPad [49]:

- procesor 1GHz Apple A4
- ekran LCD o przekątnej 9.7 cala, 1024 x 768 pikseli, 132 ppi
- wymiary: 242.8 mm x 189.7 mm x 13.4 mm
- masa: 730 g (dla modelu 3G)
- pojemność pamięci Flash: 16–64 GB

- łączność bezprzewodowa dzięki Wi-Fi (802.11a/b/g/n), modemowi 3G (z HSDPA), Bluetooth 2.1+EDR
- czas pracy na baterii: do 10 godzin surfowania po sieci przy pomocy Wi-Fi, oglądania wideo, słuchania muzyki, 9 w przypadku korzystania z łączności 3G
- dodatkowe możliwości: akcelerometr, cyfrowy kompas, A-GPS

Urządzenia iPad dotyczą restrykcje związane z DRM oraz z możliwością uruchamiania jedynie aplikacji zatwierdzonych przez Apple.

3.2.4. E-book reader

Są jednak urządzenia, które powinny zwiększać wygodę czytania jeszcze bardziej — czytelniki książek elektronicznych (e-book readers, e-readers). Do urządzeń tej klasy należy m.in. dość popularny Kindle (wraz z kolejnymi wersjami) promowany przez firmę Amazon.

Specyfikację najnowszego Kindle DX [50] można przedstawić w skrócie tak:

- ekran w technologii E Ink[®] o przekątnej 9.7 cala, 1200 x 824 pikseli, 150 ppi, 16 odcieni szarości
- wymiary: 264mm x 183mm x 10 mm
- masa: 536 gramów
- 3.3GB na dane użytkownika
- łączność bezprzewodowa dzięki modemowi HSDPA (z możliwością korzystania z EDGE/GPRS)
- czas pracy na baterii: 1–2 tygodni w zależności od tego, czy korzysta się z łączności bezprzewodowej

Różnice Kindle 2 [50] w stosunku do Kindle DX:

- ekran o przekątnej 6 cali, 600 x 800 pikseli, 167 ppi
- wymiary: 203.2mm x 134.6mm x 9.1mm
- masa: 289.2 grama
- 1.4GB na dane użytkownika

To, czego nie można się dowiedzieć od razu ze strony Amazon, natomiast co zostało zaznaczone m.in. przez magazyn Wired [51], Kindle wyposażony jest w procesor w architekturze ARM. Dzięki temu oraz dzięki zastosowaniu ekranu w technologii E Ink[®] jest energooszczędny, a ilość wydzielanego ciepła jest o wiele mniejsza niż w przypadku notebooków.

Nie jest jednak tak, że urządzenie tego typu ma same zalety. Po pierwsze można dyskutować nad wadami i zaletami modelu biznesowego przyjętego przez Amazon, w tym nad własnościowym formatem książek (AZW) z obsługą mechanizmów DRM. Za wadę może zostać uznany również brak karty Wi-Fi i możliwość wymiany danych z otoczeniem jedynie przy pomocy sieci komórkowej lub kabla USB.

3.2.5. Wygoda korzystania ze sprzętu

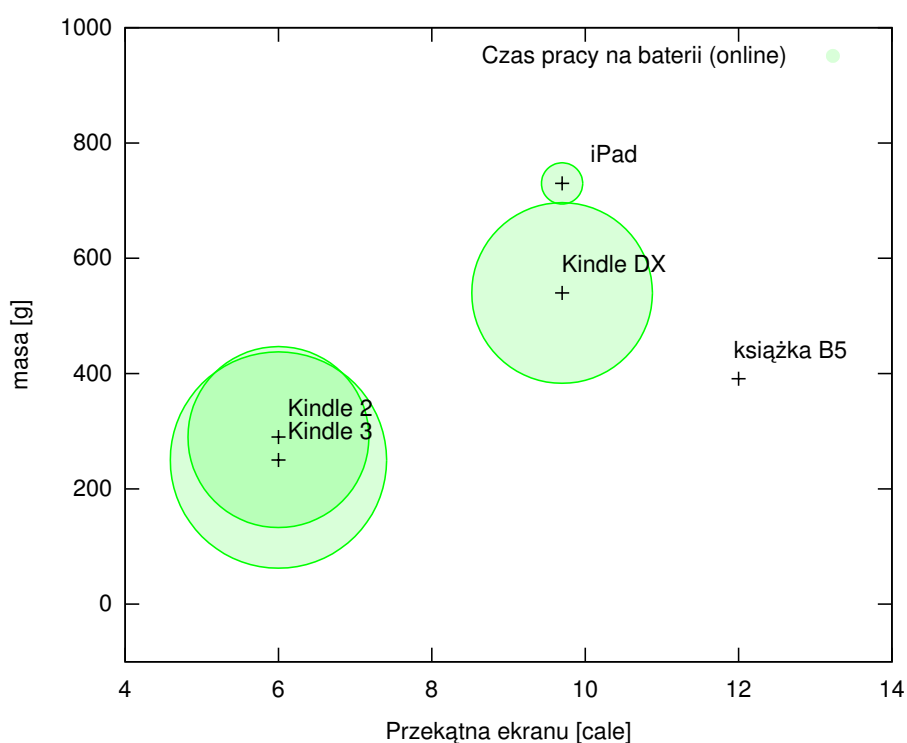
Wspomniany już Jakob Nielsen przeprowadził eksperyment, który miał na celu stwierdzenie, w jakiej relacji znajdują się prędkości czytania tekstu z różnych mediów [47]. Zgromadzona grupa testowa miała za zadanie przeczytać tekst ze zwykłej książki, ekranu komputera osobistego, urządzeń iPad oraz Kindle 2. Kolejność źródeł była dla każdego losowa.

Średnio przeczytanie historii zajmowało 17 minut i 20 sekund. Po przeczytaniu każdej z nich czytający musiał wypełnić kwestionariusz sprawdzający rozumienie tekstu. W większości odpowiedzi były prawidłowe, więc nie poddawano tych danych analizie. Wiadomo jednak, że kwestionariusz spełnił swe zadanie zmuszając do rzeczywistego zapoznania się z treścią.

Czytającym zapewniono wygodne fotele do czytania. Dla testu z komputerem osobistym przygotowano środowisko przypominające biuro (biurko i biurowy fotel).

W badaniu udział wzięło 32 użytkowników. 5 we wstępnej próbie i 27 w zasadniczym badaniu. Przez błędy pomiaru trzeba było wykluczyć 3 użytkowników. Statystyki są więc oparte na wynikach pozostałych 24.

Uczestników cechował poziom wiedzy językowej przynajmniej na poziomie amerykańskiej *high school* (czyli zbliżony do poziomu polskiego liceum ogólnokształcącego). Deklarowali oni również, iż czytają często i lubią czytać.



Rysunek 3.2: Skrótowe porównanie Kindle, iPad oraz książki (250 stron, B5, 71g/m²)

Wyniki pokazały, że szybkość czytania z urządzeń iPad i Kindle jest odpowiednio o 6.2%

i 10.7% mniejsza niż w przypadku wersji drukowanej. Autor wysnuwa wniosek, że po pierwsze nadal nie udało się pokonać tradycyjnej książki oraz że nie da się jednoznacznie stwierdzić, które urządzenie wygrało.

Uczestnicy zostali również poproszeni o ocenę zadowolenia z czytania z danego nośnika. W skali 1–7 oceny dla urządzeń iPad i Kindle, książki oraz komputera osobistego wynosiły odpowiednio 5.8, 5.7, 5.6 oraz 3.6.

Z komentarzy wynikało, że urządzenie iPad było dla uczestników zbyt ciężkie, urządzenie Kindle oferowało mniej wyraźnie (o małym kontraście) litery. Negatywnie został odebrany brak rzeczywistego podziału na strony. Czytanie prawdziwej książki było bardziej relaksujące.

Rysunek 3.2 skrótkowo przedstawia trzy znaczące cechy wymienionych urządzeń. Ich masę, długość przekątnej ekranu oraz szacowany czas pracy z wykorzystaniem jedynie baterii zakładając utrzymanie łączności z sieciami bezprzewodowymi. Pole powierzchni ograniczonej okręgiem zależne jest liniowo od tego czasu.

3.2.6. Podsumowanie

Oczywiście urządzenia iPad i Kindle nie są jedynymi, które posłużyć mogą za przenośny substytut książki. Rynek urządzeń typu e-reader jest dość bogaty [52]. Taki dobór opisywanego sprzętu spowodowany jest popularnością obu produktów. Oprócz tego uzyskano w ten sposób zestawienie wychodzących sobie na przeciw dwóch koncepcji. Z jednej strony duży realizm, żywe kolory, krótki czas reakcji i interfejs dotykowy urządzenia iPad. Z drugiej strony energooszczędność, możliwość długotrwałej pracy przy użyciu jedynie baterii i niewielka masa Kindle. W obu jednak przypadkach sposoby komunikowania z urządzeniami można uznać za dość konwencjonalne — dotykowy ekran, przyciski oraz joystick.

3.3. Oprogramowanie

Jeśli chodzi o oprogramowanie, to przez lata utarł się pewien zestaw sposobów interakcji z przeglądarkami dokumentów. Do najbardziej popularnych metod nawigacji należą:

- boczny suwak okna
- poruszanie się przy pomocy kółka myszy
- poruszanie się przy pomocy kursorów oraz przycisków PageUp/PageDown
- przesuwanie kartki przy pomocy myszy
- przyciski na pasku narzędzi

Oprócz metod poruszania się między sąsiednimi stronami, do dyspozycji są również te do swobodnego dostępu (swobodnego jak w RAM).

- indeks i zakładki
- miniatury
- narzędzie wyszukiwania tekstu

Ostatecznie można wyróżnić także klasyczne metody zmiany powiększenia.

- CTRL+kółko myszy
- przyciski na pasku zadań
- narzędzie lupy

Powyższe zestawienia pochodzą z artykułu [53]. Autorzy analizują w nim, w jaki sposób użytkownicy poruszają się w dokumencie. Sporządzają statystyki dotyczące popularności poszczególnych metod. W tym celu stworzona została aplikacja AppMonitor, która zbierała dane dotyczące interakcji użytkownika z wybranymi aplikacjami służącymi do odczytu dokumentów. Te aplikacje to Word z pakietu Microsoft Office oraz Adobe Reader.

W dalszej części, wraz z omówieniem projektu glBook, opisywane są mniej konwencjonalne rozwiązania mające dać użytkownikowi poczucie, że nie obcuje jedynie z wirtualną materią dokumentu elektronicznego, ale czymś bliższym rzeczywistości, gdzie symuluje się elementy fizycznych właściwości tradycyjnych dokumentów.

3.4. Formaty dokumentów

Wybór aplikacji Word oraz Adobe Reader do dyskusji nad oprogramowaniem służącym do czytania dokumentów wydaje się zasadny. Chociaż trudno określić liczbę instalacji obu programów, to ponieważ oba są związane z charakterystycznymi dla siebie formatami dokumentów, które opracowane zostały przez producentów tych aplikacji właśnie, można dokonać pośrednich szacunków.

Poniżej opisane są popularne formaty dokumentów, w tym te związane z wymienionymi powyżej aplikacjami.

3.4.1. Popularność aplikacji i formatów

Word do niedawna wykorzystywał przede wszystkim format dokumentów określany mianem *Word 97–2007 Binary File Format (.doc)* [54]. Nowsze wersje korzystają z formatu, który przeszedł (choć budząc kontrowersje) przez proces standaryzacji i oznaczony jest *ISO/IEC 29500:2008* (Office Open XML File Formats) [55]. Format ten stanowi konkurencję wobec wcześniejszego standardu wykorzystywanego w pakiecie biurowym OpenOffice należącym do Oracle (po przejęciu Sun Microsystems), a oznaczonego jako *ISO/IEC 26300:2006* (Open Document Format) [56].

Drugim programem jest Adobe Reader. Adobe rozwija *Portable Document Format* — format dokumentów, który stał się standardem de facto. Na bazie PDF w wersji 1.7 powstał standard zatwierdzony jako *ISO 32000-1:2008* [57].

Dla wymienionych formatów tradycyjnie przyjęte rozszerzenia plików to:

- Word 97–2007 Binary File Format (.doc) — *.doc*
- ISO/IEC 29500:2008 Office Open XML File Formats — *.docx*

- 26300:2006 Open Document Format (dokumenty tekstowe) — *.odt*
- Portable Document Format — *.pdf*

Popularność poszczególnych typów plików oszacowana przy pomocy wyszukiwarki Google (stan z 12 lipca 2010):

Zapytanie	Liczba wyników
filetype:pdf	139 000 000
filetype:doc	25 000 000
filetype:txt	17 200 000
filetype:rtf	1 990 000
filetype:docx	380 000
filetype:djvu	211 000
filetype:odt	93 300
filetype:docm	3 500
filetype:djv	252

Tabela 3.1: Popularność formatów dokumentów

3.4.2. Źródła dokumentów

Omawiane poniżej formaty PDF i DjVu pozwalają na jednoczesną prezentację tekstu, grafiki i innych elementów. Dokumenty takie przeważnie nie są tworzone przez użytkownika od razu w docelowej formie. Swe źródła najczęściej mają w zasobach w innych formatach, które później wg określonego schematu zostają scalone w całość.

Dla DjVu źródłem często są pliki graficzne, a wtedy warstwa tekstowa powstaje w procesie OCR.

W przypadku pliku PDF jednak podstawowym nośnikiem treści jest tekst. By uzyskać on swą ostateczną postać, potrzebne są jeszcze m.in. instrukcje dotyczące kodowania znaków i formatowania.

3.4.3. Pliki tekstowe

Pliki tekstowe, pozbawione formatowania, zawierają praktycznie samą treść. Zawartość pliku jest czytelna dla użytkownika, ale nadaje się również do przetwarzania maszynowego. Obróbka dużych ilości danych często daje się automatyzować poprzez zastosowanie wyrażeń regularnych.

Choć można wyróżnić w tym zakresie pewne obyczaje, to z góry nie są narzucane zasady dotyczące formy pliku tekstowego. A formę definiują między innymi:

- kodowanie znaków diakrytycznych
- długość linii
- długość tabulacji

Zwyczajnie te można odnieść do notatek, instrukcji, specyfikacji, kodów źródłowych czy wiadomości internetowych.

Kodowanie znaków

W przypadku braku deklaracji kodowania znaków, aplikacja może wypróbować kilka z nich w poszukiwaniu wartości pojedynczych lub ciągów bajtów charakterystycznych dla poszczególnych wariantów. Wybór może odbyć się też z udziałem użytkownika. Na szczęście, jeśli chodzi o dokumenty w języku polskim, to z dużym prawdopodobieństwem będzie to jedno z poniższych kodowań:

- ASCII (znaki diakrytyczne zastąpione łacińskimi odpowiednikami)
- ISO-8859-2
- CP-1250
- UTF-8

W przypadku Unicode’u, wariant kodowania może być zasygnalizowany na początku pliku przy pomocy *BOM*(3.2) [58], czyli *byte order mark*. Znacznik ten, choć przydatny, może spowodować błędy w przypadku klientów, które się go nie spodziewają. Istnieje ryzyko, że znacznik ten zostanie zinterpretowany jako dane binarne bez szczególnego znaczenia w miejscu, gdzie oczekuje się tekstu.

Ciąg bajtów	Wariant kodowania
00 00 FE FF	UTF-32, big-endian
FF FE 00 00	UTF-32, little-endian
FE FF	UTF-16, big-endian
FF FE	UTF-16, little-endian
EF BB BF	UTF-8

Tabela 3.2: Sekwencje *BOM*

Należy przy tym zaznaczyć, że kolejność bajtów dla UTF-8 nie ma znaczenia, więc *BOM* jest zbędny. Może jednak zostać użyty jako sygnatura pliku sygnalizująca użycie tego kodowania.

Niektóre aplikacje rozpoznają właściwe sobie deklaracje. Dla przykładu edytor tekstowy Vim stosuje konstrukcje zwane *modeline*:

```
# vim: fileencodings=latin2
```

Jeśli plik przesyłany jest protokołem HTTP, kodowanie jest sygnalizowane przede wszystkim w nagłówku *Content-Type*.

Długość linii

Jeśli chodzi o długość linii, to obyczaje w tym zakresie wydają się sięgać jeszcze terminali VT100. Ten to właśnie terminal potrafił pracować w trybie 80 lub 132 kolumn [59]. Szerokość 80 znaków przyjęła się dla terminali i ich emulatorów.

RFC 5322 [60], dokument traktujący o formacie wiadomości internetowych stanowi, iż długość linii nie powinna przekraczać 78 znaków (nie licząc znaków końca linii). Biorąc jednak pod uwagę fakt, że w takich wiadomościach często zdarza się cytować inną osobę, RFC 3676 [61] zaleca, by do paragrafów o łącznej długości przekraczającej 78 znaków stosować zawijanie wierszy, gdzie długość każdego z nich nie powinna przekraczać 72 znaków. Sugeruje się, że linie o długości 66 znaków są najwygodniejsze do czytania.

W podobny sposób brzmią zalecenia PEP 8 [62], czyli dokumentu traktującego o konwencjach pisania kodu z języku Python. Linie mają nie przekraczać 79 znaków, a bloki tekstu mają być zawijane po 72 znakach.

Tabulacje

Tabulacje mogą stanowić poważny problem. Ponieważ każdy użytkownik może zdefiniować w swoim edytorze tekstu inną długość tabulacji wyrażoną w znakach, nie ma gwarancji, że wyrównanie tekstu będzie wyglądać tak samo w różnych środowiskach.

Wspominany już PEP 8 [62] sugeruje, by tabulacja miała długość ośmiu znaków, jeśli już została użyta (choć sugeruje się, by szerokość wcięcia wynosiła 4 znaki). Pewniejszym jednak rozwiązaniem jest rozwijanie tabulacji do spacji na bieżąco przez edytor tekstu.

3.4.4. reST

Kod źródłowy 1 Przykład składni reST

```
Rozdział 1
=====
```

```
Dział 1
-----
```

```
* Punkt 1

    * Podpunkt 1
    * Podpunkt 2
* Punkt 2
* Punkt 3
```

reStructuredText to system definiujący składnię łatwą do czytania, hołdującą zasadzie WY-SIWYG i o znacznikach wyrażonych w czystym tekście [63]. Zawiera on również parser tej składni, będący częścią projektu Docutils. Format użyteczny jest do tworzenia dokumentacji w ramach kodu źródłowego (np. docstrings znane z języka Python). Nadaje się również do tworzenia prostych stron internetowych oraz oddzielnych dokumentów. Dzięki zestawowi narzędzi wchodzących w skład Docutils, plik w formacie reST można automatycznie przetworzyć na w pełni funkcjonalne dokumenty HTML czy $\text{\LaTeX}$.

Kod źródłowy 2 Kod HTML wygenerowany z pliku w formacie reST

```
<h1 class="title">Rozdział 1</h1>
<h2 class="subtitle" id="dział-1">Dział 1</h2>

<ul class="simple">
<li>Punkt 1<ul>
<li>Podpunkt 1</li>
<li>Podpunkt 2</li>
</ul>
</li>
<li>Punkt 2</li>
<li>Punkt 3</li>
</ul>
```

3.4.5. HTML

HTML, czyli Hypertext Markup Language. Jak sama nazwa wskazuje, jest to język, u którego podstaw leży idea hipertekstu. Sam hipertekst to przede wszystkim koncepcja łączy (hiperłączy), czyli odnośników do innych sekcji danego dokumentu lub innych dokumentów czy zasobów WWW [64, rozdz. 12.1].

Współczesny język HTML to także elementy multimedialne i interaktywne. Wykonywane asynchronicznie skrypty oraz różnorakie obiekty obsadzone w stronach, a obsługiwane przez wtyczki przeglądarek.

Prace nad HTML sięgają początków lat 90. ubiegłego wieku. W roku 1998 osiągnął wersję 4, a rok później nieco poprawioną 4.01. Były one aplikacjami standardu SGML. Wersje te zostały upowszechnione w sieci. Wraz z językiem JavaScript stworzyły podwaliny dla zjawiska DHTML (Dynamic HTML), czyli interaktywnych stron internetowych.

W roku 2000 przeformułowano HTML w języku XML i określono mianem XHTML 1.0. Nie dodano nowych funkcjonalności, a jedynie zmieniono metodę serializacji [65] [66, rozdz. 1.4]. Warto nadmienić, że XML jest językiem (metajęzykiem), który został stworzony jako koncepcja spokrewniona z SGML, ale znacznie uproszczona. Miała jednak zachować elastyczność i moc swego pierwowzoru [65, rozdz. 1.1–1.2].

Kilka lat później zdano sobie jednak sprawę, że wdrażanie XML w rozwiązaniach webo-

wych jest ograniczone raczej do nowych technologii (jak RSS i później Atom), natomiast nie wypiera w zdecydowany sposób dobrze zakorzonego języka HTML [66, rozdz. 1.4].

Początkowo W3C, organizacja zajmująca się standaryzacją rozwiązań webowych, była odmiennego zdania, toteż firmy Apple, Mozilla oraz Opera utworzyły osobne ciało nazwane WHATWG (Web Hypertext Application Technology Working Group).

Wśród celów, które wyznaczyła sobie ta grupa, znajdowały się następujące [66, rozdz. 1.4]:

- technologie mają być wstecznie kompatybilne
- specyfikacja i implementacja mają sobie odpowiadać, nawet jeśli oznacza to modyfikację specyfikacji
- specyfikacja ma być na tyle szczegółowa, by umożliwić pełną współpracę różnych implementacji, nie musząc uciekać się do metod *reverse-engineering*

W roku 2007 organizacja W3C przyłączyła się do inicjatywy.

Wspólna praca doprowadziła do wyłonienia się technologii oznaczanej jako HTML5. Choć W3C nadal utrzymuje status dokumentu jako *W3C Working Draft*, to wdrażanie nowych elementów pochodzących z tej specyfikacji już trwa [67].

HTML5 definiuje dwie metody serializacji dokumentów. Html (która tym razem już nie oznacza aplikacji SGML) oraz XML.

Przetwarzanie dokumentów w tych dwóch formach różni się zasadniczo. Wszelkie błędy w składni XML stanowią naruszenie tego standardu uniemożliwiające generację dokumentu. Natomiast dla html przewidziane są metody naprawy drobnych błędów, a sama składnia jest mniej restrykcyjna [66, rozdz. 1.6,8.2.8].

Charakterystyczne dla procesu wdrażania HTML5 jest zastępowanie obsadzanych obiektów audiowizualnych powszechnie realizowanych przy pomocy technologii Adobe® Flash® poprzez własne elementy HTML5 `<audio>` oraz `<video>` [67].

Warto wspomnieć, że równocześnie trwało upowszechnianie się CSS (Cascading Style Sheets), czyli arkuszy stylów. W ten sposób następowało stopniowe oddzielenie strukturyzowanej treści od definicji sposobu jej formatowania [68]. Pamiętać należy, że HTML powstawał jako język służący naukowcom i podobnie jak w przypadku $\text{\LaTeX}$ a zadaniem piszącego jest przede wszystkim wytworzenie treści i oznaczenie funkcji poszczególnych jej fragmentów (nagłówek, paragraf itp.).

Zwyczajowo dokumenty w formacie HTML nie narzucają z góry precyzyjnej formy, w tym np. długości wierszy. Treść dopasowuje się do wymiarów okna przeglądarki.

3.4.6. $\text{\LaTeX}$

$\text{\LaTeX}$ to system służący do zautomatyzowanego i profesjonalnego składu tekstu. Często używany do przygotowywania dokumentów technicznych i naukowych. Jest to zestaw makr w języku $\text{\TeX}$, któremu to zawdzięcza swe możliwości. Ponieważ jednak komendy języka $\text{\TeX}$ są dość niskiego poziomu, łatwiej jest korzystać z $\text{\LaTeX}$ a właśnie [69].

Zasadnicza koncepcja $\text{\LaTeX}$ ma umożliwić piszącemu skupienie się na treści, a nie na wyglądzie dokumentu. Formatowaniem (choć poddającym się konfiguracji) ma zająć się automat korzystający z wcześniej przygotowanych, poprawnych i powszechnie stosowanych szablonów [70]. Tym samym filozofia $\text{\LaTeX}$ jest przeciwstawna do tej znanej z graficznych edytorów tekstu — czyli WYSIWYG. Bardziej przypomina tę dla dokumentów HTML, w których określa się strukturę, a formatowanie wydziela do arkuszy stylów.

Najważniejsze funkcje $\text{\LaTeX}$ to:

- możliwość składu artykułów, raportów, książek, prezentacji
- kontrola nad dużymi dokumentami zawierającym rozdziały, odnośniki, tabele i rysunki
- skład skomplikowanych formuł matematycznych
- automatyczna generacja spisu literatury i spisu treści
- równoczesna obsługa wielu języków

Istnieje zestaw narzędzi, które pozwalają na generację dokumentów w innych formatach ze źródła w $\text{\LaTeX}$ u, m.in. PostScript, PDF, DVI.

Dla przykładu ten dokument posiada swe źródło napisane w $\text{\LaTeX}$ u. Zawarte w nim rysunki wektorowe generowane są z plików w formacie SVG i przechodzą przez fazę pośrednią w formacie PDF tuż przed dodaniem ich do dokumentu końcowego.

Podczas generowania dokumentów w ostatecznym formacie (np. PDF) należy pamiętać, że proces może wymagać kilka przebiegów. Związane jest to z koniecznością zbudowania listy rozdziałów, sekcji, rysunków itp. Zgromadzone informacje pozwalają na stworzenie między innymi spisu treści oraz zapewnienie działających odnośników do innych fragmentów dokumentów.

3.4.7. Portable Document Format

Jak można przeczytać w przedmowie do standardu PDF 1.7 od Adobe — początki tego formatu sięgają roku 1990. W tym czasie PostScript[®] stawał się standardem dla materiałów drukowanych. PDF wykorzystuje model obrazowania treści PostScript[®] jednocześnie dodając warstwy odpowiedzialne za utrzymanie struktury dokumentu oraz za funkcjonalność interaktywnej nawigacji. Standard ten umożliwia wyświetlenie czy wydruk dokumentu zawsze w niemal identyczny sposób [57].

PDF stanowi bazę dla Adobe[®] Intelligent Document Platform wspierając proces tworzenia, zarządzania, zabezpieczania, zbierania i wymiany elektronicznych treści na różnorodnych platformach i urządzeniach.

Adobe wymienia podstawowe wymagania stawiane owej platformie, a wymuszone przez wymogi związane z procesami biznesowymi:

- zachowanie wierności dokumentu niezależnie od urządzenia, platformy, sprzętu
- łączenie zawartości z różnorodnych źródeł (stron internetowych, dokumentów tekstowych i arkuszy kalkulacyjnych, skanowanych dokumentów, zdjęć i grafiki) w pojedynczy zwar-ty dokument, z zachowaniem integralności źródeł
- współtworzenie dokumentów w czasie rzeczywistym

- podpis cyfrowy dla celów uwierzytelnienia
- zabezpieczenia i uprawnienia pozwalające twórcy zachować kontrolę nad dokumentem oraz związane z nim prawa
- ułatwienie dostępu niepełnosprawnym
- wydobywanie i ponowne użycie treści przy użyciu innych formatów oraz aplikacji
- formularze elektroniczne do zbierania danych oraz integracji z systemami biznesowymi

PDF może zawierać w swej treści wielojęzyczny tekst, grafikę i elementy interaktywne. Nawigację ułatwiają drzewiasty spis treści i hiperłącza. Można również skorzystać z wątków, które pozwalają na zbudowanie dodatkowych, równoległych do spisu treści tematycznych ścieżek, po których może podążać czytelnik.

Poszczególne obiekty wewnątrz pliku mogą być kompresowane:

- JPEG i JPEG2000 dla obrazów kolorowych i w skali szarości
- CCITT (Group 3 lub Group 4), RLE i JBIG2 dla obrazów monochromatycznych
- LZW i Flate dla tekstu, grafiki i obrazów

Dla platform z ograniczonymi zasobami czy to pamięci operacyjnej, czy trwałej, istnieje możliwość wygenerowania pełnowartościowego dokumentu w jednym przebiegu.

Standard przewiduje także, że na końcu pliku znajduje się jedna lub więcej tablic, które umożliwiają bezpośrednie przeskakiwanie do poszczególnych obiektów zawartych w pliku — w szczególnym przypadku stron. Konstrukcja tych tablic oraz ich wzajemne relacje pozwalają na rozszerzanie treści dokumentu bez konieczności jego ponownego zapisu w całości. Modyfikacje dodawane są na jego końcu, a kolejne wersje przesłaniają te starsze.

Taka koncepcja jest kluczowa dla działania adnotacji. Czytelnik zapoznający się z dokumentem może na bieżąco dodawać swe uwagi czy notatki dla siebie. Wśród typów adnotacji definiowanych przez specyfikację wyróżnić można:

- tekst
- odnośnik
- szereg kształtów geometrycznych i strzałek
- podświetlenie i podkreślenie
- notatki multimedialne
- elementy 3D

Dokument może mieć także postać *Linearized PDF*. W takim wypadku plik zawiera dodatkowe elementy informujące o strukturze pliku. Mechanizm jest istotny w kontekście pobierania dokumentów z Internetu. Dzięki niemu użytkownik nie musi ściągać całego pliku PDF, by zacząć się po nim poruszać. Potrzebne fragmenty są ściągane, gdy są potrzebne. W przypadku transferu danych protokołem HTTP można tego dokonać wykorzystując nagłówki Range.

W przypadku przeglądarki dokumentów, w której nie zaimplementowano obsługi *Linearized PDF*, pomija ona po prostu dodatkowe fragmenty, a dokument traktowany jest jak każdy inny.

Kolejna forma to *Tagged PDF*. Polega ona na użyciu pewnego określonego zestawu kon-

strukcji służących do budowania struktury logicznej dokumentu (również zdefiniowanych w standardzie PDF). Użycie takiej postaci dokumentu ma na celu umożliwienie wykonania następujących operacji:

- proste wydobywanie tekstu oraz grafiki w celu wklejenia w innych aplikacjach
- automatyczne ponowne zawinięcie wierszy tekstu wraz z grafiką, gdy zostanie użyty inny wymiar strony
- przetwarzanie tekstu dla celów takich jak wyszukiwanie, indeksowanie oraz sprawdzanie pisowni
- konwersja do innych popularnych formatów (takich jak HTML, XML, RTF) z zachowaniem struktury dokumentu i podstawowych informacji o formatowaniu
- ułatwienie dostępu do treści osobom niewidomym oraz słabo widzącym

Oprócz tego można dodawać treści nieuwjęte przez standard. PDF przewiduje możliwość rozszerzenia dokumentu o typy obsługiwane przez określone oprogramowanie wyposażone w odpowiedni zestaw wtyczek. Adobe prowadzi rejestr zgłaszanych przez deweloperów nowych typów.

Standard opisuje również metody szyfrowania dokumentów — zarówno wariant z współdzielonym hasłem wykorzystujący jedynie szyfry symetryczne, jak i oparty o szyfry asymetryczne (oparte o klucz publiczny) i certyfikaty X.509.

Z możliwości podpisywania dokumentów PDF korzysta m.in. administracja państwowa. Rządowe Centrum Legislacji udostępnia w działach Dziennik Urzędowy Rzeczypospolitej Polskiej Monitor Polski oraz Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej treść przepisów. Publikowane tam dokumenty mają taką samą moc jak wersje papierowe. Tym samym mamy do czynienia z oficjalnym źródłem prawa [71][72].

3.4.8. DjVu

Początki formatu DjVu sięgają roku 1996, kiedy w AT&T Labs postanowiono znaleźć nowy sposób zapisu skanowanych materiałów, który pozwalałby jednocześnie zachować wysoką jakość i mały rozmiar plików. Mały rozmiar to oszczędność miejsca zajmowanego przez dokument podczas składowania oraz krótsze czasy potrzebne na jego przesłanie [73].

DjVu dobrze nadaje się do skanowanych dokumentów, obrazów czy zdjęć. Format nie jest tak skomplikowany jak w przypadku PDF, jednak zapewnia wystarczającą funkcjonalność, by móc wyeliminować konieczność składowania papierowych pierwowzorów, a korzystać jedynie z cyfrowych kopii książek, czasopism, starodruków i wielu innych rodzajów dokumentów.

Podstawową koncepcją służącą optymalizacji zajmowanego miejsca jest rozdzielenie wejściowego obrazu na pierwszy plan i tło. Podczas wyświetlania są ponownie na siebie nakładane, przy czym pierwszy plan jest maskowany binarnym (dwupoziomowym) obrazem. Model ten nazwany *Mixed Raster Content (MRC)* opisany jest w [74].

Każda z tych warstw jest kompresowana w inny sposób. Pierwszy plan to w założeniu najczęściej litery czy symbole, a więc przy odrobinie szczęścia sekwencja złożona z powtarza-

jących się mniejszych obrazów wymagających wysokiej rozdzielczości, co w dziedzinie częstotliwości wiąże się z występowaniem tych wysokich — charakterystycznych dla ostrych krawędzi znaków. Symbole kodowane są więc algorytmem JB2 opcjonalnie wraz z bazą powtarzających się kształtów.

Jeśli pierwszy plan nie spełnia tych założeń zawsze może być zakodowany wg algorytmu, który stosowany jest przede wszystkim dla tła. A tło, w którego skład w założeniu wchodzi ilustracje, zapisywane jest przeważnie przy pomocy jednego lub więcej fragmentów kodowanych metodą IW44 opartą o transformatę falkową.

Ponieważ, inaczej niż w przypadku PDF, tekst widziany przez czytającego nie jest wynikiem procesu renderingu z użyciem definicji czcionek, ale zwykłym obrazem rastrowym, każdej stronie może towarzyszyć normalnie niewidoczna warstwa zawierająca fragmenty owego tekstu skojarzone z odpowiadającymi elementami graficznymi. Pozwala to na łatwe kopiowanie, indeksowanie oraz przeszukiwanie dokumentu.

DjVu uzyskuje przeważnie współczynnik kompresji

- 5–10 razy lepszy od JPEG dla obrazów kolorowych
- 10–20 razy lepszy od JPEG dla obrazów czarno-białych
- 5 razy lepszy od GIF dla obrazów czarno-białych
- 3–8 razy lepszy od PDF z czarno-białymi skanowanymi stronami

Dokument DjVu może składać się z wielu stron scalonych w pojedynczy plik, gdzie poszczególne strony mogą współdzielić zasoby (*bundled multi-page documents*) lub stron rozdzielonych na pojedyncze pliki z dodatkowym plikiem indeksu (*indirect multi-page documents*) [75].

3.4.9. Funkcje aplikacji jako konsekwencja właściwości formatów

Przedstawione formaty wymuszają kilka zasadniczych funkcji, które przeglądarka powinna obsługiwać.

W przypadku wszystkich formatów dokumentów istotne jest, by zachować świadomość, iż na świecie istnieje wiele języków, a aplikacje powinny respektować ten fakt i nie ograniczać się jedynie do obsługi alfabetu łacińskiego i ewentualnie jego pochodnych. Unicode ostatecznie rozwiązuje problem komunikacji treści w różnych językach jednocześnie.

Dla plików tekstowych i HTML ważne jest zapewnienie użytkownikowi wyboru sposobu zawijania wierszy. W przypadku DjVu i PDF zasadniczą funkcją jest możliwość ekstrakcji fragmentów treści w odpowiadających im formatach — w szczególności wydobywania tekstu dokumentu.

Tym, co w dużej mierze zrewolucjonizowało przestrzeń treści elektronicznych i odróżnia je zasadniczo od papierowych pierwowzorów, są hiperłącza, a więc ich obsługa to wymóg.

PDF to również możliwość tworzenia różnorodnych adnotacji. Oprócz sposobności do dodawania odręcznych notatek, czyli analogii metody tradycyjnej, istnieje szereg nowych metod dodawania własnych treści do czytanego dokumentu. Są to przede wszystkim wszelkie no-

tatki multimedialne. Aplikacja więc powinna zapewniać możliwość dodania adnotacji w postaci pliku dźwiękowego czy nawet krótkiego filmiku.

Istotną funkcją jest przeszukiwanie zawartego w dokumencie tekstu. W przyszłości być może wykonalne będzie wydawanie złożonych kwerend dotyczących zawartości grafik. W tej chwili proste metody filtrowania grafiki wg różnych kryteriów oferuje wyszukiwarka Google, a znajdowanie grafik podobnych do siebie zapewnia serwis TinEye [76]. Na razie warto jednak w tym celu wykorzystać zdolność ludzkiego mózgu do efektywnego rozpoznawania obrazów, o czym mowa w dalszych rozdziałach.

Wspomniane zostały również zagadnienia dotyczące kryptografii w kontekście PDF. W tym jednak przypadku warto nadmienić, że ten element może być obsługiwany przez osobne aplikacje niebędące przeglądarkami dokumentów. Zestaw składający się chociażby z narzędzi xmlsec i pakietów GnuPG oraz OpenSSL zapewnia kluczowe funkcjonalności z zakresu kryptografii symetrycznej i asymetrycznej w kontekście dokumentów elektronicznych.

3.5. Treść a forma

Artykuł [77], dotyczący przede wszystkim książek, rozdziela je na te:

- o treści, z którą nie wiąże się forma
- o treści, która ma przybrać konkretną formę

Do pierwszej grupy zalicza się większość powieści. Do drugiej natomiast większość tekstów zawierających ilustracje, tabele, wykresy oraz poezja.

Należy jednak zaznaczyć, że są również i tacy powieściopisarze, dla których równie jak treść istotna jest forma. Należy do nich między innymi Mark Z. Danielewski, autor książek „House of Leaves” [78] oraz „Only Revolutions” [79]. Stosowane są w nich różne kroje i kolory pisma, autor posiłkuje się również licznymi zdjęciami i grafikami. Drugą książkę wyróżnia także fakt, iż na każdej stronie umieszczone są fragmenty historii obojga bohaterów obrócone względem siebie o 180 stopni i biegnące w przeciwnych kierunkach.

W artykule dyskutowane są możliwości urządzeń służących do czytania cyfrowych książek w kontekście powyższego podziału.

Urządzenia iPhone oraz Kindle są zaliczane do tych, które nie są w stanie wyświetlić treści w zamierzonej przez autora formie. Autor nie podaje jednak, o którą wersję Kindle chodzi. Biorąc pod uwagę natywne wsparcie dla formatu PDF w Kindle DX oraz Kindle 2 z nową wersją oprogramowania, podział powinien wyglądać nieco inaczej.

Z drugiej strony stawiane jest urządzenie iPad, które jest w stanie wyświetlić dokument w formie co najmniej tak skomplikowanej, jak wydanie papierowe. Autor sugeruje wręcz, że daje możliwość przewyższenia formy pierwowzoru.

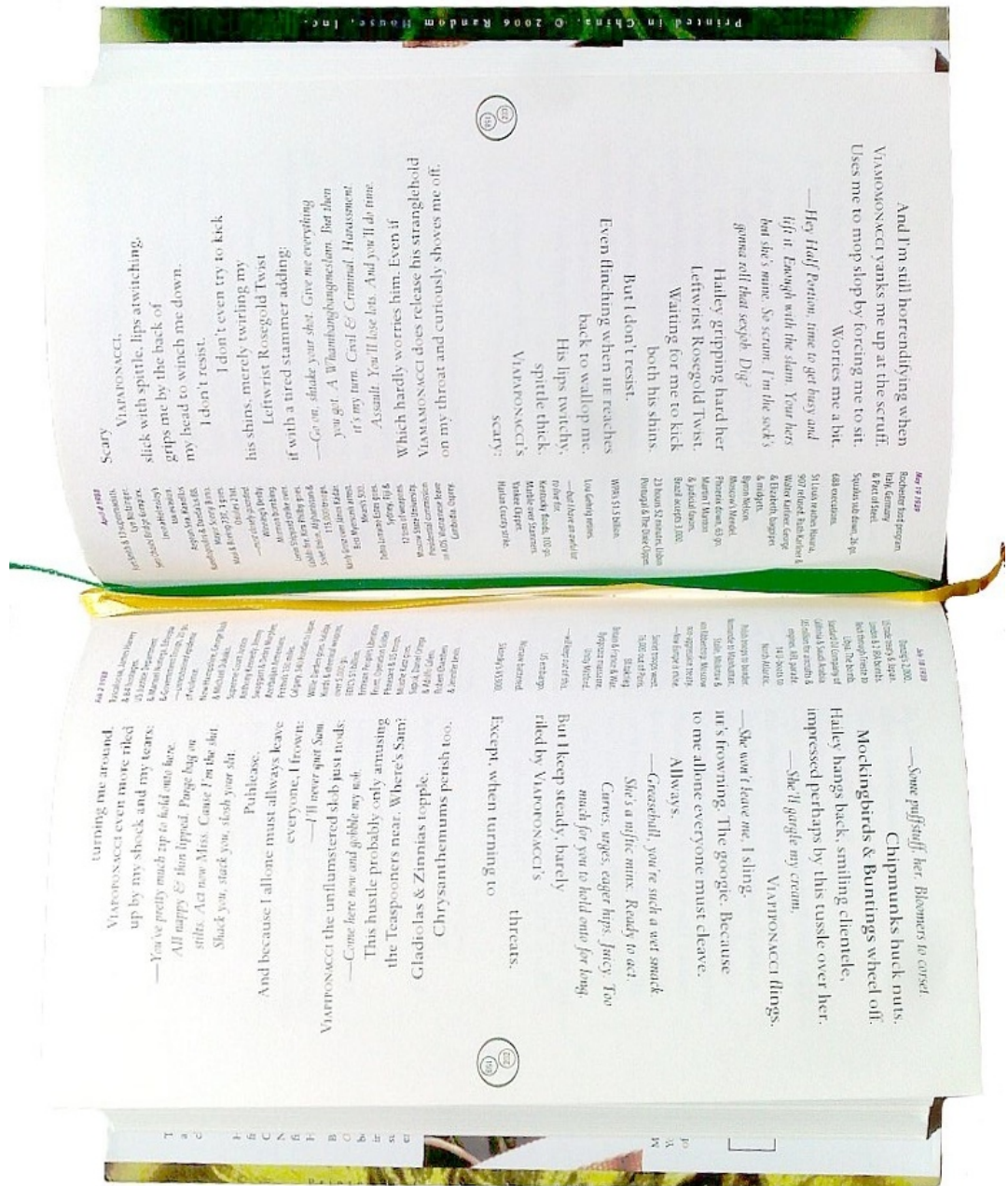
Konkluzję stanowi stwierdzenie, że przyszłość treści bez formy będzie należeć do rozwiązań cyfrowych. Pozwoli to oszczędzić zasoby naturalne i ograniczyć produkcję „jednorazowych książek” drukowanych na słabym papierze i po prostu wyrzucanych po jednokrotnym prze-

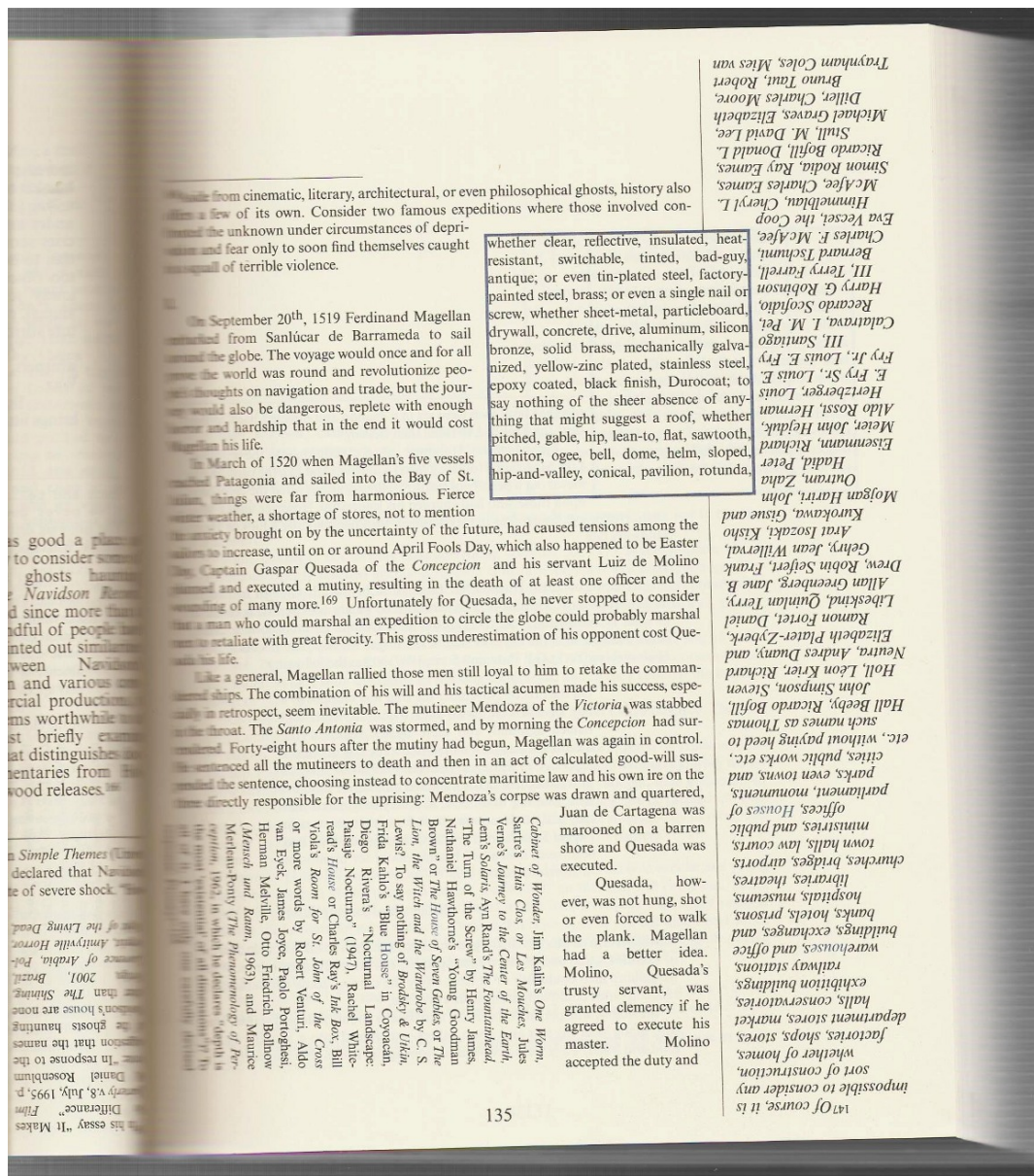
czytaniu. Rynek książek z istotną i treścią, i formą zostanie podzielony pomiędzy wydania cyfrowe zdolne odwzorować zamierzoną formę oraz wydania papierowe. Co do tych ostatnich jednak zostanie przedstawiony szereg wymagań:

- wykorzystanie potencjału fizycznej formy (faktura, zapach, kolor, ciężar itp.)
- wytrzymałość
- przekucie w fizyczną formę, wyrażenie pomysłów, idei
- niesienie wartości, która zostanie zrozumiana za dziesięciolecia

Zadaniu zachowania formy mogłyby podołać formaty PDF oraz DjVu, w pewnym stopniu również HTML.

Rysunek 3.3: „Only Revolutions”





Rysunek 3.4: „House of Leaves”

Rozdział 4

PlasticPage

4.1. Wstęp

Wydaje się, że dla wygodnego przeglądania czy czytania dokumentów elektronicznych można zrobić jeszcze wiele. Sam autor woli nadal czytać książki, gazety i czasopisma w wersji papierowej. Warto więc spróbować dociec, dlaczego tak właśnie jest.

W niniejszym rozdziale przedstawiona jest jedna z koncepcji, która potencjalnie mogłaby poprawić odczucia czytelnika podczas obcowania z cyfrowym dokumentem, w szczególności książką.

Jak już zostało wspomniane — użytkownikom urządzeń typu e-reader czy tabletów brak namacalności charakterystycznej dla papierowego pierwowzoru [47]. Zwyczaj przeglądania czy wyszukiwania informacji poprzez szybkie przerzucanie stron wydaje się być mocno zakorzeniony i co więcej praktyczny. Dzięki umiejętności mózgu do szybkiego rozpoznawania obrazów i skłonności do kojarzenia z nimi faktów, wielokrotnie jest łatwiej powrócić do interesującego fragmentu poprzez wyszukiwanie znajomego graficznego wzorca, niż wyszukując poszczególnych słów czy fraz. W związku z tym istnieje potencjał usprawnienia interakcji poprzez dodanie metafory prawdziwej książki do rozwiązań cyfrowych. Przedstawiona poniżej koncepcja wpisuje się w ten nurt.

W dalszych rozdziałach omówione zostały projekty towarzyszące, których koncepcje zrodziły się jako rozszerzenia funkcjonalności projektu glBook stworzonego z myślą o zasadniczym narzędziu, jakim jest PlasticPage i podobnie jak ono, mają za zadanie uczynić interakcje z dokumentami bardziej sprawnymi.

4.2. Ogólne założenia

Interfejs ma być urządzeniem niewielkich rozmiarów, wielkością ma być adekwatny do potencjalnego zastosowania jako element większych urządzeń — notebooków, tabletów czy

urządzeń typu e-reader. Konstrukcja może również występować w wariantcie osobnego narzędzia przeznaczonego do podłączenia do komputera osobistego. W obu przypadkach korzystne jest, by stanowiło ono wymieniaalny moduł, np. podłączany przy pomocy portu USB.

Metafora książki ma być zrealizowana poprzez stworzenie stosu elastycznych arkuszy udających kartki papieru. Każdy kolejny arkusz dodawany na górze stosu przesunięty jest względem poprzednika o kilka milimetrów, by zapewnić łatwe wypuszczanie arkuszy spod palca.

Urządzenie ma zapewnić wygodne korzystanie w elektronicznego dokumentu i zapewniać możliwości nawigacyjne wykluczające konieczność korzystania z innych urządzeń wejściowych podczas czytania.

4.3. Podobne rozwiązania

Prace nad przedstawianą koncepcją nie polegały jedynie na konstrukcji urządzenia oraz stworzeniu aplikacji pozwalającej zaprezentować jego możliwości. To również długotrwałe poszukiwania rozwiązań podobnych. Pomysł udoskonalenia interakcji z dokumentami poprzez wniesienie metafory książki czy w ogóle wyposażenie urządzeń w interfejsy związane bezpośrednio z przewracaniem stron nie jest nowy.

W publikacjach naukowych znaleźć można m.in. koncepcję elastycznego komputera składającego się przede wszystkim z poddającego się odkształceniom ekranu. Wyginanie jego powierzchni stanowi zasadniczy sposób komunikacji z urządzeniem. Jednym z takich projektów jest Gummi [80]. Pomysł doczekał się również rzeczywistej implementacji zaprezentowanej niedawno przez firmę Toshiba [81].

Jeszcze bliższym prezentowanemu rozwiązaniu jest projekt Bookisheet [82]. Przewiduje on interfejs w wariantcie zbliżonym do Gummi [80], ale również wersję wyglądającą jak okładka książki. Urządzenie wyposażone jest w czujniki zginania. Wymuszane przez użytkownika odkształcenia powodują przemieszczanie się po indeksie lub przerzucanie stron.

Gdy prace nad projektem już trwały, udało się odnaleźć wniosek patentowy opisujący prawie identyczną jak prezentowana koncepcję. Jednak zasadniczą podstawę do kontynuowania prac stanowił fakt, iż dokumenty patentowe nie opisują praktycznych metod uzyskania efektu metafory książki poprzez złożenie ze sobą elastycznych arkuszy. Jedyne rysunki techniczne przedstawiają wykorzystanie styków. W dalszej części przedstawione są argumenty sugerujące, iż taka konstrukcja ma nikłe szanse na zastosowanie w praktyce, a ponadto nie daje możliwości ciągłego pomiaru zakresu odkształcenia. W patencie wspomniane jest również, że urządzenie takie mogłoby być skonstruowane także na bazie czujników optycznych czy tensometrów. Brak jednak jakichkolwiek szczegółów technicznych dotyczących chociażby ich rozmieszczenia. Jak wyniknie z dalszego wywodu, sama tensometria jest zagadnieniem skomplikowanym, a metod realizacji pomiaru istnieje wiele. Tym samym właściwym wydawał się wniosek, że mimo braku możliwości opatentowania własnej koncepcji, nadal warto podjąć się konstrukcji urządzenia. Tym bardziej, że wymagało to przeprowadzenia eksperymentów z różnymi technologiami oraz przeanalizowania ich wad i zalet. Oprócz tego wstępna rozmowa z rzecznikiem patentowym sugeruje, iż patent obowiązuje jedynie na terenie Stanów Zjednoczonych oraz nadal istnieje możliwość rejestracji wzoru przemysłowego.

Dodatkowo patent ten pochodzi sprzed wielu lat. Wydaje się być nieco zapomniany. Dowodzić tego może fakt, że chociażby z korespondencji z jednym z autorów projektu Booksheet, panem Jun-ichiro Watanabe, wynika, iż konstrukcja metafory książki w postaci stosu elastycznych arkuszy nie była rozważana.

4.4. Arkusze

Arkusze, których wychylenie jest mierzone, muszą być wytworzone z materiału, który z jednej strony jest elastyczny, by zachować podobieństwo do wrażenia przierzucania prawdziwych kartek. Z drugiej strony po zwolnieniu nacisku musi wracać do pierwotnego kształtu — inaczej niż papier, który zgina się pod własnym ciężarem.

Przetestowano różne łatwo dostępne materiały.

4.4.1. Tektura

Tektura w oczywisty sposób przypomina fakturą prawdziwą książkę. Jest też przyjemna w dotyku i nie powoduje pocenia się palca. Niestety te właściwości posiada jedynie niezaimpregnowana, a w takim stanie podatna jest na wilgoć i trwałe uszkodzenia polegające na jej zagięciu czy przerwaniu.

Tektura pokryta tworzywem jest bardziej odporna, jednak ponieważ warstwa ochronna jest cienka, a główny element sprężysty nadal stanowi papier — i ten wariant łatwo uszkodzić. Tego typu elastyczne arkusze można spotkać chociażby w postaci kieszonkowych kalendarzyków.

4.4.2. PET

Kolejnym materiałem było tworzywo PET. Powszechnie jest stosowane do produkcji plastikowych butelek na napoje. Niestety w tym przypadku fragmenty plastiku wycięte z różnych butelek okazywały się zbyt grube i tym samym zbyt sztywne.

4.4.3. PVC

Najlepszym znalezionym surowcem okazały się obwoluty na dokumenty z tworzywa. Posiadają pożądane właściwości mechaniczne. Oprócz tego, ponieważ są łatwo dostępne, a wybór względnie duży — bez większych problemów można było dobrać folię o odpowiedniej grubości, a tym samym sztywności. Materiał, z którego wykonano wykorzystane obwoluty to poli(chlorek winylu) (PVC) o grubości $190\mu\text{m}$.

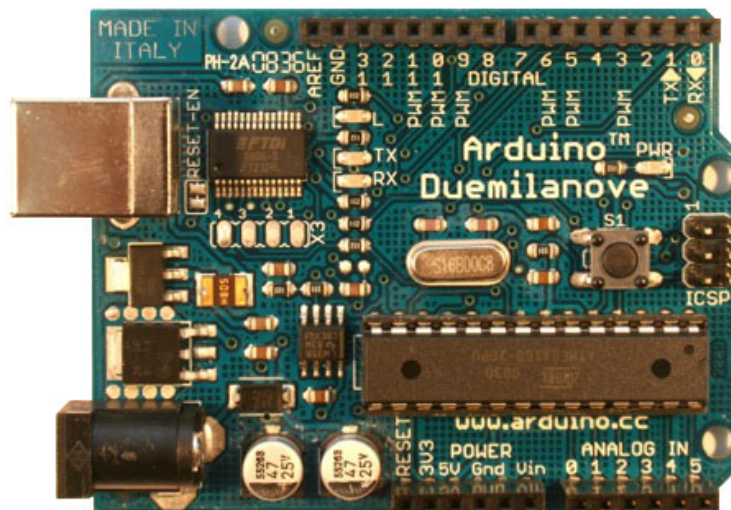
Należy dodać, że poszukiwania materiału zostały zakończone po znalezieniu takiego, który wystarczył do budowy prototypu, a jego właściwości mechaniczne zostały zaakceptowane

przez samego autora oraz niewielką grupę testową. Produkt pochodzi ze sklepu z materiałami biurowymi. Tworzywa sztuczne jednak można zakupić w arkuszach o różnej grubości i sztywności, jeśli planuje się produkcję na skalę przemysłową, a zaopatrzenia dokonuje się bezpośrednio u producenta. Dlatego nie można wykluczyć, że finalna wersja urządzenia posiadać będzie arkusze wykonane chociażby z polipropylenu.

4.5. Platforma rozwojowa

Do realizacji projektu potrzebna była platforma, która pozwoliłaby na pomiar napięć na wyjściach czujników, następnie na wstępną obróbkę, a ostatecznie przesłanie danych do komputera. Ponieważ zasadniczym zadaniem nie była budowa takiego urządzenia, ale konstrukcja czujników i praktyczne ich wykorzystanie, celem poszukiwań była platforma prosta w użyciu oraz pozwalająca na szybkie prototypowanie kolejnych rozwiązań.

Wybrana została płytki Arduino Duemilanove, oparta o mikrokontroler ATmega328. Posiada ona 14 cyfrowych wejść/wyjść (z czego 6 może być wykorzystanych jako wyjścia PWM), 6 analogowych wejść, 16MHz oscylator kwarcowy oraz łącze USB. Układ można zasilac z łącza USB lub zewnętrznego źródła. Tradycyjnie ładowanie programów odbywa się poprzez kabel USB, jednak dzięki układowi FTDI FT232RL na płytce oraz sterownikowi systemu operacyjnego użytkownik korzysta z emulowanego portu RS-232. Do dyspozycji są 32KB pamięci Flash (z czego 2KB przeznaczone są na program ładujący), 2KB pamięci SRAM oraz 1KB pamięci EEPROM [83].



Rysunek 4.1: Arduino Duemilanove, źródło: www.arduino.cc

Wejścia analogowe zapewniają 10-bitową rozdzielczość, domyślnie dla zakresu od 0 do 5V. Można więc rozróżniać wartości napięcia różniące się o niecałe 5mV.

Układ jest zabezpieczony na wypadek wystąpienia zwarcia. W przypadku poboru prądu większego niż 500mA z portu USB w roli bezpiecznika zadziała termistor PTC, który ograniczy przepływający prąd do czasu usunięcia źródła problemu. Zabezpieczenie to okazało się niezwykle istotne podczas budowy kolejnych wersji czujników, które nie zawsze były wolne od błędów.

Platformie sprzętowej towarzyszy środowisko programistyczne oraz zestaw bibliotek. Język, w którym tworzy się programy, bazuje na C/C++.

Płytki Arduino są popularne wśród użytkowników portalu Hack a Day, o czym może świadczyć liczba zrealizowanych projektów przy użyciu tej właśnie platformy [84].

4.6. Czujniki

Zasadniczą częścią rozwiązania są czujniki, które służą do ustalenia poziomu wychylenia każdego z arkuszy. W zależności od postawionych sobie celów — czujniki mogą stwierdzać wychylenie binarnie (stan spoczynku, wychylenie) lub z większą rozdzielczością. Od wyboru precyzji pomiaru zależy, czy interfejs może służyć tylko do przerzucania stron, czy również do ich chwilowego odchylania. Wtedy stopień wychylenia arkusza może być wizualizowany na bieżąco na ekranie.

4.6.1. Cechy dobrego czujnika

Dla rozważanego projektu kilka cech statycznych czujników jest wyjątkowo ważnych. Sposób opisu właściwości czujników znaleźć można w [85, s. 51-72].

Zakres — czyli jaki zakres wychylenia arkusza da się zmierzyć danym czujnikiem. W praktyce istnieje konieczność mierzenia kilkucentymetrowego wychylenia końcówki arkusza.

Czułość — pożądane są takie zmiany wartości na wyjściu czujnika, że pełne wychylenie arkuszy będzie z grubsza odpowiadać pełnemu zakresowi miernika. W tym wypadku dla potrzeb sprzęgu z komputerem istotny jest zakres wartości napięcia, jakie można zmierzyć przy pomocy wejść analogowych płytki Arduino.

Histereza i liniowość — w przypadku wystąpienia znacznej histerezy i braku liniowości czujnika potrzebna będzie korekta na poziomie programu działającego na mikrokontrolerze.

Wpływ temperatury i wilgotności — w przypadku wielu czujników należy się spodziewać, że przynajmniej temperatura będzie miała wpływ na wartość odczytu. Efekt można kompensować (omówione w dalszej części mostki) lub wprowadzać poprawki na poziomie programu na podstawie odczytu czujnika temperatury.

Powtarzalność — można założyć, iż końcowemu użytkownikowi będzie zależeć na przewidywalnym zachowaniu urządzenia. Powtarzalność pomiaru jest kluczowa. Takie same wychylenia rzeczywistego arkusza powinny być zawsze przetwarzane na takie same wychylenia wirtualnych stron.

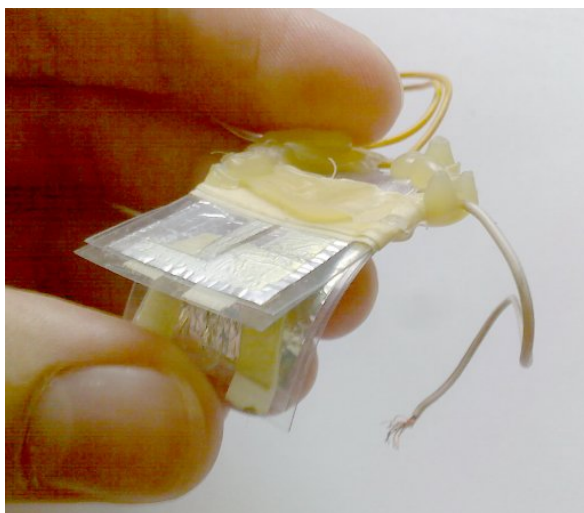
Stabilność — warto, by czujnik nie tracił swych właściwości z czasem. Jeśli tak się stanie, czujnik trzeba wymienić lub przeprowadzić ponowną kalibrację.

4.6.2. Styki

Pierwsze rozwiązanie korzystało ze styków z materiału przewodzącego naniesionego na każdy z arkuszy. Wydaje się, że koncepcja ta zbliżona była do tej prezentowanej we wspomnianym już zgłoszeniu patentowym [86].

Jako materiału przewodzącego użyto folii aluminiowej. Została ona przyklejona do plastikowych arkuszy przy pomocy dwustronnej taśmy klejącej.

Niestety okazało się, że taka konstrukcja ma kilka zasadniczych wad.



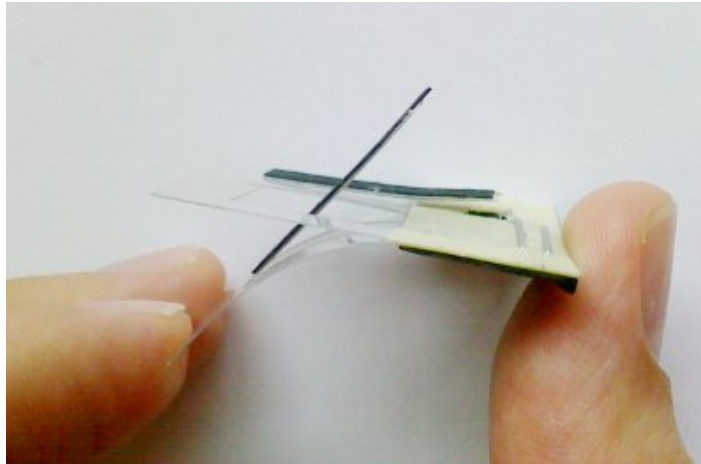
Rysunek 4.2: Jeden z czujników stykowych ze ścieżkami aluminiowymi

Pierwsza z nich polega na tym, iż trudno zapewnić, że w stanie spoczynku dwa fragmenty folii aluminiowej zetkną się wystarczająco dokładnie, by zwarcie zostało wykryte. Siłę docisku udało się zwiększyć poprzez delikatne podgięcie arkuszy — tak, by boki arkusza znajdowały się ok. 2mm wyżej niż jego środek. Dodatkowo w miejscach styku folia została nieco pofałdowana, by bardziej odstawać od arkusza. Mimo tych wszystkich wysiłków efekty były niezadowalające. Zdarzało się, że odgięcie jednego arkusza powodowało przypadkowe zwarcie lub rozwarcie innego.

Po drugie, choć metoda nanoszenia przewodzących ścieżek na elastyczny materiał jest znana chociażby z klawiatur komputerowych, w tym przypadku układ byłby wystawiony na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych. Łatwo byłoby więc zabrudzić czy zerwać ścieżki.

Oprócz tego taka konstrukcja nie zapewnia możliwości obserwacji ciągłej zmiany wychyleń, a jedynie informację o tym, czy arkusz został odchylony, czy nie.

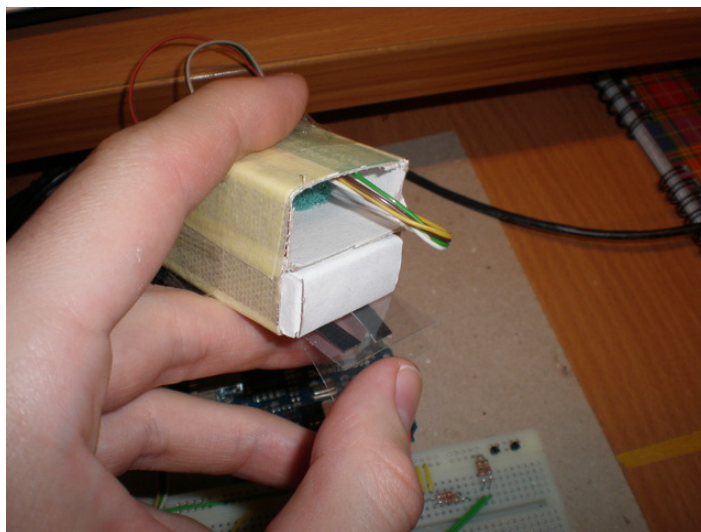
Na podstawie powyższych doświadczeń wydaje się, że rozwiązanie ze stykami, choć proste i proponowane również na rycinach zawartych we wzmiarkowanym patencie [86], jest niepraktyczne.



Rysunek 4.3: Arkusze z usztywnionymi łopatkami

4.6.3. Fototranzystor

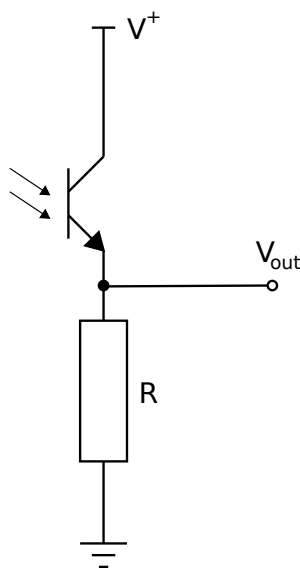
Skonstruowano układ pomiarowy, który jako czujników używa fototranzystorów. Arkusze ułożone w stos mają wycięte łopatki. Gdy arkusz zostaje wygięty, łopatka unosi się. By zwiększyć efekt, każda łopatka jest dodatkowo usztywniona (rys. 4.3). Każda z nich umieszczona jest między źródłem światła i odpowiadającym fototranzystorem, dzięki czemu działa jak przesłona. Od ilości światła padającego na fototranzystor zależy wielkość przepływającego przez niego prądu. Schemat elektryczny pokazany jest rysunku 4.5.



Rysunek 4.4: Urządzenie oparte o czujniki z wykorzystaniem fototranzystorów

Urządzenie (rys. 4.4) zbudowane zostało z następujących części:

- dwa kawałki folii PVC (5cm x 3cm)
- tektura usztywniająca łopatki
- tekturowe pudełko
- gąbka stabilizująca fototranzystory
- grzbiet plastikowy do oprawy dokumentów stabilizujący diody i arkusze
- 2 x opornik $20k\Omega$
- 2 x LED czerwona (ok. 5cd, $\phi = 5\text{mm}$)
- 2 x fototranzystor L-53P3C



Rysunek 4.5: Układ pomiarowy z wykorzystaniem fototranzystora

Ponieważ urządzenie wytworzone zostało ręcznie z powszechnie dostępnych materiałów, cechuje je brak precyzji wykonania. Mimo to uzyskane wyniki pozwalają na jednoznaczne określenie stopnia wychylenia arkuszy, po wcześniejszej jednokrotnej kalibracji. Wewnątrz umieszczone są dwa czujniki (po jednym na arkusz). Przyjmując oznaczenia jak na rysunku 4.5 — napięcie $V^+ = 3.3\text{V}$, $R = 20k\Omega$. W stanie spoczynku napięcie V_{out} nie przekracza 0.2V . Po wychyleniu krawędzi arkuszy o ok. 1cm na jednym z czujników napięcie V_{out} sięga 1.8V , na drugim 2.5V .

Do zalet tego rozwiązania zdecydowanie należą czułość i powtarzalność pomiaru. Do wad natomiast należy wymóg, by każdy kolejny arkusz posiadał wycięty otwór pozwalający na podniesienie się łopatki arkusza poniżej. Otwór musi rosnąć wraz z przybywaniem łopatek, tak więc każdy następny arkusz zawiera coraz mniej materiału, tym samym mając inne właściwości.

4.6.4. Słabe przewodniki

Firma Images SI produkuje czujniki zginania. Oferuje ona kilka różnych rozwiązań w tym zakresie, również takie będące przedmiotem wniosków patentowych. Tutaj zostanie opisany jeden z nich, znany między innymi z serwisu Instructables [87] (portalu między innymi elektroników-hobbystów) oraz projektu Bookisheet [82] (zrealizowanego przez badaczy interfejsów człowiek-maszyna).

Urządzenie można zakupić w całości lub w częściach. Części można kupić również samodzielnie. Na wspomnianym serwisie oraz na stronie producenta dostępna jest instrukcja budowy urządzenia.

W skład zestawu wchodzi:

- dwa kawałki taśmy miedzianej
- kawałek materiału oporowego
- kawałek elastycznego tworzywa (w celu nadania konstrukcji sprężystości)
- rurka termokurczliwa

Warstwy ułożone jak na rysunku 4.6 wkładane są do rurki termokurczliwej, a następnie oba jej końce zaślepiane są klejem silikonowym.

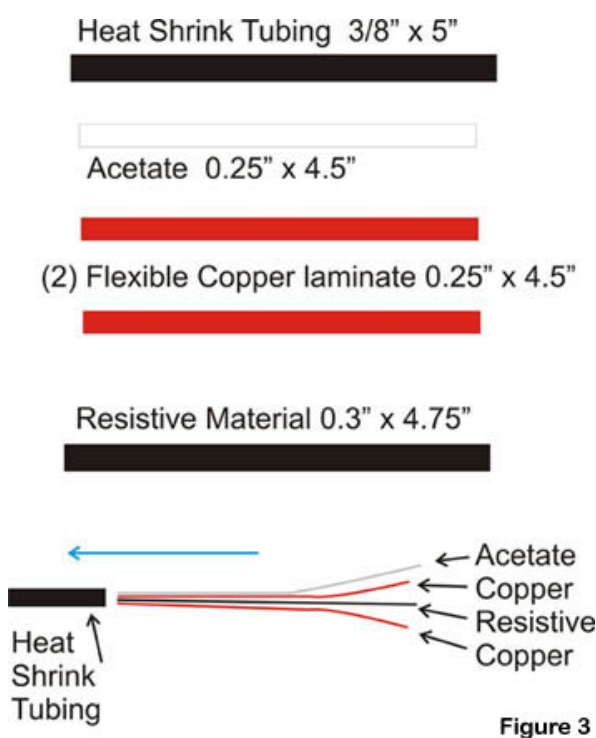


Figure 3

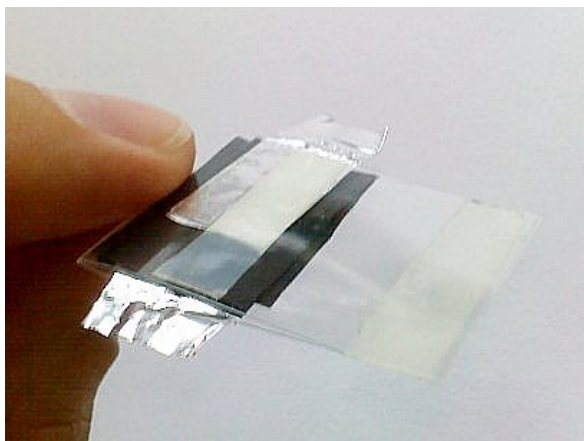
Sandwich Materials

Rysunek 4.6: Budowa Two-Directional Bi-Flex Sensors™ — FLX-01, źródło www.imagesco.com

Czujnik działa dzięki temu, że podczas zginania materiał oporowy dociskany jest dokładniej do przewodnika. Tym samym zmniejsza się opór tej swoistej „kanapki”.

Z opisu konstrukcji tego typu czujników wynika, że jako materiału oporowego często używa się VelostatuTM firmy 3MTM, który używany jest między innymi do produkcji torebek antystatycznych na części elektroniczne. Okazało się, że produkt nie jest łatwo dostępny na terenie kraju. W wyniku poszukiwań znaleziony został materiał zastępczy. Sklep internetowy Transfer Multisort Elektronik (TME) oferuje elektroprzewodzące torebki wykonane z folii kopolimerowej oznaczone symbolem ESDBB [88]. Kluczowa w wyborze materiału jest jego rezystancja powierzchniowa. Dla wspomnianych torebek wynosi ona 10–100k Ω . Dla tradycyjnie stosowanych torebek antystatycznych wykonanych z folii metalizowanej wartość ta wynosi 10–100G Ω .

Problemem tego czujnika jest brak precyzji cechujący cały proces jego produkcji. W szczególności chodzi o konstrukcję, która z założenia pozwala na przemieszczanie się poszczególnych elementów wewnątrz rurki. Wysoce prawdopodobne jest, iż czujniki będą znacznie się od siebie różnić. Podejrzenia te zostały potwierdzone poprzez zbudowanie czujników (rys. 4.7). Faktem jest natomiast, że działający czujnik wykazuje zmniejszenie oporu prawie o rząd wielkości przy wychyleniu o mniej więcej centymetr krawędzi arkusza, którego jest składnikiem. Jeden z testowanych egzemplarzy zmniejszał opór z ok. 200k Ω do ok. 20 k Ω .



Rysunek 4.7: Jeden z czujników skonstruowanych z użyciem folii kopolimerowej

Czujnik reaguje również na nacisk, co może stanowić poważny problem podczas jego montażu w większym urządzeniu. Samo umocowanie sensora może zmienić wartość jego rezystancji.

Niewątpliwie jednak jest to ciekawe rozwiązanie dla hobbystów, którzy nie potrzebują bardzo precyzyjnych czujników, za to znoszących szeroki zakres deformacji.

Do rozważenia pozostaje użycie czujników firmy Images SI zbudowanych na innej zasadzie. Wydaje się jednak, że rozwiązania te są zbliżone do tensometrii elektrooporowej, technologii dobrze opisanej i stosowanej już kilka dziesięcioleci.

4.6.5. Tensometria elektrooporowa

Pierwszymi pracami nad zjawiskiem tensooporowym były badania Wiliama Thomsona-Kelvina. W roku 1856 odkrył on zjawisko zmiany przewodnictwa elektrycznego metali pod wpływem odkształcenia. Zjawisko to, zwane współcześnie efektem tensooporowym, polega na wzroście rezystancji metali pod wpływem naprężeń rozciągających i jej zmniejszaniu pod wpływem naprężeń ściskających. W roku 1937 E. E. Simmons z Kalifornijskiego Instytutu Technologicznego nakleił cienkie druciki na powierzchni badanej konstrukcji i wykazał, że zmiany ich rezystancji są wprost proporcjonalne przy rozciąganiu i ściskaniu do naprężeń w niej panujących. W tym samym czasie A. C. Ruge w Instytucie Technologicznym w Massachusetts przeprowadził analogiczne prace, naklejając jednak uprzednio drut oporowy na podkładkę papierową. Powstały w ten sposób czujnik pomiarowy, stanowiący prototyp współczesnego tensometru, był naklejony na element badanej konstrukcji [89].

Właściwości tensometrów

Można wyróżnić następujące zalety tensometrycznej metody pomiarowej:

- wykorzystując taki sam zestaw pomiarowy można mierzyć różne wielkości nieelektryczne — siłę, ciśnienie, przemieszczenie, przyspieszenie, moment obrotowy oraz odkształcenia i naprężenia
- konstrukcja tensometru jest prosta i nie wymaga stosowania specjalnych materiałów
- tensometry mogą być używane do pomiarów statycznych oraz dynamicznych
- prawidłowo zaprojektowane i wykonane przetworniki są niewrażliwe na zmiany warunków otoczenia (temperatura, wilgotność)
- możliwość pracy w temperaturach znacznie wyższych od spodziewanych w przypadku interfejsów człowiek-maszyna
- mała histereza

Jako wady można wymienić:

- ograniczenie częstotliwości mierzonych przebiegów dynamicznych do pojedynczych kiloherców, co jednak w omawianym zastosowaniu nie przeszkadza
- trudności całkowitego skompensowania wpływu temperatury w przypadku dużych jej zmian podczas pomiaru

Cienki drut zawarty w tensometrze zmienia opór proporcjonalnie do względnego odkształcenia (w granicach sprężystości). Dysponujemy zależnością

$$\frac{\Delta R}{R} = K\varepsilon, \quad (4.1)$$

gdzie:

- R to pierwotna rezystancja drutu
- ΔR to zmiana oporu
- parametr K jest wielkością stałą i zależną głównie od materiału, z którego wykonany jest tensometr

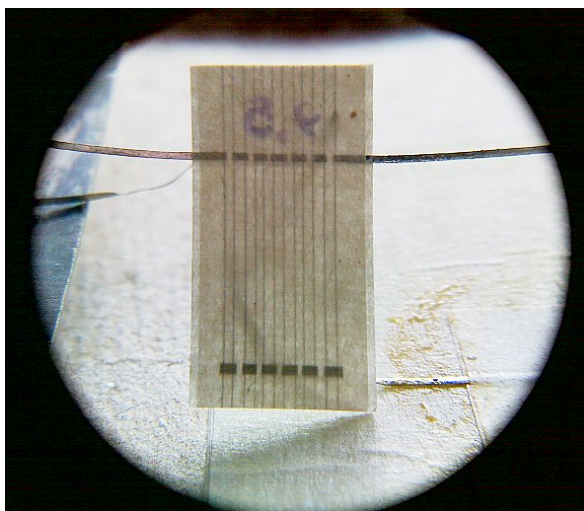
- ε to odkształcenie względne ($\frac{\Delta l}{l}$).

Dla tensometrów wykonanych z materiałów metalowych współczynnik $K \approx 2$. Materiałem często wykorzystywanym do produkcji tensometrów jest konstantan (stop miedzi i niklu). Jego podstawową zaletą jest mały współczynnik termicznej zmiany rezystancji.

Rodzaje tensometrów

Tensometry wężykowe wykonane są z pojedynczego kawałka drutu o średnicy 10–50 μm . Drut jest wielokrotnie zawijany na powierzchni czujnika w formę „wężyka” właśnie. Do zalet należą prostota wykonania i możliwość pracy w wysokich temperaturach. Do wad zaliczyć można podatność na odkształcenia poprzeczne do kierunku pomiarowego.

Tensometry kratowe wykonane są z wielu odcinków drutu o średnicy do 50 μm . Pary tych odcinków łączone są szerszą ocynowaną taśmą miedzianą. Taka konstrukcja powoduje, że tensometr jest niewrażliwy na odkształcenia poprzeczne. Zastosowanie cyny ogranicza jednak zakres temperatur, w których można zastosować urządzenie.

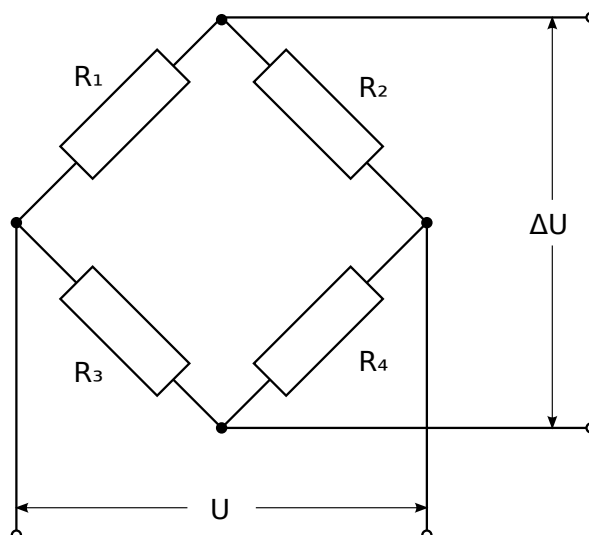


Rysunek 4.8: Tensometr kratowy z podkładką papierową

Tensometry foliowe wykonane są z folii o grubości 0.0025 – 0.025 mm. Metoda produkcji podobna jest do tej stosowanej dla obwodów drukowanych. Pozwala ona na automatyzację produkcji, miniaturyzację tensometrów, wytwarzanie siatki o skomplikowanych kształtach oraz łączenie tensometrów w całe zespoły. Do zalet można zaliczyć niewrażliwość na odkształcenia poprzeczne, dużą odporność na uszkodzenia mechaniczne, możliwość pracy w wysokich temperaturach. Możliwe jest również przepuszczenie przez nie większych prądów — 200 mA w stosunku do 35 mA dla tensometrów drucikowych. Jako wada wymieniana jest niższa niż w przypadku tensometrów drucikowych odporność na zmęczenie mechaniczne, choć i tak wyższa niż w przypadku tensometrów kratowych.

Układy mostkowe

Zmiany rezystancji tensometru pod wpływem odkształcenia mieszczą się przeważnie w granicach 0.5%. Pomiar tak małych różnic może być problematyczny w związku z ograniczoną rozdzielczością przyrządów pomiarowych. Dlatego stosuje się mostek Wheatstone'a (rys. 4.9).



Rysunek 4.9: Mostek Wheatstone'a

Warunkiem utrzymania równowagi układu ($\Delta U = 0$) jest spełnienie proporcji

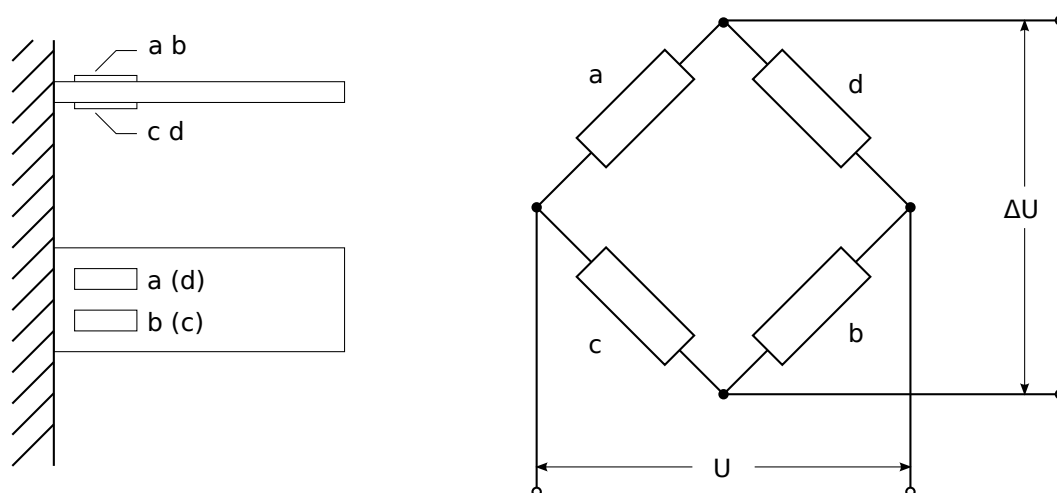
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (4.2)$$

Do pomiarów najlepiej użyć wersji mostka, w której wszystkie cztery oporniki zastąpione są jednakowymi tensometrami o oporze R . Uzyskujemy w tym wariantcie w przybliżeniu czterokrotnie większą zmianę napięcia niż w przypadku, gdyby użyto pojedynczego tensometru i trzech oporników. Fakt, iż każdy z elementów ma taki sam opór, powoduje że w stanie spoczynku napięcie między gałęziami $\Delta U = 0$.

Zakładając, że mierzymy wygięcie pewnej płytki, dwa tensometry montujemy na wierzchu, a dwa pod spodem. Tak więc podczas odkształcania dwa tensometry na skutek rozszerzania zwiększają swój opór, a pozostałe dwa zmniejszają (każdy o ΔR). Dla konfiguracji jak na rysunku 4.10 zachodzi zależność

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta R}{R} \quad (4.3)$$

Taka konfiguracja ma również tę zaletę, że jeśli w wyniku oddziaływania temperatury nastą-



Rysunek 4.10: Mostek Wheatstone'a, 4 tensometry naklejone na płytkę

piąłaby zmiana oporu tensometrów, to będzie ona jednakowa dla nich wszystkich, więc efekt ulegnie kompensacji. Tym samym w stanie spoczynku nadal $\Delta U = 0$.

Należy nadmienić, że omówiony został przypadek idealny, gdzie tensometry mają taki sam opór. W rzeczywistości można jedynie przybliżyć się do takiego stanu. Przykładowy tensometr firmy Tenmex o symbolu TF-5/120 ma rezystancję 120Ω . Jednak jest ona określona z dokładnością 0.2% . Czyli w najgorszym wypadku opór będzie się różnił o ok. 0.24Ω . Dla tensometru, którego współczynnik $K \approx 2$, taka różnica jest zbliżona do zmiany oporu powstałego na skutek samego mierzonego wychylenia. Dlatego należy dobrać zestaw czterech tensometrów o jak najbardziej zbliżonym oporze [89, s. 57, 62, 162].

Inną metodą mogłoby być sztuczne uzyskanie stanu równowagi poprzez dołożenie dodatkowego opornika czy nawet potencjometru, a następnie dokonanie czynności jak dla pomiaru metodą mostka zrównoważonego znaną z literatury. Jednak wpływ temperatury na tensometr byłby inny niż na opornik. Można więc skorzystać z tensometru kompensacyjnego. Również takie produkuje wspomniana firma. Ich opory są nawet trzy rzędy wielkości mniejsze niż w przypadku zwykłych tensometrów (przy zachowaniu tolerancji 0.2%).

Półowa mostka

Może się jednak zdarzyć tak, że zajdzie potrzeba znalezienia kompromisu pomiędzy ceną i pracochłonnością wykonania egzemplarza urządzenia, a łatwością przeprowadzania pomiaru.

Chociaż układ z czterema tensometrami zapewnia największe różnice mierzonego napięcia, pomiar jest możliwy również dla wariantu połowy mostka, czyli z dwoma tensometrami. Wtedy, wykorzystując oznaczenia z rysunku 4.9, opory R_3 i R_4 stanowią oporniki, a R_1 i R_2 tensometry. Taki układ nadal zapewnia kompensację wpływu temperatury. Jeśli założyć, że oba tensometry ulegają odkształceniu (w tym samym kierunku, ale o przeciwnych zwrotach) mierzona zmiana napięcia jest dwukrotnie mniejsza niż w poprzednim wariantcie.

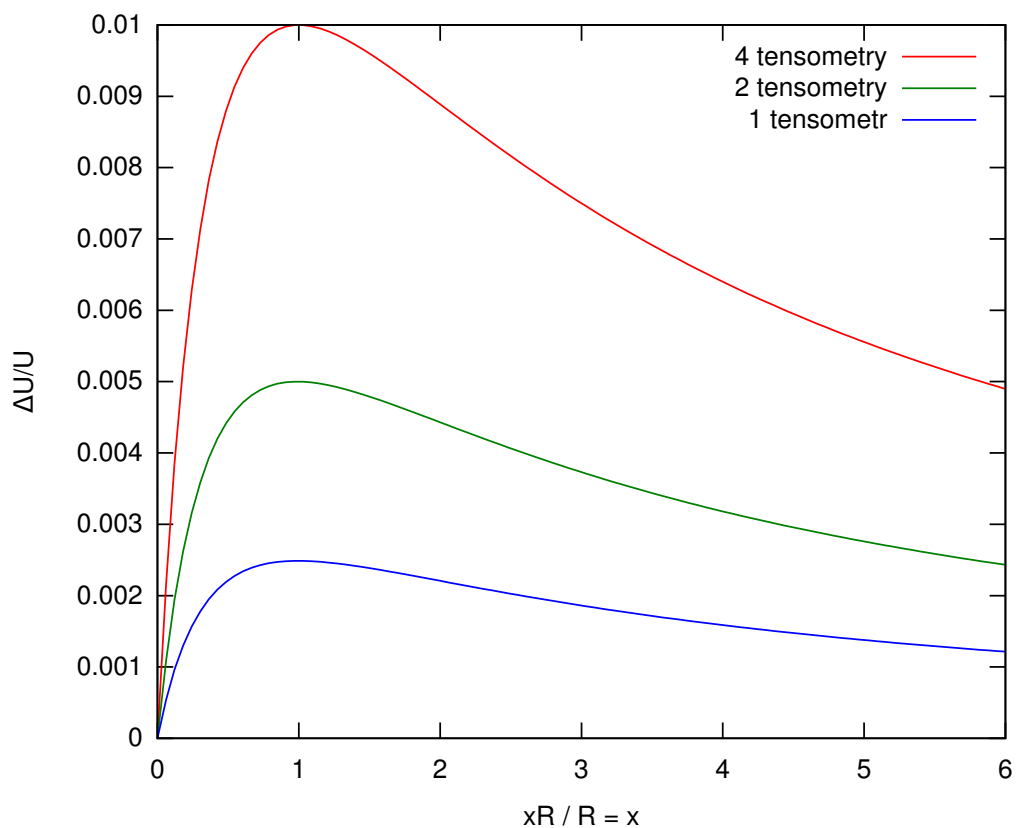
W przypadku, gdy tylko jeden tensometr jest poddawany odkształceniu, a drugi służy je-

dynie do kompensacji wpływu czynników zewnętrznych, tensometry nazywa się odpowiednio czynnym i kompensacyjnym. Firma Tenmex zapewnia nawet osobny zestaw produktów nazwanych tensometrami kompensacyjnymi. Mają one przede wszystkim inną rezystancję od pozostałych modeli, a w jednym przypadku również budowę [90]. Warunkiem zadziałania tensometru kompensacyjnego jest to, by posiadał takie same właściwości jak tensometr czynny [91, s. 61, 145], w szczególności:

- współczynnik czułości odkształceniowej K
- współczynnik termicznej zmiany rezystancji drutu oporowego α_0
- współczynnik rozszerzalności liniowej drutu oporowego α_1

Należy jednak wziąć pod uwagę skutki wykorzystania tensometrów czynnego i kompensacyjnego o różnych oporach. Wykres 4.11 w prosty sposób pokazuje, że największą różnicę napięcia uzyskamy, gdy spełniony jest warunek

$$\frac{R_c}{R_k} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = 1 \quad (4.4)$$



Rysunek 4.11: Zależność $\frac{\Delta U}{U}$ od $\frac{xR}{R} = x$

Wykres 4.11 przedstawia również zależność zmiany napięcia od liczby tensometrów ulegających odkształceniu. Został stworzony przy założeniach, że $v = \frac{\Delta R}{R} = K\varepsilon = 0.01$, $R_1 = R_3 = x R_2 = x R_4 = x R$ oraz następującej konstrukcji:

Liczba tensometrów	Odształcane tensometry	Pozostałe tensometry	Oporniki
4	R_1, R_2, R_3, R_4		
2	R_1, R_2		R_3, R_4
1	R_1	R_2	R_3, R_4

Wzór wykorzystany dla układu 4 tensometrów:

$$\frac{\Delta U}{U} = \left(\frac{xR + vxR}{xR + vxR + R - vR} - \frac{xR - vxR}{xR - vxR + R + vR} \right), \quad (4.5)$$

2 tensometrów:

$$\frac{\Delta U}{U} = \left(\frac{xR + vxR}{xR + vxR + R - vR} - \frac{xR}{xR + R} \right), \quad (4.6)$$

oraz 1 tensometru:

$$\frac{\Delta U}{U} = \left(\frac{xR + vxR}{xR + vxR + R} - \frac{xR}{xR + R} \right) \quad (4.7)$$

Przykłady różnych konfiguracji mostków znaleźć można w [89, s. 27][91, s. 240].

Układ pomiarowy

Przed przystąpieniem do budowy układu należało przeprowadzić test stosowalności kleju używanego do mocowania tensometrów. Wykorzystano klej BWF. Przy jego pomocy tensometry zostały naniesione na różne materiały, między innymi na laminowaną tekturę, folię PVC oraz zwykłą tekturę (rys. 4.12). W pierwszym wypadku przy pomocy papieru ściernego wcześniej została zdarta część warstwy nadruku i laminatu. W drugim folia została dodatkowo pokryta papierową taśmą malarską.



Rysunek 4.12: Tensometry przyklejone do różnych powierzchni

Zbudowano układ, który miał pozwolić na stwierdzenie, czy wykorzystane materiały i zakresy wychyleń arkuszy będą odpowiednie, by zastosować tensometry. Tensometr został przy-

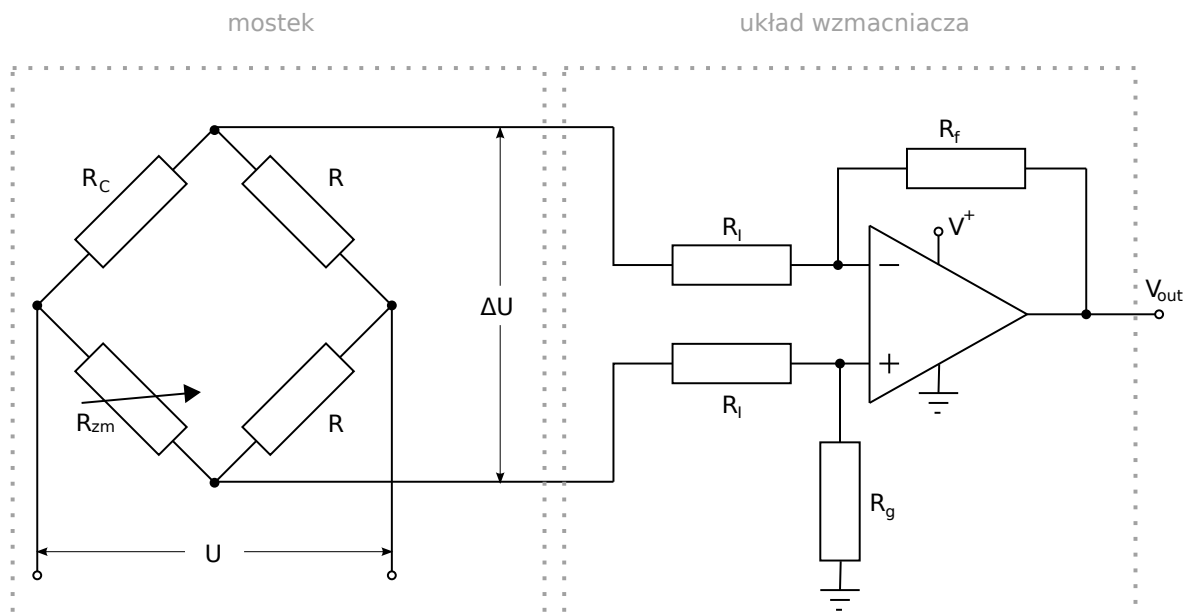
klejony klejem BWF do arkusza o długości 4.5cm z folii PVC pokrytej taśmą papierową malarską. Układ pomiarowy (rys. 4.13) składał się z:

- R_c — tensometru kratowego na papierowej podkładce o oporze ok. 120Ω ($121.0 \pm 0.2\Omega$) o współczynniku $K = 2.15$
- R — dwóch oporników po 120Ω
- R_{zm} — potencjometru o maksymalnym oporze 200Ω
- R_I — dwóch oporników po $1k\Omega$
- $R_g = R_f$ — dwóch oporników po $100k\Omega$
- wzmacniacza operacyjnego LM324

Dla podanych wartości oporów wartość wzmocnienia układu wzmacniacza różnicowego wynosiła 100.

Wartości napięć:

- $U = 3.3V(3.44V)$
- $V^+ = 5V(4.96V)$



Rysunek 4.13: Układ pomiarowy z wykorzystaniem pojedynczego tensometru

Przed przystąpieniem do pomiarów, przy pomocy potencjometru R_{zm} doprowadzono do sytuacji jak najbliższej $\Delta U = 0$.

Ostatecznie dokonano pomiarów. W stanie spoczynku na wyjściu wzmacniacza uzyskano napięcie 1.4V. Podczas wychylania końcówki arkusza o ok. 1cm uzyskano zmiany napięcia ok. 200mV. Tym samym można stwierdzić, iż wybrana platforma (płytką Arduino) nadaje się do pomiarów wychyleń przy pomocy tensometrów.

Złożony układ nie zapewnia kompensacji temperaturowej. Jego podstawowym celem było sprawdzenie, czy jeden tensometr wystarczy, by w ogóle mierzyć spodziewane wychyle-

nia. Wspomniana literatura zawiera schematy mostków z kompensacją wpływu temperatury składające się z 2 lub 4 tensometrów. Należy jednak się zastanowić, czy jest to absolutnie potrzebne. W latach, kiedy powstawały rzeczne książki, układy elektroniczne nie były tak łatwo dostępne i tak tanie. W związku z tym prawdopodobne jest, że w ostatecznym rozwiązaniu warto byłoby dodać czujnik temperatury, a charakterystyki temperaturowe i poprawki zaszyć w kodzie. W ten sposób kompensacja dokonywałaby się na poziomie oprogramowania, a na każdy arkusz przypadałby jeden tensometr.

4.6.6. QTC

Quantum Tunnelling Composite (QTC) to materiał produkowany przez brytyjską firmę Paratech, który będąc wyginanym bądź ściskany i rozciągany zmienia swe właściwości elektryczne. W stanie spoczynku jest prawie idealnym izolatorem ($10^{12}\Omega$). Po przyłożeniu siły stopniowo staje się przewodnikiem o oporze schodzącym nawet poniżej 1Ω . Składa się on z cząstek metalu zatopionych w silikonie. Kluczowe dla działania materiału jest występowanie zjawiska z zakresu fizyki kwantowej — tunelowania elektronów przez barierę potencjału [92].

Oprócz powyższych właściwości, producent wymienia:

- odporność na wodę
- możliwość impregnacji samym materiałem
- możliwość praktycznie dowolnego formowania
- wytrzymałość
- możliwość działania w skrajnych temperaturach
- możliwość dopasowania właściwości do potrzeb klienta

Produkt występuje w różnych postaciach — pigulek, płynnej oraz granulatu. Niestety pełny zakres odmian materiału dostępny jest tylko w przypadku wykupienia licencji. W sklepie internetowym poleconym przez firmę Paratech dostępne są jedynie pigułki [93].

Materiału nie udało się przetestować, wydaje się jednak, że forma płynna (atrament) byłaby idealna. Deklarowane właściwości materiału przewyższają te charakterystyczne dla ValostatuTM i jego zastępników oraz tensometrów. Zmiany oporu są znaczne, a jego wartość maleje wykładniczo w zależności od przyłożonej siły.

4.6.7. Niewykorzystane metody pomiaru

Rozważano również inne metody pomiaru wychylenia arkuszy. Nie doczekały się one jednak fizycznej realizacji z różnych powodów, ale warto przynajmniej o nich wspomnieć. Za zestawienie różnych rodzajów czujników może służyć [94].

Niezwykłe ciekawym zagadnieniem są pomiary przy pomocy przetworników piezoelektrycznych. Jednakże, o ile przy pomocy takiego materiału dałoby się stwierdzić, czy nastąpiło wychylenie, o tyle trudnym zadaniem byłoby ciągle określanie aktualnego stopnia wychylenia. Materiały piezoelektryczne są używane przeważnie do pomiarów dynamicznych. Pomiary quasi-statyczne natomiast ciężiej przeprowadzić. Ładunek gromadzący się po

przyłożeniu siły jest stosunkowo niewielki. Podczas pomiaru przez cały czas maleje. Chociaż literatura opisuje tego typu pomiar i podaje nawet przykład udanego zastosowania przez kolej francuską (SNCF) w latach trzydziestych i czterdziestych ubiegłego wieku, ewentualny zysk z zastosowania materiałów piezoelektrycznych nie rekompensuje trudu konstrukcji układu pomiarowego względem innych metod [85].

Rozważano także rozwiązanie wykorzystujące czujniki (przełączniki) hallotronowe. Jeden magnes umieszczony pod lub nad arkuszami stanowiłby źródło pola magnetycznego, a na samych arkuszach umieszczono by owe czujniki. Rozwiązanie jednak wydało się zbyt skomplikowane. Istniało poważne ryzyko wpływu zewnętrznych pól magnetycznych na jego działanie.

Kolejny pomysł polegał na naniesieniu na kolejne arkusze metalowych płytek. Kolejne pary płytek stanowiłyby części powietrznego kondensatora. Oddalając i zbliżając się do siebie zmieniałyby jego pojemność. Pomysł jest prosty do zrealizowania przy pojedynczej parze płytek. Jednak arkusze ułożone są jeden na drugim. Tym samym kondensatory wpływałyby na siebie wzajemnie. Praktycznie zastosowanie tej metody można znaleźć w [95].

Twórcy projektu TWEND zastosowali do pomiaru zgięć uszkodzony światłowód [96]. W zależności od stopnia odkształcenia światłowodu przeciągniętego przez urządzenie, różna ilość światła przedostaje się z jednego końca na drugi. Rozwiązanie jednak pasowało do skali urządzenia, w którym zostało zamontowane. Arkusze wymagałyby montażu o wiele cieńszych światłowodów, co znacznie utrudniałoby pomiar.

4.7. Podsumowanie

Osiągnięto funkcjonalność polegającą na przesyłaniu poprzez emulowany port szeregowy poleceń przrzuć strony. Polecenie przrzuć pojedynczej strony jest wysyłane po puszczeniu któregośkolwiek wygiętego wcześniej arkusza. Urządzenie może jednak działać również w drugim trybie (przełączanym przy pomocy przycisku). Wtedy strony są przrzućane automatycznie dopóki dolny arkusz pozostaje wygięty. Prędkość przeglądania zależy od stopnia odkształcenia arkusza.

Na potrzeby identyfikacji projektu została mu nadana nazwa PlasticPage. Projekt w wersji z czujnikiem opartym o fototranzystory został zgłoszony do serwisu Hack a Day oraz zaprezentowany na jego łamach 28 marca 2010 [97]. W konsekwencji został zauważony przez serwisy OhGizmo! oraz Gizmodo i spotkał się z pozytywnym odbiorem komentujących [98][99].

Istnieje również kilka koncepcji rozszerzenia możliwości urządzenia. Pierwszym pomysłem jest dodanie możliwości bezprzewodowej komunikacji z komputerem przy wykorzystaniu technologii Bluetooth®. Powiązaniem projektem jest stworzenie sterownika HID.

Jeśli chodzi o zmiany konstrukcyjne, pożądanym jest, by mieć możliwość przrzućania stron w dwie strony. Proponowane rozwiązania to dodanie drugiego zestawu arkuszy symetrycznie do pierwszego — tym samym dążąc do dokładniejszej metafory książki lub pozostawienie jednego zestawu arkuszy, ale z zapewnieniem możliwości wyboru kierunku przrzućania. Wybór może następować przy pomocy wciśnięcia przycisku (rozwiązanie obecne w proto-

typie) lub na podstawie położenia ustalanego przy pomocy akcelerometru — po odwróceniu urządzenia o 180 stopni zmienia się kierunek.

Kolejny planowany etap to również miniaturyzacja oraz stworzenie wygodnej obudowy. W takiej postaci będzie należało poddać urządzenie ostatecznym testom polegającym na zebraniu odczuć użytkowników oraz sprawdzeniu, czy potrafią oni intuicyjnie wykorzystać walory metafory książki — przede wszystkim w zakresie wizualnego wyszukiwania informacji.

Rozważane jest również wyposażenie urządzenia w dodatkowe przyciski, joystick czy touchpad, co pozwoliłoby na wykonywanie wielu operacji na dokumencie z poziomu samego urządzenia. Takie operacje to:

- przejście do spisu treści
- przejście do indeksu
- dodanie/usunięcie zakładki
- dodanie/usunięcie notatki
- szybkie przejście między sąsiadującymi rozdziałami

Strona projektu znajduje się pod adresem http://wodny.org/special/glbook_plasticpage/.

Rozdział 5

glBook

5.1. Wstęp

Projekt przedstawiony w poprzednim rozdziale wymagał oprogramowania, które pozwoliłoby zaprezentować możliwości, które daje. Podstawowym wymogiem było, by program działał szybko, tzn. potrafił na bieżąco odwzorowywać działania na interfejsie fizycznym w obraz. Celem nie było natomiast stworzenie programu imitującego wiernie przewracające się strony — tego typu projekt wspomniany jest w dalszej części rozdziału.

W przypadku, jeśli powstanie sterownik, który umożliwi wykorzystanie interfejsu jak urządzenia klasy HID, będzie można podjąć próby jego użycia ze zwykłymi przeglądarkami dokumentów. W najprostszym przypadku (wstecznej zgodności) wychylenia arkuszy byłyby tłumaczone np. na wciśnięcie przycisków PageUp i PageDown czy zdarzenia obrotu kółka myszy. Docelowo pożądana jest obsługa bardziej zaawansowanych funkcji — tak jak np. programy graficzne potrafią wykorzystać zmienną siłę nacisku rysika w przypadku tabletów. W aktualnej wersji płytki Arduino przetwarza odczyty z czujników i przy pomocy emulowanego portu szeregowego przesyła polecenia przerzucenia strony, na które następnie reaguje aplikacja glBook.

Do projektu dołączone jest także narzędzie służące do wstrzykiwania zdarzeń naciśnięcia przycisków PageUp/PageDown w środowisku X11 w reakcji na dane otrzymywane z emulowanego portu szeregowego. Nie jest to jednak ani sterownik systemu operacyjnego, ani systemu X11. Jest to narzędzie pozwalające przetestować najprostszy wariant interakcji projektu PlasticPage ze zwykłymi przeglądarkami dokumentów.

Pożądane jest również, by kolejne wersje oprogramowania dla płytki Arduino sprzęgniętego z projektem glBook pozwalały na wizualizację bieżącego wychylenia arkuszy przy pomocy częściowego odchylenia wirtualnych stron, a nie jedynie wydawanie poleceń przerzucenia strony.

Na potrzeby identyfikacji projektu nadano mu nazwę glBook. Strona projektu znajduje się pod adresem http://wodny.org/special/glbook_plasticpage/.

5.2. Podobne rozwiązania

Przeglądarki dokumentów są powszechnie znane. W szczególności aplikacje obsługujące pliki PDF — Adobe Reader, Evince czy epdfview. Wymienionym jednak programom brak efektownych animacji wspomaganych akceleracją sprzętową. W tym kierunku podążyli jednak m.in. twórcy aplikacji Zinio Reader, w której przy pomocy myszy przerzucać można strony elektronicznych czasopism. Dostępny w Bibliotece Głównej Politechniki Warszawskiej stojak z elektronicznymi wersjami książek wydawnictwa Springer również zapewnia wizualizację zbiorów w dość rzeczywisty sposób, dodatkowo dając możliwość przerzucania kartek poprzez wodzenie palcem po dotykowym ekranie.

Projekt glBook to proste narzędzie, jednak nie musi takim pozostać. W pracach naukowych takich jak [100], [101] czy [102] można odnaleźć kilka ciekawych koncepcji, które dobrze nadają się do realizacji właśnie na bazie przeglądarki wykorzystującej OpenGL. Można wśród nich wymienić:

- przesunięcie względem siebie kolejnych stron spoczywających na wirtualnym blacie tak, by dalsze strony były wysunięte bardziej na zewnątrz
- odwzorowanie położenia aktualnej strony w ramach dokumentu, poprzez różnicowanie ilości wirtualnych kartek odłożonych po dwóch stronach grzbietu
- realistyczne odtworzenie zagięcia stron w okolicach grzbietu książki
- elastyczne kartki uginające się podczas przerzucania stron
- wprowadzone elementy losowe do animacji przerzucanych stron
- starzenie się papieru, w szczególności w częściej czytanych fragmentach
- oznaczanie stron poprzez symulowanie innych destrukcyjnych mechanizmów — plam czy zagięć
- możliwość manipulacji książką jako całością w przestrzeni trójwymiarowej (ten element jest po części zaimplementowany w projekcie glBook)

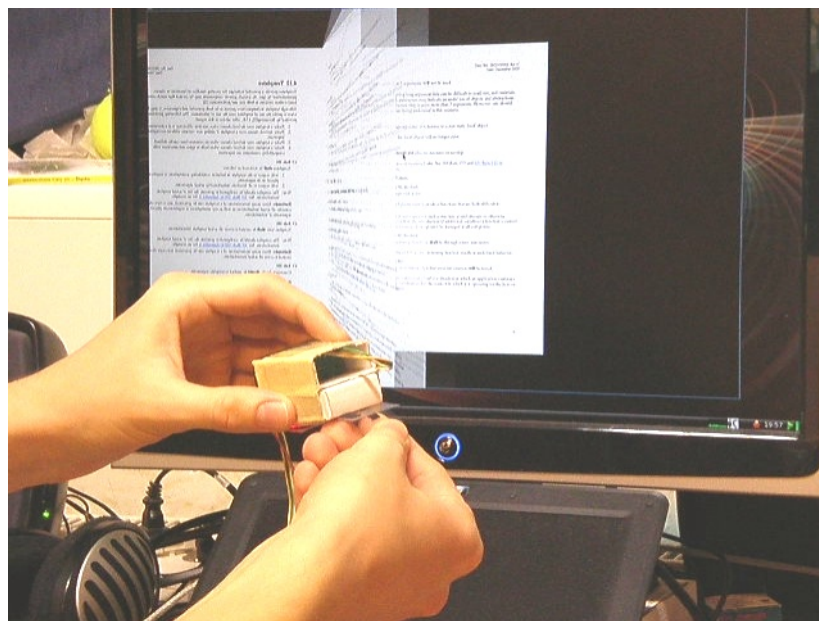
W aktualnej wersji glBook wizualizuje strony jako płaskie prostokąty. Choć nie jest to szczególnie efektowne, podczas czytania taka forma pozbawiona odkształceń jest efektywna. Łącząc wnioski wynikające z projektu Flipper [103] oraz artykułu [101] można stwierdzić, że istotne jest płynne, automatyczne i zależne od aktualnej prędkości przerzucania stron przechodzenie aplikacji pomiędzy trybem trójwymiarowym wygodnym przy szybkim kartkowaniu dla rozeznania się w budowie dokumentu oraz trybem dwuwymiarowym wygodnym do czytania.

5.3. Implementacja

Implementacji dokonano w języku C++. Ponieważ aplikacja ma działać szybko, do generowania obrazu wykorzystano technologię OpenGL. Dostęp do jej instrukcji zapewnia biblioteka GLee. Do obsługi wielowątkowości i budowy sekcji krytycznych wykorzystano bibliotekę Boost.

Za pobieranie danych z portu szeregowego odpowiada niewielka aplikacja zaimplementowana w języku C. Dodatkowego filtrowania danych dokonuje skrypt w języku Python.

Docelowo pożądanym jest, by aplikacja była w stanie odczytywać pliki tekstowe oraz w formatach PDF, DjVu i HTML. Obsługa PDF może zostać zapewniona w przyszłości np. przez bibliotekę *poppler*. Ponieważ jednak obsługa tych formatów nie stanowiłaby wartości dodanej w kontekście prezentowanej koncepcji, kolejne strony są wczytywane z map bitowych. Są one zapisane w plikach w formacie PNG. Wstępnie wykonano konwersję przykładowego dokumentu PDF do takich obrazów wykorzystując narzędzie *convert* z pakietu *ImageMagick*. Skrypt ułatwiający to zadanie dostępny jest wraz z resztą kodów źródłowych — o czym mowa w załączniku.



Rysunek 5.1: Aplikacja glBook sprzęgnięta z projektem PlasticPage

Jak się okazało, prędkość komputera, na którym testowano aplikację (EeePC 1000) była wystarczająca, by wczytywanie kolejnych map bitowych mogło następować już po żądaniu przewrócenia strony bez wpływu na płynność animacji. Na podstawie doświadczeń z przeglądarkami dokumentów PDF jednak należy stwierdzić, iż pewien rodzaj pamięci podręcznej stron wczytywanych z wyprzedzeniem będzie w ostatecznym rozwiązaniu niezbędny.

5.4. Funkcjonalność

Po uruchomieniu programu prezentowana jest pierwsza strona dokumentu. Podstawową funkcją jest możliwość przerzucania stron w przód i w tył. Istnieje również możliwość zmiany powiększenia.

Jako udogodnienie zaimplementowana jest funkcja chwilowego przejścia o maksymalnie dwie strony w przód lub w tył. Uzasadnieniem dla niej jest fakt, że czytelnik zapoznający się z treścią powiedzmy książki często ma potrzebę, by przemieszczać się w niewielkim zakresie po właśnie przeczytanej treści. Pozwala to na przypomnienie sobie faktów i usyste-

matyzowanie właśnie zdobytej wiedzy. Wykorzystano serię czterech kolejnych przycisków na klawiaturze. Każdy z nich powoduje przemieszczenie się o jedną stronę — pierwsze dwa w tył, pozostałe w przód. Kolejność wciskania przycisków nie jest istotna. Każde wciśnięcie (i przytrzymanie) powoduje zmianę w jednym kierunku. Puszczanie przycisku powoduje efekt przeciwny.

Projekt pozwala również na dodawanie „przyklejanych” zakładek oraz bocznych notatek-portali. Projekt glBook pozwala jedynie na schematyczną wizualizację tych koncepcji. Zasadnicza część funkcjonalności zakładek i portali zaimplementowana została w ściśle powiązanym projekcie PagePortal omówionym w następnym rozdziale. Taki podział wynikał z różnego poziomu trudności realizacji poszczególnych funkcji przy pomocy danych metod. I tak C++ i OpenGL dały możliwość łatwej prezentacji płynnego przewracania arkuszy przy pomocy urządzenia. Jednak efektowne graficznie środowisko składające się z dających się przeciągać portali dużo łatwiej było zaimplementować przy pomocy HTML i JavaScriptu. Docelową aplikacją posiadałaby komplet przedstawionych właściwości. Nadzieje upatrywać można w projekcie MeeGo korzystającym przede wszystkim z biblioteki Qt. Środowisko to łączy płynność i szybkość reakcji interfejsu wykorzystującego akcelerację sprzętową z funkcjonalnością tradycyjnych środowisk graficznych takich jak Gnome czy KDE.

Rozdział 6

PagePortal

6.1. Wstęp

Projekt opisywany w poprzednim rozdziale, czyli glBook, nie jest w pełni funkcjonalną przeglądarką dokumentów. Prezentowane koncepcje są propozycjami ulepszeń poszczególnych zagadnień dotyczących interakcji z dokumentami. Dla każdej koncepcji została więc wybrana technologia, która pozwalała na jak najlepsze jej oddanie. Niebagatelnym czynnikiem była również łatwość implementacji.

Projekt nazwany dla potrzeb identyfikacji PagePortal, a dostępny w pełnej działającej wersji pod adresem <http://wodny.org/special/page-portal/>, stanowi modyfikację podejścia do adnotacji dodawanych do dokumentów znanego z dotychczas stworzonego oprogramowania.

Największy wpływ na projekt miały usługi internetowe o podobnej funkcjonalności takie jak Scribd [104] oraz A.nnotate [105]. Nie bez wpływu pozostają jednak tradycyjne aplikacje wykonywane lokalnie i ich możliwości tworzenia adnotacji. Do takich programów należą Adobe Reader, Foxit Reader czy Nitro PDF Professional.

Warto przy okazji wspomnieć, że aktualnie trwa proces włączania do kodu aplikacji Evince możliwości tworzenia adnotacji tekstowych [106]. Przeglądarkę tę znają przede wszystkim użytkownicy systemu GNU/Linux.

Koncepcję nieco podobną do pomysłu PagePortal odnaleźć można w artykule [107]. Zbiorcze omówienie zastosowania kolorowych bocznych zakładek i notatek Post-it odnaleźć można w artykule [108].

6.2. Koncepcja

Rozwiązanie ma dawać użytkownikowi możliwość dodawania adnotacji do właśnie czytanego dokumentu. Podczas czytania, niezależnie od aktualnie wyświetlanej strony, widoczne są wszystkie notatki naraz. Przy czym podstawowym typem takiej notatki jest tzw. portal. Zgodnie z nazwą jest to twór prowadzący do pewnego fragmentu tekstu, co więcej przez ów portal widać rzeczywisty fragment oznaczonej wcześniej treści. Zaznaczenie treści następuje przez obrysowanie interesującego kawałka dokumentu prostokątem.

Każdy portal opatrzony jest zestawem przycisków, suwakiem oraz miejscem na wpisanie tytułu adnotacji. Najważniejszym przyciskiem jest ten pozwalający na przeniesienie się do strony widocznej przez portal. Suwak pozwala natomiast na zmianę stopnia powiększenia treści widzianej przez portal. Można w ten sposób na chwilę zobaczyć całą stronę, na przykład, by przypomnieć sobie kontekst lub też powiększyć na chwilę wybrany fragment. Suwak wyposażony jest w znacznik wskazujący pierwotny poziom powiększenia, dzięki czemu szybko można powrócić do widoku ukazującego początkowo wybrany zakres.

Portale można zwijać tak, by pokazywały jedynie swoje tytuły. Dzięki temu zajmują mniej miejsca. W każdej chwili można przywrócić ich rozmiary jednym kliknięciem. Portale można też trwale zamykać. Jeśli na którykolwiek z nich najedzie się myszką, a notatka dotyczy aktualnie wyświetlanej strony, odpowiedni fragment zostanie oznaczony kolorowym prostokątem.

Oprócz tego dodawać można kolorowe boczne zakładki poprzez kliknięcie strony. Kliknięcie samej zakładki powoduje przejście do strony nią oznaczonej. Jeśli użytkownik znajduje się na stronie oznaczonej zakładką, jej kliknięcie powoduje zmianę koloru. Usunięcie zakładki następuje po jej przeciągnięciu i upuszczeniu.

Zakładki chowają się za „stosem” stron po ich lewej lub prawej stronie w zależności od relacji numeru aktualnej strony względem strony powiązanej z daną zakładką.

6.3. Implementacja

Główny element tego projektu stanowi interfejs graficzny. Między innymi dlatego został wybrany zestaw technologii pozwalający szybko tworzyć takie interfejsy. Implementacja została wykonana przy pomocy HTML, JavaScriptu oraz CSS. Obsługę okien stanowiących bazę portali, suwaków, przycisków itp. zapewnia wykorzystana biblioteka jQuery.

Projekt daje możliwość zachowania i ładowania stanu notatek utworzonych dla dokumentu. Dostępnych jest kilka form:

- w ciasteczkach (cookies) [109]
- przy pomocy mechanizmu localStorage [110]
- w postaci bloku tekstu, który użytkownik może przechowywać w prywatnym pliku tekstowym

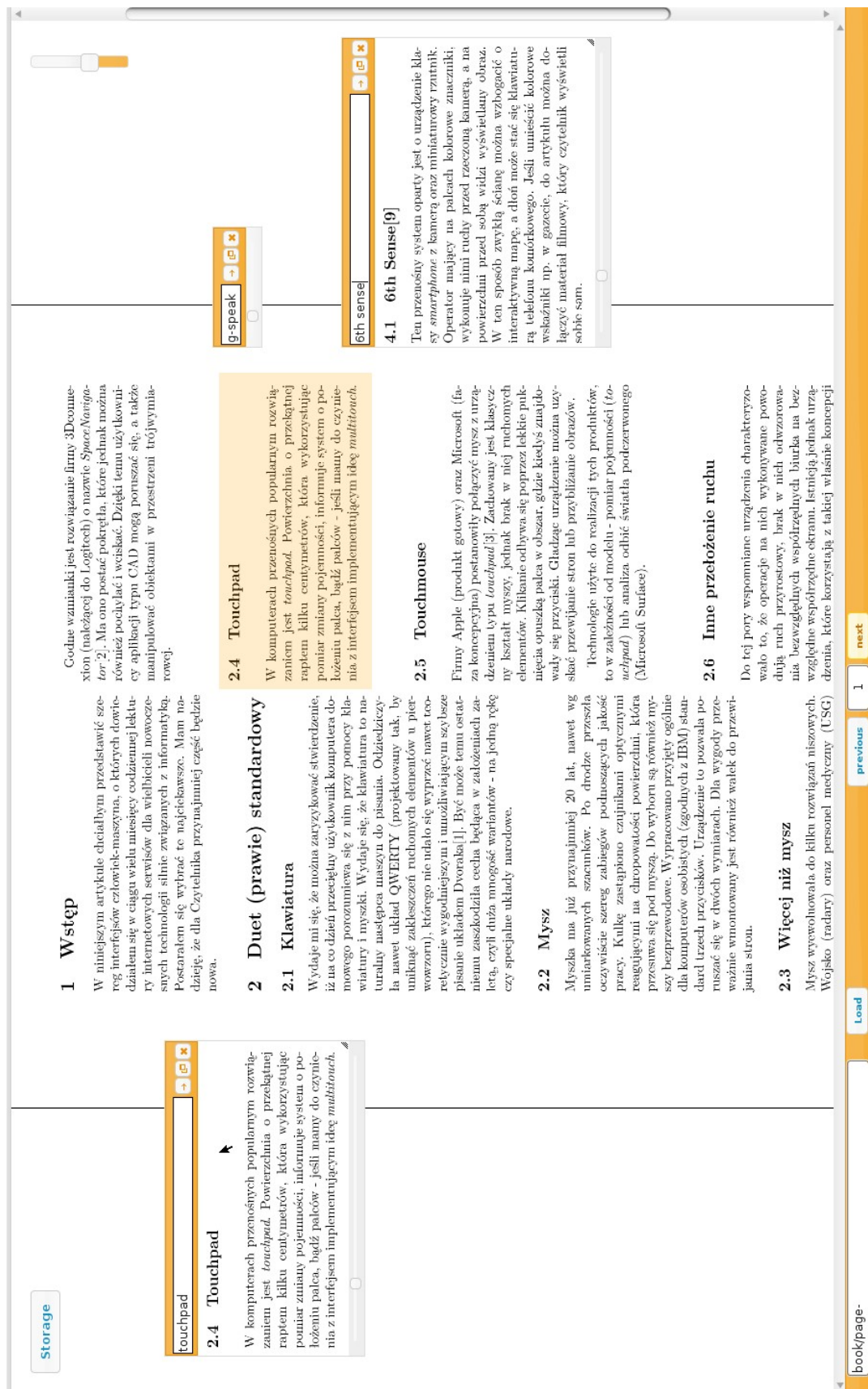
Strony są mapami bitowymi. Aktualnie preferowanym formatem jest PNG. Obrazy z doku-

mentów PDF powstały z wykorzystaniem narzędzia *convert* z pakietu *ImageMagick*. Przeprowadzenie konwersji ułatwia skrypt dołączony do kodu źródłowego projektu.

Użytkownik może podać prefiks, który wraz z numerem strony stworzy adres, z którego przeglądarka pobierze obraz stanowiący ową stronę.

Budowa projektu pozwala na wykorzystanie go zarówno jako usługi dostępnej w Internecie, jak i lokalnie na komputerze osobistym. Kod dostępny jest w publicznie dostępnym repozytorium, o czym mowa w załączniku. Tym samym rozwiązanie różni się dodatkowo od wcześniej znanych projektów webowych brakiem obowiązku przesłania dokumentu udostępniającemu usługę oraz brakiem konieczności ujawniania utworzonych notatek.

Do potencjalnych ulepszeń należy dodanie niewidocznej warstwy tekstu. Dzięki temu w przypadku dokumentów zawierających takowy możliwe byłoby jego kopiowanie. Mechanizm działałby analogicznie do realizacji charakterystycznej dla przeglądarek formatu DjVu.



Rysunek 6.1: PagePortal - zrzut ekranu

Rozdział 7

Podsumowanie

Realizacja projektu dowiodła, iż da się zbudować urządzenie służące do przerzucania stron. Najlepszymi okazały się czujniki oparte o fototranzystory oraz tensometrię elektrooporową. Do zbadania wciąż pozostaje obiecująca technologia QTC.

Urządzenie zostało zaprezentowane w Internecie oraz fizycznie kilku użytkownikom, by ocenili oni, na ile wydaje się ono przydatne oraz czy odczucia podczas jego używania są akceptowalne. Urządzenie jest przeważnie odbierane jako interesujący gadżet. Istnieje więc szansa, że mogłoby ono stać się osobnym akcesorium podłączanym do komputera osobistego lub częścią urządzenia typu e-reader oraz zyskać przychylność użytkowników.

Nieodzwonne będzie wytworzenie odpowiedniej obudowy oraz specjalizowanej platformy sprzętowej. Zestaw Arduino nadaje się doskonale do pracy nad prototypami, ciężko go jednak traktować jako rozwiązanie ostateczne chociażby z powodu jego nadmiarowości. Dodatkowo w poprzednich rozdziałach poruszona została kwestia rozszerzenia możliwości interfejsu.

Oprócz urządzenia, nakreślony został projekt aplikacji służącej do przeglądania dokumentów. Chociaż nie jest ona w pełni funkcjonalna, to zawiera funkcje najważniejsze do prezentacji koncepcji. W przyszłości wskazane jest, by funkcjonalności znajdujące się w projekcie PagePortal znalazły się w aplikacji glBook, czy jej kolejnej generacji. Dalszy rozwój oprogramowania będzie zależał w dużej mierze od reakcji grupy testowej użytkowników. Będzie należało zaimplementować na początku funkcje, które użytkownicy uznają za niezbędne. Następnie przejść do kolejnych. Z drugiej strony, choć uzyskanie przez PagePortal takiego poziomu funkcjonalności jest niejako efektem ubocznym procesu twórczego i wstępnej implementacji różnych koncepcji, projekt może stanowić samodzielne rozwiązanie webowe.

Jeśli omawiany w pracy projekt nie ujrzy światła dziennego jako całość, warto będzie wykorzystać jego elementy. Możliwości wykorzystania samego fizycznego interfejsu zostały już wspomniane. Jeśli chodzi natomiast o przeglądarkę dokumentów, w przestrzeni wolnego oprogramowania brakuje aplikacji, która jednocześnie działałaby szybko, prezentowała choćby minimalistyczne możliwości pozwalające lepiej zapoznać się ze strukturą dokumentu poprzez szybkie przejrzanie stron oraz na tworzenie zakładek i notatek. Brak też prezentacji

treści w sposób atrakcyjny graficznie z wykorzystaniem animacji przyspieszanych sprzętowo.

Wiele zależy od tego, czy aplikacja zyska zainteresowanie twórców już istniejących środowisk. Nadzieje można pokładać w niszy wytworzonej przez projekt MeeGo, którym zajmują się między innymi firmy Intel oraz Nokia. Środowisko to kładzie duży nacisk na graficzną oprawę interakcji. Tym samym przeglądarka dokumentów taka jak glBook, ale dopasowana do MeeGo poprzez wykorzystanie bibliotek Qt czy Clutter, mogłaby znaleźć odpowiednie dla siebie miejsce. Platformę można wykorzystać w urządzeniach typu netbook, smartphone i tabletach. Taki zestaw urządzeń otwiera możliwość wykorzystania projektu PlasticPage jako efektownego i użytecznego gadżetu.

Praca jako całość to pewien etap eksploracji przestrzeni interakcji człowiek-maszyna, wstęp do dalszych postępów w tym zakresie. Wyniki prac dają szansę przejścia z fazy koncepcyjnej do rozwiązania komercyjnego, które pozwoli umocować pierwotną motywację, jaką stanowi chęć ułatwienia współpracy użytkownika z komputerem.

Bibliografia

- [1] Wikipedia. Dvorak Simplified Keyboard. http://en.wikipedia.org/wiki/Dvorak_Simplified_Keyboard.
- [2] Chris Ziegler. Pelikon's MorphPad demoed, combines touchpad, morphing keyboard into one awesome rectangle. *Engadget*, marzec 2010. <http://www.engadget.com/2010/03/01/pelikons-morphpad-demoed-combines-touchpad-morphing-keyboard/>.
- [3] 3Dconnexion. SpaceNavigator. <http://www.3dconnexion.com/3dmouse/spacenavigatorfornotebooks.php>.
- [4] Apple vs. Microsoft: Multi-touch Mouse Comparison. <http://scitedaily.com/2009/11/23/apple-vs-microsoft-multi-touch-mouse-comparison/>, listopad 2009.
- [5] R. Clayton Miller. 10/GUI. <http://10gui.com/>.
- [6] IMDB. Photos from Minority Report. <http://www.imdb.com/media/rm4214724608/tt0181689>.
- [7] Microsoft. Microsoft Surface. <http://www.microsoft.com/surface/>.
- [8] Displax Interactive Systems. <http://www.displax.com/>.
- [9] Taichi Inoue. Minamo Touch Screen Interface on Water Surface. http://taichi.s372.xrea.com/minamo_en.html.
- [10] Oblong Industries. g-speak. <http://oblong.com/>.
- [11] Wikipedia. Head-up display. http://en.wikipedia.org/wiki/Head-up_display.
- [12] Pranav Mistry. SixthSense. <http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/>.
- [13] Hasso Plattner Institute Human-Computer Interaction group. Imaginary Interfaces. http://www.hpi.uni-potsdam.de/baudisch/projects/imaginary_interfaces.html.
- [14] Presselite. Bionic Eye. <http://www.bionic-eye.com/>.
- [15] Wikipedia. Blue box. http://pl.wikipedia.org/wiki/Blue_box.
- [16] Vizrt Ltd. Solutions / Election. http://www.vizrt.com/solutions/election_solution/article46.ece.
- [17] TVN24. Videoportacja w TVN24. <http://www.tvn24.pl/-1,1604121,0,1,videoportacja-w-tvn24,wiadomosc.html>.
- [18] Sindre Lia. Vizrt explains technology behind CNN's „hologram” stunt. <http://www.infosyncworld.com/news/n/9902.html>, listopad 2008.
- [19] Jason Chen. How the CNN Holographic Interview System Works. *Gizmodo*, listopad 2008. <http://gizmodo.com/5076663/how-the-cnn-holographic-interview-system-works>.

- [20] Wikipedia. Retinal implant. http://en.wikipedia.org/wiki/Retinal_implant#External_links.
- [21] Yanko Design. Touchphone For The Blind. <http://www.yankodesign.com/2009/06/15/touchphone-for-the-blind/>.
- [22] Chris Harrison. Providing dynamically changeable physical buttons on a visual display. <http://www.chrisharrison.net/projects/pneumaticdisplays/index.html>.
- [23] IVO Software. Syntezator Ivona. <http://www.ivona.com/>.
- [24] Freedom Scientific. JAWS Headquarters. <http://www.freedomscientific.com/jaws-hq.asp>.
- [25] Microsoft. MSDN, IAccessible Interface. <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/accessibility.iaccessible.aspx>.
- [26] University of Washington, The Signal, Speech and Language Interpretation Lab. Vocal Joystick. <http://ssli.ee.washington.edu/vj/>.
- [27] Mandy Kendrick. Tasting the Light: Device Lets the Blind „See” with Their Tongues. *Scientific American*, sierpień 2009. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=device-lets-blind-see-with-tongues>.
- [28] BBC. Blinded Merseyside soldier 'sees' with tongue device. http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/merseyside/8568485.stm, marzec 2010.
- [29] Quinn Norton. My New Sense Organ. *Humanity+*, wrzesień 2009. <http://hplusmagazine.com/articles/enhanced/my-new-sense-organ>.
- [30] University of Illinois at Urbana-Champaign, Theoretical and Computational, Danielle Chandler, Ilia Solov'yov. Cryptochrome and Magnetic Sensing, Theoretical and Computational Biophysics Group, University of Illinois. <http://www.ks.uiuc.edu/Research/cryptochrome/>.
- [31] Sony. PlayStation2, EyeToy. http://www.us.playstation.com/PS2/Games/EyeToy_Play/ogs/.
- [32] Microsoft. Project Natal. <http://www.xbox.com/en-US/live/projectnatal/>.
- [33] Steve Haske. Natal outed as Kinect while 360 slim rumor gains speed. *Ars Technica*, czerwiec 2010. <http://arstechnica.com/gaming/news/2010/06/natal-outed-as-kinect-while-360-slim-rumor-gains-speed.ars>.
- [34] Chris Harrison. Skinput: Appropriating the Body as an Input Surface. <http://www.chrisharrison.net/projects/skinput/>.
- [35] Microsoft. ACM UIST 2009, Enabling Always-Available Input With Muscle-Computer Interfaces. <http://www.youtube.com/watch?v=R1agrUM4KYs>.
- [36] DARPA. Human Assisted Neural Devices (HAND) (Modification 1). <http://www.darpa.mil/dso/solicitations/sn07-43mod1.htm>.
- [37] John Messina. Advanced Robotic Arm Controlled by Monkey's Thoughts (w/ Video). *PhysOrg.com*, czerwiec 2010. <http://www.physorg.com/news194796581.html>.
- [38] Cyberdyne Inc. Robot Suit HAL. <http://www.cyberdyne.jp/English/robotitsuithal/index.html>.
- [39] Lockheed Martin. Lockheed Martin, HULC. <http://www.lockheedmartin.com/products/hulc/>.
- [40] Argo Medical Technologies Ltd. ReWalk. <http://www.argomedtec.com/products.asp>.
- [41] E Ink. Vizplex® Imaging Film, E Ink. http://www.eink.com/products/matrix/imaging_film.html.
- [42] E Ink. AM-100 EPD Kit, Active Matrix EPD Prototype Kit. http://www.eink.com/kits/E_INK_AM-100_EPD_KIT.pdf.
- [43] Esquire. Esquire's E-Ink Cover. <http://www.esquire.com/the-side/video/e-ink-cover-video>, wrzesień 2008.

- [44] Jason Heikenfeld. The Electronic Display of the Future. *IEEE Spectrum*, marzec 2010. <http://spectrum.ieee.org/computing/hardware/the-electronic-display-of-the-future/0>.
- [45] Jon Stokes. This September, OLED no longer „three to five years away”. *Ars Technica*, sierpień 2009. <http://arstechnica.com/gadgets/news/2009/08/this-september-oled-no-longer-three-to-five-years-away.ars>.
- [46] Anne-Marie Corley. Organic LEDs Head to the Race Track. *IEEE Spectrum*, czerwiec 2010. <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/semiconductors/materials/organic-leds-head-to-the-race-track>.
- [47] Jakob Nielsen. iPad and Kindle Reading Speeds. *Jakob Nielsen's Alertbox*, lipiec 2010. <http://www.useit.com/alertbox/ipad-kindle-reading.html>.
- [48] ASUS. Eee PC 1000, Specification. http://www.asus.com/product.aspx?P_ID=YxnYGjoMzEzmz0Hn.
- [49] Apple. iPad, Technical Specifications. <http://www.apple.com/ipad/specs/>.
- [50] Amazon. Kindle Wireless Reading Device. <http://www.amazon.com/Kindle-Wireless-Reading-Display-Globally/dp/B0015T963C>.
- [51] Benny Har-Even. Amazon Kindle DX (International edition) review. *Wired.co.uk*, marzec 2010. <http://www.wired.co.uk/reviews/gadgets/2010-03/23/amazon-kindle-dx-%28international-edition%29-review>.
- [52] Anne-Marie Corley, Josh Romero, and Steven Cherry. The iPad, the Kindle, and the Immutable Laws of the Marketplace. *IEEE Spectrum*, sierpień 2010. <http://spectrum.ieee.org/geek-life/tools-toys/the-ipad-the-kindle-and-the-immutable-laws-of-the-marketplace/0>.
- [53] Jason Alexander and Andy Cockburn. An empirical characterisation of electronic document navigation. In *GI '08: Proceedings of graphics interface 2008*, pages 123–130, Toronto, Ont., Canada, Canada, 2008. Canadian Information Processing Society.
- [54] Microsoft. Microsoft Office Binary (doc, xls, ppt) File Formats. <http://www.microsoft.com/interop/docs/officebinaryformats.mspx>.
- [55] JTC 1/SC 34. *ISO/IEC 29500:2008, Information technology — Document description and processing languages — Office Open XML File Formats*. International Organization for Standardization, 2008.
- [56] JTC 1/SC 34. *ISO/IEC 26300:2006, Information technology — Open Document Format for Office Applications (OpenDocument) v1.0*. International Organization for Standardization, 2006.
- [57] TC 171/SC 2. *ISO 32000-1:2008, Document management — Portable document format — Part 1: PDF 1.7*. International Organization for Standardization, 2008.
- [58] The Unicode Consortium. Frequently Asked Questions: UTF-8, UTF-16, UTF-32 & BOM. http://www.unicode.org/faq/utf_bom.html#BOM.
- [59] Digital Equipment Corporation. *VT100 User Guide*, third edition, czerwiec 1981. <http://vt100.net/docs/vt100-ug/chapter2.html#S2.3>.
- [60] IETF, Network Working Group. RFC 5322, Internet Message Format. <http://tools.ietf.org/html/rfc5322>, październik 2008.
- [61] IETF, Network Working Group. RFC 3676, The Text/Plain Format and DelSp Parameters. <http://tools.ietf.org/html/rfc3676>, luty 2004.
- [62] Barry Warsaw Guido van Rossum. PEP8, Style Guide for Python Code. <http://www.python.org/dev/peps/pep-0008/>, lipiec 2001.
- [63] reStructuredText, Markup Syntax and Parser Component of Docutils. <http://docutils.sourceforge.net/rst.html>.
- [64] World Wide Web Consortium. HTML 4.01 Specification. W3C Recommendation, World Wide Web Consortium, grudzień 1999. <http://www.w3.org/TR/html4/>.

- [65] World Wide Web Consortium. XHTML™ 1.0 The Extensible HyperText Markup Language (Second Edition), A Reformulation of HTML 4 in XML 1.0. W3C Recommendation, World Wide Web Consortium, sierpień 2002. <http://www.w3.org/TR/xhtml1/>.
- [66] World Wide Web Consortium. HTML5, A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML. W3C Working Draft, World Wide Web Consortium, czerwiec 2010. <http://www.w3.org/TR/html5/>.
- [67] YouTube. YouTube HTML5 Video Player. <http://www.youtube.com/html5>.
- [68] World Wide Web Consortium. Cascading Style Sheets Level 2 Revision 1 (CSS 2.1) Specification. W3C Candidate Recommendation, World Wide Web Consortium, wrzesień 2009. <http://www.w3.org/TR/CSS21/>.
- [69] Mike Unwalla. LaTeX: an introduction. <http://www.techscribe.co.uk/ta/latex-introduction.pdf>, 2006.
- [70] An introduction to LaTeX. <http://www.latex-project.org/intro.html>.
- [71] Piotr VaGla Waglowksi. Elektroniczne ogłaszanie prawa: niby, że teraz wszystko jest OK... *VaGla.pl Prawo i Internet | prawne aspekty społeczeństwa informacyjnego*, styczeń 2010. <http://prawo.vagla.pl/node/8855>.
- [72] Ireneusz Walencik. E-dzienniki wystartowały. *rp.pl*, styczeń 2010. http://www.rp.pl/artykul/414619_E_dzienniki_wystartowaly.html.
- [73] djvu.org. What is DjVu, and what are the secrets behind DjVu's superior performance? <http://djvu.org/resources/whatisdjvu.php>.
- [74] JTC 1/SC 29. *ISO/IEC 16485:2000, Information technology – Mixed Raster Content (MRC)*. International Organization for Standardization, 2000.
- [75] Lizardtech, a Celartem Company. Lizardtech DjVu Reference. Released, Lizardtech, a Celartem Company, listopad 2005. <http://djvu.org/docs/DjVu3Spec.djvu>.
- [76] Idée Inc. TinEye Reverse Image Search Engine. <http://www.tineye.com/>.
- [77] Craig Mod. Books in the Age of the iPad. http://craigmod.com/journal/ipad_and_books/.
- [78] Mark Z. Danielewski. *House of Leaves*. Pantheon Books, 2000.
- [79] Mark Z. Danielewski. *Only Revolutions*. Pantheon Books, 2006.
- [80] Carsten Schwesig, Ivan Poupyrev, and Eijiro Mori. Gummi: a bendable computer. In *CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 263–270, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [81] Naoki Tanaka. Toshiba Zooms In/out Images by Bending LCD Panel. *Tech-On!*, maj 2010. http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20100531/183062/.
- [82] Jun-ichiro Watanabe, Arito Mochizuki, and Youichi Horry. Bookisheet: bendable device for browsing content using the metaphor of leafing through the pages. In *UbiComp '08: Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing*, pages 360–369, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [83] Arduino. Arduino duemilanove. <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDuemilanove>.
- [84] Hack a Day. Arduino Hacks. <http://hackaday.com/category/arduino-hacks/>.
- [85] Gustav Gautschi. *Piezoelectric sensorics: force, strain, pressure, acceleration and acoustic emission sensors, materials and amplifiers*. Springer, 2002.
- [86] Francis James Canova, Jr. Flip-style user interface. <http://www.google.com/patents/about?id=o8h-AAAAEBAJ>, 2007 (2000). Numer patentu: 7170500.
- [87] jiovine. How to make bi-directional flex sensors. <http://www.instructables.com/id/How-to-Make-Bi-Directional-Flex-Sensors/>, lipiec 2009.
- [88] TME. Elektroprzewodzące torebki foliowe. http://www.tme.eu/html/PL/elektroprzewodzace-torebki-foliowe/ramka_4133_PL_pelny.html.

- [89] Wiktor Styburski. *Przetworniki tensometryczne: konstrukcja, projektowanie, użytkowanie*. WNT, Warszawa, 1976.
- [90] Tenmex. Tensometry / tensometry kompensacyjne. <http://www.tenmex.pl/index.php?action=tensometry>.
- [91] Zygmunt Roliński. *Tensometria oporowa: podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań*. WNT, Warszawa, 1981.
- [92] Peratech Limited. QTC Material. <http://www.peratech.com/qtcmaterial.php>.
- [93] Middlesex University Teaching Resources. QTC Pill (Quantum Tunnelling composite). http://www.mutr.co.uk/product_info.php?products_id=1144.
- [94] Robert H. Bishop. *The mechatronics handbook. Mechatronic systems, sensors, and actuators: fundamentals and modeling*, volume 1. CRC Press, 2008.
- [95] dr inż. Wojciech Zabołotny. V-USB MIDI expression pedal with capacitance sensor. <http://www.ise.pw.edu.pl/~wzab/MIDI/pedal/index.html>.
- [96] Gero Herkenrath, Thorsten Karrer, and Jan Borchers. Twend: twisting and bending as new interaction gesture in mobile devices. In *CHI '08: CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 3819–3824, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [97] Mike Szczys. Hackaday links: March 28, 2010 / Virtual page flipping physical interface. <http://hackaday.com/2010/03/28/hackaday-links-march-28-2010/>.
- [98] Andrew Liszewski. plasticPage Hardware Provides A Tactile Way To Flip Through Pages In Your eBook. <http://www.ohgizmo.com/2010/03/30/glbook-plasticpage%2dprovides-a-tactile-way-to-flip-through-pages-in-your-ebook/>.
- [99] Antonio Rentero. Lo que le faltaba a tu ebook: pasar las páginas a mano. <http://www.gizmodo.es/2010/03/30/lo-que-le-faltaba-a-tu-ebook-pasar-las-paginas.html>.
- [100] Veronica Liesaputra and Witten H. Ian. Seeking information in realistic books: a user study. In *JCDL '08: Proceedings of the 8th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries*, pages 29–38, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [101] Yi-Chun Chu, David Bainbridge, Matt Jones, and Ian H. Witten. Realistic books: a bizarre homage to an obsolete medium? In *JCDL '04: Proceedings of the 4th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries*, pages 78–86, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [102] Stuart K. Card, Lichan Hong, Jock D. Mackinlay, and Ed H. Chi. 3book: a 3d electronic smart book. In *AVI '04: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, pages 303–307, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [103] Liyang Sun and François Guimbretière. Flipper: a new method of digital document navigation. In *CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 2001–2004, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [104] Scribd. About Scribd. <http://www.scribd.com/about>.
- [105] Textensor Limited. About A.nnotate. <http://a.nnotate.com/about.html>.
- [106] Carlos Garcia Campos. Add Notes to PDF. https://bugzilla.gnome.org/show_bug.cgi?id=168304.
- [107] George Buchanan and Tom Owen. Improving navigation interaction in digital documents. In *JCDL '08: Proceedings of the 8th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries*, pages 389–392, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [108] Jennifer Pearson. Supporting effective user navigation in digital documents. In *CHI EA '10: Proceedings of the 28th of the international conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 2947–2950, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [109] IETF, Network Working Group. RFC 2965, HTTP State Management Mechanism. <http://tools.ietf.org/html/rfc2965>, październik 2000.
- [110] World Wide Web Consortium. Web Storage. W3C Working Draft, World Wide Web Consortium, grudzień 2009. <http://www.w3.org/TR/webstorage/#the-localstorage-attribute>.

Załączniki

Załącznik A

Kody źródłowe

A.1. Informacje ogólne

Do pracy dołączony jest nośnik zawierający kody źródłowe wszystkich wspomnianych aplikacji wytworzonych przez autora pracy.

Poniżej znajdują się szczegółowe informacje o poszczególnych projektach.

A.2. glBook i PlasticPage

Zawarte są:

- kody źródłowe programów przeznaczonych dla płytki Arduino
- kod źródłowy aplikacji glBook
- kod narzędzi związanych z glBook

Strona projektu: http://wodny.org/special/glbook_plasticpage/.

Repozytorium Mercurial: <http://bitbucket.org/wodny/glbook>.

W pliku README znajdują się informacje pomocne w kompilacji projektu glBook.

Kody programów dla płytki Arduino znajdują się w podkatalogach src/AnalogInput*.

Kody programów związanych z akwizycją i przetwarzaniem danych z portu szeregowego znajdują się w podkatalogu src/readserial.

Kod dystrybuowany jest na licencji GNU GPL 3.

A.3. PagePortal

W podkatalogu tools znajduje się narzędzie pdf2png ułatwiające konwersję pliku PDF na serię obrazów PNG przy pomocy narzędzia *convert* z pakietu *ImageMagick*.

Strona projektu: <http://wodny.org/special/page-portal/>.

Repozytorium Mercurial: <http://bitbucket.org/wodny/page-portal>.

Kod dystrybuowany jest na licencji GNU GPL 3.