

**Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie**

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki



PRACA INŻYNIERSKA

DOROTA WOJTAŁOW, JACEK ZŁYDACH

**SYMULACJA ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ DYMU I OGNIA W
OPARCIU O NIEHOMOGENICZNE AUTOMATY KOMÓRKOWE**

PROMOTOR:
dr inż. Jarosław Wąs

Kraków 2010

OŚWIADCZENIE AUTORA PRACY

OŚWIADCZAM, ŚWIADOMY ODPOWIEDZIALNOŚCI KARNEJ ZA POŚWIADCZENIE NIEPRAWDY, ŻE NINIEJSZĄ PRACĘ DYPLOMOWĄ WYKONAŁEM OSOBIŚCIE I SAMODZIELNIE, I NIE KORZYSTAŁEM ZE ŹRÓDEŁ INNYCH NIŻ WYMNIENIONE W PRACY.

.....

PODPIS



DOROTA WOJTAŁOW, JACEK ZŁYDACH

**SIMULATION OF FIRE AND SMOKE BY USING
NON-HOMOGENEOUS CELLULAR AUTOMATA**

SUPERVISOR:
Jarosław Wąs Ph.D

Krakow 2010

Serdecznie dziękujemy ...

Spis treści

1. Wstęp	6
1.1. Temat pracy	6
1.2. Geneza tematu	6
1.3. Realizacja projektu	6
1.4. Struktura pracy	6
2. Teoria	8
2.1. Czym jest ogień	8
2.2. Proces spalania	8
2.3. Propagacja ciepła	8
2.3.1. Przewodnictwo	8
3. Projekt	10
3.1. Główne założenia	10
3.2. Architektura aplikacji	10
3.2.1. Moduł: Controller	11
3.2.2. Moduł: Scene	11
3.2.3. Model	11
3.3. Moduły	13
3.4. Obiekty	13

1. Wstęp

1.1. Temat pracy

Tematem pracy jest stworzenie symulacji rozprzestrzeniania się dymu i ognia w oparciu o niehomogeniczne automaty komórkowe. Zakres pracy obejmuje stworzenie symulacji rozchodzenia się dymu i ognia na podstawie automatów komórkowych wraz z jej wizualizacją, a także walidację stworzonego modelu. Celem pracy jest pokazanie możliwości niehomogenicznych automatów komórkowych jako narzędzia umożliwiającego odzwierciedlenie rzeczywistego rozprzestrzeniania się dymu i ognia podczas pożaru.

1.2. Geneza tematu

W dobie wszechobecnej urbanizacji i ciągłego budownictwa, wraz ze wzrostem świadomości dotyczącej bezpieczeństwa pożarowego oraz zaangażowania w jego zagwarantowaniu pojawiła się potrzeba możliwości modelowania i obserwacji rozprzestrzeniania się ognia w zamkniętych budynkach. Wspomniane symulacje pożarów wykazują szereg zastosowań. Są z powodzeniem wykorzystywane w śledztwach. Dają możliwość odtworzenia przebiegu zdarzeń i porównania z wynikami oględzin. Umożliwiają zbadanie prototypu budynku pod kątem gwarancji bezpieczeństwa pożarowego. Ułatwiają projektowanie systemów oddymiania. W połączeniu z modelami ewakuacji ludzi stanowią kompleksowy system ułatwiający tworzenie bezpiecznych budowli.

W ostatnich latach powstał szereg programów umożliwiających wizualizację symulacji rozchodzenia ognia. Opracowane dotychczas rozwiązania swoje działanie opierają na metodach numerycznej dynamiki płynów (ang. Computational Fluid Dynamics). Niewątpliwą zaletą numerycznego podejścia jest dokładność wyników. Głównymi wadami jest złożoność obliczeń i stopień komplikacji modelu. Niehomogeniczne automaty komórkowe umożliwiają znaczne uproszczenie modelu. Uproszczenie modelu powoduje z kolei redukcję złożoności obliczeń czyniąc automaty komórkowe szczególnie dogodną metodą w przypadku tworzenia prototypów oraz symulacji czasu rzeczywistego.

1.3. Realizacja projektu

Praca została zrealizowana jako wolnostojąca aplikacja komputerowa napisana w języku Java. Do renderowania grafiki trójwymiarowej została użyta biblioteka graficzna Java3D. Aplikacja została przetestowana z wykorzystaniem biblioteki JUnit4.

1.4. Struktura pracy

Praca składa się z [ilusi] rozdziałów. W pierwszym rozdziale znajdują się podstawy teoretyczne, związane zarówno z modelowanymi zjawiskami fizycznymi jak i użytym algorytmem. Rozdział Modele symulacji zawiera propozycje zweryfikowanych modeli rozprzestrzeniania się dymu i ognia zaprojektowanych w oparciu o niehomogeniczne automaty komórkowe. Rozdział Implementacja przedstawia

sposób realizacji projektu, napotkane problemy oraz ich rozwiązania. Opisuje możliwości graficznego interfejsu użytkownika oraz sposób korzystania z niego.

2. Teoria

Kluczowym elementem, niezbędnym do prawidłowego zamodelowania pożaru jest zrozumienie czym jest ogień, poznanie zjawisk jakim podlega. Niniejszy rozdział zawiera krótki wstęp teoretyczny, przedstawiający zjawiska fizyczne niezbędne do zrozumienia istoty pożaru i prawidłowego jego zamodelowania.

2.1. Czym jest ogień

2.2. Proces spalania

2.3. Propagacja ciepła

Jak zostało wspomniane w rozdziale ?? jednym z czynników niezbędnych do podtrzymania ognia jest ciepło. Ciepło podczas pożaru jest propagowane na trzy różne sposoby:

- Przewodnictwo
- Konwekcja
- Radiacja

2.3.1. Przewodnictwo

Przewodnictwo jest procesem, który zachodzi w ciałach stałych, cieczach i gazach. Polega ono na wymianie ciepła pomiędzy nierównomiernie ogrzаныmi ciałami będącymi w kontakcie. Celem przewodnictwa jest osiągnięcie równowagi cieplnej. Podczas przewodnictwa ciepło jest zawsze przenoszone od ciała o większej temperaturze do ciała o niższej. Zgodnie z zasadą zachowania energii, głoszącą że w układzie izolowanym suma wszystkich energii jest stała, ilość energii uzyskanej przez ciało chłodniejsze jest równa ilości energii oddanej przez cieplejszy obiekt.

Nie wszystkie ciała przewodzą ciepło w takim sam sposób. Zależność między ilością ciepła przewodzonego przez ciało, a jego zmianą temperatury najlepiej opisuje prawo Fouriera. Przyjmuje ono następującą postać: $q(r, t) = -k * gradT$

- k - współczynnik przewodzenia ciepła; jednostka

$$[W/(m * K)]$$

- T - temperatura [K]
- q - natężenie strumienia ciepła $[W/(m^2)]$

Do dobrych przewodników należą przede wszystkim metale. Źle przewodzą ciepło:

- drewno
- tlen
- papier

3. Projekt

Głównym celem projektu jest stworzenie i weryfikacja modelu rozprzestrzeniania się ognia wykorzystując niehomogeniczne automaty komórkowe. Nacisk z pracy został położony na opracowanie algorytmu najdokładniej oddającego rzeczywistość. Aplikacja, nazwa Sparkle została zaprojektowana tak, aby zapewnić użytkownikowi wysoką ergonomię pracy i łatwość nauki. Podczas projektowania i implementacji szczególna uwaga została poświęcona dalszym możliwościom rozbudowy programu.

3.1. Główne założenia

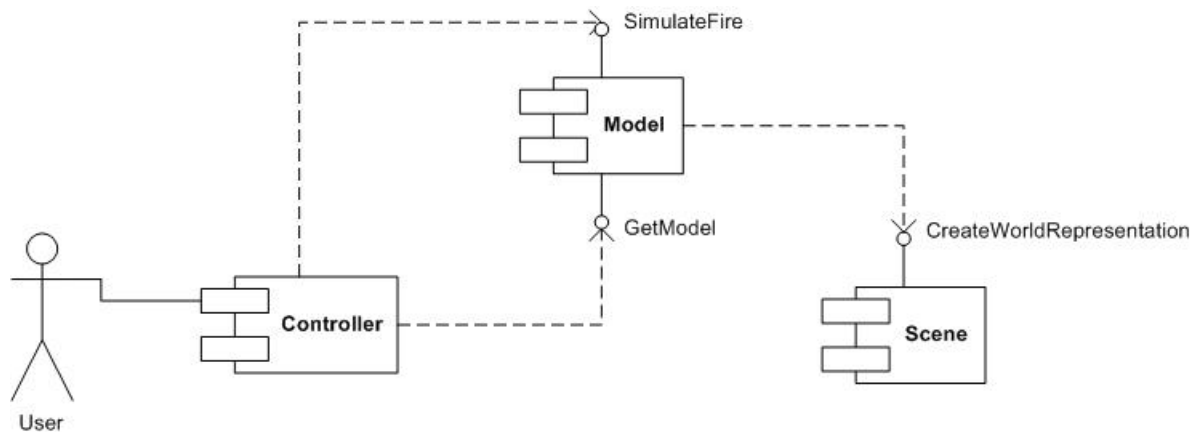
- Projekt obejmuje zarówno stworzenie modelu rozprzestrzeniania pożaru jak i uproszczonej wizualizacji oraz graficznego interfejsu użytkownika (GUI).
- Interfejs aplikacji powinien umożliwiać edycję budynku w którym przeprowadzana jest symulacja: dodawanie elementów konstrukcji, określanie materiałów z których zostały stworzone.
- Użytkownik powinien mieć możliwość określenia źródła ognia: zarówno jego miejsca jak i temperatury początkowej.
- Aplikacja powinna umożliwiać także kontrolę nad symulacją: możliwość zatrzymania symulacji, wznowienia, rozpoczęcia od początku, a także dostosowanie tempa symulacji umożliwiającego obserwację zjawisk fizycznych.
- Dodatkowym elementem jest zapis wyników w postaci rozkładu temperatury do pliku, umożliwiając dogłębną analizę rezultatów.
- Wizualizacja powinna obejmować zarówno rozkład temperatury jak i rozprzestrzenianie się dymu.

3.2. Architektura aplikacji

Aplikacja została podzielona na trzy główne moduły:

- Controller - odpowiada za interakcję z użytkownikiem, dostarcza GUI umożliwiające kontrolę symulacji
- Model - przechowuje model symulacji, realizuje algorytmy rozprzestrzeniania ognia
- Scene - odpowiada za wizualizację wyników

Zależności pomiędzy poszczególnymi komponentami przedstawia diagram komponentów 3.1. Zapewnienie bardzo prostych zależności między modułami pozwala niezależnie rozwijać kolejne części aplikacji, w łatwy sposób podmieniać i modyfikować ich zachowanie. Inną zaletą zastosowanego modelu jest łatwość testowania poszczególnych części aplikacji niezależnie.



Rysunek 3.1: Architektura aplikacji

Przedstawiony model powstał na bazie jednego z najpopularniejszych modeli tworzenia aplikacji wykorzystujących graficzny interfejs użytkownika: Model-View-Controller. Elementem różniącym przedstawiony powyżej model od tradycyjnej architektury Model-View-Controller jest rozdzielenie elementów GUI pomiędzy dwa moduły:

- Scene przedstawiającą wyniki aplikacji oraz
- Controller posiadający zestaw narzędzi dostarczających kontrolę użytkownikowi.

Dodatkowo w module Controller zostały połączone elementy widoku wraz z obsługującymi je listenerami.

3.2.1. Moduł: Controller

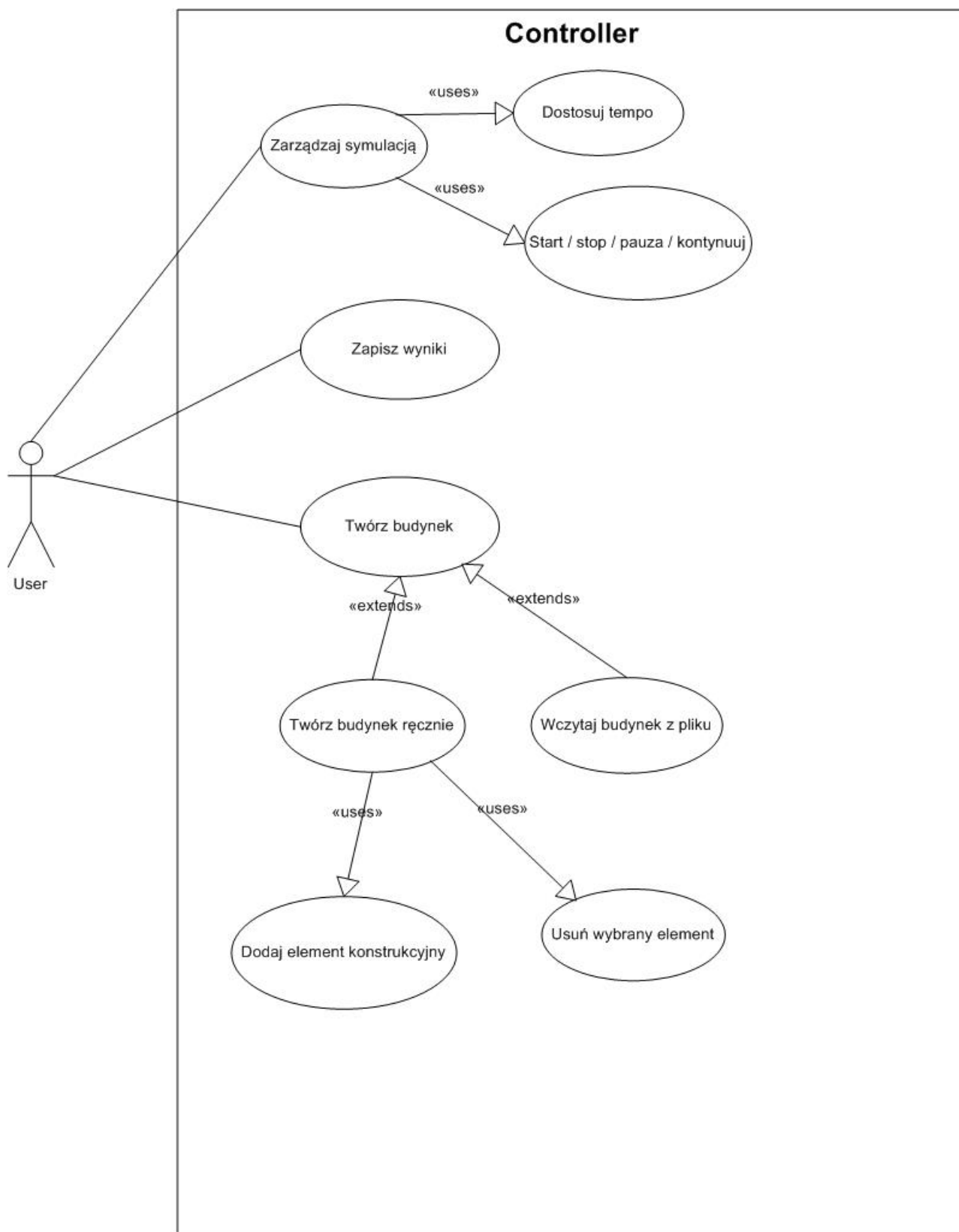
Moduł kontroler odpowiada za komunikację między użytkownikiem a silnikiem aplikacji. Jego podstawowym zadaniem jest dostarczenie łatwego w obsłudze, graficznego interfejsu użytkownika, oraz obsługi akcji użytkownika. Wspomniana obsługa akcji może obejmować zarówno zebranie danych ich przetworzenie i dostarczenie do modelu, pobranie z modelu danych jak i zapis lub kontrolę symulacji. Funkcjonalności dostarczane przez moduł Controller przedstawia diagram 3.2

3.2.2. Moduł: Scene

Jedynym zadaniem sceny jest graficzne przedstawienie dostarczonego modelu. Całkowite uniezależnienie widoku od innych modułów umożliwia późniejszą jego modyfikację.

3.2.3. Model

Został zastosowany przypadek aktywnego modelu, który potrafi zmieniać swój stan nie tylko w wyniku akcji użytkownika ale także samoczynnie. Aktywność modelu w przypadku symulacji polega na automatycznym uaktualnianiu swojego stanu co pewien, określony okres czasu, a także powiadamianie widoku o zachodzących zmianach.



Rysunek 3.2: Przypadki użycia

3.3. Moduły

3.4. Obiekty

Bibliografia