

Department of Computer Sciences  
University of Salzburg

Einführung Simulation  
SS 13/14

# Notaufnahme

August 10, 2014

Project Members:

Tobias Auinger, 1220321, [auingerto@stud.sbg.ac.at](mailto:auingerto@stud.sbg.ac.at)  
Christian Müller, 1123410, [mueller110@gmx.net](mailto:mueller110@gmx.net)  
Georgi Potzkov, 0123456, [potzkovge@stud.sbg.ac.at](mailto:potzkovge@stud.sbg.ac.at)

Academic Supervisor:

Helge Hagenauer  
[Helge.Hagenauer@sbg.ac.at](mailto:Helge.Hagenauer@sbg.ac.at)

## Contents

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Erweiterungen</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Events und Warteschlangen</b>	<b>3</b>
4.1	New Patient Event . . . . .	3
4.2	Busy/Free Doctor Warteschlangen . . . . .	3
4.3	Patient Arrival Event . . . . .	4
4.4	Treatment Termination Event . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>6</b>

## 1 Einleitung

In folgender Ausarbeitung sollen Modell und Ergebnisse der von uns im Rahmen des Proseminars Einführung Simulation implementierten Projektes besprochen werden. Ziel des Projektes war es eine auf DesmoJ basierende Simulation einer Notaufnahme zu erstellen. Wir haben uns für den Ansatz der ereignisorientierten Simulation entschieden, dh. Zustandsänderungen erfolgen stets nur zu bestimmten Ereigniszeitpunkten.

## 2 Aufgabe

Unsere Aufgabe war es eine Notaufnahme eines Krankenhauses zu simulieren. Die Notaufnahme wird von 2 Ärzten betreut. Durchschnittlich wird alle 40 Minuten ein Patient eingeliefert. Jedem Patient wird bei seinem Eintreffen eine Priorität zugewiesen. Diese Priorität beschreibt wie dringlich seine Behandlung ist. Etwa 20% der ankommenden Patienten haben die Priorität 3 und müssen so schnell wie möglich behandelt werden. Sie sind also akute Notfälle. Patienten mit der Priorität 1, sind weniger schwere Notfälle und können daher warten. Nach einer Behandlung eines Patienten der Priorität 1 oder 3, wird dessen Priorität auf 2 gesetzt. Diese Patienten werden einer Nachbehandlung zugeführt, bevor sie die Notaufnahme endgültig verlassen dürfen. Zu simulieren war ein längerer Zeitraum, wie etwa 20 Tage. Die Notaufnahme sollte dabei ständig geöffnet bleiben. Ebenso war es unsere Aufgabe Erweiterungen zu überlegen und zu implementieren.

## 3 Erweiterungen

Wie schon in 2 angesprochen, war es ebenfalls Teil der Aufgabe das gegebene Modell zu erweitern. Mit dem Ziel der Realität gerechter zu werden, implementierten wir unsere Simulation sodass dringendere Notfälle (Patienten der Priorität 3) weniger dringliche Notfälle (Patienten mit Priorität 1) verdrängen können (Behandlung des Priorität 1 Patienten wird zugunsten des Priorität 3 Patienten abgebrochen). Desweiteren dachten wir uns, dass akute Notfälle auch versterben können sollten. Jedem Patienten der Priorität 3 wird also bei dessen Ankunft ein bestimmter Zeitpunkt zugewiesen (*Patient Death Event* wird der Ereignisliste hinzugefügt), zu welchem der Patient, sollte er bis dahin nicht behandelt worden sein, verstirbt.

## 4 Events und Warteschlangen

### 4.1 New Patient Event

Im Rahmen des *NewPatient Events* wird ein neuer Patient erstellt und eine Priorität zugewiesen. Hierbei bekommt jeder 5-te Patient die Priorität 3, Allen anderen wird die Priorität 1 zugewiesen. Um eine stetige Ankunft von Patienten zu gewährleisten, wird dann in weiterer Folge ein neues *New Patient Event* der Ereignisliste hinzugefügt. Der gerade neu erstellte Patient kommt ohne dass Simulationszeit vergeht in der Notaufnahme an. (*Patient Arrival Event*)

Figure 1: New Patient Event

### 4.2 Busy/Free Doctor Warteschlangen

Die Doktoren in unserer Notaufnahme werden mittels zwei Warteschlangen verwaltet. Diese Graphik beschreibt den Statuswechsel der Doktoren.

### 4.3 Patient Arrival Event

*Patient Arrival Event* modelliert die Ankunft eines Patienten. Abhängig von der Priorität des Patienten wird dieser in einer der 3 Warteschlangen gegeben. Wurde der Patient im Sinne unserer Erweiterung von einem Patienten mit Priorität 3 abgelöst dh. wurde seine Behandlung durch einen Priorität 3 abgebrochen, wird dieser in vorne in die Warteschlange seiner Priorität eingereiht. Handelt es sich bei dem Patienten um einen Patienten der Priorität 3 wird für diesen weiter die Zeitpunkt seines Todes bestimmt. (*Patient Death Event*) Abhängig davon, ob ein Doktor frei ist (dh. gerade keinen Patienten behandelt) oder nicht, wird der Patient einem Doktor zugewiesen oder aber er verbleibt in der Warteschlange. Handelt es sich beim Patienten um einen Notfall hat dieser auch wenn kein Doktor frei sein sollte durch Ablösung eines sich in Behandlung befindlichen Priorität 1 Patienten die Möglichkeit sofort behandelt zu werden.

Figure 2: Patient Arrival Event

## 4.4 Treatment Termination Event

*Treatment Termination Event* ist sowohl ausschlaggebend für den weiteren Verlauf des Patienten in der Notaufnahme, als auch für die Dauer seiner Behandlung. Der Patient wird aus der Behandlungswarteschlange genommen. Ist dessen Priorität nicht 2 (sondern 3 oder 1), dann wird seine Priorität auf 2 gesetzt und anschließend ein *Patient Arrival Event* für diesen erstellt. Ist jedoch seine Priorität 2, so verlässt er die Notaufnahme. Beinhalten nun alle Warteschlangen der Patienten keine Patienten, so wird der Doktor (der diesen Patienten behandelte) auf verfügbar gesetzt, in dem er der *Free Doctor Warteschlange* hinzugefügt wird. Enthält jedoch eine der Patienten Warteschlangen einen Patienten (Überprüfung erfolgt absteigend (3,2,1)), so wird dieser aus der Warteschlange entfernt und wird von einem Doktor behandelt (Hinzufügen der *Treatment Warteschlange*). Ebenso wird ein neues *Treatment Termination Event* für den neuen Patienten mit einer Behandlungszeit erstellt und der Ereignisliste hinzugefügt. Hat dieser neue Patient eine Priorität von 3, so wird sein *Patient Death Event*, welches den Tod für diesen nicht behandelten akuten Notfall darstellt, abgebrochen.

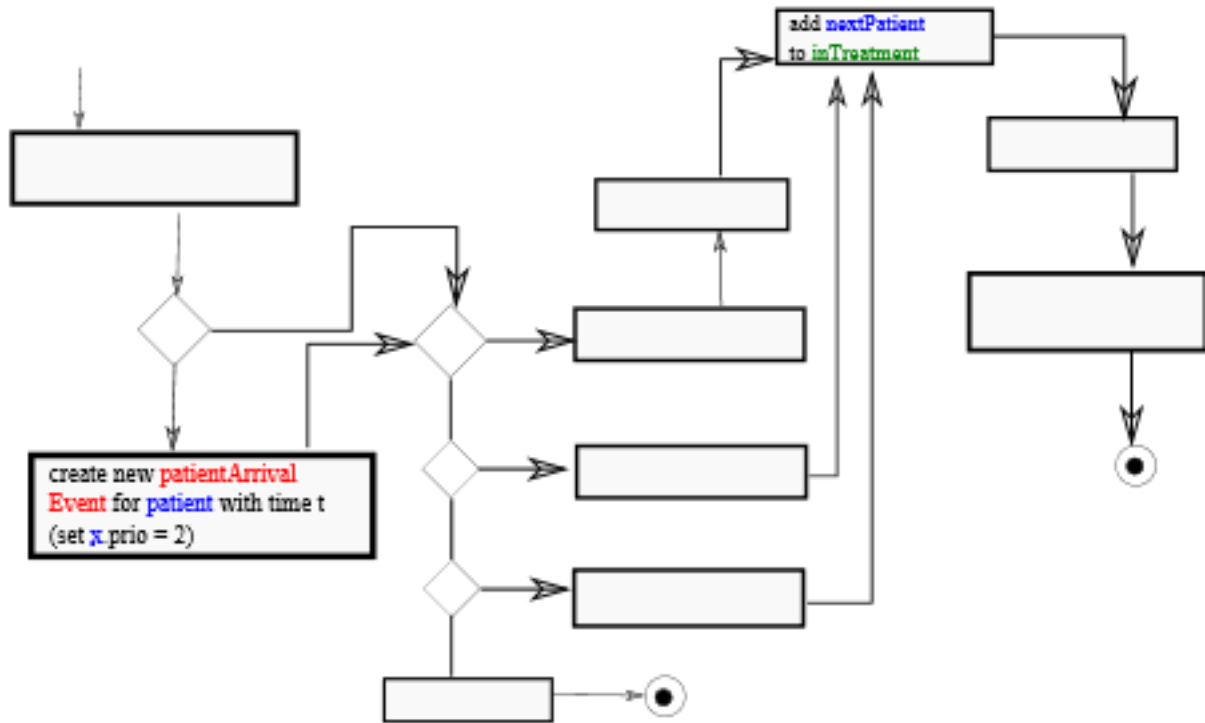


Figure 3: Treatment Termination Event

## 5 Ergebnisse

Im Folgenden sollen die Ergebnisse, welche das Resultat von jeweils hundert Simulationsläufen sind, einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Wie in 2 beschrieben, war es Teil der Aufgabenstellung die Simulation mit und ohne Initialisierungsphase durchzuführen. Desweiteren haben wir die Auswirkung der von uns erdachten Erweiterungen betrachtet und analysiert. Folgende Ergebnisgrößen waren für uns von besonderem Interesse:

- mittlerer Wartezeit beider Patientenarten  
Die mittlere Wartezeit der Patienten nimmt mit einer zunehmenden Anzahl an Doktoren ab. Weiters konnten wir durch die Notfall-Priorität die mittlere Wartezeit der Priorität 3 Patienten um 50% verkürzen. Dies führte zu einer Verringerung der Tode um etwa 40%. Gleichzeitig führte die Notfallpriorität zu einem 10% Anstieg der mittleren Wartezeit der Priorität 1 und Priorität 2 Patienten.
- Anteil der Patienten die nicht warten/maximal 5 Minuten warten müssen.  
Die Anzahl der Patienten, welche maximal 5 Minuten warten mussten nahm erwartungsgemäß mit der Anzahl der Doktoren zu und erreichte bei 5 Doktoren ihr Maximum. Eine vorgeschaltete Initialisierungsphase führt zu einer Verminderung des Anteils solcher Patienten. Eine Initialisierungsphase sorgt dafür, dass die Warteschlangen zu Beginn der eigentlichen Simulation nicht leer sind bzw. die Behandlungsräume der Doktoren besetzt sind. Daraus resultiert natürlich ein größerer Anteil an Patienten mit einer Wartezeit von über 5 Minuten. Der Anteil der Patienten, welche gar nicht warten mussten verhielt sich bezüglich der Anzahl der Doktoren und Initialisierungsphase gleichermaßen.
- Zeit  $x$ , welche 90% der Patienten in der Notaufnahme verbracht haben  
Auch hier konnte erwartungsgemäß eine Abnahme der Wartezeit mit zunehmender Anzahl an Doktoren beobachtet werden. Bei 4 Doktoren entsprach die Zeit  $x$  schon in etwa der durchschnittlichen Behandlungszeit der Patienten. Eine Initialisierungsphase führte zu einer höheren Zeit.
- maximale und mittlere Anzahl der wartenden akuten Notfälle und restlichen Patienten  
Wie die mittlere Wartezeit nimmt auch die mittlere Anzahl der wartenden Patienten mit einer Zunahme der Anzahl an Doktoren ab. Selbiges gilt für die maximale Anzahl von Patienten in der Warteschlange. Eine vorgeschaltete Initialisierungsphase erhöht sowohl die mittlere als auch maximale Anzahl der Patienten in der Warteschlange. Das Konzept der Notfallpriorität führt erwartungsgemäß zu einer Verminderung der mittleren und maximalen Anzahl an wartenden Patienten der Priorität 3 Patienten.