Ludwig-Maximilians-Universität München Institut für Informatik Lehrstuhl für Mobile und Verteilte Systeme Prof. Dr. Linnhoff-Popien



# Übungsblatt 11 Rechnerarchitektur im SS 2022

#### Zu Modul N

**Abgabetermin:** 17.07.2022, 23:59 Uhr

Besprechung: T-Aufgaben: 11.07.22 - 15.07.22, H-Aufgaben: 18.07.22 - 22.07.22

#### Aufgabe 70: (T) Gate-Assignment mittels Quantenannealing

(- Pkt.)

In dieser Aufgabe sollen Sie das Gate-Assignment-Problem für drei Flugzeuge  $\{1,2,3\}$  und drei Gates  $\{A,B,C\}$  als QUBO formulieren. Es gilt analog zur Vorlesung, dass die (Flugzeug, Gate)-Paare (1,A),(2,B) und (3,C) jeweils zu einer Fluggesellschaft gehören und es als besonders günstig zu bewerten ist, wenn sich die Flugzeuge jeweils am Gate ihrer Fluggesellschaft befinden. Es müssen aber auch "katastrophale" Ereignisse bewertet werden, wie das Ereignis, dass sich ein Flugzeug gleichzeitig an zwei Gates befindet oder zwei Flugzeuge an einem Gate.

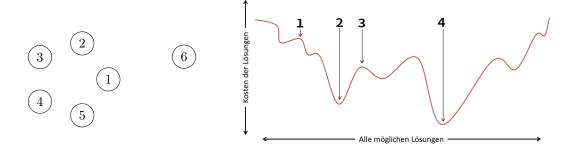
Erstellen Sie eine QUBO-Matrix für dieses Problem und füllen Sie diese mit den Zahlenwerten  $\{-2,0,5\}$ , je nachdem, wie günstig eine Zustandskombination zu bewerten ist, so dass die Optimierung (Minimierung) mittels Quantenannealing stattfinden kann.

## Aufgabe 71: (T) Traveling-Salesperson-Problem und Annealing

- Pkt.)

In der Vorlesung haben Sie das Traveling-Salesperson-Problem (TSP) und die Optimierung mittels Simulated Annealing kennengelernt. Bearbeiten Sie folgenden Aufgaben dazu:

- a. Worum geht es beim TSP?
- b. Beschreiben Sie die Optimierungsmethode des Simulated Annealing!
- c. Angenommen es liegt eine Graphstruktur vor, bei der die Knoten geografisch wie in folgender Abbildung angeordnet sind (jeder Knoten ist von jedem direkt erreichbar). Ordnen Sie Lösungskandidaten für das TSP auf dieser Graphstruktur den Pfeilen der unten gegebenen Lösungslandschaft zu.



#### Aufgabe 72: (H) Graph Coloring mittels Quantenannealing

(12 Pkt.)

Sei folgender Graph gegeben, dessen Knoten  $\{1,2,3\}$  mit den Farben Rot, Grün und Blau  $\{R,G,B\}$  gefärbt werden sollen, so dass keine zwei benachbarten Knoten (mit einer Kante verbunden) die gleiche Farbe tragen.



Füllen Sie folgenden Matrix mit den Zahlenwerten 0 und 5, je nachdem, wie günstig eine Zustandskombination zu bewerten ist, so dass die Optimierung (Minimierung) mittels Quantenannealing stattfinden kann. Leere Felder in Ihrer QUBO Matrix werden als Zahlenwert 0 interpretiert.

	1R	1G	1B	2R	2G	2B	3R	3G	3B
1R	-1								
1G		-1							
1B			-1						
2R				-1					
2G					-1				
2B						-1			
3R							-1		
3G								-1	
3B									-1

### Aufgabe 73: (H) Gate-Assignement mittels Quantenannealing

(6 Pkt.)

In der Vorlesung haben Sie das Gate-Assignment-Problem (GAP) kennengelernt, bei welchem Flugzeuge unter gewissen Nebenbedingungen Flughafen-Gates zugeordnet werden müssen. Es gilt analog zur Vorlesung, dass die (Flugzeug, Gate)-Paare  $(1,A),\ (2,B)$  und (3,C) jeweils zu einer Fluggesellschaft gehören und es als besonders günstig zu bewerten ist, wenn sich die Flugzeuge jeweils am Gate ihrer Fluggesellschaft befinden. Die untere Abbildung zeigt die ausgefüllte QUBO Matrix des GAP für 3 Flugzeuge. Berechnen Sie die Energien  $E_i$  für jeden Lösungsvektor  $S_i$ 

- a.  $S_1 = (1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0)$
- b.  $S_2 = (1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1)$
- c.  $S_3 = (1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1)$

	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1A	-2	5	5	5	0	0	5	0	0
1B		0	5	0	5	0	0	5	0
1C			0	0	0	5	0	0	5
2A				0	5	5	5	0	0
2B					-2	5	0	5	0
2C						0	0	0	5
3A						_	0	5	5
3B								0	5
3C									-2

#### Aufgabe 74: (H) Optimierung mittels Quantum Annealing

(10 Pkt.)

Es soll der Weg eines Studierenderen zur Universität optimiert werden, denn der Studierende möchte den Weg zur Universität so schnell wie möglich zurücklegen. Um zur Universität zu gelangen, muss der Studierende an drei Haltestellen  $\{1,2,3\}$  entscheiden, ob er jeweils entweder mit der Tram oder dem Bus fährt, oder bis zur nächsten Haltestelle zu Fuß geht  $\{T,B,F\}$ . Die Haltestellen sind alle gleich weit voneinander entfernt. Mit der Tram benötigt der Studierende von Haltestelle zu Haltestelle 14 Minuten, mit dem Bus benötigt der Studierende von Haltestelle zu Haltestelle 7 Minuten und zu Fuß benötigt der Studierende von Haltestelle zu Haltestelle 22 Minuten.

Füllen Sie die folgende QUBO-Matrix unter ausschließlicher Verwendung der Zahlenwerte  $\{-20,-10,-1,0,1000\}$ , je nachdem, wie günstig die entsprechende Zustandskombination zu bewerten ist, so dass die Optimierung (Minimierung) mittels Quantenannealing stattfinden kann. Der Weg zur Universität ist also: Haltestelle  $1\to \text{Haltestelle }2\to \text{Haltestelle }3\to \text{Universit}$ ät. Wie oben beschrieben, kann der Studierende an jeder dieser Haltestellen wählen ob er die Tram oder den Bus nimmt, oder zu Fuß geht. 1F bedeutet z.B. dass der Studierende sich entscheidt, von der ersten Haltestelle zur zweiten Haltestelle zu Fuß zu gehen. Leere Felder in Ihrer QUBO Matix werden als Zahlenwert 0 interpretiert.

	1T	1B	1F	2T	2B	2F	3T	3B	3F
1T									
1B									
1F									
2T									
2B									
2F									
3T									
3B									
3F									

# **Aufgabe 75: (H)** Einfachauswahlaufgabe: Quantencomputing und Speicherung

(5 Pkt.)

Für jede der folgenden Fragen ist eine korrekte Antwort auszuwählen ("1 aus n"). Nennen Sie dazu in Ihrer Abgabe explizit die jeweils ausgewählte Antwortnummer ((i), (ii), (iii) oder (iv)). Eine korrekte Antwort ergibt jeweils einen Punkt. Mehrfache Antworten oder eine falsche Antwort werden mit 0 Punkten bewertet.

a) Wie bezeichnet man die beobachtete Grundregel in der Entwicklung neuer									
Computerchips nach der sich die Transistordichte auf Computerchips in etwa alle									
12-18 Monate verdopp	elt?								
(i) Heisenberg's Law	(ii) Zuse's Law	(iii) Moore's Law	(iv) Gordon's Law						
b) Wie bezeichnet man ein klassisches Problem der Mathematik/Informatik, das darin									
besteht, die Reihenfolge für den Besuch mehrerer Orte zu bestimmen, so dass die									
gewählte Route den kle	einstmöglichen Weg hat?								
(i) Gate-Assignment-	(ii) Boolean-	(iii) Traveling-	(iv)						
Problem	Satisfiability-Problem	Salesman-Problem	Knapsack-Problem						
c) Wie bezeichnet man	eine stochastischen Opt	imierungsmethoden, bei	der man						
Sprünge verschiedener	Größe in der Lösungslar	ndschaft durchführt, um	eine Lösung						
1. 1									
mit moglichst geringen	Kosten zu finden?								
(i) Newton-	Kosten zu finden? (ii) Scheduling	(iii) Division	(iv) Simulated						
0 0		(iii) Division	(iv) Simulated Annealing						
(i) Newton-		(iii) Division	' '						
(i) Newton- Verfahren		, ,	Annealing						
(i) Newton- Verfahren	(ii) Scheduling	, ,	Annealing						
(i) Newton- Verfahren  d) Was ist der übliche 2	(ii) Scheduling	, ,	Annealing						
(i) Newton- Verfahren  d) Was ist der übliche Z Quantum Annealer?	(ii) Scheduling Zeitwert für einen Annea	lling-Vorgang auf dem D	Annealing -Wave						
(i) Newton- Verfahren  d) Was ist der übliche Z Quantum Annealer? (i) 20 Mikrosekunden	(ii) Scheduling Zeitwert für einen Annea	ling-Vorgang auf dem D (iii) 20 Sekunden	Annealing -Wave  (iv) 20 Minuten						
(i) Newton- Verfahren  d) Was ist der übliche Z Quantum Annealer? (i) 20 Mikrosekunden	(ii) Scheduling  Zeitwert für einen Annea  (ii) 20 Millisekunden	ling-Vorgang auf dem D (iii) 20 Sekunden	Annealing -Wave  (iv) 20 Minuten						