

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Einleitung und Motivation</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. Forschungsaktivitäten . . . . .   | 4         |
| 1.2. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit . . . . .                                 | 6         |
| <b>2. Energiebewusste Informationsverarbeitung in WSN und MANETs</b>             | <b>9</b>  |
| 2.1. Definition und typische Eigenschaften von WSN und MANET . . . . .           | 9         |
| 2.1.1. MANET . . . . .   | 9         |
| 2.1.2. WSN . . . . .   | 11        |
| 2.2. Architektur von WSN . . . . .   | 15        |
| 2.3. Energiebewusste Protokolle für WSN . . . . .                                | 19        |
| 2.3.1. Komponentenebene . . . . .  | 20        |
| 2.3.2. Knotenebene . . . . .   | 20        |
| 2.3.3. Verarbeitungsfunktionalität auf Netzwerkebene . . . . .                   | 24        |
| <b>3. Modell zur Beschreibung der Energieverbräuche</b>                          | <b>27</b> |
| 3.1. Verarbeitungskosten . . . . .   | 27        |
| 3.2. Übertragungskosten . . . . .  | 30        |
| 3.3. Wertbestimmung und Wertebereiche der Kostenparameter . . . . .              | 34        |
| 3.3.1. Übertragungskosten . . . . .  | 34        |
| 3.3.2. Verarbeitungskosten . . . . .   | 43        |
| 3.3.3. Wertebereiche . . . . .   | 44        |
| 3.3.4. Skalierte Darstellung . . . . .   | 46        |
| 3.4. Ereignisgenerierender Prozess und Modellparameter im Zusammenhang . . . . . | 46        |
| 3.4.1. Modellparameter im Zusammenhang . . . . .                                 | 50        |
| 3.4.2. Unabhängigkeit vs. Abhängigkeit der Zufallsvariablen . . . . .            | 53        |
| 3.5. Optimierungsziel . . . . .  | 60        |
| 3.5.1. <i>D-Modell</i> . . . . .   | 65        |
| 3.5.2. <i>Z-Modell</i> . . . . .   | 66        |
| 3.6. Zusammenfassung und weiteres Vorgehen . . . . .                             | 70        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>4. Verteilte Verarbeitung auf <math>V_E^{min}</math> im D-Modell</b>                             | <b>77</b>  |
| 4.1. Lösungen für $l_H = 0$ . . . . .   | 77         |
| 4.1.1. Direkte Nachbarschaft von $S$ und $T$ ( $V_H = \emptyset$ ) . . . . .                        | 78         |
| 4.1.2. Beschränkung von $V_H$ auf Weiterleitungsaufgaben ( $l_H = 0,  V_H  > 0$ ) . . . . .         | 82         |
| 4.2. Allgemeines Modell für die Verteilung auf $V_E^{min}$ ( $l_H \geq 0,  V_H  \geq 0$ ) . . . . . | 87         |
| 4.2.1. Gleiche lokale Energieverbräuche der Weiterleitungsknoten . . . . .                          | 91         |
| 4.2.2. Gleiche lokale Energieverbräuche in allen Rollen ( $S, H$ und $T$ ) . . . . .                | 93         |
| 4.2.3. Qualitative Aussagen zur Lage des Optimums bei $l_H > 0$ . . . . .                           | 98         |
| 4.3. Zusammenfassung . . . . .  | 105        |
| <b>5. Erweiterung von <math>V_E</math> im D-Modell</b>  | <b>109</b> |
| 5.1. Beschränkung von $V_H$ auf Weiterleitungsaufgaben ( $l_H = 0,  V_H  > 0$ ) . . . . .           | 110        |
| 5.2. Verteilung von Verarbeitungslast auf $V_H$ ( $l_H > 0,  V_H  > 0$ ) . . . . .                  | 113        |
| 5.2.1. Alternative 1: $L^* = (0; M; 0)$ . . . . .   | 115        |
| 5.2.2. Alternative 2: $L^* = (0; M - l_T; l_T)$ . . . . .   | 125        |
| 5.2.3. Alternative 3: $L^* = (l_S; M - l_S; 0)$ . . . . .   | 131        |
| 5.2.4. Lastverteilungen für die direkte Nachbarschaft von $S$ und $T$ . . . . .                     | 137        |
| 5.2.5. Optimale Lastverteilungen auf $V_H$ bei gegebenem Pfad der Länge $k$ . . . . .               | 147        |
| 5.3. Pfadwahl und pfadindividuelle Verteilungen . . . . .   | 151        |
| 5.3.1. Restriktionen . . . . .  | 151        |
| 5.3.2. Kriterien . . . . .  | 153        |
| 5.3.3. Pfadindividuelle Lastverteilungen . . . . .  | 157        |
| 5.4. Nicht-disjunkte Pfade . . . . .  | 159        |
| 5.5. Zusammenfassung . . . . .  | 164        |
| <b>6. Sonderfälle und weiterführende Fragestellungen des D-Modells</b>                              | <b>167</b> |
| 6.1. Einheit von $S$ und $T$ . . . . .  | 168        |
| 6.2. Mehrere Knoten in $S$ . . . . .  | 173        |
| 6.3. Modell mit klassischer Senke . . . . .   | 174        |
| 6.4. Modell ohne Aggregation ( $Q = 1$ ) . . . . .  | 178        |
| 6.4.1. Optimale Verteilung auf $V_E^{min}$ . . . . .  | 178        |
| 6.4.2. Optimale Verteilung bei Erweiterung von $V_E^{min}$ . . . . .                                | 180        |
| 6.5. Einfluss atomarer Dateneinheiten und ein Algorithmus zu ihrer Verteilung . . . . .             | 186        |
| 6.6. Sensitivität gegenüber Schwankungen in den Kostenparametern . . . . .                          | 193        |
| <b>7. Fragestellungen und Ansätze für das Z-Modell</b>  | <b>199</b> |
| 7.1. Erwartete Systemlebensdauer und Lastverteilungen auf $V_E^{min}$ . . . . .                     | 200        |

|   |            |
|---|------------|
| 7.2. Erwartete Systemlebensdauer und Lastverteilungen bei einer Erweiterung von $V_E$ | 204        |
| 7.3. Garantierte Systemlebensdauer . . . . .  | 207        |
| 7.4. Zusammenfassung . . . . .  | 213        |
| <b>8. Zusammenfassung und Ausblick</b>  | <b>215</b> |
| <b>A. Verwendete Stützwerte</b>   | <b>221</b> |
| <b>B. Spezifikation MSB430</b>  | <b>223</b> |