Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität • gegründet 1825
Institut für Technische Informatik
Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Karl

Übungen zu Rechnerstrukturen: Fehlertoleranz

7. Übungsblatt

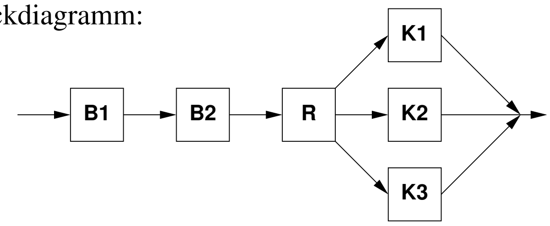
Besprechung: 23. Juli 2009

1 Definitionen (aus der Klausur vom Sommersemester 2008)

1. Temporärer und permanenter Fehler.
2. Gesucht ist das Ausfall**verhalten**, nicht die zeitliche Entwicklung der Ausfall**häufigkeit**, daher:
    - Fail-stop-System: Ausfälle sind nur Anhalteausfälle
    - Fail-silent-System: Ausfälle sind nur Unterlassungsausfälle
    - Fail-safe-System: Ausfälle sind nur unkritische Ausfälle

2 Blockdiagramm und Strukturformel

3. Zuverlässigkeitsblockdiagramm:



Strukturformel: $S = B_1 \wedge B_2 \wedge R \wedge (K_1 \vee K_2 \vee K_3)$
(alternativ: $S = B_1 \; and \; B_2 \; and \; R \; and \; (K_1 \; or \; K_2 \; or \; K_3)$)

Berechnung der Funktionswahrscheinlichkeit:

- Berechnung der Funktionswahrscheinlichkeit des parallenen Teilsystems K_1 bis K_3 durch Überführung in entsprechendes Seriensystem und Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit:
  $(K_1 \vee K_2 \vee K_3) \rightarrow \neg(\neg K_1 \wedge \neg K_2 \wedge \neg K_3)$
- $K \rightarrow \neg K$, entsprechend $\varphi(K) \rightarrow 1 - \varphi(K)$,
  d.h. Ausfallwahrscheinlichkeit für K-System: $(1 - \varphi(K))^3$
- Transformierung in Funktionswahrscheinlichkeit: $\varphi(K) = 1 - ((1 - \varphi(K))^3)$
- Berechnung der Funktionswahrscheinlichkeit des kompletten Seriensystems:
  $\varphi = \underbrace{\varphi(B) * \varphi(B) * \varphi(R) *}_{Seriensystem} \underbrace{(1 - (1 - \varphi(K))^3)}_{Parallelsystem}$

3 Maßzahlen und Berechnung

4. allgemein: $$\varphi_m^n = \sum_{k=n}^{m} \binom{m}{k} * \varphi(K)^k * (1 - \varphi(K))^{(m-k)}$$

   n=8, m=10, $\varphi(K) = \varphi(F) = 0,99$ – also:

   $$\varphi_{10}^8 = \sum_{k=8}^{10} \binom{10}{k} * 0.99^k * 0.01^{(10-k)} = 0.999886$$

   Chance auf Datenverlust somit: $1 - 0.999886 = 0.000114$.

5. $MTTF = 2a = (2 * 365 * 24 * 60)min = 1051200min$
   $MTTR = (2 + 10 + 2)min = 14min$
   $V = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} = \frac{1051200}{1051214} = 0,999997$

6. Bei der Berechnung der Punktverfügbarkeit wird typischerweise von einer konstanten Ausfallrate ausgegangen; dies trifft näherungsweise für die Betriebsphase der Badewannenkurve zu.

7.
- allgemein: $z(t) = \frac{d}{dt}\frac{F_L(t)}{R(t)} = \frac{d}{dt}\frac{1-R(t)}{R(t)} \quad \rightarrow \quad z(t) = \frac{d}{dt}\frac{1-R(K,t)}{R(K,t)} = \lambda.$
- Gesucht: t mit $R(K,t) < R(S_{2v3}, t)$, d.h. Bestimmung der Schnittpunkte der beiden Überlebenswahrscheinlichkeiten.

  2-von-3-System:

  $$R(S_{2v3}, t) = \sum_{k=2}^{3} \binom{3}{k} R(t)^k [1 - R(t)]^{3-k} = 3 * R(t)^2 - 2 * R(t)^3$$

  Einzelkomponente: $R(K,t) = R(t)$

  somit gilt: $R(K,t) = R(S_{2v3}, t) \quad \leftrightarrow \quad R = 3 * R^2 - 2 * R^3$
  $\rightarrow \quad R_1 = 0, R_2 = 0.5, R_3 = 1$

  Wegen $R(K,t) = e^{-\lambda t}$ ergeben sich für R_2 und R_3 die dazugehörenden Werte $t_2 = 0$ und $t_3 = \frac{ln(2)}{\lambda}$, d.h. das gesuchte Intervall ist $[t_2, t_3) = [0, \frac{ln(2)}{\lambda})$.

- Es gilt:

  $$MTTF = \int_0^\infty R(S,t)dt, \quad \lambda = \frac{1}{MTTF}, \quad R(K,t) = e^{-\lambda t}$$

  $$MTTF = \int_0^\infty R(S_{2v3,t})dt = \frac{5}{6\lambda} \rightarrow \lambda = 1$$