

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Einleitung</b>                                                     | <b>1</b>  |
| <b>2. Konformitätstesten</b>                                             | <b>5</b>  |
| 2.1 Die Entwicklung des OSI-Konformitätstestens                          | 5         |
| 2.2 Die OSI-Konformitätstest-Standards                                   | 6         |
| 2.2.1 Testmethoden                                                       | 7         |
| 2.2.2 Die Spezifikation von Konformitätstests                            | 10        |
| 2.2.3 Anforderungen an Konformitätstests                                 | 11        |
| 2.3 Die Problematik der Testerstellung                                   | 12        |
| 2.3.1 Automatische Testherleitung                                        | 14        |
| 2.3.2 Formale Verifikation von Konformitätstests                         | 17        |
| 2.3.3 Testvalidierung                                                    | 17        |
| 2.3.4 Konformität und Interoperabilität                                  | 19        |
| 2.3.5 Testqualität                                                       | 20        |
| 2.4 Die Testnotation TTCN                                                | 20        |
| 2.4.1 ASN.1                                                              | 21        |
| 2.4.2 TTCN                                                               | 23        |
| 2.4.3 Der Unterschied zwischen Testbeschreibung und abstraktem Tester    | 33        |
| 2.5 Einschränkungen für den Aufbau von Testfällen                        | 34        |
| 2.6 Zusammenfassung der Korrektheitsanforderungen für TTCN-Testszenarien | 41        |
| <b>3. Formale Spezifikationen von Protokollen und Diensten</b>           | <b>43</b> |
| 3.1 Das Agenten-Interaktions-Modell                                      | 45        |
| 3.1.1 Eigenschaften von Interaktionen und Interaktionspunkten            | 46        |
| 3.2 Spezifikationen in Estelle, SDL, LOTOS, CRS und höheren Petri-Netzen | 48        |
| 3.2.1 Estelle                                                            | 48        |
| 3.2.2 SDL                                                                | 51        |
| 3.2.3 LOTOS                                                              | 54        |
| 3.2.4 CRS                                                                | 57        |
| 3.2.5 Höhere Petri-Netze                                                 | 60        |
| 3.2.6 Zusammenfassung und Vergleich                                      | 61        |
| 3.2.7 Externe Interaktionspunkte offener Spezifikationen                 | 63        |
| 3.3 Das extern sichtbare Verhalten eines Agenten                         | 65        |
| 3.3.1 Markierte Transitionssysteme                                       | 66        |
| 3.3.2 Aktionsbäume und ACTs                                              | 67        |
| 3.3.3 Interaktionsbäume                                                  | 71        |

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3.4 Der Unterschied zwischen Interaktionen und Interaktionsspezifikationen                  | 73        |
| 3.3.5 Konstruktion von Interaktionsbäumen aus formalen Spezifikationen                        | 73        |
| 3.3.6 Relevanz von Interaktionsbäumen für die praktische Testvalidierung                      | 74        |
| 3.3.7 Parametrisierte Spezifikationen                                                         | 75        |
| <b>4. Die Konsistenz eines TTCN-Testszenarios mit dem zugrundeliegenden Protokollstandard</b> | <b>79</b> |
| 4.1 Die Beziehung zwischen Protokolldefinition und Protokolltest                              | 80        |
| 4.2 TTCN und das Agenten-Interaktions-Modell                                                  | 81        |
| 4.2.1 Die Eigenschaften der Interaktionspunkte (PCOs) in TTCN                                 | 82        |
| 4.3 Das extern sichtbare Verhalten eines Testagenten                                          | 83        |
| 4.3.1 Einfache Test-Interaktionsbäume                                                         | 83        |
| 4.3.2 Prioritätsbehaftete Alternativenlisten                                                  | 85        |
| 4.3.3 Das OTHERWISE-Konstrukt                                                                 | 86        |
| 4.3.4 Das TIMEOUT-Konstrukt                                                                   | 88        |
| 4.3.5 Der Einfluß von Variablen                                                               | 89        |
| 4.3.6 Der Einfluß von Test-Suite-Parametern                                                   | 90        |
| 4.3.7 Die Expansion von Schleifen                                                             | 91        |
| 4.3.8 Spezifische Eigenschaften von Test-Interaktionsbäumen                                   | 91        |
| 4.4 Der Vergleich von Testszenarien mit formalen Spezifikationen                              | 93        |
| 4.4.1 Äquivalenz von LTS-Markierungen                                                         | 93        |
| 4.4.2 Das Abstraktionsniveau von Verhaltensbeschreibungen                                     | 94        |
| 4.4.3 Realistische komplexe Interaktionsspezifikationen                                       | 95        |
| 4.4.4 Bedeutungserhaltende Transformation von Interaktionsspezifikationen                     | 97        |
| 4.5 Die logische Korrektheit eines TTCN-Testfalls                                             | 100       |
| 4.5.1 Komplementäre Interaktionsspezifikationen                                               | 102       |
| 4.5.2 Die Bedeutung von Testurteilen                                                          | 103       |
| 4.5.3 Der Einfluß speichernder PCOs                                                           | 104       |
| 4.5.4 Korrektheiterhaltende Vertauschung von Testinteraktionen                                | 107       |
| 4.5.5 Gültige Permutationen von Interaktionssequenzen formaler Spezifikationen                | 109       |
| 4.5.6 Permutationen bei mehreren Interaktionspunkten                                          | 110       |
| 4.5.7 Praktische Erwägungen zu Verschiebungen von Sendeinteraktionen in Testsequenzen         | 111       |
| 4.5.8 Unvermeidbare Vertauschungen von Testinteraktionen                                      | 112       |
| 4.5.9 Logische Korrektheit von pass- und fail-Sequenzen                                       | 113       |
| 4.5.10 Vollständigkeit eines Testfalls                                                        | 115       |
| 4.5.11 Gesamtdefinition                                                                       | 116       |
| 4.6 Parametrisierte Testfälle                                                                 | 116       |
| 4.7 Algorithmus zur Validierung der logischen Korrektheit eines Testfalls                     | 121       |
| 4.7.1 Die prinzipielle Arbeitsweise des Algorithmus                                           | 121       |
| 4.7.2 Zuordnung von Urteilen zu den Kanten eines Test-Interaktionsbaums                       | 123       |
| 4.7.3 Erreichbare Zustände der Umgebung des Testers                                           | 124       |
| 4.7.4 Der Algorithmus                                                                         | 131       |
| 4.7.5 Die Arbeitsweise des Algorithmus am Beispiel                                            | 132       |
| 4.8 Vergleich mit anderen Ansätzen                                                            | 135       |

|                                                                                               |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>5. Architektur und Implementierung eines automatischen Testvalidierungswerkzeugs . . .</b> | <b>139</b>     |
| 5.1 Die Architektur des Werkzeugs . . . . .                                                   | 140            |
| 5.2 Simulation formaler Protokollbeschreibungen . . . . .                                     | 143            |
| 5.3 Die Simulationsumgebung CARUSO . . . . .                                                  | 146            |
| 5.3.1 Der Kern . . . . .                                                                      | 147            |
| 5.3.2 Die Schalen . . . . .                                                                   | 147            |
| 5.3.3 Die Darstellung von Daten . . . . .                                                     | 153            |
| 5.3.4 Optimierung der CARUSO-Zustandsverwaltung . . . . .                                     | 157            |
| 5.4 Die TTCN-Verarbeitung . . . . .                                                           | 160            |
| 5.4.1 Die maschineninterne Repräsentation von Testszenarien . . . . .                         | 163            |
| 5.5 Implementierungskonzepte der Validierungskomponente . . . . .                             | 167            |
| 5.5.1 Der aktuelle Zustand des Testers . . . . .                                              | 169            |
| 5.5.2 Bedeutungserhaltende Markierungstransformation in der Praxis . . . . .                  | 170            |
| 5.6 Anwendungsbeispiel: das X.25-Testszenario der ISO . . . . .                               | 173            |
| 5.6.1 Syntaktische und semantische Fehler . . . . .                                           | 173            |
| 5.6.2 Verletzungen der zusätzlichen semantischen Bedingungen . . . . .                        | 175            |
| 5.6.3 Inkonsistenzen mit dem X.25-Protokoll . . . . .                                         | 177            |
| 5.6.4 Zusammenfassung der Validierungsergebnisse . . . . .                                    | 179            |
| 5.7 Zuverlässigkeit der Validierungsergebnisse . . . . .                                      | 180            |
| <br><b>6. Testqualität . . . . .</b>                                                          | <br><b>181</b> |
| 6.1 Kosten und Wert eines Konformitätstestszenarios . . . . .                                 | 182            |
| 6.1.1 Kostenfaktoren . . . . .                                                                | 183            |
| 6.1.2 Gütefaktoren . . . . .                                                                  | 184            |
| 6.1.3 Zusammenfassung . . . . .                                                               | 188            |
| 6.2 Das Messen der Qualität eines TTCN-Testszenarios . . . . .                                | 190            |
| 6.3 Gewinnung und Auswertung von Rohdaten zur Überdeckungsabschätzung . . . . .               | 191            |
| <br><b>7. Zusammenfassung und Ausblick . . . . .</b>                                          | <br><b>195</b> |
| 7.1 Entwurf und Implementierung eines Testvalidierungswerkzeugs . . . . .                     | 195            |
| 7.2 Erfahrungen . . . . .                                                                     | 197            |
| 7.3 Weiterführende Forschungsaktivitäten . . . . .                                            | 198            |
| <br><b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>                                                     | <br><b>201</b> |
| <br><b>Index . . . . .</b>                                                                    | <br><b>211</b> |