

Herbert Almus

Test von FDDI-Systemen auf Standardkonformität und Interoperabilität im EANTC

Die Entwicklung im Bereich der EDV-Systeme hat insbesondere durch die Verfügbarkeit leistungsfähiger Arbeitsplatzrechner dazu geführt, daß die Funktion der diese Systeme verbindenden Netzwerke von erheblicher Bedeutung für die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens geworden ist. Innerhalb einer Organisation werden oftmals Systeme verschiedenster Hersteller eingesetzt, wodurch die Interoperabilität der Systeme in einer Multi-Vendor-Umgebung gefordert ist. Schon bei der Einführung von FDDI haben sich daher namhafte Hersteller im *Advanced Networking Test Center (ANTC, Kalifornien, USA)* zwecks Überprüfung ihrer Systeme auf Einhaltung des Standards und Interoperabilität engagiert.

Das *European Advanced Networking Test Center (EANTC)*, angesiedelt im *Forschungsschwerpunkt TUBKOM* der TU Berlin, bietet erstmals europaweit die Durchführung derselben Tests an und stellt damit FDDI-Entwicklern und Anbietern eine in kostengünstigere und zeitsparende alternative Testmöglichkeit zur Verfügung.

Standardkonformitäts- und Interoperabilitäts-Tests

Standardkonformitäts-Tests zielen darauf ab, sicherzustellen, daß ein Produkt mit der entsprechenden Spezifikation übereinstimmt.

Interoperabilitäts-Tests überprüfen, ob ein Produkt in allen seinen Konfigurationen und Diensten auf einer End-zu-End-Basis wie erwartet arbeitet.

Standardkonformitäts-Tests alleine sind derzeit noch nicht in der Lage, auch die Interoperabilität der getesteten Systeme sicherzustellen. Dies erscheint erst möglich, wenn die entsprechenden Tests durch Einsatz streng formaler Methoden aus ebenfalls mit entsprechenden Methoden definierten Standards auch formal abgeleitet und generiert werden können. Derzeit ist dies für praxisrelevante Protokolle nicht durchführbar; weder sind diese streng formal definiert noch stehen für Systeme dieser Komplexität einsetzbare Tools zur Testgenerierung zur Verfügung. Zusätzlich ist abzusehen, daß intelligente formale Verfahren verfügbar sein müßten, die die Anzahl der aus dem Zustandsraum eines Protokolls abgeleiteten Tests ohne Verlust der Vollständigkeit soweit wie möglich reduzieren, um die für die Durchführung der Tests benötigte Zeit zu minimieren und damit erst derartige Ansätze praktikabel machen.

Normungsansätze zum Test auf Standardkonformität

Grundlagen für den Test der Standardkonformität sind in ISO/IEC 9649 standardisiert. Die Norm orientiert sich an der bekannten Schichtenstruktur im Protokollbereich und benutzt eine entsprechende Terminologie.

Die Implementierung eines Protokolls wird (*N*)-*Entity implementation* genannt; wird diese getestet, wird sie mit *Implementation Under Test (IUT)* bezeichnet. Das das zu testende Protokoll ausführende System wird entsprechend *System Under Test (SUT)* genannt.

Der Konformitäts-Test einer IUT wird ausgeführt als Black-Box-Test durch eine Test-Suite, die eine entsprechende Instanz (*peer (N)-Entity*) simuliert.

Eine abstrakte Test-Suite definiert die Funktionalität des Tests, ohne auf irgendwelche Implementierungsdetails einzugehen.

Der Konformitäts-Test besteht aus *Test Cases*, in denen *Test Steps* zusammengefaßt sind. Diese wiederum bestehen aus *Test Events*, die klar abgegrenzte, eigenständige Interaktionen mit der IUT definieren.

Test Cases beinhalten entsprechend dem Standard drei Hauptkomponenten:

1. *Test Preamble*
Diese definiert alle notwendigen Schritte, um die IUT in den erforderlichen Ausgangszustand zu versetzen.
 2. *Test Body*
Der Test Body definiert die zur Durchführung des Tests notwendigen Schritte.
 3. *Test Postamble*
Sie dient dazu, die IUT im Anschluß an die Testdurchführung in einen stabilen Zustand zu versetzen.
- Die Testdurchführung selbst erfolgt analog zu obiger Struktur:
1. Die IUT wird in den benötigten Ausgangszustand versetzt.
 2. Die IUT wird dem Test unterzogen, z.B. durch Anlegen entsprechender Inputs (Signale bzw. Signalfolgen) an das zu testende System.
 3. Es wird überprüft, ob die IUT den geforderten Ausgangszustand eingenommen hat.

Grundlegende Annahmen bei Standardkonformitäts-Tests

Standardkonformitäts-Tests gehen prinzipiell von drei wesentlichen Annahmen aus:

1. Das durch den Standard geforderter Systemverhalten ist vollständig bekannt.
Dies setzt voraus, daß die Protokollspezifikation alle Zustandsübergangsbedingungen eindeutig definiert.
2. Über das Verhalten des zu testenden Systems SUT (System Under Test) werden keinerlei Annahmen gemacht. Alle Kenntnisse über das SUT müssen durch Tests gewonnen werden.
3. Es wird angenommen, daß das SUT sein Verhalten nicht ändert.
Durch Testbedingungen verursachte Zustandsübergänge in dem SUT werden als reproduzierbar angesehen.

Diese Annahme kann im allgemeinen zwar nicht garantiert werden, muß aber weitgehend erfüllt sein, um überhaupt sinnvoll ein System testen zu können. Kritisch sind hier z.B. in Protokollen vorgeschriebene maximale Reaktionszeiten für Zustandsübergänge.

Erstellung und Durchführung von Standardkonformitäts-Tests

Wie schon eingangs erwähnt, können bei dem derzeitigen Stand der Entwicklung weder komplexe Protokolle vollständig formal spezifiziert werden, noch ist die Generierung von Test-Suites für derartige Protokolle mit formalen Mechanismen möglich.

Test-Suites werden daher derzeit individuell erstellt, wobei meist als Arbeitshypothese angenommen wird, daß die IUT Zustandsübergänge realisiert, die durch eine nicht-deterministische *Finite State Machine (FSM)*¹ und deren Transitionen modelliert werden können.

Oftmals wird auch mit dem Modell einer *Extended Finite State Machine (EFSM)* gearbeitet, das durch eine zusätzliche Menge von Variablen gekennzeichnet ist, die in allen Zuständen existieren und definierte Werte aus einer endlichen Wertemenge beinhalten.

Die Probleme bei der Durchführung der Tests liegen in der Kontrollierbarkeit und Beobachtbarkeit. Es muß sichergestellt werden können, daß die IUT sich eindeutig in einem bestimmten Zustand befindet und die Reaktion der IUT muß erkennen lassen, wenn ein Übergang zu einem bestimmten Zustand erfolgt. Der Test einer IUT ist insbesondere dann erschwert, wenn diese durch interne, nicht sichtbare Ereignisse (z.B. interne Timer) beeinflusst werden kann.

Die Durchführung von Standardkonformitäts-Tests kann entsprechend erheblich erleichtert werden, wenn bei der Definition des Protokoll-schon Funktionen integriert werden, die eine möglichst jederzeitige Abfrage des Zustands der IUT ermöglichen.

Das Beispiel FDDI zeigt, daß der Erstellungsaufwand für eine reale Test-Suite erheblich ist. Komplexe Zustandsübergänge sind in den FDDI-Standards zwar durch entsprechende Diagramme spezifiziert, eine streng formale Spezifikation liegt jedoch nicht vor, so daß eine automatische Generierung wesentlicher Teile der Test-Suite nicht möglich ist. Ein weiteres Problem ist, daß bei der Spezifikation des Standards seine Testbarkeit nicht konsequent berücksichtigt wurde. Dies hat z.B. zur Folge, daß bestimmte Testpattern mit speziellen, diskret aufgebauten Generatoren erzeugt werden müssen, da die auf dem Markt verfügbaren Chipsets diese Pattern nicht generieren können.

Eine nicht zu unterschätzende Leistung bei der Erstellung einer Test-Suite ist auch die Auswahl und Gestaltung der *Test Cases*. Aus technischen und ökonomischen Gründen ist eine 100%ige Überprüfung derartiger Standards zur Zeit praktisch ausgeschlossen. Entsprechend bedeutend ist die Auswahl möglichst aussagefähiger *Test Cases* und deren geschickte Zusammenfassung in Gruppen mit dem Ziel, möglichst effizient zu möglichst aussagekräftigen Testergebnissen zu gelangen.

Test-Suite des ANTC/EANTC

Standardkonformitäts-Test

Die Test-Suite des ANTC/EANTC orientiert sich an den oben erläuterten Konzepten; wesentliches Merkmal ist die Kontrolle von Zustandsübergängen. Entsprechend beinhalten die Tests

- das Erzwingen des jeweils zur Durchführung eines Test Case benötigten Anfangszustandes der IUT,
- die Generierung der für den Zustandsübergang erforderlichen Signale bzw. Signalfolgen sowie

- Kontrollmechanismen zur Feststellung, ob die IUT in den entsprechend dem Standard erforderlichen Zustand übergewechselt ist.

Die Tests umfassen alle 4 Standards² des FDDI:

- PMD (Physical Medium Dependent, ISO 9314-3)
- PHY (Physical Layer Protocol, ISO 9314-1)
- MAC (Media Access Control, ISO 9314-2)
- SMT (Station Management, X3T9.5, Rev. 6.2)

Die Test-Suite beinhaltet ca. 130 Einzeltests. Die sehr unterschiedliche Komplexität der einzelnen Standards spiegelt sich in der Anzahl der entsprechenden Tests wider; dem sehr komplexen SMT-Standard sind z.B. über 60% der Tests gewidmet.

Die Durchführung der Tests selbst erfolgt teilweise nur mit entsprechenden Meßgeräten, teilweise in einer Kombination aus Meßgeräten mit einer FDDI-Station, auf der speziell erstellte Testsoftware eingesetzt wird.

Trotz umfangreicher Testsoftware ist erheblicher meßtechnischer Aufwand erforderlich. Benötigt werden beispielsweise FDDI-Netzwerkanalysator, FDDI-Symbolgenerator und Symbolanalysator, GHz-Oszilloskop, Frequenzgenerator und -zähler, optische Leistungsmesser, optische Abschwächer, optoelektrische Wandler usw.³

Interoperabilitäts-Test

Wie eingangs erwähnt, sind Standardkonformitäts-Tests beim derzeitigen Stand der Entwicklung nicht ausreichend, um die Interoperabilität des getesteten Systems auf einer End-zu-End-Basis mit anderen Systemen zu gewährleisten.

Daher sind zusätzlich noch intensive Interoperabilitäts-Tests erforderlich, bei denen das getestete System in Verbindung mit möglichst vielen anderen, schon getesteten Systemen⁴ überprüft wird.

Hierzu wird das zu testende System zuerst in Verbindung mit jedem der anderen Systeme einzeln, anschließend im Ring mit allen anderen Systemen zusammen getestet. Hierbei wird das zu testende System an allen möglichen Positionen im Ring eingefügt, so daß es sowohl als Upstream- wie auch Downstream-Nachbar zu jeder anderen FDDI-Station überprüft wird.

Testdurchführung im EANTC

Der Test von FDDI-Systemen erfolgt durch Ingenieure des EANTC zusammen mit den Entwicklern des Herstellers. Das EANTC liefert einen detaillierten Testbericht, in dem auf jeden einzelnen Test eingegangen wird; Fehler des getesteten Systems werden spezifisch dokumentiert (z.B. durch Übergabe des mit einem FDDI-Analysator erstellten Ablaufprotokolls).

Vorkehrungen wie z.B. die Bereitstellung eines *Secure Room* und besondere Verpflichtungserklärungen des EANTC-Personals gegenüber der TU Berlin garantieren den testenden Firmen die vertrauliche Behandlung aller aus den Tests gewonnenen Erkenntnisse.

Die Testergebnisse wie auch schon die Information, daß eine Firma beim EANTC testet, werden nur nach expliziter Zustimmung durch die testende Firma veröffentlicht.

Prof Dr. H. Almus, TU Berlin

¹ Nicht-deterministische FSMs werden benötigt, da Faktoren wie z.B. Verzögerungen in der Informationsübertragung auf Kommunikationsverbindungen, die außerhalb der Spezifikation des Protokolls selber liegen, im Modell zu berücksichtigen sind.

² Das SMT liegt als Standardvorschlag vor und ist derzeit noch verabschiedet.

³ Die Kosten der benötigten apparativen Ausstattung liegen bei den derzeitigen Preisen deutlich über DM 200.000,-.

⁴ Dem EANTC stehen derzeit 13 verschiedene Systeme von 10 Herstellern dafür zur Verfügung.