

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vorwort | V |
| 1 Die Situation in der Automatisierungstechnik | 1 |
| 2 Die PROFIBUS Nutzerorganisation | 3 |
| 2.1 PROFINET-Competence Center | 4 |
| 2.2 PROFINET-Trainings-Center | 5 |
| 2.3 PROFINET-Prüflabore | 5 |
| 3 PROFINET im Überblick | 7 |
| 3.1 Die Einordnung von PROFINET im ISO-/OSI-Modell | 7 |
| 3.2 PROFINET und das Komponenten-Modell (PROFINET CBA) | 9 |
| 3.2.1 PROFINET CBA und die Gerätebeschreibung | 10 |
| 3.3 PROFINET und die dezentrale Peripherie (PROFINET IO) | 10 |
| 3.3.1 Der Funktionsumfang von PROFINET IO | 11 |
| 3.4 PROFINET-Support für die Feldgeräteentwicklung | 13 |
| 3.5 PROFINET-Software-Stacks | 13 |
| 4 Ethernet-Grundlagen | 15 |
| 4.1 Die sieben Schichten im OSI-Modell | 16 |
| 5 Der Weg zu PROFINET IO | 29 |
| 5.1 PROFINET IO im Detail | 34 |
| 5.1.1 Der Anschluss von PROFINET IO-Feldgeräten | 35 |
| 5.1.2 Die Port-MAC-Adressen | 36 |
| 5.2 Das Gerätemodell von PROFINET IO | 37 |
| 5.3 Die Dienste von PROFINET IO | 40 |
| 5.4 Die Kommunikationswege bei PROFINET IO | 42 |
| 5.4.1 PROFINET IO und die UDP/IP-Kommunikation | 43 |
| 5.4.2 Die RT-Klassen bei PROFINET IO | 45 |
| 5.4.2.1 Der prinzipielle Aufbau eines RT-Frames bei PROFINET IO innerhalb eines Subnetzes | 47 |
| 5.4.2.2 Der prinzipielle Aufbau eines Subnetz-übergreifenden UDP/IP-Frames bei PROFINET IO (RT_CLASS_UDP) | 47 |
| 5.5 Applikations- und Kommunikationsbeziehungen | 48 |
| 5.5.1 Das Einrichten einer Applikationsbeziehung | 49 |
| 5.5.2 Das Einrichten einer Kommunikationsbeziehung (CR) | 50 |
| 5.5.2.1 Die Kommunikationsbeziehung für den zyklischen Datenaustausch (IO Data-CR) | 50 |
| 5.5.2.2 Die Kommunikationsbeziehung für Alarmübertragungen (Alarm-CR) | 51 |
| 5.5.2.3 Die Kommunikationsbeziehung für den azyklischen Datenaustausch (Record Data-CR) | 52 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 5.5.3 | Der Abbau einer Applikationsbeziehung | 52 |
| 5.5.4 | Der Zusammenhang zwischen Gerätemodell und Adressierung der Daten im Feldgerät | 53 |
| 5.6 | Vom Anlagen-Engineering zum Datenaustausch | 54 |
| 5.7 | Das Anlagen-Engineering bei PROFINET IO | 56 |
| 5.7.1 | Einlesen der GSD-Dateien | 57 |
| 5.7.2 | Anlegen eines Automatisierungsprojekts | 58 |
| 5.7.3 | Festlegen des Übertragungsintervalls der Ein-/Ausgangsdaten | 58 |
| 5.7.4 | Festlegen der IP-Adressen für das Bussystem und Namensvergabe | 62 |
| 5.7.5 | Zuordnung der Feldgeräte zu ihrer Prozessanbindung | 63 |
| 5.7.5.1 | Die Namensvergabe aus Anwendersicht | 63 |
| 5.7.5.2 | Die Namensvergabe an ein IO-Device aus Entwicklersicht | 64 |
| 5.7.5.3 | Identify Request → Suchen nach einem bestimmten Namen | 65 |
| 5.7.5.4 | Identify Response → Suche eines bestimmten Namens | 66 |
| 5.7.5.5 | Set Request → Schreiben eines Namens in ein IO-Device | 67 |
| 5.7.5.6 | Set Response → Quittierung eines Set Requests | 68 |
| 5.8 | Der Download der Projektierungsdaten in einen IO-Controller | 68 |
| 5.9 | Adressauflösung durch den IO-Controller vor dem Systemhochlauf (Zuweisen der IP-Adressen an die IO-Devices) | 68 |
| 5.9.1 | Identify Request Frame (Namensauflösung vor dem Systemhochlauf) | 69 |
| 5.9.2 | Identify Response Frame | 70 |
| 5.9.3 | Das Address Resolution Protocol (ARP) | 71 |
| 5.9.4 | Set Request (Vergabe der IP-Adresse) | 71 |
| 5.9.5 | Set Response (Vergabe der IP-Adresse) | 72 |
| 5.10 | Der Systemhochlauf in einem PROFINET IO-Device | 72 |
| 5.10.1 | Das Context Management (CM) | 74 |
| 5.10.2 | Das Physical Device Management (PDev) | 75 |
| 5.10.3 | Die Nachbarschaftserkennung mit LLDP | 76 |
| 5.10.3.1 | Der Aufbau eines LLDP-Frames | 81 |
| 5.10.3.2 | Use case zu LLDP | 83 |
| 5.10.4 | Die PROFINET IO-Frames beim Systemhochlauf | 84 |
| 5.10.4.1 | Connect Request | 84 |
| 5.10.4.2 | Connect Response | 87 |
| 5.10.4.3 | Write Request | 88 |
| 5.10.4.4 | Write Response | 89 |
| 5.10.4.5 | DControl Request (<i>End of Parameterization</i>) | 89 |
| 5.10.4.6 | DControl Response | 90 |
| 5.10.4.7 | CControl Request (<i>Application Ready</i>) | 90 |
| 5.10.4.8 | CControl Response | 90 |
| 5.10.5 | Der Schnellhochlauf (<i>Fast Start-up</i>) | 92 |
| 5.10.6 | Reset to Factory | 95 |
| 5.11 | PROFINET IO und die Real-Time-Kommunikation im Detail (Entwicklersicht) | 97 |
| 5.11.1 | Der Austausch von Prozessdaten | 101 |
| 5.11.1.1 | Der zyklische Datenaustausch | 101 |
| 5.11.1.2 | Der Daten-Querverkehr (MCR) | 104 |
| 5.11.1.3 | Überwachungsfunktionen im IO-Controller und IO-Device | 106 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.12 | Das Diagnosekonzept (Alarme) | 107 |
| 5.12.1 | Wie ist das Melden von Alarmen anzuwenden?..... | 110 |
| 5.12.1.1 | Die Diagnosebehandlung aus Anwendersicht | 110 |
| 5.12.1.2 | Die Diagnosebehandlung aus Entwicklersicht | 111 |
| 5.12.1.3 | Empfohlene Möglichkeiten der Diagnosemeldungen | 112 |
| 5.12.2 | Die Netzwerkdiagnose | 113 |
| 5.12.3 | Ablauf der Alarmübertragung im Detail | 114 |
| 5.12.3.1 | Alarm-Benachrichtigung (Alarm Notification) | 115 |
| 5.12.3.2 | Alarm-Quittung auf einen gemeldeten Alarm (Protokollebene) | 115 |
| 5.12.3.3 | Alarm-Quittung auf Anwendererebene (Alarm_ACK) | 116 |
| 5.12.3.4 | Die Alarm-Quittung auf Anwendererebene (RTA_ACK) | 116 |
| 5.12.4 | Diagnose über SNMP | 116 |
| 5.13 | Der azyklische Datenverkehr im Detail (Record Data-CR)..... | 117 |
| 5.13.1 | Read Request | 118 |
| 5.13.2 | Read Response | 118 |
| 5.13.3 | Write Request | 118 |
| 5.13.4 | Write Response | 119 |
| 5.14 | Der PROFINET IO-Controller | 119 |
| 5.15 | Die Funktionalität des iPar-Servers | 122 |
| 5.15.1 | Die I&M-Funktionen (Identification & Maintenance) | 125 |
| 5.16 | PROFINET IO und die IRT-Kommunikation | 126 |
| 5.16.1 | Einführung in die IRT-Kommunikation | 126 |
| 5.16.2 | Ablauf der Kommunikation mit IRT | 131 |
| 5.16.2.1 | Die flexible IRT-Kommunikation mit (RT_Class_2 synchronisiert) | 131 |
| 5.16.2.2 | Die Topologie basierte IRT-Kommunikation mit RT_Class_3 | 132 |
| 5.16.2.3 | Der Frame-Aufbau bei IRT | 133 |
| 5.16.2.4 | Alarmmeldungen im Isochronous Mode | 133 |
| 5.16.3 | Die Clock-Synchronisation | 133 |
| 5.16.3.1 | Prinzipieller Ablauf der Clock-Synchronisation | 134 |
| 5.16.4 | Die Ermittlung des Buszyklus-Beginns bei IRT | 137 |
| 5.16.5 | Projektieren von IRT (RT_CLASS3) | 138 |
| 5.16.6 | Der Gerätetausch bei IRT | 140 |
| 5.16.7 | Die IRT-Definitionen in der GSD-Datei | 141 |
| 5.17 | PROFINET Communication Schedule | 142 |
| 6 | Die Performance-Optimierungen bei PROFINET IO | 145 |
| 6.1 | Das Fast Forwarding | 145 |
| 6.2 | Das Data Frame Packing | 146 |
| 6.3 | Der DFP System-Hochlauf | 149 |
| 6.4 | Der Frameaufbau bei DFP | 150 |
| 6.5 | Fragmentierung von Frames im offenen Intervall | 151 |
| 7 | PROFINET IO und die Redundanz | 155 |
| 7.1 | Medien-Redundanz | 155 |
| 7.1.1 | Das Media Redundancy Protocol (MRP) nach IEC 62439-2 Ed 1.0 | 156 |
| 7.1.2 | Das Media Redundancy Protocol für IRT-Frames (MRPD) | 157 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7.1.3 | Die Medien-Redundanz und die GSD-Datei..... | 158 |
| 7.2 | Die System-Redundanz..... | 159 |
| 7.3 | Configuration in Run (CiR)..... | 165 |
| 8 | Die PROFINET IO-Gerätebeschreibung..... | 167 |
| 8.1 | Einleitung..... | 167 |
| 8.2 | Nutzung von Schemadateien zur Validierung..... | 167 |
| 8.3 | Anwendung der Schemadateien im GSDML-Kontext..... | 168 |
| 8.4 | Schemadateien der GSDML..... | 168 |
| 8.5 | Die Validierung einer GSD-Datei..... | 168 |
| 8.6 | Namensgebung bei GSD-Dateien..... | 169 |
| 8.7 | Die Geräte-Identifikation..... | 169 |
| 8.8 | Die Struktur einer GSD-Datei bei PROFINET IO..... | 170 |
| 8.9 | Die Erstellung von GSD-Dateien..... | 172 |
| 8.10 | XML-Editoren..... | 172 |
| 8.11 | Der GSDML-Viewer..... | 172 |
| 8.12 | Die Eindeutigkeit einer GSD-Datei..... | 173 |
| 9 | Das Tool Calling Interface (TCI)..... | 177 |
| 9.1 | Kurzübersicht über die Arbeitsweise von TCI..... | 177 |
| 10 | Integration von Feldbus-Systemen in PROFINET IO..... | 181 |
| 11 | PROFINET IO-Feldgeräteentwicklung..... | 185 |
| 11.1 | Aufbau der Software..... | 186 |
| 11.2 | Hardware für PROFINET IO..... | 188 |
| 12 | Der schnelle Weg zu PROFINET IO..... | 189 |
| 12.1 | Der Weg aus der Sicht eines Anlagenbetreibers..... | 189 |
| 12.2 | Der Weg aus der Sicht eines Feldgeräteentwicklers..... | 190 |
| 13 | PROFINET CBA-Einführung..... | 193 |
| 14 | PROFINET-Profile..... | 203 |
| 14.1 | Profil für die Antriebstechnik (PROFIdrive)..... | 203 |
| 14.2 | PROFIsafe..... | 204 |
| 14.2.1 | PROFIsafe-Definitionen in der GSD-Datei..... | 206 |
| 14.3 | Das PROFInergy-Profil..... | 207 |
| 14.4 | Übersicht über die aktuellen Profile..... | 210 |
| 15 | Security..... | 211 |
| 15.1 | Das PROFINET Security-Konzept..... | 213 |
| 15.2 | Die Schutzfunktionen der Security-Komponenten..... | 214 |
| 16 | Die drahtlose Datenübertragung..... | 217 |

| | | |
|--|---|-----|
| 17 | PROFINET-Installationen | 221 |
| 17.1 | Netzstrukturen | 222 |
| 17.2 | PROFINET-Verkabelung | 223 |
| 17.2.1 | Twisted-Pair-Fast-Ethernet-Kupferkabel (100 BASE-TX) | 223 |
| 17.2.2 | Stecker und Buchse für Kupferkabel | 225 |
| 17.2.3 | Optische Übertragungstechnik mit 100 BASE-FX | 225 |
| 17.3 | PROFINET-Steckverbinder | 226 |
| 17.4 | Netzkomponenten für PROFINET | 228 |
| 17.5 | Installationshinweise | 228 |
| 17.6 | Das Schirmungskonzept | 229 |
| 18 | PROFINET IO-Zertifizierungen | 231 |
| 18.1 | Die Rolle eines Prüflabors | 231 |
| 18.2 | Die Aufgabe der PI-Zertifizierungsstelle (PI-ZS) | 231 |
| 18.3 | Was kann zertifiziert werden? | 232 |
| 18.4 | Was kann <i>nicht</i> zertifiziert werden? | 232 |
| 18.5 | Wo kann der Anwender sparen? | 233 |
| 18.6 | Modultests | 233 |
| 18.6.1 | PROFI-safe-Module | 233 |
| 18.6.2 | PROFI-drive-Module | 234 |
| 18.6.3 | PROFI-energy-Module | 234 |
| 18.7 | Herstellereklärung | 234 |
| 18.8 | Vorbereitung auf den Test | 234 |
| 18.9 | Was sind typische Änderungen in einem Feldgerät? | 235 |
| 18.10 | Die häufigsten Fehler, die beim Zertifizieren festgestellt wurden | 238 |
| 19 | Die PROFINET IO-Conformance Classes | 241 |
| 19.1 | Art der Kommunikation | 242 |
| 19.2 | Übertragungsmedien | 242 |
| 19.3 | Redundanzklassen | 242 |
| 19.4 | Darstellung der Anlagentopologie | 244 |
| 19.5 | Gerätetausch ohne Engineering-Tool | 244 |
| Anhang: Beispiel der Alarmanwendung (Meldehierarchie) | | 247 |
| Literaturverzeichnis | | 261 |
| Stichwortverzeichnis | | 263 |