

Sonderdruck für **GORDION®**



Industrievernetzung

Industrial Ethernet und
Profinet

Produktionsnetze in der Praxis
mit Marktübersicht
USVs ab 10kVA

Praxis: Industrial Ethernet im Motorenbau

Hochverfügbare Netzwerkinfrastruktur

Die Deutz AG mit Hauptsitz in Köln-Porz entwickelt und produziert seit über 140 Jahren Dieselmotoren und setzte schon in den neunziger Jahren auf Ethernet und TCP/IP. Anfang 2010 hat der Hersteller in Köln das fahrerlose Transportsystem (FTS) als eine der Hauptkomponenten im Material- und Motorenfluss ersetzt und dabei auch die Ethernet-basierende Netzwerkinfrastruktur weiter ausgebaut.

Vor dem Hintergrund dieses Industrieprojekts beschreibt das folgende Praxisbeispiel die Rahmenbedingungen mit Blick auf die implementierte Netzinfrastruktur und die notwendige Integration älterer Industrieanlagen in moderne Netze. Neben dem Netzdesign und dem Feature-Set der eingesetzten (Gigabit-)Ethernet-Technik beleuchtet der Artikel zudem den Carrier-Class-Redundanzmechanismus Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS), der eine Umschaltzeit von unter 100ms ermöglicht; des Weiteren den Aufbau des für die FTS-Kommunikation notwendigen IEEE-802.11a-WLAN-Systems und die Funktionalität des modularen Extreme Networks-Switch-Betriebssystems Extreme XOS (EXOS).

Industrial-IT mit Ethernet und TCP/IP

Das Industrial-IT-Team bei Deutz betreut die IT-Systemstruktur der Motorenproduktion. Diese umfasst auf der Leitsystemebene neben dem Montageleitreechner (MLR) den FTS-Leitreechner, die Prozessvisualisierung (SICALIS) sowie die Systeme zur Programmierung der Motorsteuergeräte. Hinzu kommen zahlreiche Systeme unter anderem für Warenein- und -ausgang, Montagen und Prüffeld. Mit den Leitsystemen versorgt das Industrial-IT-Team insgesamt 15 Server, 250 PCs und über

100 Steuerungen und Prozessrechner. Der gesamte Produktionsprozess ist nahtlos IT-gesteuert und genau aufeinander abgestimmt. Die Fabrik wurde 1992 in Betrieb genommen und gehört seitdem zu Europas modernsten Montageanlagen.

Martin Feller, Leiter des Industrial-IT Teams, war von Beginn an dabei und entschied sich bereits in den Neunzigern für einen sukzessiven Ausbau der strukturierten Verkabelung und den Einsatz der stan-

dardisierten Ethernet-Technik. „Es war für uns eine naheliegende Entscheidung, auch bei der jetzigen Ablösung des 18 Jahre alten FTS weiter in Richtung Ethernet und TCP/IP zu investieren“, erläutert Feller.

Die Anbindung an den Montageleitreechner und die Kommunikation zwischen den einzelnen FTS-Komponenten erfolgt nach dem allgemein gebräuchlichen TCP/IP-Standard. Für die Anbindung an die Prozessebene wurde zusätzlich RFC1006 verwendet. Zur Konvertierung von TCP/IP mit RFC1006 zum proprietären Siemens-Protokoll Sinec AP hat das Team um Feller eine pragmatische Lösung angestrebt und gemeinsam mit Siemens entwickelt: ein dezidiertes SPS-Gateway. „Das Gateway mit der RFC1006-Anbindung erlaubte uns die Anbindung der Prozessebene ohne Anpassung der Anwendungssoftware und damit unproblematische Tests in der Entwicklungsphase des Projekts“ ergänzt Feller.

Eine wichtige Rahmenbedingung für den reibungslosen Produktionsablauf sowie für den Einsatz des neuen FTS ist eine zuverlässige Netzwerkinfrastruktur. Dazu ist es sinnvoll, zunächst das Netzdesign in der Montagehalle zu beschreiben und anschließend den integrierten Carrier-Class-Redundanzmechanismus EAPS zu betrachten. Das modular strukturierte Switch-Betriebssystem Extreme XOS un-

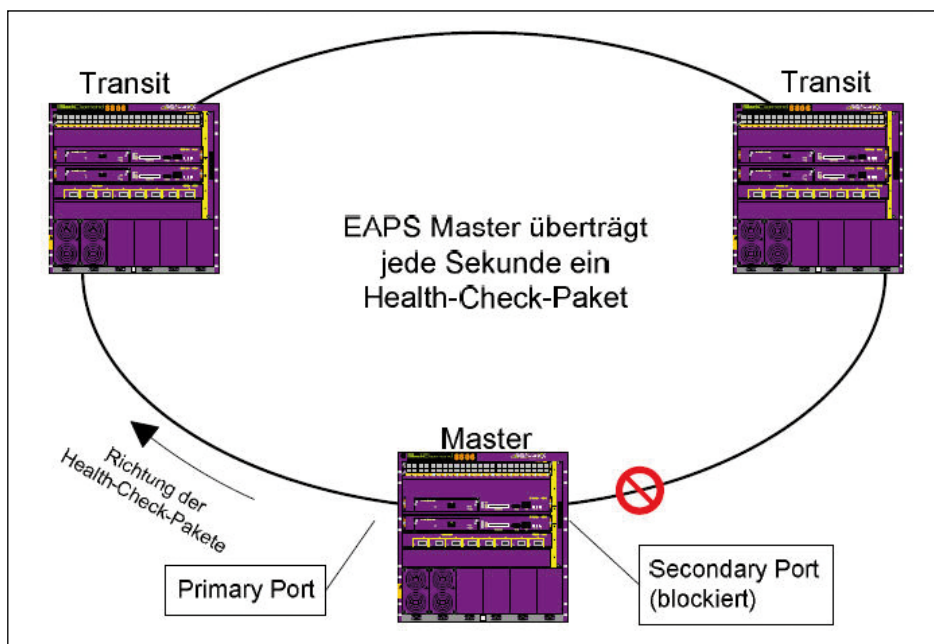


Bild 1. EAPS-Ring im normalen Betrieb, also ohne akuten Fehler. Der EAPS-Master blockiert den zweiten Ring-Port und verhindert so eine Schleife in der redundanten Struktur.

terstützt dabei zusätzlich die Hochverfügbarkeit im Netzwerk.

Layer-3-Netzdesign

Die Deutz AG verfügt in der Kölner Montagehalle 40 über eine strukturierte Verkabelung. Alle neun Unterverteiler sind sternförmig mittels Glasfaserkabel angebunden. Den Kern des Ethernet-Netzwerks bildet je ein Hauptverteiler in zwei Rechnerräumen (RR). Ausgehend von diesen Hauptverteilern sind neun Unterverteiler mittels Lichtwellenleiter redundant per Gigabit Ethernet angeschlossen. Grundlage des Netzes ist ein Layer-3-Netzdesign, basierend auf IPv4 und port-basierenden VLANs. Das Routing erfolgt dabei zentral auf den redundanten Core-Switches und ermöglicht somit eine einfache Konfiguration und Administration der Edge-Switches. Die komplexen Konfigurationen befinden sich im Core. Zwischen den Core-Switches kommt das OSPF-Routing-Protokoll zum Einsatz. Es arbeitet auf den Transfer-VLANs zwischen den Core-Switches. Dabei haben ausschließlich die Core-Switches eine direkte Verbindung in die Transfer-VLANs. So ergibt sich keine Möglichkeit der Beeinflussung der Core-Switch-Routing-Tabellen durch Clients oder Server.

Aktive Komponenten

Der aktive Kern (Core) des Ethernet-Netzkes besteht aus je einem Core-Switch-System pro Rechnerraum in redundanter Konfiguration. Dies verhindert einen Single Point of Failure, der einen Totalausfall durch einen einfachen Komponentendefekt bewirken könnte. Als zentrale Core-Switches fungieren Layer-3-Carrier-Class-Systeme von Extreme Networks. In beiden Rechnerräumen sind die Summit-X450a-24x-Switch-Systeme im Einsatz, die pro Switch 24-fach SFP-based 1000BaseX Ports (inklusive 4x 1000BaseT Combo Ports) bereitstellen.

In den neun Unterverteilern der Montagehalle arbeitet die Summit-X250er-Serie. Diese Switches sind ebenfalls Layer-3-Systeme, verfügen auch über das ExtremeXOS-Betriebssystem und ermöglichen einen 10/100MBit/s Dual-Speed-

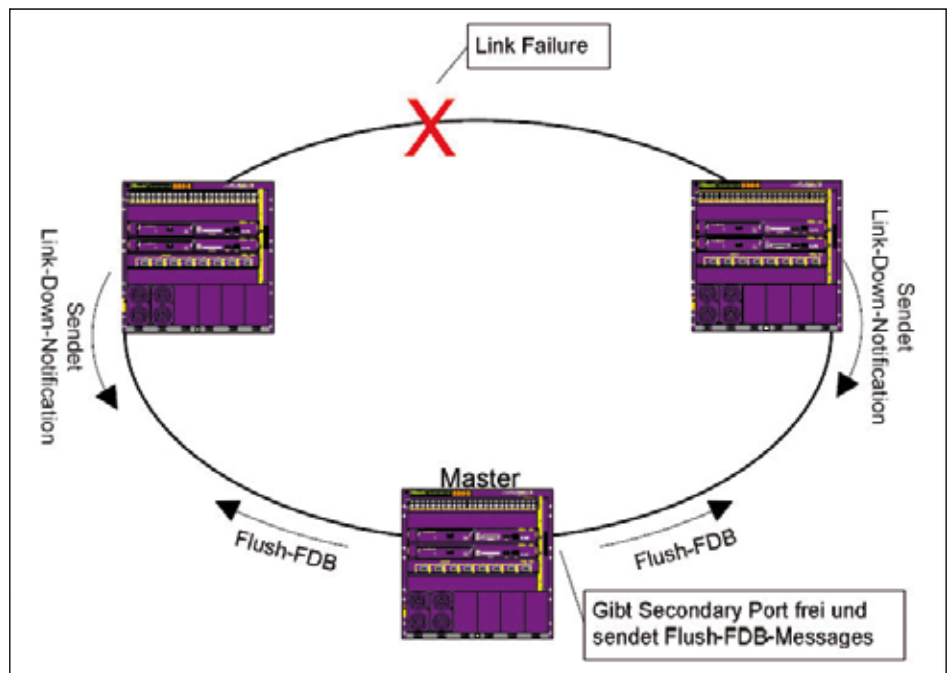


Bild 2. EAPS-Ring im Fehlerfall: Der Ring ist unterbrochen. Der EAPS-Master schaltet den zweiten Ring-Port frei und ermöglicht so die Überbrückung der Fehlerstelle.

Ethernet-Zugriff im Unterverteilerbereich (Edge). An den Core sind insgesamt neun Unterverteiler redundant mit je 1 GBit/s angeschlossen. Je nach benötigter Port-Anzahl im Unterverteiler sind die X250er-Switches in 1er-, 2er- oder 3er-Stacks gruppiert. Dies funktioniert per Summit Stacking mit einer Leistung von 10 GBit/s. Dabei erfolgt die Verwaltung des Stacks über eine IP-Adresse. Bis zu acht Switches lassen sich im Mix stapeln. Dabei ist die Funktionsfähigkeit des Stapels auch bei einem eventuellen Ausfall eines Switches gegeben. Für den Experten bemerkenswert ist die Local-Switching-Funktion für Non-Master-Units sowie die integrierte Hitless-Failover-Funktion.

Im Core- und Edge-Bereich des Netzwerks kommen Geräte desselben Herstellers zu Einsatz. Insbesondere das dadurch zur Verfügung stehende einheitliche Bedienerinterface (CLI und Web-GUI) vereinfacht die Administration der Geräte. Denn durchgängig von den Core-, über die Aggregations- und Distributions-Switches bis hin zu den Edge-Komponenten verfügen die Systeme über ein einheitliches Betriebssystem.

Die Switches basieren zudem auf einer Carrier-Class-Hardware und bieten ein attraktives Feature-Set zur Realisierung

eines stabilen Netzwerkbetriebs. Insbesondere im Hinblick auf die Hochverfügbarkeit im Netz sind dabei das Extreme Standby Router Protocol (ESRP) und Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS) wichtig.

Hochverfügbarkeit im Netz

Zur Steuerung der redundanten Topologie dienen in der Montagehalle verschiedene Mechanismen. Dabei gibt es mehrere Anforderungen, zunächst die zwingende Unterdrückung von Netzwerkschleifen zur Verhinderung von Broadcast Storms. Eine Schleife im Gigabit Ethernet würde das Kreisen von mehreren 1.000 Broadcast-Frames pro Sekunde erlauben und so die Netzwerkkommunikation blockieren. In bestimmten Fällen kann ein Broadcast-Sturm auch einen manuellen Reboot von Endgeräten wie etwa Printserver erfordern. Der zweite Punkt ist die Bereitstellung eines redundanten Default-Gateways für die angeschlossenen Client- und Server-PCs. Die redundante Instanz ist auf einem zweiten Switch konfiguriert und garantiert so die Ausfallsicherheit und die Erreichbarkeit des Gateways im Falle einer Störung des Primär-Layer-3-Switches. Zwingend zu beachten ist jedoch, dass nur eine Instanz aktiv geschaltet ist. Zwei aktive Rou-



Bild 3. Die Funkübertragung für das fahrerlose Transportsystem: Das WLAN ist in dezidierte Access Domains (separate SSIDs für FTS-WLAN und ein weiteres WLAN-Netz) aufgeteilt.

ting-Interfaces mit der gleichen IP-Adresse führen unweigerlich zu Netzstörungen.

Die Steuerung der redundanten Instanz sowie die Unterdrückung von Netzwerkschleifen ist durch ein geeignetes Protokoll geregelt. Im Netzdesign des Beispiels übernimmt diese Aufgabe der Ethernet-Automatic-Protection-Switching-Mechanismus (EAPS). Dazu ist zusätzlich das Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) für die Layer-3-Redundanzsteuerung nötig. VRRP stellt die Verfügbarkeit des Default-Gateways für die Clients sicher. Das EAPS-Protokoll läuft in einem separaten VLAN. Eine Redundanz-Umschaltung im Störfall erfolgt unter 100ms.

Zur Bekanntgabe der aktiven Router-Interfaces in einer redundanten Konfiguration sind statische Routing-Einträge nicht geeignet. Für eine dynamische Aktualisierung der Routing-Tabellen im Falle einer Änderung ist vielmehr ein dynamisches Routing-Protokoll notwendig. Im Netzwerk dient dazu das Routingprotokoll Open Shortest Path First (OSPF).

EAPS wurde im Jahre 2000 von Extreme Networks für die Carrier-Netze entwickelt. Es ist Bestandteil der RFC 3619 und auch für Enterprise-Netze verfügbar. Die realisierbaren Umschaltzeiten von EAPS liegen deutlich unter einer Sekunde. Mit optimalen Rahmenbedingungen liegen die Umschaltzeiten bei 50 Millisekunden (50ms). EAPS gehört damit in die Klasse der Voice-Grade-Mechanismen. Die Re-

dundanzsteuerung erfolgt über ein separates VLAN mit priorisierter Datenübertragung. Das Steuerungsverfahren ist dadurch vom Restnetz isoliert. Ein User-Zugriff auf dieses VLAN ist nicht möglich.

Das Bild auf Seite 60 zeigt exemplarisch einen EAPS-Ring im normalen Betrieb, also ohne akuten Fehler. Der EAPS-Master blockiert den zweiten (secondary) Ring-Port und verhindert so eine Schleife (Loop) in der redundanten Struktur. Bild 2 zeigt einen EAPS-Ring im Fehlerfall. Der Ring ist unterbrochen. Der EAPS-Master schaltet den zweiten (secondary) Ring-Port frei und ermöglicht so die Überbrückung der Fehlerstelle. Die Unterbrechung im Datenverkehr liegt deutlich unter einer Sekunde und beträgt unter optimalen Rahmenbedingungen lediglich 50 Millisekunden.

Hitless Failover

Innerhalb der Black-Diamond-Systeme sowie in den X250/X450er Stacks unterstützt Hitless Failover sehr schnelle Umschaltzeiten bei einem Ausfall des Masters. Dies basiert auf einer gezielten Synchronisation der Master-Unit mit der Backup Node. Innerhalb der Synchronisation tauschen die Systeme beispielsweise Statusinformationen zu Netlogin, PoE, ESRP oder LACP (Link Aggregation Control Protocol) aus. Daher ist es nicht nötig, diese Informationen bei Ausfall des Masters neu zu „lernen“. Bei den Security-Features stehen Funktionen für Network Login, Access Lists

(ACLs), Denial of Service-Schutz (DoS), IP- und MAC-Adress Protection, sowie Protocol Anomaly Detection im Vordergrund. Das System ermöglicht beispielsweise eine Autorisierung der User per Network Login. Es gibt drei Varianten der Zugangskontrolle, nämlich 802.1x Agent-based Login, Web-based Login und MAC-based Login. Diese Verfahren garantieren, dass nur autorisierte Teilnehmer und Geräte Zugang in das Netzwerk erhalten.

Sicheres Management

Zur sicheren Administration der Switches stehen mittels SSH, SCP, HTTPS und SNMPv3 mehrere sichere Kommunikationskanäle zur Verfügung. Als unverschlüsselte Varianten sind Telnet, TFTP, HTTP und SNMPv1 und -v2 nutzbar. Alle EXOS-basierenden Switches verfügen zudem über einen Ethernet-Management-Port für ein sicheres Out-of-Band-Management sowie über ein Web-GUI-basierendes Device-Management (ScreenPlay).

Der Ausbau des Netzwerks und das WLAN wurden frühzeitig und ganzheitlich gemeinsam mit den Ingenieuren von Gordion geplant. Die wesentlichen Komponenten standen bereits im Juli 2009 zur Verfügung und fügten sich ohne Produktionsstörung in das Gesamtsystem ein.

„Die installierten Komponenten sind auf die Belange der vorhandenen IT-Systeme zugeschnitten und unterstützen sowohl alte als auch neue Techniken“, bilanziert Teamleiter Martin Feller und blickt dabei auf fast zwei Jahre Projektarbeit zurück. „Wesentliches Merkmal des Redundanzkonzepts ist für uns die extrem schnelle Umschaltzeit der Komponenten, die auch im möglichen Fall eines Defekts einen reibungslosen Produktionsbetrieb gewährleistet.“

Oliver Lindlar und
Thomas Hülsiggensen/jos

Oliver Lindlar und Thomas Hülsiggensen sind im Bereich Network Consulting bei Gordion tätig.

GORDION
Data Systems Technology GmbH
Mottmannstraße 13
53842 Troisdorf
Telefon 02241 49040
www.gordion.de