

Ethernet Performance mit Fast Track Switch

Laufzeit-Vergleich verschiedener Switching-Technologien im Automatisierungs-Netz

In der Automatisierungstechnik können die Laufzeiten der Ethernet-Telegramme durch ein mit Switchen aufgebautes Netz für den Anwender von wesentlicher Bedeutung sein. Um in einer Anlage Echtzeitfähigkeit zu gewährleisten und damit eventuelle Fehlfunktionen zu vermeiden, sollten die Telegrammlaufzeiten möglichst kurz und deterministisch sein. Diese Anforderungen werden durch die neue HARTING-Technologie Fast Track Switching realisiert. Ein Vergleich dieser Technologie zur Standard Switching Technologie wurde im HARTING Prüflabor (CTS) durch Laufzeitmessung an verschiedenen Switch-Typen und an einer Linientopologie erstellt.

Folgende Typen wurden hierzu untersucht:

- Fast Track Switch von HARTING (FTS),
- Unmanaged Switch von HARTING (eCon),
- Managed Switch von HARTING (mCon),
- Managed Switch vom Marktbegleiter (Profinet Conformance Class B).



FTS



eCon



mCon

Switch Typ	Hersteller	Port-Anzahl	Datenrate	Managed	Switching-Technologie/ Klassifizierung
FTS 3100s-A beschleunigt	HARTING	10	100Mbit/s	konfigurierbar	Fast Track Switching
FTS 3100s-A nicht beschleunigt	HARTING				Store & Forward Switching
eCon 2040-A	HARTING	4	100Mbit/s	nein	Store & Forward Switching
mCon 3100-AV	HARTING	10	100Mbit/s	ja	Store & Forward Switching
Switch vom Marktbegleiter	Marktbegleiter	8	100Mbit/s	ja	Store & Forward Switching, Profinet Conformance Class B

Tabelle 1: Übersicht DUT

In der Netzwerktechnik wird zwischen den Switching-Technologien Store & Forward und Cut-Through unterschieden. Viele Industrial Ethernet Switche arbeiten im Store & Forward-Modus, wobei das empfangene Telegramm im Switch zwischengespeichert und erst nach einer Fehlerüberprüfung weitergeleitet wird. Bei der Cut-Through-Technologie wird das Telegramm bereits nach dem Erkennen der Ziel-Adresse ungeprüft übertragen. Mit der neuen HARTING-Technologie Fast Track Switching werden Automatisierungstelegramme (z.B. Profinet) identifiziert, gegenüber IT-Telegrammen priorisiert und im Cut-Through-Modus beschleunigt weitergeleitet.

Ein Vergleich der unterschiedlichen Switching Technologien kann durch die Bestimmung der Latenzzeit erfolgen. Dieser Kennwert beschreibt die Verweildauer eines Telegramms im Switch und wird im RFC 2544 bzw. RFC 1242 definiert. Darin werden die Messverfahren "Store & Forward" und "Bit-Forwarding" aufgeführt. In der Regel wird für den Store & Forward-Switch die Latenzzeit nach dem Store & Forward-Messverfahren und für den Cut-Through-Switch nach dem Bit-Forwarding-Messverfahren angegeben. Bei dem Store & Forward-Messverfahren wird die Zeitdauer der Telegrammlänge nicht berücksichtigt. Um aber die gesamte Telegrammlaufzeit in einem Netz zu bestimmen und eine einheitliche Vergleichsgrundlage zu schaffen, wurde für die weiteren Untersuchungen das Messverfahren Bit-Forwarding verwendet.

Die Telegrammlaufzeit in einem Netz hängt von Parametern wie Latenzzeit sowie Anzahl der verwendeten Switche, Netzlast, Telegrammlänge, Datenrate, Topologie, Teilnehmeranzahl und Kabellänge ab. Um diese Einflussparameter zu untersuchen, wurden Aufbauten mit einem Switch (Bild 1a), mit acht Geräten in einer Linientopologie (Bild 1c) sowie mit einem Applikationsbeispiel bestehend aus zwei bzw. acht Geräten (Bild 1b und d) gewählt. Verwendet wurde die Datenrate 100Mbit/s, die Kabellänge betrug maximal acht Meter, der Datenverkehr erfolgte bidirektional.

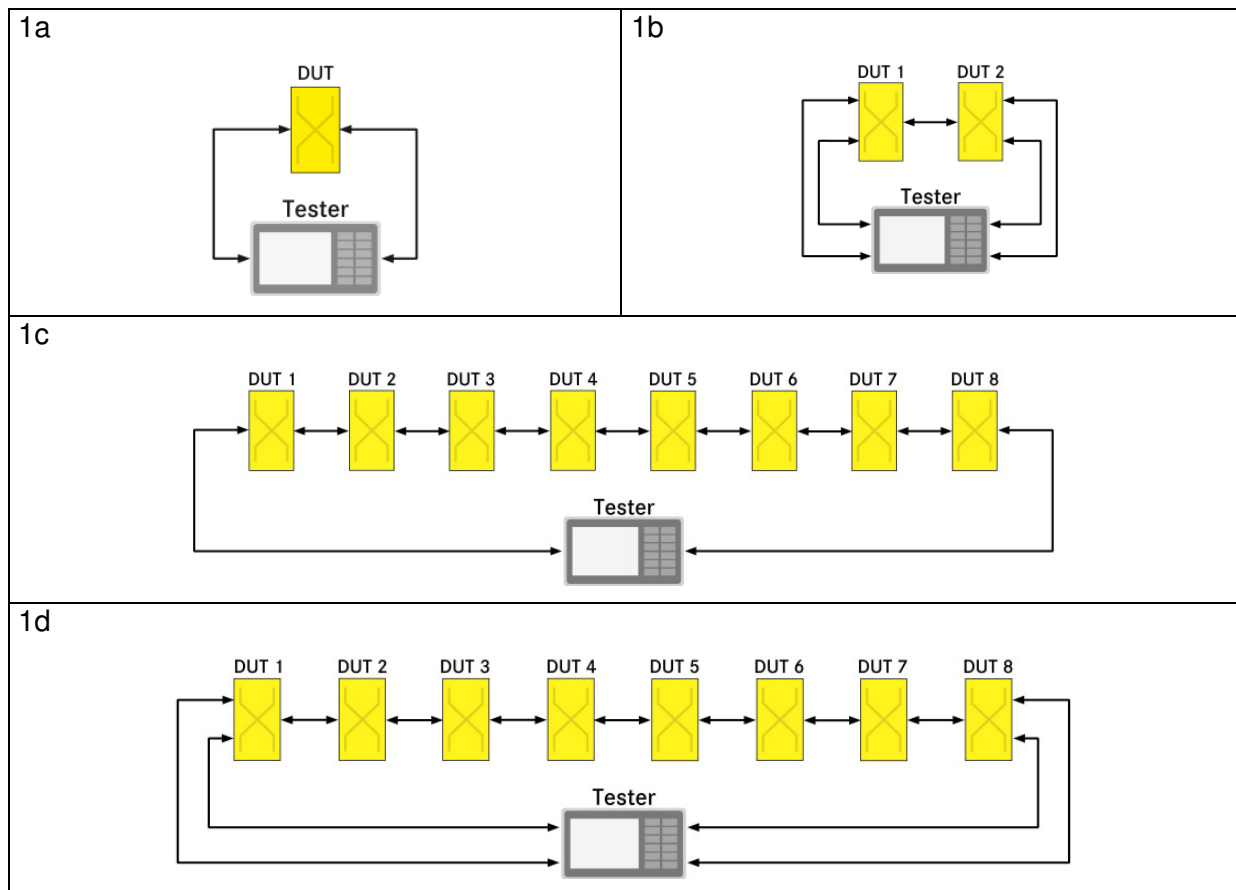


Bild 1: Blockschaltbilder (DUT = Device under Test)

Einzelgerät

Die Latenzzeitmessung an den Einzelgeräten erfolgt entsprechend RFC 2544, wobei ein Mittelwert aus 20 Einzelmessungen je Telegrammgröße bei maximalem Durchsatz gebildet wird. Untersucht wurden die minimale und maximale Telegrammlängen 64 Byte und 1518 Byte (siehe Tabelle 2).





Bild	Switch Typ	Hersteller	Latenzzeit [μ s] an 1xDUT		Telegrammlaufzeit [μ s] an 8xDUT	
			64 Byte	1518 Byte	64 Byte	1518 Byte
	FTS beschleunigt	HARTING	4,6	4,6	35,8	35,9
	FTS nicht beschleunigt	HARTING	9,7	127,8	75,2	1010,2
	eCon	HARTING	12,1	128,7	96,6	1028,6
	mCon	HARTING	9,1	125,2	71,8	1001,2
	Switch vom Marktbegleiter	Markt-begleiter	8,7	124,7	68,4	996,7

Tabelle 2: Latenzzeiten an einem DUT und Telegrammlaufzeiten an acht DUT

Die Store & Forward-Switches weisen annähernd gleiche Latenzzeiten auf, demgegenüber wird durch die FTS-Technologie bei 64 Byte dieser Wert halbiert. Darüber hinaus ist beim FTS die Latenzzeit von der Telegrammlänge unabhängig.

Linientopologie mit acht Switchen

Um die Verhältnisse in einem Netz mit Linientopologie nachzubilden, wurden acht Switches entsprechend Bild 2c in gleicher Weise wie bei den Einzelgeräten vermessen.

Wie zu erwarten sind die Messwerte nahezu gleich der 8-fachen Latenzzeit, wobei die Kumulierung bei 1518 Byte langen Telegrammen zu einer Laufzeit von ca. 1ms bei Store & Forward führt (siehe Tabelle 2). Deutlich schneller überträgt der HARTING FTS mit nur ca. 36 μ s.

Applikationsbeispiel

An einem Anwendungsbeispiel werden die Unterschiede der Switching Technologien verdeutlicht. Hierzu wurde ein Praxisfall nachbildet, bei dem eine Steuerungseinheit (z.B. SPS) auf einen Aktor (z.B. Antrieb) zugreift und parallel eine Büro-Applikation über den gleichen Netzwerkpfad abläuft (siehe Bild 2). Die in der Automatisierungstechnik typischerweise verwendeten kürzeren Telegramme können hierbei durch längere IT-Telegramme verzögert werden.

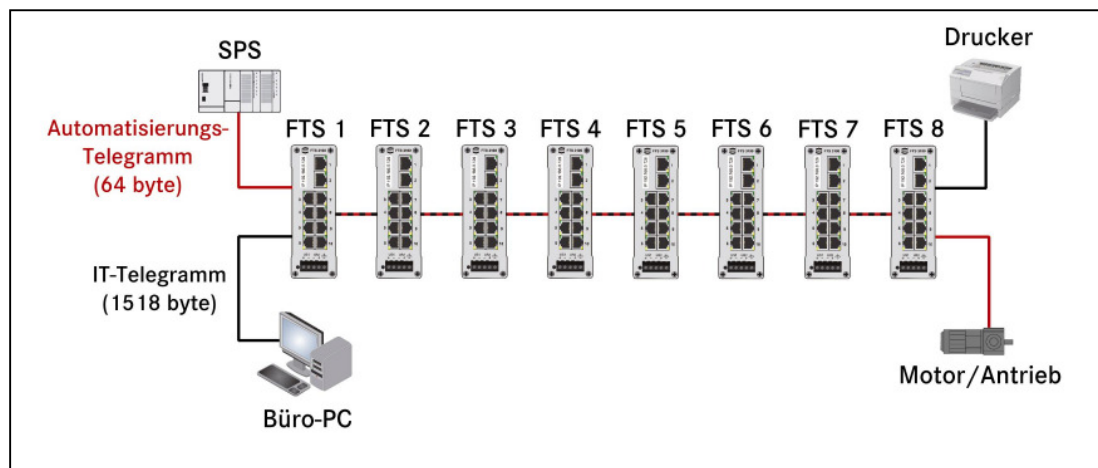


Bild 2: Applikationsbeispiel Automatisierungstechnik

Zur Vermessung wurden kurze Telegramme mit 64 Byte über einen Port und lange Telegramme mit 1518 Byte über den zweiten Port eingespeist und in einer Linientopologie von zwei bzw. acht FTS übertragen (siehe Bild 1b und d).

Da die Telegrammlaufzeiten lastabhängig sind, erfolgte eine Differenzierung mit minimaler und maximaler Durchsatzrate. Um eine maximale Durchsatzrate von 100% am Ausgang des ersten Switch zu erreichen, wurde der Datenverkehr am Eingang entsprechend Bild 3 gewählt. Die Durchsatzrate resultiert damit aus ca. 5% Last vom Port mit 64 Byte Paketlänge und ca. 95% Last vom Port mit 1518 Byte Paketlänge.

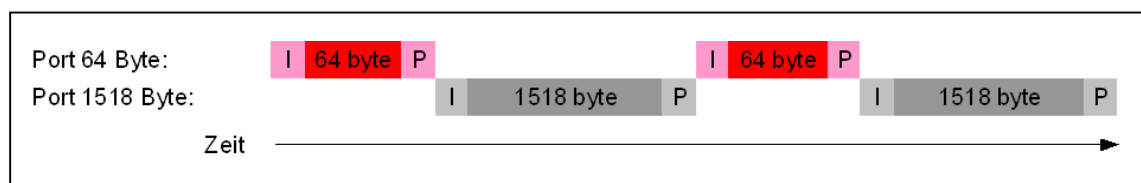


Bild 3: Lastkonfiguration mit 100% Durchsatzrate

Die im Bild 3 verwendeten Kürzel P und I stehen für die im Ethernet Standard festgelegte Preamble (8 Byte) und das Inter-Frame Gap (Paketpause, minimal 12 Byte).

Die minimale Durchsatzrate wurde durch Vergrößerung des Inter Frame Gap am Port mit den langen Telegrammen erzielt (Teillast nahe 0%), dabei blieben die Verhältnisse am Port mit den kurzen Paketen unverändert. Somit ergibt sich eine Durchsatzrate von ca. 5%.

Wie aus Bild 4 ersichtlich wird, verringert sich die Streubreite der Durchlaufzeit erheblich. Die maximale Telegrammlaufzeit für acht Switche wurde von 887,6µs im Store & Forward-Betrieb auf 45,1µs reduziert (siehe Tabelle 3). Dies wird durch die Bevorzugung der erkannten Automatisierungstelegramme mit der FTS-Technologie erreicht. Bei sehr geringer Netzlast ergibt sich eine Laufzeit von 35µs, da hier annähernd die Verhältnisse der zuvor untersuchten Linientopologie vorliegen (siehe Tabelle 2).

Switch Anzahl	Durchsatzrate [%]	Telegrammlaufzeiten ¹⁾ [µs] für Switching-Technologie	
		Store & Forward	FTS
2	100	129,8	10,8
	5	17,6	8,8
8	100	887,6	45,1
	5	70,3	35,0

¹⁾ Für die Durchsatzrate 100% wurde der Maximalwert und für die Durchsatzrate 5% der Minimalwert einer Messreihe angegeben.

Tabelle 3: Laufzeiten für 64 Byte Telegramme

Bei der Untersuchung der Switching Technologien weisen die überprüften unmanaged und managed Store & Forward-Switche annähernd gleiche Latenzzeiten auf, auch ein als Profinet Conformance Class B deklarierter Typ unterscheidet sich hiervon nicht. Demgegenüber wird durch die HARTING Fast Track Switching-Technologie bei kurzen Telegrammen die Latenzzeit um die Hälfte reduziert und bleibt darüber hinaus von der Telegrammlänge unabhängig.

In einem Applikationsbeispiel mit acht Switchen wurde die deutlich schnellere Telegrammübertragung der FTS-Technologie gegenüber Store & Forward nachgewiesen. Die bei Store & Forward stark netzlastabhängige Laufzeitstreuung wird durch den Fast Track Switch signifikant verringert.

Quellen

- [1] RFC 2544: Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices, March 1999.
- [2] RFC 1242: Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices, July 1991.