

Testen gemäß Jitter/Wander-Standard O.172

MARK LUM *Timing und Synchronisation sind Eckpfeiler unserer gegenwärtigen Telekommunikationsnetze. Dabei spielt weder die verwendete Übertragungstechnik eine Rolle (SDH/PDH, WDM, ATM, IP oder xDSL), noch der genutzte Dienst (Sprache, Daten oder Video) oder die eingesetzte Applikation. Neue ITU-Standards für die Synchronisation in Netzwerken, für die Taktgewinnung und für leistungsfähigere Transportnetzwerke werden im Kern unserer heutigen Netzwerke zu einem Umbruch führen (hoffentlich ohne negative Begleiterscheinungen) sobald die Netzbetreiber die neuen Übertragungstechniken in neuen Architekturen der Transportnetze einsetzen. Der ITU-T-Standard O.172 mit dem Originaltitel „Jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the SDH“ definiert eine neue Gattung von Testgeräten, die mit den hohen Anforderungen der neuen Standards zurecht kommen.*

Für O.172 ausgelegte Testgeräte bieten Vorteile wie die zuverlässige Messung des Pointer-Jitters, eine Wander-Analyse mit Maximum-Time-Interval-Error (MTIE) und Time-Deviation (TDEV), höhere Messgenauigkeit und größere Messbereiche. Im Vergleich zum bisherigen ITU-T-Standard O.171 (PDH) bedeutet der neue Standard einen Quantensprung. Aus dem Standard O.172 resultieren Messplätze, die Geräteherstellern zu einem möglichst großen Durchsatz verhelfen, die Netzbetreibern die Einführung neuer Dienste erlauben (z.B. Cross-Operator Services) und die letztlich dem Endkunden eine hohe Dienstqualität gewährleisten. Aber: Mit dem Übergang von PDH-Netzen zu SDH-Netzen wurden Timing und Synchronisation schnell zum beliebtesten Zankapfel zwischen Teilnehmern eines Netzverbundes und damit zu einem zentralen Thema der Branche.

Die Timing-Revolution

In Bezug auf Timing und Synchronisation von Netzwerken leben wir in einer Zeit ständigen Wandels. Nahezu alle relevanten technischen Standards sind entweder neu oder wurden in den vergangenen Jahren aktualisiert. Auch für Netzbetreiber und Industrie gibt es auf diesem Gebiet noch viel Handlungsbedarf:

▷ Synchrone Netze haben sich mit der Einführung von SDH verändert; bishe-

rige PDH-basierte synchrone Netzwerke werden gegen SDH-basierte Architekturen ersetzt.

- ▷ Eine neue Geräteausrüstung muss entwickelt werden, passend zum Netzwerk-Timing und zu den Standards der Synchronisation.
- ▷ Transport-Netzwerke wachsen stetig und hybride SDH/PDH-Netze zeigen ein besonderes Verhalten infolge der

Als Konsequenz der aufgelisteten Punkte lässt sich feststellen, dass Timing und Synchronisation für Netzbetreiber, die im freien Wettbewerb stehen, von strategischer Bedeutung sind.

Der neue Standard O.172

Zur Entfaltung der neuen Netzwerke und der zugehörigen Gerätschaft sowie zum Überwinden historisch verwurzelter Widerstände ist es notwendig, dass sich auch Jitter- und Wander-Messgeräte einem grundlegenden Wandel unterziehen müssen. Die beiden wichtigsten Messungen bezüglich Timing und Synchronisation in modernen SDH-Netzen sind die Pointer-Jitter- und -Wander-Messung. Doch obwohl dies schon mit dem Aufkommen erster SDH-Architekturen in den

frühen 90er Jahren erkannt wurde, kam es nicht zur Festlegung einer verbindlichen Spezifikation für die Messgeräte. Selbst heutige Messplätze haben deshalb mit den beiden Messungen noch ihre liebe Not.

Im Jahr 1996 wurde dann von der Arbeitsgruppe 2 der ITU-T-Studiengruppe 4 der Bedarf erkannt, einen neuen Standard zur Messung von Jitter und Wander auszuarbeiten. Damit sollte den neuen Anforderungen der SDH-Netzwerkstandards an die Messtechnik Rechnung getragen werden. Das Ergebnis ist der Standard O.172, an dessen Entstehung alle großen Messtechnikhersteller beteiligt waren.

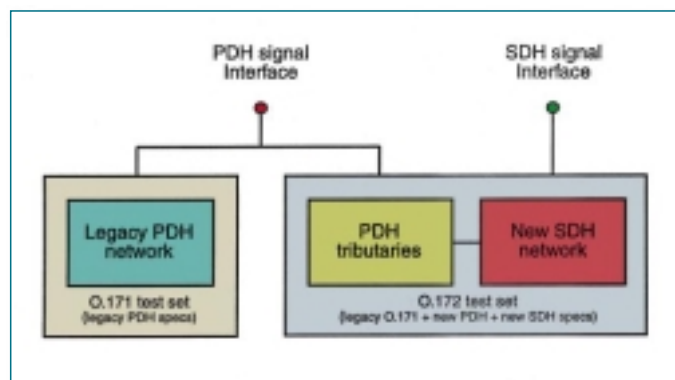


Bild 1: Zusammenhang zwischen den Standards O.172 und O.171 sowie zwischen Applikationen und SDH/PDH

Quantisierung der Phasensprünge wegen Pointer-Adjustments.

- ▷ Neue Dienste wie Video und ATM erfordern Netzwerke mit einwandfreiem Timing und tadelloser Synchronisation, damit vertragliche Verpflichtungen bezüglich der Dienstqualität eingehalten werden.
- ▷ Jitter- und Wander-Messungen werden nicht mehr analog, sondern digital ausgeführt. Entsprechende Messgeräte haben aufsehenerregende neue Leistungsmerkmale.
- ▷ Für die Messgeräte sind neue Standards in der Entwicklung; als erstes Resultat wurde Standard O.172 kürzlich von der ITU-T veröffentlicht.

Standard *O.172* ist Nachfolger des Standards *O.171* (*Timing jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the PDH*), der der Industrie seit 1980 gute Dienste geleistet hat. Heutzutage sollte der überholte Standard jedoch nur noch bei übernommenen PDH-Netzwerken Verwendung finden. Insbesondere sollte Klarheit darüber bestehen, dass dem Standard *O.171* entsprechende Messgeräte zweifelhafte Resultate liefern sobald die Jitter-Messung PDH-Diensten gilt, die zuvor über SDH-Netzwerke transportiert worden sind. Standard *O.172* kennt diese Einschränkung nicht mehr. Denn er spezifiziert Anforderungen an Messgeräte für alle Segmente eines SDH-Netzes, also sowohl für SDH-Line-Interfaces als auch für SDH-Tributary-Interfaces, die mit PDH-Bitraten arbeiten (bekannt als „Tributaries“). **Bild 1** veranschaulicht diesen Zusammenhang. Obwohl Standard *O.172* von der ITU-T im März 1999 offiziell verabschiedet wurde, gibt es eine ganze Reihe von Punkten, die weiterführende Detailuntersuchungen erfordern. Dazu zählen:

- ▷ Messung des Frequency-Offset (FO),
- ▷ Messung der Frequency-Drift-Rate (FDR),
- ▷ Time-Deviation (TDEV) Wander-Noise-Erzeugung.

Außerdem ist damit zu rechnen, dass Elemente des überholten Standards *O.171* in einer Neufassung des *O.172* einfließen werden. Der daraus resultierende Standard könnte dann alle Anforderungen von SDH und PDH abdecken. Standard *O.172* gibt eine umfassende Zusammenstellung von Spezifikationen, mit denen die nachvollziehbare und präzise Jitter/Wander-Messung in SDH-Systemen gewährleistet ist. Die erste Ausgabe von *O.172* deckt SDH-Interfaces von STM-0 (51 Mbit/s) bis STM-64 (10 Gbit/s) und PDH-Interfaces von 1,5 Mbit/s bis 140 Mbit/s ab. Da alle Bitraten für *Sonet*- und *ANSI*-Interfaces darin enthalten sind, ist der Standard für alle Netzwerke geeignet. Die drei wichtigsten Spezifikationen betreffen die Jit-

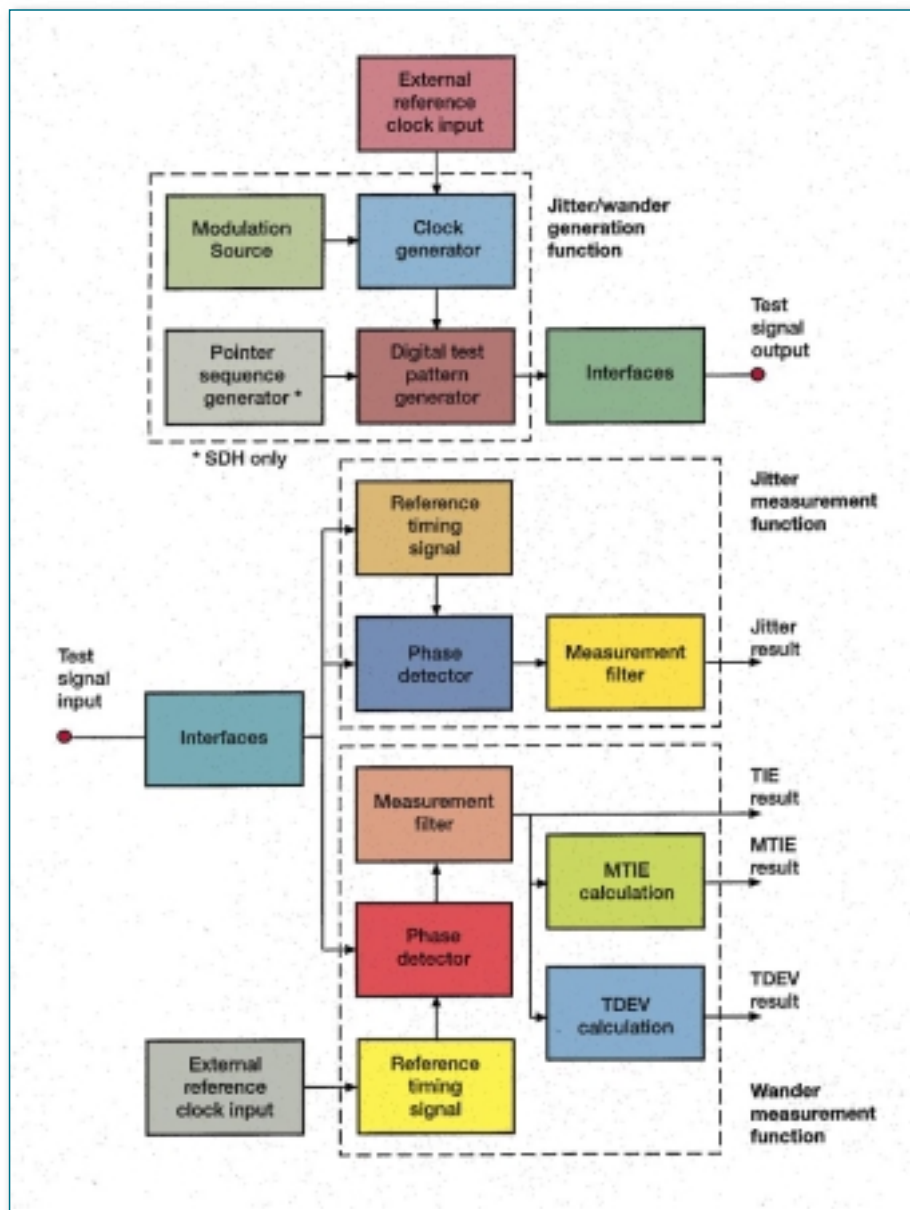


Bild 2: Blockschaltung eines Jitter/Wander-Messplatzes gemäß Standard *O.172*

ter/Wander-Erzeugung, die Jitter- und die Wander-Messung. Im Blockdiagramm von **Bild 2** sind diese drei Funktionsblöcke leicht zu erkennen.

Sofern zulässig, wird für Messungen an PDH-Interfaces auf *O.171* verwiesen. Neue Messungen an SDH-Tributary-Interfaces sind dagegen in *O.172* selbst spezifiziert. Im wesentlichen betrifft dies die Jitterverträglichkeit, den Frequenzgang der Jitter-Messung und die Genauigkeit der Jitter-Messung (fixed Error). Die genannten Kriterien sind kritische Punkte für die korrekte Jitter-Messung an PDH-Tributaries in SDH-Netzwerken. Neue strenge Spezifikationen für Messgeräte, ausschließlich definiert in *O.172*, sind in erster Linie der Messung des Pointer-Jitters an PDH-Signalen zuzuschreiben.

Neues Leistungsvermögen der Messtechnik

Wie schon angedeutet, ergeben sich aus dem Standard *O.172* für Messtechniker eine Reihe von Vorteilen. Die nachfolgend aufgezählten Aspekte machen dies deutlich, wobei jedoch anzumerken ist, dass bisher übliche Messplätze die beschriebenen Vorteile nicht oder nur unzureichend bieten.

Zuverlässige Messung des Pointer-Jitters: Die erfolgreiche Messung des Pointer-Jitters erfordert eine großzügig bemessene Jitterverträglichkeit (z.B. Überlastsituation) und eine exakte Frequenzcharakteristik der Jitter-Messfunktion. *ITU-T G.783* besagt: „Ein Schlüsselaspekt für die Beschreibung von Pointer-Adjustment-Effekten an *G.703*-(PDH)-Interfaces ist



Bild 3: Der CTS 850 von Tektronix ist einer der ersten SDH/PDH-Jitter/Wander-Messplätze, der die Anforderungen des neuen Standards O.172 erfüllt

die Grenzlinie zwischen Jitter und Wander. Deshalb ist die Charakteristik des Hochpass-Filters ein kritisches Leistungsmerkmal.“ Darauf aufbauend spe-

zifiziert O.172 sorgfältig und genau die Charakteristik eben dieses Hochpasses. Werden die in O.172 genannten Spezifikationen der Jitterverträglichkeit und

des Frequenzgangs eingehalten, ist erstmals gewährleistet, dass Messungen des Pointer-Jitters unabhängig vom Messplatzmodell zu denselben Resultaten führen.

Exakte Wander-Messung: Exakte Wander-Messungen setzen voraus, dass sich zum einen der Time-Interval-Error (TIE) messen lässt, zum anderen die Parameter MTIE und TDEV präzise berechnet werden können. Standard O.172 definiert die dazu erforderlichen Randbedingungen und gewährleistet damit exakte Wander-Messungen. Auch hier sind die Resultate wieder unabhängig vom Messplatzmodell, solange bei der Umsetzung die Vorgaben von O.172 beachtet werden.

Präzise Jitter-Messung: Für eine genaue Jitter-Messung sind eine präzise Messfunktion und ein exakter Filterfrequenzgang ebenso nötig wie ein ausreichend großer Messbereich und niedriges Eigenrauschen (z.B. Fixed-Error). Der Standard O.172 legt deshalb hierzu Spezifikationen fest, wie Filterfrequenzgang, Messbereich und Eigenrauschen zu messen sind. Korrekt umgesetzt sind präzise Jitter-Messungen unabhängig von der

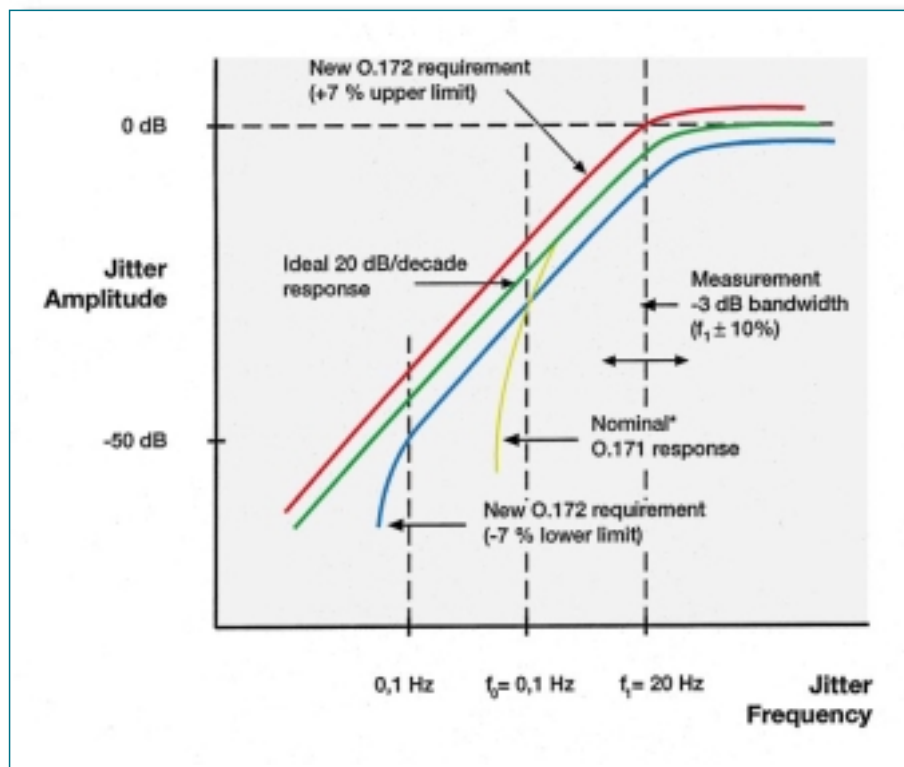


Bild 4: Frequenzgang einer Jitter-Messfunktion (2 Mbit/s)

Umsetzung (Messplatz) gewährleistet. Pointer-Testsequenzen gemäß G.783 erzeugen: Für die einwandfreie Erzeugung von Pointer-Testsequenzen gemäß ITU-T-Standard G.783 sind ein vollzähliger Satz an Sequenzen einschließlich zugehöriger Testprozeduren erforderlich. G.783 definiert viele Testsequenzen, mit denen sich der Pointer-Jitter in SDH-Netzen gründlich analysieren lässt. Die Testsequenzen erlauben auch eine Messung des Jitters an PDH-Tributaries und gemäß G.783 sind die Testsequenzen außerdem geeignet für unterschiedliche SDH-Tributary-Bitraten und -Container. Aus der Vielzahl der G.783-Testsequenzen isoliert Standard O.172 nun in Form einer Mindestanforderung diejenigen Sequenzen, die von einem Messplatz unterstützt werden müssen.

Die erste praktische Umsetzung der oben aufgezählten Aspekte ist der in Bild 3 gezeigte Jitter- und Wander-Messplatz – dem ersten, der die Anforderungen des Standards O.172 uneingeschränkt erfüllt. Wegen des großen Jitter-Messbereichs von 300 UI ist das neue Messgerät in der Lage, sowohl Pointer-Jitter reproduzierbar und exakt zu messen, als auch kombinierte Mapping- und Pointer-Jitter-Tests gemäß G.783 auszuführen. Darüber hinaus werden eine 45-Mbit/s-Jitter/Wander-Analyse und die Echtzeitmessungen der Wander-Parameter MTIE und TDEV geboten. In Netzen mit dichtem Dienstangebot (Multi-

Service) kommt die Error- und Performance-Analyse gemäß M.2101 zum tragen, so dass der Messplatz auch in so einem Umfeld zur Messung der Netzwerkperformance eingesetzt werden kann.

Vorteile der neuen Standards

So weit so gut. Nur was haben Gerätehersteller und Netzbetreiber davon, dass die Standards der Messtechnik so in Bewegung sind? Betrachten wir dazu einige wesentliche Aspekte:

Produktion: Bessere Jitter-Messungen gemäß O.172 (z.B. höhere Genauigkeit, reproduzierbare Pointer-Jitter-Messwerte, geringeres Rauschen) gewährleisten, dass Gerätehersteller ihre Produkte qualitativ zutreffend einordnen. Toleranzgrenzen können daher ausgedehnt und Kosten für unnötige Nacharbeiten eingespart werden. Im Falle von Schwankungen der Produktionsqualität lässt sich die Ursache schneller eingekreisen. Bisher sind solche Schwankungen sogar oft irrtümlich erkannt worden, zurückzuführen auf den Einsatz unterschiedlicher Messplätze.

Netzbetreiber: Synchronisationssignale lassen sich wahlweise als separates Signal in Form eines speziellen Dienstes verteilen oder als impliziter Bestandteil des Transportsignals. In beiden Fällen sorgt O.172 dafür, dass wiederholbare

und exakte Wander-Messungen möglich sind. Kommt es zu unzulässigen Pointer-Jittern gewährleistet O.172, dass diese sich präzise erfassen und bewerten lassen.

Endanwender: Für Endanwender und Service-Provider sind die Leistungsdaten empfangener bzw. bereitgestellter Dienste (meist PDH-Dienste) von so zentraler Bedeutung, dass sie in aller Regel Vertragsbestandteil sind. Provider mit gemieteten Leitungen haben jedoch keinerlei Informationen darüber, mit welcher Terminal-Gerätschaft ein Endanwender arbeitet. Sie müssen daher bei allen angebotenen Diensten sorgfältig auf jeden Pointer-Jitter achten.

Auch Endanwender, die sich für die Qualität von Timing und Synchronisation interessieren, kommen um nachvollziehbare Jitter- und Wander-Messungen nicht umhin. In beiden Fällen sorgt auch hier O.172 dafür, dass einwandfreie Messungen vorgenommen werden können.

Zusammenfassung

Der neue ITU-T-Standard O.172 ist für das Leistungsvermögen von Messplätzen ein wichtiger Schritt nach vorne. Er gewährleistet nachvollziehbare präzise Messungen in SDH-Netzwerken, sowohl an SDH-Line-Interfaces als auch an SDH-Tributary-PDH-Interfaces. Künftig sollte der Einsatz von O.171-Messplätzen ausschließlich auf ältere PDH-Netzwerke begrenzt sein. Nur dann lässt sich die tatsächliche Performance moderner SDH-Netzwerke verlässlich ermitteln. (jj)



Mark Lum ist Market Development Manager bei der Tektronix, Inc./USA