

Berichte aus der Elektrotechnik

Stephan Pachnicke

**Fast Analytical Assessment of the Signal Quality
in Transparent Optical Networks**

D 290 (Diss. Universität Dortmund)

Shaker Verlag
Aachen 2005

Bibliographic information published by Die Deutsche Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data is available in the internet at <http://dnb.ddb.de>.

Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2005

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4367-4

ISSN 0945-0718

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Abstract

Optische Kommunikationsnetze der nächsten Generation werden geprägt sein durch hohe Datenraten, hohe Kanalleistungen und dichtes Wellenlängenmultiplex (DWDM). Es wird sehr wahrscheinlich sein, dass in zukünftigen vermaschten optischen Netzen transparente Pfade automatisch in der optischen Ebene aufgebaut werden.

Die nichtlinearen Degradationseffekte spielen dabei eine besondere Rolle, weil sie sich aufgrund der hohen transparenten Längen und großen Signalleistungen stark akkumulieren und nur unvollständig kompensiert werden können. Es wird nicht mehr möglich sein, die Pfade manuell zu optimieren, da verschiedene Wellenlängen von unterschiedlichen Ausgangspunkten stammen können und somit verschiedene Distanzen zurückgelegt haben können. Deswegen ist es umso wichtiger, besonders die nichtlinearen Fasereffekte zu beachten. Von großer Bedeutung ist es, schnelle aber trotzdem genaue analytische Modelle zu entwickeln, um abschätzen zu können, ob ein gewünschter Pfad aufgebaut werden kann. Diese Modelle sollten jedoch flexibel genug sein, eine heterogene Netzwerkinfrastruktur mit gemischten Fasertypen, variablen Eingangsleistungen und verschiedenartigsten Dispersionskompensationsschemata zu unterstützen. Der analytische Ansatz muss sehr recheneffizient sein, damit er für bedingte Vermittlung geeignet ist.

In dieser Arbeit werden schnelle analytische Modelle für die nichtlinearen Vielkanal-Degradationseffekte entwickelt: für die Kreuzphasenmodulation (XPM), die Vierwellenmischung (FWM) und die stimulierte Raman Streuung (SRS). Es wird ein genaues Verfahren beschrieben, um das Übersprechen aufgrund von XPM, einem der dominanten nichtlinearen Effekte in optischen WDM Netzen, zu bestimmen. An Hand von Computersimulationen und Laborexperimenten werden die neu entwickelten analytischen Modelle verifiziert. Dabei wird exzellente Übereinstimmung zwischen den analytischen Modellen und den Experimenten erzielt. Die analytischen Formeln werden für das am weitesten verbreitete Modulationsformat, nämlich „non-return to zero“ (NRZ) mit einer Kanaldatenrate von 10 Gb/s, abgeleitet. Ebenfalls werden mögliche Erweiterungen für das „return to zero“ (RZ) Format vorgestellt, das insbesondere bei höheren Bitraten (≥ 40 Gb/s) verwendet wird. In Fasern mit niedriger lokaler Dispersion ist die FWM der dominante nichtlineare Effekt. Er wird für klassische Intensitätsmodulation sowie für das Duobinärverfahren untersucht. Mit Hilfe von Laborexperimenten werden die Ergebnisse verifiziert. Auch für die SRS wird ein analytisches Modell vorgestellt, welches die spektrale Verkipfung bestimmt. Die Arbeit wird abgeschlossen mit einigen Überlegungen zum Selbstphasenmodulationseffekt (SPM). Weil SPM ein Einkanaleffekt ist, kann die Signaldegradation effizient mit klassischen numerischen Verfahren berechnet werden.

Die Erkenntnisse aus den analytischen Modellen können das Netzwerkdesign und den Netzbetrieb entscheidend verbessern und ein tieferes Verständnis der unterschiedlichen nichtlinearen Effekte erreichen. Dies ist besonders wichtig, um das Netzwerkverhalten besser zu verstehen und einzelne Parameter wie die Dispersionskompensation zu optimieren.