

Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

Herausgeber: Swisscom

Band: 78 (2000)

Heft: 12

Artikel: Assignation des longueurs d'onde et protection dans des réseaux de transport WDM

Autor: Linder, Jan / Rodellar, Daniel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876495>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Exploration Programmes:
Corporate Technology Explores Future Telecommunications

Assignation des longueurs d'onde et protection dans des réseaux de transport WDM

Les outils de simulation deviennent indispensables pour la planification, toujours plus complexe, de la capacité grandissante des réseaux de transport. L'approche de planification assistée par des outils informatiques peut améliorer de façon directe l'ensemble coûts/performance d'un réseau concernant le domaine des entreprises.

Le programme "Network Architectures & Technologies" explore les fonctionnalités d'IP supportant les services fixes et mobiles, et identifie les solutions clés pour construire et planifier la prochaine génération des réseaux basés sur la transmission par paquet. L'objectif est de réduire les coûts dans les investissements et les opérations liés au réseau ainsi que de transférer les nouvelles capacités de celui-ci dans le revenu généré par la convergence des services offerts par le réseau.

Avec son programme d'exploration, Corporate Technology explore les technologies de télécommunication et les nouvelles possibilités de services à long terme, 2 à 5 ans. De plus, les compétences acquises au cours de ces activités permettent un support actif à des projets d'application innovateurs.

Dans le passé, l'architecture réseau avait pour habitude d'utiliser les ressources dédiées. Une simple projection de croissance de la population des utilisateurs était suffisante pour la planification de la capacité du réseau.

JAN LINDER ET DANIEL RODELLAR

A l'heure actuelle, les réseaux sont devenus des ressources partagées qui doivent supporter simultanément des applications demandant des largeurs de bande importantes. A cela s'ajoute les nouvelles applications qui additionnent souvent un nombre significatif de trafic sur un réseau déjà saturé et connaissant des problèmes de ressources.

Afin d'illustrer ce type de planification, nous avons utilisé un programme de simulation de réseau pour évaluer différents scénarios en changeant le nombre de fibres par lien et le nombre de longueurs d'onde par fibre pour obtenir des résultats de performances tels le taux d'utilisation des liens.

Une planification stratégique de la capacité d'un réseau peut accroître de manière significative le rapport prix/performance d'un réseau de plusieurs manières:

- En réduisant les coûts des équipements WDM.
- En réduisant les coûts des problèmes de temps de réponses, qui ont un impact considérable sur les applications, en assurant une capacité suffisante.
- En réduisant le coût du temps d'arrêt avec des redondances intégrées et avec des moyens pour adresser les pannes de composants du réseau.
- En réduisant les coûts indirects associés au personnel et aux consultants devant déployer de nouvelles applications, en

assurant que la capacité du réseau supporte de nouveaux services.

Sans une méthode bien définie de planification de la capacité d'un réseau et d'un outil assistant celle-ci, la personne responsable du réseau doit réparer la dégradation des performances de ce dernier par une méthode non déterministe.

A l'heure actuelle on assiste à une accélération croissante de la demande en débit de transmission, principalement liée à la croissance rapide des communications de données. L'information véhiculée dans les réseaux à haut débit se présente sous plusieurs formats différents (SDH, ATM, IP etc.) ce qui pose des problèmes de conversion et d'adaptation pour une transmission sur le même support. Les réseaux de transport tout optique avec multiplexage en longueur d'onde (WDM) offrent aux usagers à la fois un débit de transmission élevé et des circuits optiques transparents aux type et format de l'information.

A partir des nœuds d'un réseau (correspondant souvent à des villes, et que nous numérotions de 0 à 12 dans cet article), des liaisons possibles que l'on peut établir entre ces nœuds, et étant donné une matrice de trafic (le débit maximal pour chaque demande entre deux nœuds est arbitraire), la distribution des fibres (dans chaque liaison entre deux nœuds) et le choix des longueurs d'onde utilisées dans chaque fibre sont obtenues. La topologie physique, qui correspond dans le cas étudié au réseau F1 de Swisscom, et les demandes sont donc données et fixes. Grâce à un logiciel de planification, développé au laboratoire de télécommunications (TCOM) de l'EPFL [1], le réseau optique peut-être planifié:

- Le routage des circuits optiques en opération normale ou en cas de panne d'un lien (protection et restauration).
- L'assignation d'une longueur d'onde à chaque circuit optique.

Ces réseaux (fig. 1) sont basés sur des brasseurs (crossconnects) optiques qui acheminent des circuits optiques entre les différentes paires de nœuds. Le routage est statique et les brasseurs ne sont reconfigurés qu'en situation de panne.

La transparence des circuits optiques aux formats et débits de l'information donne à ce type de réseau une grande flexibilité et la capacité d'absorber sans redimensionnement la forte croissance de trafic. Actuellement, dans un réseau optique transparent, la longueur d'onde attachée à un circuit optique ne change pas de bout en bout. Les avantages de cette approche sont une gestion du réseau facilitée et l'absence de convertisseurs de longueur d'onde. Néanmoins, il y a des inconvénients:

- L'assignation des longueurs d'onde aux circuits optiques est un problème non trivial.

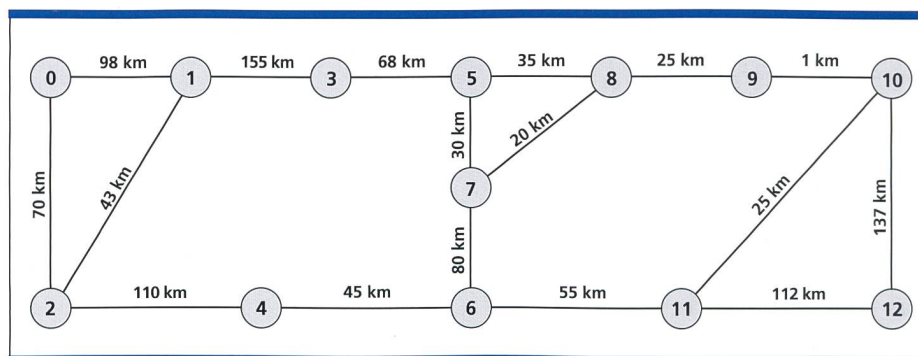


Fig. 1. Représentation de la topologie du réseau étudié, à l'aide de notre programme de simulation.

- Des situations de blocage sont possibles.

L'assignation des longueurs d'onde peut être assimilée à un problème de coloriage d'un graphe dont les sommets reliés par une arête ne peuvent pas avoir la même couleur [2]. Les sommets du graphe représentent les circuits à établir et deux sommets quelconques sont reliés par une arête si les circuits correspondants ont au moins une fibre commune.

Planification

En utilisant ce logiciel, on a dimensionné le réseau dont la topologie est illustrée par la fig. 1. Celle-ci a été dimensionnée avec les conditions suivantes:

- *Routage statique* selon le chemin le plus court.

Nombre des longueurs d'onde par fibre (8, 16, 32 et 64) constant dans tout le réseau.

- *Matrice de circuits optiques* donnée avec en moyenne 1,6 Gbit/s par paire de nœuds.
- *Protection totale (sans pertes) contre la panne d'un lien*. Les circuits optiques empruntant le lien en panne sont reroutés sur le chemin le plus court reliant les extrémités du lien en panne. Par ex. si le lien 0–2 est en panne, les circuits qui l'utilisaient emprunteront le trajet 0–1–2. En cas de panne d'un lien, les circuits optiques qui ne sont pas affectés par la panne gardent la même longueur d'onde qu'en opération normale.

On cherche à déterminer le nombre minimum de fibres pour chaque lien qui permettent une assignation complète des longueurs d'onde. Dans un premier temps, l'opération normale du réseau est planifiée. Ensuite deux cas de protection sont envisagés:

- Protection 1: possibilité de rerouter tous les circuits affectés par la panne de n'importe quel lien. Toutes les longueurs d'onde sont réassignées dans le réseau.
- Protection 2: possibilité de rerouter tous les circuits affectés par la panne d'un lien tout en gardant la même longueur d'onde qu'en opération normale. Seulement les longueurs d'onde affectées sont réassignées.

Résultats

Les circuits optiques empruntant un lien sont distribués uniformément sur toutes les fibres du lien. Pour déterminer les capacités des liens pour les cas protection

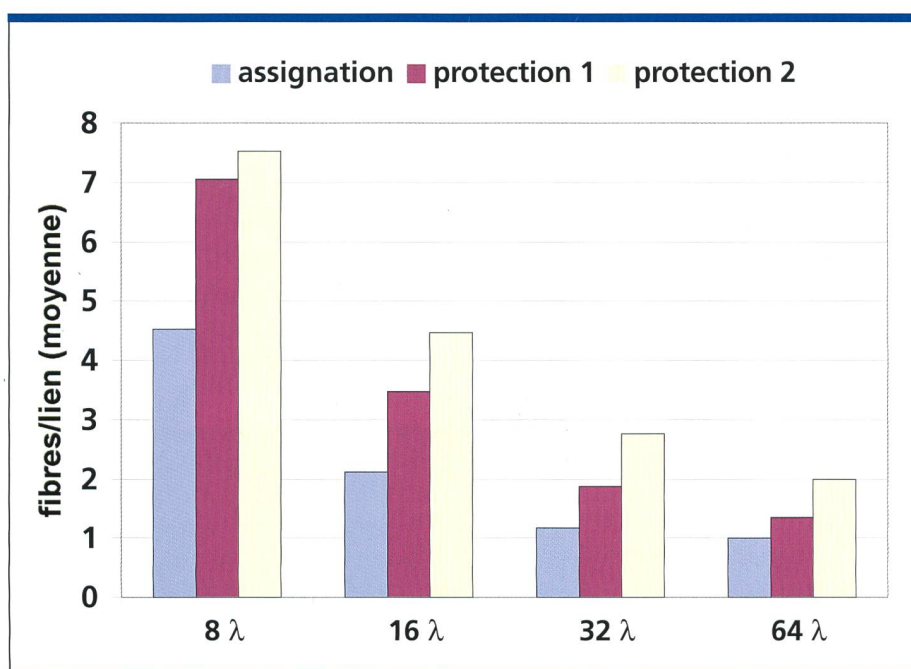


Fig. 2. Nombre de fibres par lien selon le nombre de longueurs d'onde par fibre.

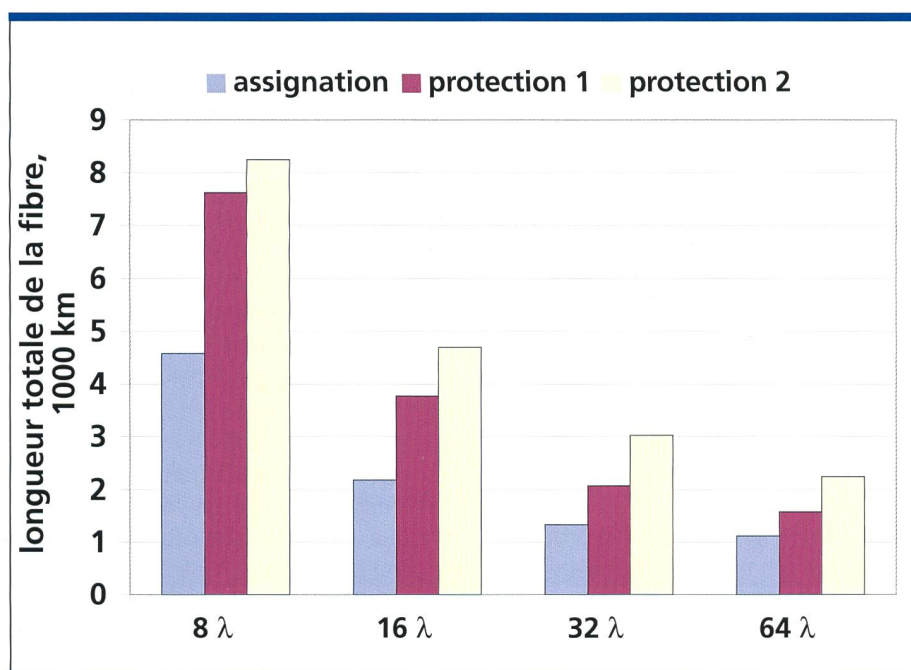


Fig. 3. Longueur totale des fibres dans le réseau selon le nombre de longueurs d'onde par fibre.

1 et protection 2, une situation de panne avec reroutage et réassignation est simulée pour chaque lien du réseau. Si l'assignation des longueurs d'onde n'aboutit pas, la capacité du lien goulet est augmentée d'une fibre, les circuits sont redistribués pour occuper la nouvelle fibre et l'assignation est tentée à nouveau. Cette procédure est répétée jusqu'à l'aboutissement de l'assignation [1].

La figure 2 montre bien qu'avec plus de

longueurs d'onde par fibre on a moins de fibres par lien, et donc la longueur totale de tout le réseau diminue aussi (fig.3). Ce qui revient à dire que le nombre moyen de fibres par lien, ainsi que la longueur totale de la fibre (fig. 3) diminue considérablement avec l'augmentation du nombre de longueurs d'onde disponibles.

Par contre le nombre de fibres, en tenant compte de la protection, est supérieur au cas d'opération normale. Le nombre de

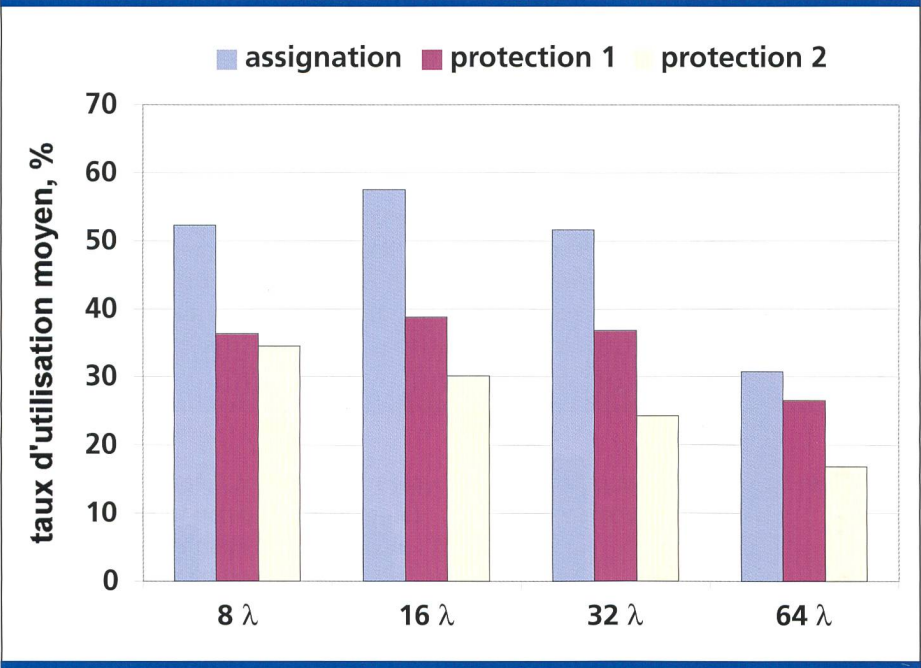


Fig. 4. Taux d'utilisation moyen pour une fibre selon le nombre de longueurs d'onde par fibre.

fibre dans ce cas ne suffit pas pour assurer la protection.
Le but de rajouter plus de longueurs d'onde par fibre est d'avoir moins de fibres et plus de souplesse dans l'assignation d'une longueur d'onde à chaque circuit optique. Souplesse qui n'est pas toujours réelle vu la complexité que peut prendre le graphe de coloriage utilisé par l'algorithme d'assignation de longueurs d'onde.
Bien que le nombre moyen de fibres par lien diminue en ayant plus de longueurs d'onde par fibre, les fibres sont moins utilisées (fig. 4). Ceci est dû au fait que dans les fibres ajoutées pour la protection, seulement quelques longueurs d'onde sont utilisées.
On définit le taux d'utilisation comme étant le rapport entre le nombre de circuits optiques utilisés qui empruntent un lien et la capacité de celui-ci:
– Taux d'utilisation (%) = nombre de circuits optiques utilisés/capacité avec

– capacité = (nombre de fibres) × (nombre de longueurs d'onde par fibre).
L'assignation d'une longueur d'onde à chaque circuit optique implique un taux d'utilisation inférieur à 60% pour tous les cas.
On constate aussi que la capacité inutilisée pendant l'opération normale n'est pas suffisante pour la protection complète en cas de panne d'un lien. Si on souhaite qu'en cas de reroutage les longueurs d'onde de tous les circuits restent les mêmes qu'en opération normale (protection 2), la capacité nécessaire est presque le double de la capacité de l'opération normale. A partir de 64 longueurs d'onde par fibre, seulement deux fibres par lien sont suffisantes pour remplir cette condition.
La figure 5 permet une représentation plus concrète des résultats obtenus pour un lien entre deux grandes villes. On obtient un minimum de longueurs d'onde (λ) libres dans le cas protection 1 pour

Abbreviations

WDM Wavelength Division Multiplexing
SW Software

16 λ et 32 λ par fibre avec un taux d'utilisation de 84%. Si on ne veut pas réassigner toutes les λ dans le réseau (protection 2), en cas de panne, avec un nombre de fibres réduit (< 10 fibres), le taux d'utilisation descend à 54%.

Conclusions

On remarque que le taux d'utilisation décroît quand le nombre de longueurs d'onde par fibre augmente. En effet, l'algorithme d'assignation de longueur d'onde étant basé sur le graphe de coloriage, un grand nombre de longueurs d'onde par fibre rendra l'assignation complexe, car le nombre de circuits optiques partageant la même fibre devient plus élevé. La complexité engendra un taux d'occupation inférieur pour des fibres de grandes capacités.
Par conséquent, l'algorithme impose un nombre de fibres sous-exploitées. Pour un nombre de longueurs d'onde élevé, l'ajout d'une nouvelle fibre augmente considérablement la capacité du lien, quand une capacité supplémentaire plus petite aurait été suffisante pour l'assignation dans la plupart des cas.
Les résultats permettent de comparer les coûts et utilisations des équipements WDM d'une solution avec beaucoup de fibres (et peu de λ par fibre) à ceux d'une solution avec beaucoup de λ par fibre (et peu de fibres).

Perspectives

Dans l'avenir immédiat, l'outil logiciel de planification sera amélioré pour pouvoir – distribuer les circuits optiques sur les fibres disponibles du lien de manière à minimiser les arêtes dans le graphe de coloriage,

	Operation normale				Protection 1				Protection 2			
longueurs d'onde disponibles par fibre	8	16	32	64	8	16	32	64	8	16	32	64
nombre de fibres pour ce lien	5	3	2	1	10	4	2	2	10	6	3	2
longueurs d'onde disponibles pour ce lien	40	48	64	64	80	64	64	128	80	96	96	128
longueurs d'onde utilisées pour ce lien	36	36	36	36	54	54	54	54	54	54	54	54
longueurs d'onde libres pour ce lien	4	12	28	28	26	10	10	74	26	42	42	74
taux d'utilisation pour ce lien	0.9	0.75	0.6	0.56	0.675	0.84	0.84	0.42	0.675	0.56	0.56	0.42

Fig. 5. Exemple de description d'un lien donné entre deux villes.

- augmenter les performances de l'assignation des longueurs d'onde,
- inclure la possibilité de prévoir des conversions de longueur d'onde à l'intérieur du réseau (étude des cross-connect optiques).

9.4

Jan Linder est diplômé de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne en section électricité (EPFL 1998). Après son travail de diplôme sur les outils de simulation pour les réseaux optiques haut débit, il a commencé chez Swisscom en juillet 1998. Depuis il est actif dans différents projets se concentrant sur la prochaine génération des outils de simulation et support pour la planification des réseaux de transport optiques. Il est actuellement impliqué dans un projet concernant les aspects multi-couche des réseaux optiques ainsi que des projets en collaboration avec l'EPFL.

Dr. Daniel Rodellar est ingénieur en télécommunication de l'Université Polytechnique de Catalunya (UPC), Barcelone, Espagne. Son travail de thèse a été effectué à l'EPFL, Lausanne, Suisse, sur "l'analyse des performances d'un protocole multi-canal pour un réseau optique local exploitant le multiplexage de longueur d'onde (WDM)". Il rejoint Swisscom en avril 2000, où son travail est orienté dans la technologie et l'évolution WDM de la couche optique du réseau de transport. Il travaille actuellement sur le projet P1014 EURESCOM "TWIN – Testing WDM IP Networks".

Le projet d'exploration nommé "TITAN", Multilayer Optical Network, traite des

problèmes liés à la modélisation et à la simulation des réseaux optiques.

References

- [1] C. Bungarzeanu, L. Besuchet and D. Rodellar, Efficient planing tool for WDM transport network,
Homepage: tcomwww.epfl.ch/research/pdf_files/ONDM00.pdf
- [2] H. Zang, J. P. Jue and B. Mukherjee, A review of routing and wavelength assignment approaches for wavelength-routed optical WDM networks, Optical Networks Magazine, ISSN 1388-6916, Vol. 1, No. 1, pp. 47–60, 2000.

Summary

Network simulation is an indispensable tool for network capacity planning. The planning approach can directly improve the overall price/performance of network-intensive business systems.

In the past, network architectures used dedicated resources and simple growth projections of user populations was sufficient for network capacity planning. Networks now have become shared resources that must simultaneously support bandwidth-intensive applications. In addition, new applications often put significant new amounts of network traffic on a network already suffering performance problems.

We have used a network simulation program over different "what-if" scenarios, changing the number of fibres per link and the number of wavelengths per fibre, to obtain performance results as well as link utilisation rates.

Strategic network-capacity planning significantly improves the overall price/performance of a network in several ways:

- by reducing WDM equipment costs
- by reducing the cost of response-time problems which impact mission-critical applications significantly, by ensuring sufficient capacity
- by reducing the cost of downtime with built-in redundancies and with plans to address network component failures
- by reducing indirect costs associated with staff and consultants deploying new applications, by ensuring that the network capacity supports new services.

Without a well-defined network capacity planning methodology and accompanying toolkit, network managers must repair network performance degradation by a trial-and-error method.

Optischer Multiplex-Filter trennt 256 Kanäle

Im Forschungslabor von NTT entstand der Prototyp eines kleinen Multiplex/Demultiplexfilters, der bis zu 256 verschiedene Wellenlängen verarbeiten kann. Der Filter ist nur 5,5 x 7 cm² gross und könnte den Weg bereiten, um 1 Petabit/s auf Glasfaser zu übertragen – das wäre etwa die Datenmenge, die einem 24-Stunden-Videokanal während eines ganzen Jahres entspricht. Für die Herstellung werden Glaspartikel auf Siliziumsubstrat in einer feinen Schicht aufgeschmolzen und dann

ein optischer Wellenleiter eingeätzt. NTT glaubt, diese Technik in drei Jahren marktreif zu haben. Schon in ein bis zwei Jahren könnte man an Interessierte erste Muster ausliefern.

NTT (Nippon Telegraph and Telephone) Inc., 2-3-1, Otemachi, Chiyoda-ku Tokyo 100, Japan

Neuer Rekord bei Mobilfunkgeräten

Neueste Hochrechnungen für dieses Jahr gehen von 420 Mio. produzierten Mobil-

funktelefonen aus. Die drei Marktführer – Nokia, Motorola und Ericsson – halten dabei einen Marktanteil von zusammen mehr als 50%. Die Nachfrage wäre durchaus höher, aber die Verknappung bei wichtigen Bauelementen lässt keine Steigerung mehr zu.

Dataquest
1290 Ridder Park Drive
San Jose
CA 95131-2398, USA
Tel. +1-408-437 8000
Fax +1-408-437 0292

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG