

Estadística e Investigación Operativa en la Internet del Futuro

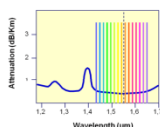
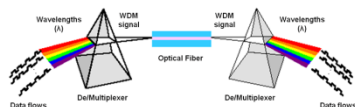


Luis Velasco, Marc Ruiz

Centro de Comunicaciones Avanzadas de Banda Ancha (CCABA)
 {lvelasco, mruiz}@ac.upc.edu

La tecnología WDM

La tecnología WDM permite transmitir diferentes flujos de datos en diferentes longitudes de onda óptica.

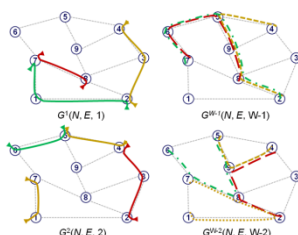


Los sistemas WDM usan la región del espectro de frecuencias en el entorno de los 1550nm, puesto que en esta región la atenuación de la fibra alcanza un mínimo local.

Modelos Estadísticos para caracterizar redes ópticas

El problema de maximización de ingresos del operador de red (NORMA) persigue diseñar la red óptica de forma que pueda dar el mayor servicio. Para resolver NORMA, derivamos modelos estadísticos para obtener, dado un cierto grado de servicio, la máxima intensidad de tráfico para cada clase de servicio y esquema de particionamiento.

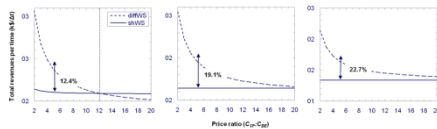
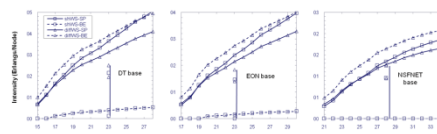
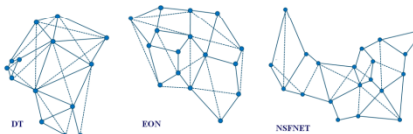
Working SP paths Protecting SP path reservations



$$I_j^k = \frac{10^{\alpha(k,j)} E_j^{\beta(k,j)}}{h_j^{\gamma(k,j)}} \pm \epsilon(k, j)$$

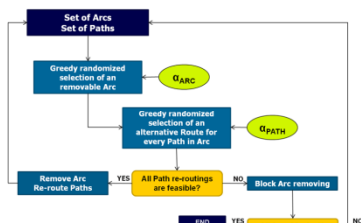
Parameters and Observed Adjust

Scheme (a)	Class (j)	α	β	γ	ϵ (%)	RV (%)
SP-WVS	SP	0.222	0.931	3.07	5.62	99.2
	BE	1.522	0	6.40	9.94	95.1
diff-WVS	SP	0.334	0.724	2.72	9.44	99.3
	BE	0.548	0.603	2.56	5.48	99.1

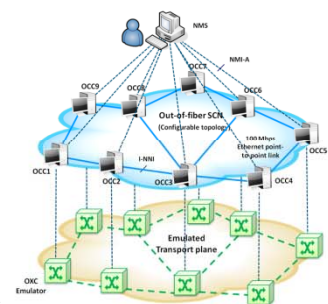
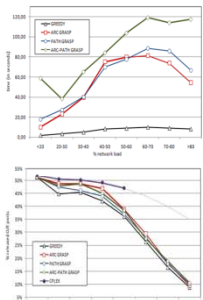


Modelos ILP y heurísticas

El establecimiento dinámico de conexiones deriva en una utilización de recursos no óptima. Esta situación empeora en redes multicapa puesto que la complejidad de la red crece exponencialmente. Por este motivo, definimos el problema de la optimización de recursos ópticos (ORO), como un problema de minimización del coste total de la red. Para obtener soluciones cercanas al óptimo en tiempos reducidos, hemos desarrollado un conjunto de meta-heurísticas basadas en GRASP.



	ARC Greedy Criterion	PATH Greedy Criterion	α_{arc} In (0,1)	α_{path} In (0,1)	Pre-comp. feasible routes
GREEDY			NO	NO	NO
ARC Greedy		Lower Optical Routing Cost	YES	NO	NO
PATH GRASP	Lower bw Load		NO	YES	YES
ARC-PATH GRASP			YES	YES	YES



Prog. no lineal: Procedimientos iterativos

Proponemos un método para obtener el diseño óptimo de plano de control que minimiza los costes de la red (CAPEX) mientras cumple un conjunto específico de requisitos de recuperación ante fallos (ARCO). ARCO se ha formulado como un problema combinatorio no lineal, el cual ha sido finalmente resuelto mediante un procedimiento iterativo, que resuelve un problema lineal en cada iteración.

Input: G_{cp} , D_i , set A , μ , β , P_{cp}^{min}
 Output: G_{cp}

Let p as the fixed number of control plane links
 Compute $\langle H_{cp} \rangle$ of traffic demand D_i over the G_{cp} topology for every link l in E_{cp} do
 Compute D_l from D_i
 $R(l)$ = compute all routes between link l and nodes in G_{cp}
 Compute Q and C from R
 $k = \max(A)$
 Set initial point for $p = p^0$
 Set $P_{cp} = p$

While no Optimal G_{cp} founded do
 Solve ARCO as ILP model
 Evaluate P_l of obtained solution
 If $P_l \leq P_{cp}^{min}$ and $p_{cp} < p$ then
 Optimal G_{cp} founded
 else if $P_l \leq P_{cp}^{min}$ and $p_{cp} \geq p$ then
 Actualize incumbent G_{cp}
 $p_{cp} = p$
 $p > p-1$
 If $p > 1$ then break
 else if $P_l > P_{cp}^{min}$ and $p_{cp} > p$ then
 Optimal G_{cp} founded
 else if $P_l > P_{cp}^{min}$ and $p_{cp} \leq p$ then
 Actualize incumbent G_{cp}
 $p_{cp} = p$
 $p > p+1$
 If $p > |E_{cp}|$ then break
 Return G_{cp}

$$P_L = \frac{\sum_{l \in E_{cp}} D_l^{CP}}{|E_{cp}|} \cdot \frac{1}{|D_l|} = \frac{\langle H_{CP} \rangle}{|E_{CP}|}$$

