

광부품 정렬 자동화를 위한 최적 탐색 알고리즘 연구

지상우*, 임경화**, 강희석***, 조영준***

Study on the Optimal Search Algorithm for the Automatic Alignment of Fiber Optic Components

Sang-Woo Ji*, Kyung-Hwa Rim**, Heui-Seok Kang***, Young-June Cho***

ABSTRACT

The fiber optic communication technology is considered as a key solution for the future communication. However the assembly of the fiber optic components highly depends on manual or semi-automated alignment process. And the light search algorithm is recognized an important factor to reduce the manufacturing process time. Therefore this paper investigates optimal search algorithm for the automatic alignment of fiber optic components. The experiments show the effectiveness of Hill Climbing Search, Adaptive Hill Climbing Search and Steepest Search algorithms, in a view of process time.

Key Words : Fiber Optic Components (광통신용 부품), Automatic Alignment (자동 정렬), Optimal Search Algorithm (최적 탐색 알고리즘)

1. 서론

현재 급격한 인터넷의 사용인구 증가에 따른 통신 장애는 통신 서비스의 서비스 공급자와 서비스 이용자 모두에게 가장 큰 문제로 부각되어 지고 있다. 통신장애의 원인은 여러 가지가 규명되어 있지만 가장 큰 장애의 원인은 폭증하는 인터넷 사용자의 수요에 부응하지 못하는 현재 전기적 통신 시스템의 그 문제가 있다. 급격한 인터넷의 사용인구의 증가로 인한 현재의 통신 시스템은 그 한계에 다다른 상황으로 새로운 통신 기술의 개발을 요구하고 있다.

이러한 시점에 등장한 광통신 기술은 광원으로 이용되는 빛에 일정 파장대를 이용하여 통신하는 광 네트워크를 구성하여 현재 전기적 신호의 기반을 둔 신호체계에 비하여 최소 100배에 달하는 고속 통신을 가능하게 하여 준다.

광통신용 부품의 정렬 공정에 있어서 자동 정렬 공정은 정밀 조립을 요하는 공정 특성상 필수적으로 요구되는 기술이다. 본 논문에서 광부품 자동 정렬 공정에 이용되는 광탐색 알고리즘에 관한 연구를 수행하였다. 산업계에 현재 많이 사용되는 알고리즘과 새로운 알고리즘을 비교 연구하여 최적 탐색 알고리즘을 제안하였다.

* 한국기술교육대학교 기계공학과 대학원

** 한국기술교육대학교 제어시스템공학과

*** 한국생산기술연구원 광마이크로연구팀

2. 광부품 자동 정렬 공정분석

광부품 자동 정렬 공정을 수행하기 위해서는 광부품 내에 진행되는 광경로에 대한 정확한 이해가 요구된다. 광원이 반사되어 올 때 입사광에 비교하여 발생하는 손실인 반사손실(Return Loss)이 적을수록 정확한 정렬이 이루어지는 것으로서 자동정렬 공정에서의 광계측은 반사손실을 측정하여 정렬공정을 수행한다. Fig. 1은 광부품중 수동소자인 TFF(Thin Film Filter)와 GRIN(Gradient Index)렌즈와 Dual Fiber Pigtail로 이루어진 광부품내의 광경로를 도시하여 나타내었다.

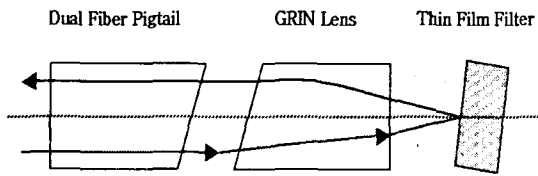


Fig. 1 Schematic Optical Path in TFF Components

Fig. 1에서 GRIN 렌즈는 광원의 진행을 광소자의 중심으로 모아주는 역할을 수행한다. TFF 부품은 광원의 파장 특성에 따라서 통과시키는 파장이 있고 반사시키는 분리작업(DeMux) 과정을 수행한다. 일반적으로 광통신용으로는 1330nm, 1550nm의 파장이 주로 사용된다.

Fig. 2는 실제적인 광부품 정렬과정을 개념적으로 나타낸 설명도이다. 광원이 입사되고 반사되어 돌아오는 것이 광경로(Path of Light)로 나타내어지고 정렬을 위해 X, Y 회전방향으로 움직이는 자유도를 Tx, Ty로 나타내었다. Tx, Ty 축은 X, Y 방향으로 근사 정렬한 뒤에 반사손실이 최소화된 영역을 찾기 위해 탐색 알고리즘으로 탐색을 수행하는 축을 나타낸다. Z축은 광부품을 조립하는 중심축이다. [1],[2]

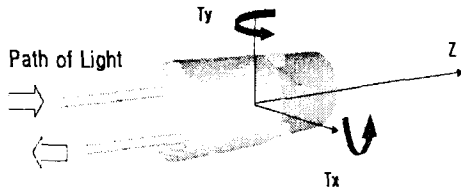


Fig. 2 Search of Minimum Return Loss by Tilting

반사손실이 최소가 되는 지점을 찾는 Tx, Ty축의 탐색 공정은 광계측과 함께 광부품 자동 정렬 공정에서 가장 중요한 기술로서 제품의 수율을 직접적으로 좌우하는 정밀한 공정이다. 현재 광탐색 알고리즘으로서는 Hill Climbing 탐색 알고리즘이 가장 많이 이용되고 있으나, 광부품의 조건에 따라서 다른 탐색 알고리즘도 적용이 가능하다.

현재 광부품 정렬 공정의 시간을 단축시키기 위한 연구가 많이 진행되고 있으며 알고리즘 개발을 통해서 정렬공정의 소요 시간을 줄일 수 있다.

3. 광탐색 알고리즘 비교

현재의 광탐색 알고리즘보다 빠르게 탐색하는 최적 탐색 알고리즘을 개발하기 위해서 현재 생산 공정에 적용되는 광탐색 공정에 3개의 알고리즘을 적용하여 각 탐색 알고리즘의 계적 및 소요시간을 비교 연구하였다.

3.1 Hill Climbing 탐색 알고리즘

Hill Climbing 탐색 알고리즘은 현재 광부품 정렬 공정에서 가장 많이 사용되는 방법으로 측정되는 값들을 비교하여 보다 높은 값을 찾도록 단순 언덕 오르기(Hill Climbing)를 수행하여 최적값을 찾아낸다. 알고리즘은 단순하지만 탐색 조건이 간단한 경우에는 가장 빠른 탐색 성능을 나타내어 현재 광부품 정렬 공정에 많이 이용되고 있다. 실제 광통신용 광원의 크기 분포를 측정된 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

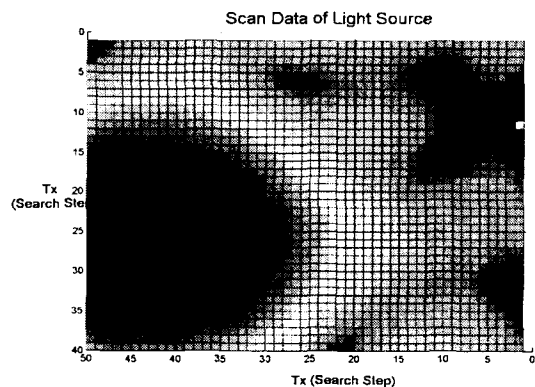


Fig. 3 Scan Data of Light Source

Fig. 4는 탐색 궤적을 나타낸 그림이다. 총 3번의 탐색 시도가 수행되고 광원의 가장 세기가 강한 부분을 탐색하는 과정을 잘 볼 수 있다.

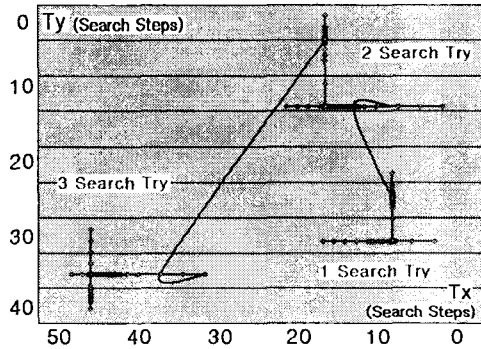


Fig. 4 Search Trajectory of Hill Climbing Algorithm

탐색이 수행된 시간은 평균 약 24초가 소요되었으며, 광원의 조건이 불균일한 지점에서 탐색이 수행된 경우에도 27초내에 탐색을 종료하였다.

3.2 Adaptive Hill Climbing 탐색 알고리즘

Adaptive Hill Climbing 탐색은 Hill Climbing 탐색 알고리즘에서 탐색 조건을 보다 정교하게 수정한 알고리즘이다. Hill Climbing 탐색 알고리즘은 탐색 구간(Step)이 반으로 감소하는 간단한 언덕 오르기 과정을 수행하지만, Adaptive Hill Climbing 탐색 알고리즘은 언덕오르기의 탐색 구간이 능동적으로 감소하여 탐색 속도가 훨씬 빠른 특징을 갖고 있다. Fig. 5는 탐색할 광원의 분포를 나타낸 것이고, Fig. 6은 측정된 광원에서 광량의 최고치를 탐색하는 궤적이다.

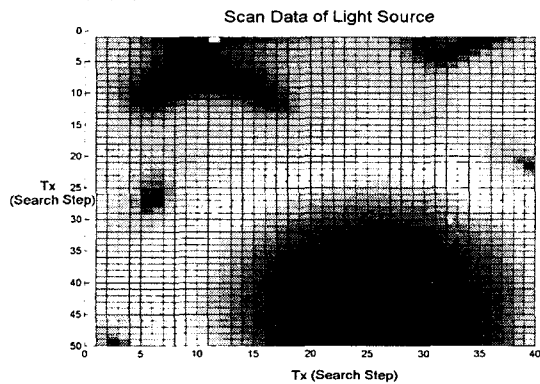


Fig. 5 Scan Data of Light Source

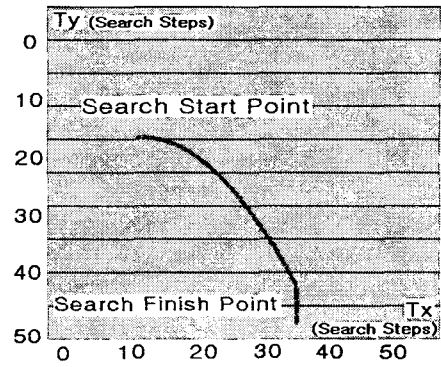


Fig. 6 Search Trajectory of Adaptive Hill Climbing Algorithm

Adaptive Hill Climbing 탐색 알고리즘은 Hill Climbing 탐색 알고리즘의 탐색 시간보다 평균 50%가 빠른 탐색 결과를 나타내었으며, Fig. 6에 보이는 것과 같이 탐색 궤적 주변의 약한 광신호의 영향을 받지 않고 정확히 광원의 중심 방향으로 탐색을 수행함으로써 빠른 탐색을 수행하였다. 탐색 목적의 충실도를 기준으로 다른 알고리즘에 비해 동등히 우수한 탐색 성능 결과를 확인할 수 있었다.

3.3 Steepest 탐색 알고리즘

Steepest 탐색 알고리즘은 측정된 광원의 양의 기울기로 계산하여 기울기가 급한 방향으로 탐색을 계속적으로 수행하여 최고치에 가장 빠르게 접근하는 탐색 알고리즘이다. 알고리즘의 특징을 잘 설명하기 위해 3차원으로 표시한 광원의 크기분포를 Fig. 7에 나타내었다.

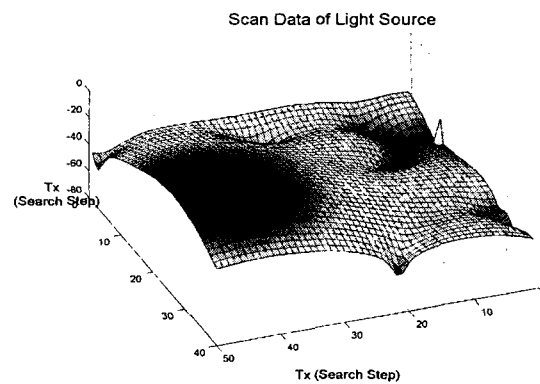


Fig. 7 Scan Data of Light Source in 3 Dimension

Fig. 5에 나타난 광원 크기분포에서 최고치를 빠르게 찾아가는 Steepest 탐색 알고리즘의 궤적을 Fig. 8에 나타내었다.

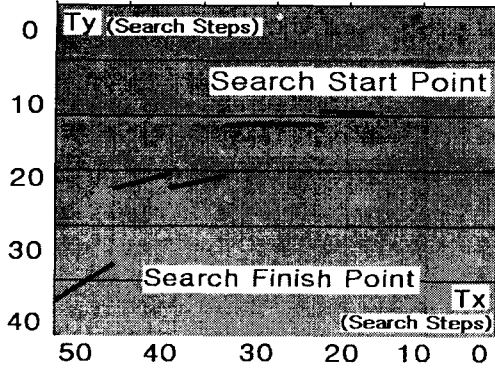


Fig. 8 Search Trajectory of Steepest Search Algorithm

Steepest 탐색 알고리즘의 급한 기울기를 따라가는 특징으로 궤적이 연속적이지 않고 기울기를 계산한 후 직선으로 이동하는 궤적을 볼 수 있다. 평균탐색시간은 22초 소요되었다.

3.4 탐색 알고리즘 성능 비교분석

기존 알고리즘과 다르게 제안된 Steepest 탐색 알고리즘은 Adaptive Hill Climbing 탐색 알고리즘에 비해 느린 것을 실험결과 알 수 있었다. Table 1은 각 알고리즘의 탐색 시간을 정리한 표이다.

Table 1. Comparison of 3 Algorithms by Search Time

Algorithm Type	Search Time (sec)				Avg. Time
	22	27	20	27	
Hill Climbing	22	27	20	27	24
Adaptive Hill Climbing	20	21	13	22	19
Steepest Search	17	27	18	26	22

Fig. 9는 탐색 이동 간격(Step)수를 기준으로 탐색 알고리즘을 비교한 그림이다. 각 알고리즘의 탐색간격의 변화를 보면 Steepest 탐색 알고리즘이 빠

르게 수렴하지만 정지 조건이 정확하게 구분하는 것이 어려워 최고치에서 시간이 많이 소요되는 것을 알 수 있다. 이것은 Steepest 탐색 알고리즘은 최고치에서 기울기가 비슷한 경우, 정지 조건이 보다 정확히 설정되어야 함을 나타낸다.

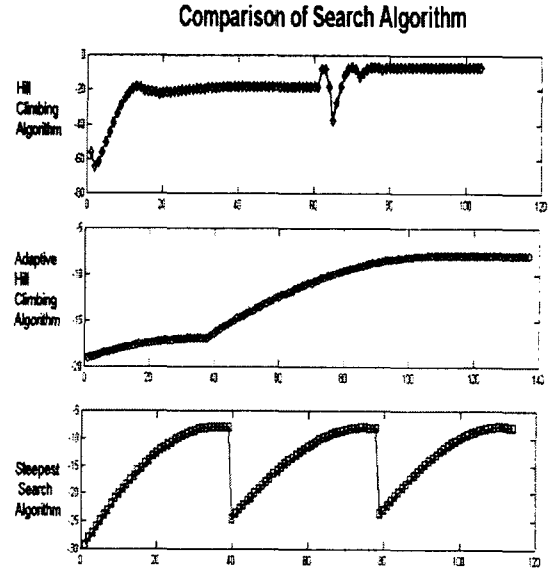


Fig. 9 Comparison of 3 Algorithms by Search Step

4. 결론

현재 광부품 정렬 자동화 공정에 널리 사용되는 Hill Climbing 탐색 알고리즘을 개선할 수 있는 광 탐색 알고리즘을 개발하기 위해 다른 탐색 알고리즘과 비교 연구를 수행하였다. 연구 결과 초기조건이 일정한 경우 Adaptive Hill Climbing이 최적 탐색 알고리즘으로 사용할 수 있는 것을 실험 결과를 비교하여 확인하였다.

참고문헌

1. K. Thyagarajan, "Aberration losses of the micro-optic directional coupler," Applied Optics, 1980.
2. T. Sakamoto, "Ray trace algorithm for GRIN media," Applied Optics, Vol 26, N0.15, Aug 1987, pp 2943-2946.