

## 멀티미디어 자료 재생을 위한 경험적 탐색 기반 최적 트랜스코딩 경로 생성 알고리즘

전성미\*, 이보영\*\*, 허기중\*\*\*

### A Heuristic Search Based Optimal Transcoding Path Generation Algorithm for the Play of Multimedia Data

Sung-mi Chon \*, Bo-young Lee \*\*, Ki-jung Huh \*\*\*

#### 요 약

이동 단말기와 이동 통신망이 급격하게 발전함에 따라 멀티미디어 자료를 재생하는 환경에서 중단간 서비스 품질이 다른 경우들이 발생하고 있다. 따라서 주어진 트랜스코더와 통신망을 고려하여 근원지 데이터를 목적지에서 요구하는 재생 서비스 품질에 맞게 변환하여 재생하기 위한 트랜스코딩 경로를 생성하는 알고리즘이 연구되었다. 그러나 이 방법은 멀티미디어 스트림이 트랜스코더에서 처리될 때 필요한 매개 변수인 워크로드와 처리량 중에서 워크로드만을 고려하였다. 그러므로 이 방법에 의하여 생성된 트랜스코딩 경로는 목적지에서 요구하는 서비스 품질에 맞게 재생 가능한지 검사하기 위하여 추가적인 계산을 필요로 한다. 이를 해결하기 위하여 본 논문은 멀티미디어 스트림이 목적지에 도착할 때 필요한 등시성 성질을 평가 함수에 이용한 T\* 알고리즘을 제안하였다. 즉, 여러 트랜스코딩 경로들 중에서 등시성 성질을 근거로 한 경험적 탐색으로 최적 재생 가능한 경로를 선택하는 방법이다. 제안된 알고리즘을 사용하면 중단간 상이한 서비스 품질로 실시간 전송되는 멀티미디어 데이터를 재생할 수 있는 트랜스코딩 경로를 좀 더 빠르게 생성할 수 있다.

#### Abstract

According to rapidly developed mobile terminals and network in the play environment for multimedia presentation, different end-to-end QoS situations appear. Then the generation of transcoding path algorithm was reviewed to transcode a source data satisfying the needed QoS from a destination and play it considering given transcoders and network. This method used only workload as a parameter although two parameters, workload and throughput, were needed to process multimedia stream in a transcoder. Therefore generated transcoding path with this method had additional calculation to check playability whether it was satisfied the QoS of a destination or not. To solve the problem this paper suggests T\* algorithm with evaluation function using isochronous property that is needed for multimedia stream to arrive a destination. That means, most playable path is selected with heuristic search based isochronous property between many transcoding paths. Using the suggested algorithm, a transcoding path can be generated faster to play the multimedia data with different end-to-end QoS in real-time transmission.

▶ Keyword : 멀티미디어 연출(Multimedia Presentation), 멀티미디어 트랜스코딩(Multimedia Transcoding), 서비스 품질(QoS), 스트림(Stream)

\* 숭실대학교 멀티미디어실�험실

\*\* , \*\*\* 인덕대학 정보통신과 교수

## 1. 서론

멀티미디어 연출을 재생하는 환경에서 이동 단말기와 그에 해당하는 이동 통신망이 급격하게 발전함에 따라 종단간 서비스 품질이 다른 경우가 많이 발생하고 있다. 즉, 그림 1과 같이 서버의 멀티미디어 스트림은 이동 통신망과 이동 단말기의 제약 조건으로 서비스 품질을 변환하여 주는 일련의 트랜스코더들을 통과하여야 한다[1]. 예를 들어 CIF, 트루 컬러, 30fps의 MPEG-1로 저장된 서버의 원본 파일을 이동 통신망을 통하여 휴대폰, PDA 등에서 QCIF, 흑백, 5 fps로 재생하여야 할 경우에 여러 종류의 트랜스코더들이 필요하다.

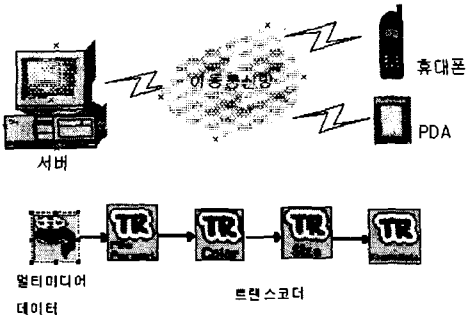


그림 1. 이동 통신망 환경에서 멀티미디어 재생  
Fig 1. Multimedia play based on mobile communication network

각 개별 트랜스코더에 대한 기존의 연구로는 형식 트랜스코더[2][3], 크기 트랜스코더[4][5], 프레임 윌 트랜스코더[6][7], 무선 환경에서의 비트율 트랜스코더[8][9]들이 제안되어 있다. 또한 트랜스코더의 관리를 서비스 품질 관리 구조[10][11][12] 속에 포함하는 방법도 연구되어 있다. 그리고 주어진 트랜스코더와 통신망, 단말기 등을 고려하여 근원지 데이터를 목적지에서 요구하는 재생 서비스 품질에 맞게 변환하는 최적 트랜스코딩 경로를 찾는 알고리즘도 개발되어 있다. 그러나 이 방법은 멀티미디어 스트림이 트랜스코더를 통과할 때 처리되는 시간을 측정하는 매개변수로 워크로드만을 고려한다.

즉 처리 시간을 계산하기 위해서 필요한 또 다른 매개변수인 처리량을 고려하지 않고 있다. 따라서 이 알고리즘에 의하여 생성된 트랜스코딩 경로는 목적지에서 요구하는 서비스 품질에 맞게 재생 가능한지를 검사하기 위하여 다시 한번 처리량을 사용하여 정확히 계산이 되어야 한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 멀티미디어 스트림의 전송에 필요한 동시성을 평가 함수에 이용한 T\* 알고리즘을 제안하였다. 즉 동시성을 이용하여 여러 가능한 트랜스코딩 경로들 중에서 가장 최적의 재생 가능한 경로만 선택하는 방법이다.

이 알고리즘을 사용하면 서버와 이동 통신망을 통하여 실시간으로 이동 단말기에 전송되는 멀티미디어 데이터를 목적지가 원하는 서비스 품질대로 재생 가능한 최적 트랜스코딩 경로를 좀 더 빠르게 생성하고, 이 경로로 스트림을 전송할 수 있다.

## II. 기존의 여러 트랜스코딩 경로 생성 알고리즘

### 1. 데이터 형식 기반 트랜스코딩 경로 생성 프로시저

종단간 서비스 품질이 상이한 경우에 목적지가 원하는 서비스 품질을 만족하는 트랜스코딩 경로를 생성하기 위해서 트랜스코더들을 자동으로 연결하는 알고리즘들이 다음과 같이 연구 개발되었다.

이 알고리즘의 기본 해결 방향은 근원지와 목적지에 있는 모든 트랜스코더들의 연결을 시도하여 트랜스코딩 경로를 생성하려는 것이다. 즉, 주어진 연출 제어 프로그램에 대하여 트랜스코더들을 브루트-포스(brute-force) 방법으로 연결하려는 것이다.

이 방법은 선행 트랜스코더의 스트림 출력 형식과 동일한 스트림 입력 형식을 갖는 트랜스코더가 여러 번 반복 연결되는 순환 경로가 발생하여 프로시저가 종료하지 않는 문제점이 있다[13].

## 2. 서비스 품질 전이도 기반 트랜스코딩 경로 생성 알고리즘

이 알고리즘은 데이터 형식 기반 트랜스코딩 경로 생성 프로시저의 문제점인 순환 경로를 서비스 품질 전이도를 사용하여 제거하여 알고리즘의 성질 중 하나인 유한성을 만족하였다. 이 방법은 문제 풀이 방식 중 맹목적 탐색의 넓이 우선 탐색을 기반으로 하므로 모든 트랜스코딩 경로들을 다 찾는다.

그런데 실시간으로 멀티미디어 스트림을 재생하기 위해서는 많은 탐색으로 모든 트랜스코딩 경로들을 다 찾는 것보다 적절한 시간 내에 하나의 트랜스코딩 경로를 찾는 것이 더 필요하다[13].

## 3. CFG 기반 트랜스코딩 경로 생성 알고리즘

이 알고리즘은 CFG를 사용한다. 즉 종단, 비종단의 생성 규칙은 근원지와 목적지에 존재하는 트랜스코더들에 종속되므로 비실시간에 서비스 품질 전이도 기반 알고리즘을 사용하여 작성한다. 그리고 시작 생성 규칙은 연출 제어 프로그램이 주어지는 실시간에 작성한다. 완성된 CFG를 유도하면 트랜스코딩 경로가 생성된다.

이 방법도 탐색할 수 있는 모든 트랜스코딩 경로를 생성한다. 따라서 시작 생성 규칙을 생성할 때 연출 제어 프로그램을 이용하여 트랜스코더를 통과한 뒤의 워크로드 단조 증감 성질을 이용하여 트랜스코더들을 연결하는 최적 트랜스코딩 경로를 생성할 수 있다.

그런데 이 방법은 멀티미디어 스트림이 트랜스코더를 통과할 때 처리되는 시간을 측정하는 매개변수로 워크로드만을 고려하였다. 실제로 처리 시간을 계산하기 위해서는 워크로드 외에 각 트랜스코더마다의 고유한 처리량이 또 다른 매개변수로 필요하다. 그러므로 이 알고리즘에 의하여 생성된 트랜스코딩 경로는 목적지에서 요구하는 서비스 품질에 맞게 재생 가능한지를 검사하기 위하여 다시 한번 처리량을 사용하여 정확한 계산을 하여야 한다[14].

## 4. 재생 가능성 계산 방법

생성된 트랜스코딩 경로는 여러 개의 트랜스코더를 통과하는 동안 지연되어 최종적으로 목적지가 원하는 프레임율대로 재생되지 않을 수도 있다. 따라서 여러 개의 트랜스코더를 통과한 후에도 멀티미디어 재생 서비스 품질을 만족하는지 확인하여야 한다.

재생 가능한 트랜스코딩 경로가 되려면 트랜스코딩 경로상의 모든 트랜스코더를 통과하는 동안 스트림이 처리되는

시간이 목적지에서 스트림이 도착하기 원하는 시점보다 앞서 이루어져야 한다.

즉 모든 트랜스코더를 통과하여 지연된 실제 스트림이 목적지에 도착하는 시간 간격은 멀티미디어 재생 서비스 품질에서 도착하기 원하는 시간 간격보다 작거나 같아야 한다. 목적지에 도착하는 실제 스트림의 시간 간격이 요구하는 시간 간격보다 크면, 스트림이 여러 트랜스코더를 통과하는 동안 너무 많이 지연되어서 요구대로 재생할 수 없다는 것을 의미하기 때문이다.

실제 LDU간 도착시간 간격은 LDU가 근원지에서 출발하여 목적지에 도착할 때까지 트랜스코딩 경로를 구성하는 트랜스코더들을 통과하는 지연 시간의 합이다. 따라서 각 트랜스코더를 통과하는 지연을 합하여 실제 LDU간 도착 시간 간격을 파악한다. 그리고 목적지에서 요구하는 LDU간 도착 시간 간격은 목적지 서비스 품질 중에서 프레임 율의 역수로 파악한다[15].

이것을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{실제 LDU간 도착 시간 간격} \\ &= \text{요구 LDU간 도착 시간 간격} \times \text{종단간 지연} \\ &= 1/(\text{요구 프레임 율}) \dots\dots\dots (식1) \end{aligned}$$

## III. 그래프 탐색 방법에 따른 알고리즘 비교

그래프 탐색에서는 출발 노드로부터 시작하여 정해진 순서대로 노드를 확장하는 과정에서 목표 노드를 찾아내어 문제를 풀이한다. 이때 탐색의 목적이 무엇인가, 탐색 과정에서 어떠한 정보가 사용되는가에 따라 다양한 선택이 이루어진다. <표 1>은 탐색의 목적과 사용되는 정보에 따라 탐색 방법들을 분류한 것이다[16].

표 1. 탐색 방법의 분류  
Table 1. classify of Search Algorithm

	임의의 경로 탐색	최적 경로 탐색
맹목적 탐색	깊이 우선 탐색 넓이 우선 탐색	균일 비용 탐색
경험적 탐색	언덕 오르기 기법 최적 우선 탐색	A* 알고리즘

맹목적 탐색 방법(blind search method)은 목표 노드의 위치에 무관한 순서로 노드를 확장하는 방법이다. 원칙적으로 이 방법들은 경로를 찾는 문제에 대한 해를 제공하지만 경로를 찾기까지 너무 많은 노드를 확장시키므로 실용적이 되지 못하는 경우가 많다. 많은 경우에 탐색을 위한 연산 시간 및 컴퓨터 메모리의 제한 등의 문제가 있기 때문에 실용적으로 사용하기 위해서는 보다 효율적인 탐색 방법이 필요하다.

이를 위해서 경험적 탐색 방법(heuristic search method)을 사용한다. 이 방법은 문제 영역에서 사용할 수 있는 목표 노드의 위치와 관련된 정보를 사용한다. 이 정보가 목표 노드에 대한 완벽한 것이라면 이것을 이용하여 단번에 목표 노드를 찾아 낼 수 있다.

그러나 이러한 경우는 극히 일부에 해당되며, 거의 대부분의 경우에는 경험적 정보(heuristic information)에 의존하게 된다. 경험적 정보란 항상 옳은 것은 아니지만, 대부분의 경우 잘 맞는 정보를 의미한다. 이러한 정보가 적절히 사용된다면 보다 효율적으로 탐색을 수행할 수 있다.

탐색을 축소시키기 위한 한가지 방법은 불필요한 후계 노드들의 생성을 막아 가장 바람직한 부분을 확장시켜 나가도록 선택 순서를 조정하는 것이다. 이러한 노드의 바람직한 정도를 평가하기 위한 척도가 필요한데, 이 척도를 평가 함수라고 한다.

또한 경험적 탐색 방법인 언덕오르기와 최적 우선 방법은 임의의 경로를 신속하게 탐색하기 위한 방법이지만 최적 경로를 탐색하지는 못한다. 반면 T\* 알고리즘은 목표 노드까지의 최적 경로를 검색하기 위한 알고리즘이다.

### 1. 언덕 오르기 방법과 최적 우선 탐색

언덕 오르기 방법에서는 여러 개의 선택 대상 노드가 있을 때, 그 중에서 목표 노드까지 도달하기 위한 경로 비용이 가장 적은 노드를 선택한다. 그러나 목표 노드까지의 경로 비용을 정확히 계산할 수 없으므로 경험적 지식에 의거한 예측치를 사용한다. 이 방법은 지역적으로 판단할 수밖에 없는 상황에서 전체적 상황을 고려하지 못하므로 지역 최대치 문제가 발생한다. 또한 어느 방향으로 움직이더라도 현재 상태를 개선하지 못하는 문제도 발생한다. 최적 우선 탐색은 임의의 노드에 대한 평가 함수 값이 그 노드로부터 목표 노드까지 도달하는 과정에 대한 비용의 예측을 나타내는 값으로 정의된다는 점에서는 언덕오르기 방법과 동일하다. 그러나 모든 노드를 평가 함수 값에 따라 정렬해두어 가장 유망한 노드를 다음 탐색할 노드로 선택한다는 점이 다르다.

### 2. T\* 알고리즘 제안

언덕오르기 방법이나 최적 우선 탐색 방법에서는 임의의 노드로부터 목표 노드까지 도달하기 위한 비용을 평가함수로 사용하고 있다. 이때 출발 노드로부터 그 노드까지 도달하는데 소비한 비용은 고려하지 않고 있다. 따라서 출발 노드에서 시작하여 목표 노드까지 도달하는 경로가 최적이라는 것을 보장하지 못한다.

이에 비해서 출발 노드로부터 목표 노드까지의 최적 경로를 탐색하기 위한 T\* 알고리즘은 출발 노드에서 시작하여 임의의 노드까지 도달하는데 드는 비용을 고려한다. 이를 위해서 (식 2)와 같이 각 노드에 대한 평가 함수  $f(n)$ 을 정의한다.

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

(단,  $g(n)$ 은 출발 노드로부터 노드  $n$ 까지의 경로 비용,  
 $h(n)$ 은 노드  $n$ 으로부터 목표 노드까지의 경로 비용) ..... (식 2)

위 식은 어떠한 노드  $n$ 에 대한 함수  $f(n)$ 이 최소인 노드를 따라 탐색해 나가면 결국 최소 비용 경로로 탐색할 수 있다는 것을 의미한다. 이때  $g(n)$ 은 노드  $n$ 까지 탐색하면서 진행한 경로이므로 이제까지 탐색한 노드들 사이의 경로 비용을 합산하면 쉽게 계산될 수 있다. 그러나  $h(n)$ 은 아직 탐색하지 않은 경로이므로 정확히 계산하기 어렵거나 불가능하다. 따라서 경험적 규칙을 사용할 수 있다. 따라서 T\* 알고리즘에서 각 노드에 대한 평가 함수  $f'(n)$ 은 (식 3)과 같이 정의한다.

$$f'(n) = g(n) + h'(n)$$

(단,  $g(n)$ 은 출발 노드로부터 노드  $n$ 까지의 경로 비용,  $h'(n)$ 은 노드  $n$ 으로부터 목표 노드까지의 예측 경로 비용) ..... (식 3)

이때  $h'(n)$ 의 예측이 얼마나 잘 되었는가에 따라  $f'(n)$ 의 값은  $f(n)$ 에 근접하게 된다.

## IV. 경험적 탐색 기반 최적 트랜스코딩 경로 생성 알고리즘

### 1. 등시성과 재생 가능성

컴퓨터 주변 장치나 네트워크로부터 컴퓨터에 전송되는

오디오나 비디오는 원래의 데이터 흐름과 거의 같은 속도로 도착할 필요가 있다. 이와 같이 등시성(isochronous)이란 전송에 성공적이기 위해서 반드시 시간 조정이 필요한 오디오나 비디오를 전송할 때 유용하다. 즉, 등시성 데이터 전송은 비디오 카메라와 같은 주변 장치로부터 멀티미디어 데이터를 컴퓨터 내의 디스플레이 장치에 공급할 때, 디스플레이에 장치가 멀티미디어 데이터를 받아 화면에 표시하는 능력과 거의 같으면서 유사한 속도로 데이터 흐름이 계속되는 것을 보장한다[17].

멀티미디어 데이터의 등시성 전송을 위해 T\* 알고리즘에서 다음에 선택할 노드를 결정하는 기준인 평가함수로 재생 가능성이라는 팩터를 이용하였다. 이 알고리즘으로 최적 트랜스코딩 경로를 생성하는 기존 연구의 문제점인 트랜스코딩 경로를 생성한 후에 다시 재생 가능성을 확인하는 절차를 줄이고 근원지와 목적지 사이의 트랜스코더들을 통과한 후에도 목적지의 재생 가능성에 가장 근접한 하나의 최적 트랜스코딩 경로를 실시간에 생성할 수 있다.

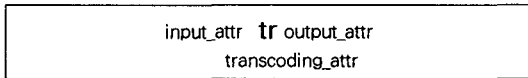
**정의**

트랜스코더란 입력되는 멀티미디어 스트림의 재생을 위한 변환하는 자원으로 정의한다.

트랜스코더는 트랜스코더의 종류, 입력속성, 출력속성, 변환속성의 네 가지 요소로 구성되어 있다.

트랜스코더의 입력속성과 출력속성은 그 트랜스코더가 처리할 수 있는 스트림의 데이터 형식과 그 트랜스코더를 통과한 후의 데이터 형식이다. 또한 변환 속성은 트랜스코더가 단위 시간당 처리할 수 있는 멀티미디어 스트림 량인 처리량(단위:bit/sec)이며, 그 트랜스코더가 가지고 있는 고유한 값이다.

트랜스코더의 종류를 tr이라고 하고, 입출력 속성과 변환 속성을 각각 input\_attr, output\_attr, transcoding\_attr 이라고 할 때, 트랜스코더는 다음과 같이 표현하기로 한다.

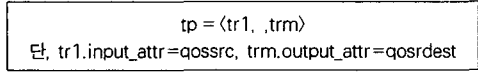


**정의**

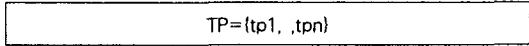
트랜스코딩 경로란 근원지 스트림의 서비스 품질을 목적지 서비스 품질로 변환하기 위해서 연결한, 순서가 정해진 트랜스코더의 집합으로 정의한다.

**표기**

트랜스코딩 경로tp는 근원지 서비스 품질을 qossrc, 목적지 서비스 품질을 qosrdest라고 할 때 다음과 같이 표시한다.

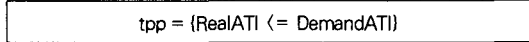


또한 트랜스코딩 경로의 집합은 TP로 표시한다.



**정의**

재생 가능하다(playable)라는 것은 실제 LDU간 도착시간 간격이 목적지의 요구 LDU 도착시간 간격보다 작거나 같은 조건을 만족하는 것을 말한다. 재생 가능한 트랜스코딩 경로란 실제 LDU간 도착시간 간격을 RealATI, 목적지의 요구 LDU 도착시간 간격을 DemandATI라고 할 때 다음과 같은 조건을 갖는다.



**정의**

더 재생 가능한 경로(more playable path) tmpm 란 근원지에서 목적지까지 연결할 수 있는 여러 트랜스코딩 경로들 중 두개의 트랜스코딩 경로를 비교하였을 때, 목적지가 요구하는 재생 수준에 더 근접하는 트랜스코딩 경로이다. 이때, 목적지가 요구하는 재생 수준에 더 근접한 트랜스코딩 경로란 다른 트랜스코딩 경로보다 현재까지의 실제 LDU간 도착 시간 간격이 요구 LDU 도착 시간 간격에 더 가깝다는 의미이다. 즉, 등시성을 더욱 만족하는 경로이다. 만약 트랜스코더 종류의 조합에 따라 재생 수준에 근접한 수준의 동일한 경로가 하나 이상이면, 더 재생 가능한 경로 역시 하나 이상이 될 수 있다.

**예**

목적지에서 요구하는 멀티미디어 스트림의 서비스 품질이 초당 5프레임이라고 가정한다면, 하나의 LDU인 프레임이 목적지에 도착한 후에 다음 LDU가 도착하기 원하는 시간 간격은 0.2초이다. 또한 현재까지의 실제 LDU간 도착시간 간격이 트랜스코딩 경로1은 0.15초, 트랜스코딩 경로2는 0.1초, 트랜스코딩 경로3은 0.3초라고 가정하자. 이 경우, 각 트랜스코딩 경로에 대해 목적지 요구 수준과 현재까지의 트랜스코더를 통과한 후의 실제 LDU간 도착 시간과의 차를 구하면 다음과 같다.

트랜스코딩 경로 1 :  $0.2 - 0.15 = 0.05$   
 트랜스코딩 경로 2 :  $0.2 - 0.1 = 0.1$   
 트랜스코딩 경로 3 :  $0.2 - 0.3 = -0.1$

위의 결과에 의하여 트랜스코딩 경로1은 트랜스코딩 경로2보다 더 재생 가능한 경로이다. 또한 트랜스코딩 경로3은 이미 현재까지의 트랜스코더들을 통과하는 동안 처리 시간이 지연되어 목적지가 요구하는 서비스 품질대로 멀티미디어 스트림을 재생할 수 없다.

**정의**

최적 트랜스코딩 경로란 가장 재생 가능한 경로가 목적지가 요구하는 대로 재생 가능함을 만족하는 경로이다.

tpopt = { TPMP중에서 가장 재생 가능한 경로  
이면서 재생 가능성 식을 만족하는 경로  
단, TPMP = tpm1, ..., tpmn 이다.

경험적 탐색 기반 최적 트랜스코딩 경로 생성 알고리즘  
은 [알고리즘 1]과 같이 두 단계로 구성되어 있다.

(알고리즘 1) 경험적 탐색 기반 최적 트랜스코딩 경로 생성  
알고리즘

입력 : 근원지 서비스 품질, 목적지 서비스 품질, 가용 트랜스코더  
출력 : 최적 트랜스코딩 경로 출력

(단 계)

단계 1 : T\* 알고리즘을 이용한 더 재생 가능한 경로 생성  
단계 2 : 보다 더 재생 가능한 경로의 재생 가능성 판정 및 출력

2. 최적 트랜스코딩 경로 생성시 T\* 알고리즘의  
평가 함수

트랜스코딩 경로의 생성시 평가 함수를 계산할 때 g(n)  
은 지금까지의 트랜스코더를 통과하는 동안 처리 시간인 지  
연의 총합에 대한 비용이라고 할 수 있다. 또한 h'(n)는 근  
원지에서 목적지까지 연결할 수 있는 여러 트랜스코딩 경로  
들 중에서 목적지가 요구하는 재생 수준에 더 근접하는 트  
랜스코딩 경로를 선택하는 근거이다.

즉, g(ni)는 처음 트랜스코더부터 i-1번째 트랜스코더를  
통과하는 동안 지연된 시간의 총합인 현재까지의 실제  
LDU간 도착 시간 간격에 대한 값이다. 그런데 이 값을 목  
적지에서 필요로 하는 도착 시간 간격에 대한 차이로 표현  
하여 더 재생 가능한 트랜스코딩 경로를 용이하게 생성하  
는데 사용할 수 있다. 따라서 목적지 요구 사항을 기준으로  
한 근접성의 정도를 표현하는 음의 기호를 추가하여 g(ni)  
의 값이 더 작을수록 더 재생 가능한 경로를 다음과 같이  
표현한다.

$$g(n_i) = -RealATI_{i-1} - \sum_{j=1}^{i-1} DelayTime(tr_j)$$

(단, DelayTime(trj)는 j번째 트랜스코더를 통과할 때의 지연 시  
간) ..... (식 4)

또한 h'(ni)는 i번째 연결할 하나의 후보 트랜스코더를  
통과한 후에 목적지에서 요구하는 도착 시간 간격과의 차이  
에 대한 예측치는 다음과 같이 표현한다.

$$h'(n_i) = DemandATI - DelayTime(tr_i) \dots \dots \dots (식 5)$$

(식 4)와 (식 5)를 합하여 현재 노드에서 목표 노드까지  
의 비용을 예측할 수 있는 함수인 평가 함수 f'(ni)를 다음  
과 같이 표현한다.

$$f'(n_i) = g(n_i) + h'(n_i) = -RealATI_{i-1} + \{DemandATI - DelayTime(tr_i)\} = DemandATI - \{RealATI_{i-1} + DelayTime(tr_i)\} = DemandATI - RealATI_i = DemandATI - \{RealATI_{i-1} + (WL_i / Throughput(tr_i))\}$$

(단, WL<sub>i</sub>는 i번째 트랜스코더 앞에 도착한 스트림의 크기인 워크  
로드, Throughput(tr<sub>i</sub>)는 i번째 트랜스코더의 변환 속성인 처리  
량) ..... (식 6)

위의 평가 함수를 이용하여 더 재생 가능한 경로를 선택  
하는 기준은 각 경로 tp<sub>i</sub>, tp'<sub>j</sub>의 평가 함수가 f'(n<sub>i</sub>),  
f'(n'<sub>j</sub>)일 때 정의에 의하여 다음과 같다. 이때 f'(n<sub>i</sub>),  
f'(n'<sub>j</sub>)는 재생성에 관한 목적지의 요구 서비스 품질과 실제  
서비스 품질의 차이므로 양수이어야 한다.

tp<sub>mp</sub> = {두 개의 트랜스코딩 경로 tp<sub>i</sub>, tp'<sub>j</sub> 중에서 목적  
지가 요구하는 재생 수준에 더 근접하는 트랜스코딩 경로  
= {tp<sub>i</sub> | f'(n<sub>i</sub>) < f'(n'<sub>j</sub>)인 tp} (단, f'(n<sub>i</sub>), f'(n'<sub>j</sub>) > 0)

각 f'(n<sub>i</sub>), f'(n'<sub>j</sub>)를 구체적으로 풀면 다음과 같은 의미  
를 갖는다.

- (1) f'(n<sub>i</sub>) > 0 인 조건이 되므로
- $$f'(n_i) = DemandATI - RealATI_i > 0$$
- $$DemandATI > RealATI_{i-1} + DelayTime(tr_i) \dots \dots \dots (식 6으로부터)$$
- $$DemandATI - RealATI_{i-1} > WL_i / Throughput(tr_i) \dots \dots \dots (식 6으로부터)$$
- $$Throughput(tr_i) > WL_i / (DemandATI - RealATI_{i-1}) \dots \dots \dots (식 7로부터)$$
- f'(n'<sub>j</sub>) > 0인 조건이 되므로
- $$f'(n'_j) = DemandATI - RealATI'_j > 0$$
- $$DemandATI > RealATI'_{j-1} + DelayTime(tr'_j) \dots \dots \dots (식 6으로부터)$$
- $$DemandATI - RealATI'_{j-1} > WL'_j / Throughput(tr'_j) \dots \dots \dots (식 6으로부터)$$
- $$Throughput(tr'_j) > WL'_j / (DemandATI - RealATI'_{j-1}) \dots \dots \dots (식 8로부터)$$

그런데 동일한 부모하의 형제에서는 목적지가 요구하는 도착 시간 간격, 이제까지 트랜스코더를 통과한 도착 시간 간격 그리고 현재트랜스코더 앞에 도착한 멀티미디어 스트림의 워크로드는 모두 동일하다.

즉, (식 7)과 (식 8)에서 부등호 우측의 값인  $WL_i / (DemandATI - RealATI_{i-1})$ 과  $WL'_j / (DemandATI - RealATI'_{j-1})$ 은 동일한 트랜스코딩 경로하에서는 모두 동일한다.  
 $Throughput(tr_i) > WL_i / (DemandATI - RealATI_{i-1})$   
 $Throughput(tr'_j) > WL'_j / (DemandATI - RealATI'_{j-1})$   
 ..... (식 9로부터)

이것은 더 재생 가능한 트랜스코딩 경로를 생성하기 위하여 다음에 연결할 트랜스코더로

$WL_i / (DemandATI - RealATI_{i-1})$  보다 큰 처리량을 갖는 트랜스코더를 선택한다는 의미이다.

더 재생 가능한 트랜스코딩 경로의 정의에서  $f'(n_i) < f'(n'_j)$ 이므로,  
 $DemandATI - RealATI_i < DemandATI - RealATI'_j$   
 $- RealATI_i < - RealATI'_j$   
 $RealATI_i > RealATI'_j$

$RealATI_{i-1} + DelayTime(tr_i) > RealATI'_{j-1} + DelayTime(tr'_j)$  이다.

그런데, 동일한 부모하에서는  $RealATI_{i-1} = RealATI'_{j-1}$ 이므로  
 $DelayTime(tr_i) > DelayTime(tr'_j)$

$WL_i / Throughput(tr_i) > WL'_j / Throughput(tr'_j)$  이다.  
 동일한 부모하에서는  $WL_i = WL'_j$ 이므로 위의 식은 다음과 같다.

$Throughput(tr_i) < Throughput(tr'_j)$  ..... (식10)

(2) 이것은 더 재생 가능한 트랜스코딩 경로가 되기 위해 트랜스코더를 선택할 때 처리량이 더 작은 트랜스코더를 선택한다는 의미이다. (식 9)와 (식 10)은 시스템에서 사용 가능한 트랜스코더를 처리량에 대하여 오름차순으로 정렬한 뒤에 다음 노드를 확장할 때마다

$WL_i / (DemandATI - RealATI_{i-1})$

보다 큰 처리량을 갖는 트랜스코더를 선택하는 것을 의미한다. 이러한 노드의 확장으로 경험적 탐색에 의한 최적 트랜스코딩 경로를 재생 가능성을 확인하는 절차를 거치지 않고 생성할 수 있다.

## V. 실험 및 결과 분석

### 1. 실험 방법

트랜스코어(TransCore)는 멀티미디어 스트림 처리기의 하나로 멀티미디어 데이터의 처리와 동기화 기능을 정의하는 서버의 프레임워크를 제공한다.

또한 VIP(Visual Interface Player)는 시각적 멀티미디어 연출 편집기로 트랜스코어의 API를 좀더 쉽고 직관적으로 사용할 수 있도록 비주얼 인터페이스를 제공하는 아이콘 프로그래밍 도구이다. 이러한 트랜스코어와 VIP 인터프리터를 사용하여 종단간 멀티미디어 연출의 서비스 품질이 서로 다른 경우에 필요한 최적의 트랜스코딩 경로를 CFG를 사용한 알고리즘과 경험적 탐색 기반의 알고리즘을 사용하여 구현하고 실험하였다.

실험의 목적은 다음과 같다.

첫째, 트랜스코딩 경로를 생성할 때 사용한 가용 트랜스코더에 따라 생성되는 노드 수를 확인한다. 실시간으로 트랜스코딩 경로를 생성할 때 소요되는 시간은 트랜스코더의 수와 생성된 노드의 수에 비례한다.

그러나 시스템에 따라 보유하고 있는 트랜스코더의 수가 다르므로 트랜스코더의 통제는 불가능하다. 따라서 트랜스코딩 경로를 생성하는 과정에서 생성된 노드의 수를 파악하는 것이 필요하다.

둘째, CFG 기반 최적 트랜스코딩 경로 생성 알고리즘과 경험적 탐색 기반 최적 트랜스코딩 경로 생성 알고리즘에서 생성된 경로의 수와 종류를 비교한다.

실험에서 사용할 멀티미디어 연출 제어 프로그램은 근원지 서비스 품질(30fps, LDU 크기(QCIF, 24비트 컬러, MPEG-1))과 목적지 서비스 품질(5fps, LDU 크기(CIF, 24비트 컬러인 H.263의 YUV))이며 네트워크는 PSTN이다.

표 2. 실험에 사용한 가용 트랜스코더 집합의 종류  
Table 2. palyable transcoder set by Inspection

구 분	가용 트랜스코더			
	CFG기반 방법		경험적 탐색 방법	
	집합 1	집합 2	집합 1	집합 2
생성된 노드 수	(실험 1) 12개	(실험 2) 16개	(실험 3) 6개	(실험 4) 5개
생성된 트랜스코딩 경로	2개	4개	1개	1개
추가적 재생 가능성 검사	2개 검사	4개 검사	불필요	불필요
최적 트랜스 코딩 경로	1개	1개	1개	1개

이때 <표 2>와 같은 가용 트랜스코더 집합 1과 가용 트랜스코더 집합 2에 대해서 두 알고리즘을 각각 실행하여 최적 트랜스코딩 경로를 생성하도록 네 번의 실험을 하였다. 가용 트랜스코더 집합 1의 근원지에는 목적지의 서비스 품질을 만족하기 위해 필요한 크기 트랜스코더가 존재하지 않고 목적지에만 존재하도록 구성하였다. 반면 가용 트랜스코더 집합 2에서는 근원지와 목적지의 모두에 크기 트랜스코더가 존재하도록 구성하였다. 또한 가용 트랜스코더 집합 1의 근원지에는 mpeg-1dc근원지 yuv yuvec근원지 h.263의 두개의 트랜스코더를 연결하여 MPEG-1에서 H.263으로 파일 형식을 변환하도록 하였다. 반면 가용 트랜스코더 집합 2의 근원지에는 mpeg-1ft근원지 h.263인 하나의 독립된 트랜스코더로 기능하도록 하였다.

## 2. 실험 결과 분석

가용 트랜스코더 집합 1과 집합 2 각각에 대해 두 알고리즘을 수행한 네 번의 실험 결과에서 다음을 알 수 있었다.

첫째, 생성된 노드의 수는 경험적 탐색기반 알고리즘보다 CFG 기반 알고리즘이 2~3배 많다. 이것은 전자가 경험적 지식인 평가 함수에 의해 연결할 트랜스코더를 한 개만 선택하지만 후자는 종단간의 시스템에서 워크로드의 단조 증감 성질을 만족하는 여러 개의 시작 생성규칙에 의하여 노드가 유도되기 때문이다.

둘째, 생성된 트랜스코딩 경로의 수는 경험적 탐색 기반 알고리즘보다 CFG 기반 알고리즘이 2~4배 많다. 이것은 전자가 등시성에 대한 경험적 지식인 평가 함수에 의해 더 재생 가능한 경로가 되도록 트랜스코더를 선택하는데 비해 후자는 재생 가능성과는 무관하게 트랜스코딩 경로를 생성하기 때문이다.

따라서 후자는 생성된 트랜스코딩 경로에 대하여 다시 한번 재생 가능성 검사를 하여 최적 트랜스코딩 경로를 선택한다.

셋째, 생성된 최적 트랜스코딩 경로의 종류는 본 실험에 한해서는 경험적 탐색 기반 알고리즘과 CFG 기반 알고리즘에서 동일하다.

그런데 원칙적으로 경험적 탐색 기반 알고리즘에서는 등시성을 사용한 경험적 탐색으로 트랜스코딩 경로를 생성하므로, 재생 가능성에 가장 근접한 경로를 최적 경로로 찾는다. 반면 CFG 기반 알고리즘에서는 워크로드 단조 증감 성질을 만족하는 트랜스코딩 경로들 중에서 최소 지연의 재생 가능성을 갖는 경로를 최적 경로로 선택한다. 따라서 이 두 알고리즘에서 생성한 결과인 최적 트랜스코딩 경로를 통하여 근원지의 멀티미디어 스트림을 목적지에서 요구하는 서비스 품질대로 모두 재생할 수는 있지만, 그 경로는 다를 수 있다. 그러나 만약 등시성을 사용하여 탐색한 트랜스코딩 경로가 재생 가능한 경로들 중에서 최소 지연을 갖는다면 경험적 탐색 기반 알고리즘과 CFG 기반 알고리즘에서 생성된 최적 트랜스코딩 경로와 일치한다.

이와 같이 경험적 기반 탐색 알고리즘을 사용하면 실시간으로 멀티미디어를 연출하는 이동 통신 환경에서 모든 트랜스코딩 경로를 생성하지 않고 멀티미디어 스트림을 재생할 수 있는 최적 트랜스코딩 경로를 좀 더 빠른 시간 내에 탐색할 수 있다.

## VI. 결론 및 향후 연구과제

멀티미디어 연출을 재생하는 환경에서 종단간 서비스 품질이 다른 경우에 근원지 데이터를 목적지에서 요구하는 재생 서비스 품질에 맞게 변환하여 재생하기 위한 최적 트랜스코딩 경로를 생성하는 알고리즘이 개발되어 있다. 그러나 기존의 알고리즘은 생성된 트랜스코딩 경로에 대하여 목적지에서 요구하는 서비스 품질에 맞게 재생 가능한지 다시 한번 확인하는 절차가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 멀티미디어 스트림이 목적지에 도착할 때 필요한 등시성 성질을 평가함수에 이용한 T\* 알고리즘을 제안하였다.



제안된 알고리즘을 사용하면 종단간 상이한 서비스 품질로 실시간 전송되는 멀티미디어 데이터를 재생할 수 있는 트랜스코딩 경로를 좀 더 빠르게 생성할 수 있다.

향후에는 종단간 시스템의 컴퓨팅 능력에 따라 문제 영역에서 사용할 수 있는 목표 노드의 위치와 관련된 정보인 서로 다른 여러 개의  $h'(n)$ 들을 적용하여 가장 효율적인  $h'(n)$ 을 찾아야 할 것이다. 또한 하나의 노드에서 앞으로의 여러 노드를 예측하여 최적 트랜스코딩 경로를 생성하는 멀티 레벨 예측과 같은 방법을 고려하여 좀 더 빠르게 경로를 생성하는 방법을 고려해야 할 것이다. 이때 임의의 파라미터에 대해 일정 패턴을 찾아 그 방향으로 진행하지 않도록 패턴을 찾는 방법 등도 고려할 수 있을 것이다.


### 참고문헌

- [1] Hafid A, Vonbochmann G, Dssouli R, "A Quality of Service Negotiation Approach with Future Reservations (NAFUR) - A Detailed Study", Computer Networks & Isdn Systems , Vol.30, No.8 ,1998.
- [2] 강의선, "압축상태에서 MPEG2 P프레임을 H.263 P 프레임으로 변환하기 위한 Guided Search 방법 연구," pp. 1-15, 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 석사학위 논문, 2001.
- [3] Seo, K., Heo, S., and Kim, J., "A Rate Control Algorithm Based on Adaptive R-Q Model for MPEG-1 to MPEG-4 Transcoding in DCT Domain," IEEE International Conference on Communications, Vol. 1, pp. 109-113, 2002.
- [4] 이조원, "압축된 영역에서의 영상 크기 축소 트랜스코딩의 성능 향상 방법의 연구," pp. 5-13, 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 석사학위 논문, 2001.
- [5] Guobin, S., Zeng, B., and Zhang, Y., "Transcoder with Arbitrarily Capability," IEEE International Symposium on Circuits and Vol. 5, pp. 25-28, 2001.
- [6] Fung, K., T., and Siu, W., C., "Low Complexity and High Quality Frame-Skipping Transcoder," IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Vol. 5, pp. 29-32, 2001.
- [7] Chen, M., J., and Chu, M., C., "Efficient Motion Estimation Algorithm for Reduced Frame-Rate Video Transcoder," IEEE Transactions on Circuits & Systems for Video Technology, Vol.12, pp. 269-275, 2002.
- [8] Yang, J., and Edward J., "A MPEG4 simple profile transcoder for low data rate wireless applications," Proceedings of SPIE Visual Communications and Image Processing Part 1, pp. 112-123, 2002.
- [9] Shizhong, L., and Bovik, A. C., "A Fast and Memory Efficient Video Transcoder for Low Bit Rate Wireless Communications," Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2002.
- [10] Huang, C., Liu, P., and Chang R., L., "QoS Streaming Based on a Media Filtering System," IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems, pp. 661-666, 2001.
- [11] Nam, D., H., and Park, S., K., "Adaptive Multimedia Stream Service with Intelligent Proxy," IEEE International Conference on Information Networking, pp. 291-296, 2001.
- [12] Choderek, R., "An Analysis of Architecture of Videoconferencing System Based on Concept of Active Network," IEEE European Conference on Universal Multiservice Networks, pp. 163-170, 2002. , 303-307,1996.
- [13] 전성미, 임영환, "근원지와 목적지에서 서로 다른 서비스 품질(QoS)을 필요로 하는 멀티미디어 연출의 재생을 위한 서비스 품질 전이도 기반의 변환 경로 생성 알고리즘," 멀티미디어학회 논문지, 제6권 제2호, pp. 208-215, 2003.
- [14] 전성미, "종단간 상이한 서비스 품질의 멀티미디어 연출을 위한 변환 경로 생성 방법", 숭실대학교 대학원 박사학위 논문, 2003.
- [15] 전성미, 임영환, "종단간 상이한 QoS를 갖는 멀티미디어 연출 재생을 위한 CFG 기반의 변환 경로 생성 알

- 고리즘," 정보처리학회 논문지, 제9-C권 제 5호, pp. 699-708, 2002.
- [16] 이광동, 이병래, 인공 지능, 한국 방송대학교 출판부, pp54-80, 1998.
- [17] <http://www.terms.co.kr/isochronous.htm>


## 저 자 소 개

### 전 성 미




1980년 숭실대학교 정보과학대학  
전자계산학과 졸업(학사)  
2000년 이화여자대학교 교육대학  
원 교육공학과 졸업(석사)  
2000년 ~ 2003  
숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업  
(박사)  
1995 ~ 1999  
LG CNS 기술대학원 전문과장  
2000 ~ 2003  
가천길대학 전산정보학과 겸임교수  
1999 ~ 현 재  
숭실대학교 전자계산원  
<관심분야> 멀티미디어 스트리밍,  
멀티미디어 통신, 콘텐츠

### 이 보 영



1989년 2월 성균관대학교 정보공  
학과(학사)  
1995년 8월 성균관대학교 대학원  
정보공학과(석사)  
2000년 2월 성균관대학교 대학원  
정보공학과(박사)  
1995. 7 ~ 1996. 10  
한국전산원 기술지원단  
2000년 8월 ~ 현 재  
인덕대학 정보통신과 전임강사  
<관심분야> 정보보안, 멀티미디어

### 허 기 중



1981년 ~ 992년  
대우통신(주) 과장  
1982년 2월 성균관대학  
전자공학과(학사)  
1991년 2월 성균관대학교대학원  
전자공학과(석사)  
1996년 2월 성균관대학교 대학원  
전자공학과(박사)  
현 재 인덕대학 정보통신과 부교수  
<관심분야> 네트워크, 멀티미디어