

# 환자 대장 CT 프로파일을 이용한 전자적 장세척 방법

## (An Electronic Colon Cleansing Method using a Patient Colon CT Profile)

김 한 별 <sup>†</sup>      김 동 성 <sup>\*\*</sup>  
(Hanbyul Kim)      (Dongsung Kim)

**요약** 가상 대장 내시경을 위해서 환자 대장 CT 프로파일을 이용한 전자적 장세척 방법을 제안한다. 제안된 방법은 관강 영역을 cubic seeded region growing(SRG) 방법을 이용하여 추출하고, 이에 인접한 tagged material(TM)을 제거한다. TM의 경계에서 Air-TM의 partial volume(PV) 효과로 발생한 찌꺼기를 제거하고, TM-soft tissue(ST)의 PVE에 의해서 제거된 ST는 환자 CT 프로파일을 이용해서 복원한다. 제안된 방법을 16명의 가상 내시경 환자 CT 데이터에 적용해서 임상가의 주관적인 평가와 computer-aided diagnosis(CAD)의 정량적 평가에서 매우 고무적인 결과를 획득했다.

**키워드** : 가상 대장 내시경, 전자적 장세척, partial volume 효과, 용종 검출, 컴퓨터 보조 진단

**Abstract** This paper proposes an electronic colon cleansing method using a patient CT profile for a virtual colonoscopy. The proposed method extracts the colon using cubic seeded region growing, and removes tagged materials adjacent to the colon. Residuals produced by a partial volume effect at the boundary of air-tagged material are deleted, and the removed soft tissue pixels due to a partial volume effect at the boundary of tagged material-soft tissue are recovered using a patient CT profile. The proposed method was applied to 16 virtual colonoscopy patient data sets, and produced promising results by a subjective evaluation of a radiologist and by a quantitative evaluation of a computer-aided diagnosis system.

**Key words** : Virtual colonoscopy, electronic colon cleansing, partial volume effect, polyp detection, computer aided diagnosis

### 1. 서론

보건복지가족부 중앙암등록본부 자료에 의하면 우리나라 전체 등록 암 중에서 대장암이 차지하는 비율은

1999년 9.9%에서 2002년 11.2%로 증가하였다. 이는 우리나라 암 발생 빈도 중 남자는 4번째로, 여자는 3번째로 많은 발생률(1999-2002년)이며, 생활양식이 점차 서구화 되고 있는 현실에서 선진 외국의 경우와 비교했을 때 대장암의 증가가 가속화 될 것이라 예상된다[1,2]. 대장암의 진단에는 선별 검사가 중요하고 이 선별 검사로는 바륨 대장 조영술과 대장 내시경이 쓰이고 있다. 바륨 대장 조영술은 용종 발견율이 높지 않으며 시술자의 숙련도에 따라 발견율이 달라질 수 있다는 점이 단점이고, 대장 내시경은 장출혈, 장천공 등의 합병증이 생길 수 있고 검사에 따른 통증과 진정유도에 사용되는 약제의 부작용이 보고되고 있어 앞으로는 가상내시경이 점점 선호될 것이라 예상된다. 가상 대장 내시경은 환자에게 물리적인 장세척을 하지 않고 조영제를 투약해 장내에 남아있는 잔여물을 조영시킨 후 환자의 CT 영상 data를 획득하여 영상의학과 전문의들이 용종의 위치와

· 본 연구는 서울시 산학연 의료허브 서울의 지능형 영상진단 지원 서비스 산업화 사업(10888)의 지원으로 이루어졌음.

<sup>†</sup> 학생회원 : 숭실대학교 정보통신 전자공학부  
byulyi@ssu.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 숭실대학교 정보통신 전자공학부 교수  
dongsung@ssu.ac.kr

논문접수 : 2008년 6월 9일

심사완료 : 2008년 7월 31일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저술물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제35권 제8호(2008.8)

크기를 판별하는 방법으로, 장세척이나 침습적(invasive)인 검사를 하지 않아서 환자의 부작용이나 불편함이 적다[3]. 이 방법의 장점은 기존의 대장내시경이 도달할 수 없었던 폐쇄병변 근위부에 대한 검사가 가능하며 대장내시경 검사 시 주름 뒷부분과 간만곡, 비만곡 등의 맹점 부분에 대한 검사가 가능하고 대장 이외의 다른 장기병변까지 함께 평가할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 가상 내시경의 가장 필수적인 선 처리 단계로서 fecal tagging한 것을 제거하는 전자적 장세척(electronic colon cleansing: ECC)을 수행해야 한다.

ECC 방법은 tagged material(TM)을 제거해야 할 뿐만 아니라, TM이 주변의 화소의 밝기 값을 올리는 효과인 partial volume effect(PVE)에 의해서 발생하는 두 가지 문제도 해결해야 한다. 첫 번째는 TM 주위의 공기 밝기 값을 올려서 TM이 제거될 때 찌꺼기가 남는 문제이고 두 번째는 soft tissue(ST) 밝기 값이 올라가서 TM이 제거될 때 ST가 함께 제거되는 문제이다. 이 두 가지를 함께 해결해야 한다.

기존에 연구된 ECC 방법을 살펴보면, 먼저 PVE는 고려하지 않고 단순히 장벽의 경계만을 정확히 추출하려고 시도한 방법이 있다[4]. 이 방법은 대장 영상에서 임계값 기반으로 장벽을 추출하고 최대 gradient를 갖는 위치를 장벽 경계로 추출했다. 다른 방법으로 두 가지 PVE 중에서 공기(Air)와 TM 사이에서 발생하는 PVE만을 해결하려는 방법[5]이 제안됐다. 이 방법은 global histogram과 local histogram을 사용해서 PVE로 남은 찌꺼기를 제거했다.

두 가지 PVE 모두 고려한 방법들로는 관강 내 영역을 분류(classification)한 방법[6-8]과 정형화된 CT profile을 이용한 방법[9,10]이 있다. 관강내 영역 분류 방법[6-8]은 관강 내 모든 voxel에서 이웃한 voxel들과 비교식을 통해 영역을 구분해 PV까지 구별하는 것이다. 정형화된 CT profile을 이용하는 방법[9,10]은 PVE로 제거된 ST의 복원을 위해서 공기를 SRG로 추출하고 공기 경계와 normal 한 방향의 profile 특성을 이용해서 Air-Fluid, Air-ST, Fluid-ST 경계를 판별하여 정해진 규칙에 의해서 PVE를 제거한다. 그리고 정형화된 profile 그래프에 의해서 복원시켜, 환자의 개인적 특성을 고려하지 못하고 모든 환자에게 정형화된 profile 그래프를 적용해서 매끄럽지 못한 결과를 제공했다. 현재까지 장벽을 복원하는 가장 대표적인 방법은 ECC한 후 결과 영상을 부드럽게 처리하는 스무딩 필터를 쓰는 것[11,12]인데 이 방법들은 장벽의 경계면을 완만한 곡면으로 처리할 뿐 PVE로 인해 제거된 부분에 대한 복원이 이루어지지 않는다.

이와 전혀 다른 접근방법으로 Yoshida 그룹[13,14]에

서는 adaptive density correction (ADC) 방법을 이용해서 PVE를 가우시안 (Gaussian) 모델링에 의해서 줄여주고 adaptive density mapping을 이용해서 TM과 다른 물질 사이의 전이가 되는 밝기 값들을 음(-)의 기울기를 이용한 비례식으로 낮춰줘서 부드러운 밝기 값의 전이가 되도록 했다. 이 방법도 정해진 비례식을 이용해서 환자 개인의 특성을 고려하지 않았다.

본 논문에서는 환자의 개인적 특성을 고려한 적응적인 profile을 추출하고 이를 이용해서 PVE에 의해서 제거된 ST를 복원하는 전자적 장세척 방법을 제안한다. 환자의 CT profile 특징이 적용되지 않은 복원 방법들은 결국 모든 환자에게 획일적인 CT profile을 적용하게 되어 복원 결과가 부자연스럽게 나오는 단점이 생긴다. 이는 정확하지 않은 Computer Aided Detection (CAD) 용종 검출 결과를 유도하고, 특히 3D virtual colonoscopy에서 원 영상과의 차이를 보여 전문의의 검출율에도 영향을 미친다. 제안하는 방법은 cubic SRG [15]를 사용해서 공기가 채워진 관강을 분할하고, PVE를 줄여주기 위해 ADC를 적용한 다음에, Air-TM 경계에서 발생하는 PV에 의해서 남겨진 찌꺼기를 제거한다. 그리고 TM-ST 경계에서 발생한 PVE로 제거된 ST를 환자 개인적 profile을 이용해서 복원한다. 이 방법으로 개인의 환자 특성에 맞춰 복원된 결과는 원 영상과 차이가 작아 자연스런 3D 영상을 만들어서 정확한 용종 검출을 할 수 있도록 도와준다.

## 2. 방법

가상 내시경을 할 때 장이 겹쳐지면 진단할 때 용종을 정확히 볼 수 없으므로 장내에 공기를 주입하여 관강이 펼쳐지게 한다. 이렇게 펼쳐진 관강을 Cubic 3D SRG를 이용해서 추출하고, 추출된 관강의 인접한 영역에서 TM을 추출해서 제거한다. TM의 밝기 값이 인접한 공기나 ST보다 밝기 때문에 이들의 밝기 값을 올리게 되는 PVE가 나타난다. 이를 줄여주기 위해서 ADC를 먼저 적용 한다. 그리고 Air-TM의 경계에서 발생하는 PVE로 발생하는 찌꺼기를 제거한다. 또한 TM-ST 경계에서 발생하는 PVE로 ST의 밝기 값이 TM 정도로 올라가서 제거된 ST를 환자 CT 프로파일을 이용해서 복원한다.

### 2.1 Cubic 3D SRG를 이용한 관강 영역 추출

공기가 주입된 관강을 Cubic 3D SRG 방법을 이용하여 분할한다. 이 방법은 영역이 성장 할 때 1개의 voxel 단위로 하지 않고 9×9×9 크기의 voxel 집합체인 cubic block 단위로 영역을 확장한다. 그래서 영역 성장 속도가 일반 voxel 단위 성장법 보다 약 2~5배 이상 빠르며, 작은 구멍으로 새나감을 방지 할 수 있는 방법으로

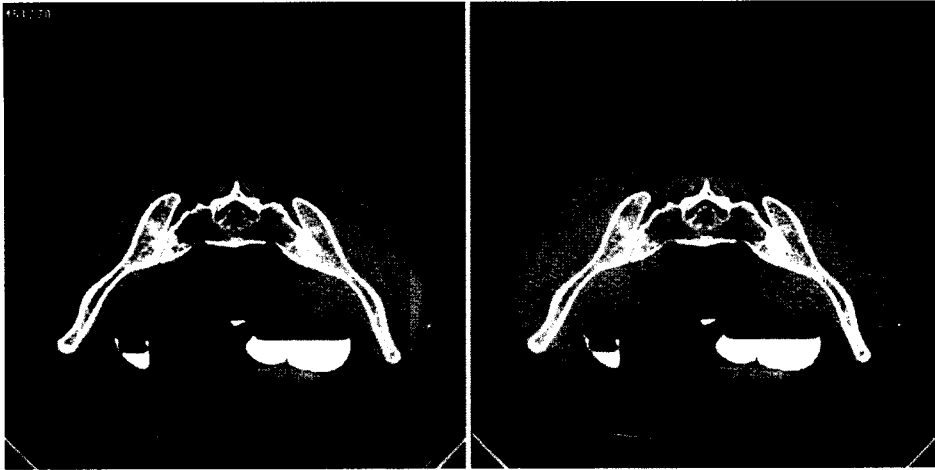


그림 1 관장의 공기 영역 추출

자세한 내용은 [15]에 나와 있다. 이 cubic SRG를 사용할 때 사용된 임계값은 Hounsfield unit(HU)로 실험적 값 -370을 사용했다. 이 값은 CT영상에서 global histogram을 뽑아내어 공기, ST(지방, 물, 그리고 근육), 그리고 TM 세 영역으로 구분을 하고, 공기의 범위 값에서 최대한 많은 공기 영역을 갖으면서 ST를 포함하지 않는 값을 실험적으로 결정하였다. 이 임계값은 ST로 새나가지 않는 한 PVE를 복원하는 과정을 거치기 때문에 최종 ECC의 결과에는 둔감하여, 각 영상에 따라 적응적으로 정확한 값을 추출할 필요는 없다. 추출된 관장 영역의 경계가 그림 1에 나타나 있다.

2.2 ADC에 의한 PVE 감소와 TM 제거

TM 주변의 공기와 ST의 영역이 밝아지는 PV효과를 줄여주기 위해서 Yoshida 그룹에서 제안한 ADC방법 [13,14]을 적용한다. ADC 방법은 TM 영역의 밝기 값보다 큰 화소가 주위의 화소에 가우시안 분포로 영향력을 준다는 가정으로 고안된 것으로, 그 화소들과 인접한

화소와의 밝기 값 차이가 인접한 화소간의 거리차이에 exponential 반비례해서 영향력을 주고 그 영향력은 재귀적으로 준다는 방법으로 먼저 한 개의 화소가 인접한 화소에 영향을 주는 것이 식 (1)에 나타나 있다.

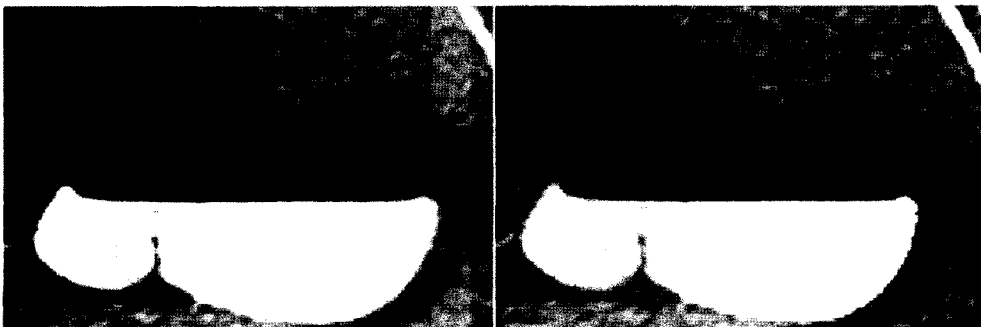
$$r_q^0(p) = \frac{\epsilon_q}{\sqrt{2\pi}\sigma_1(v_q)} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{D(p,q)}{\sigma_1(v_q)}\right)^2\right) \quad (1)$$

여기서  $\epsilon_q$ 는 밝기 값  $v_q$ 가 TM의 임계값보다 클 때는 그 차이가 되고 작을 때는 0이 된다. D는 두 화소간의 거리이다. PVE가 재귀적으로 제거된 밝기 값  $\hat{v}_p$ 는 식 (2)에 나타나 있다.

$$\hat{v}_p = v_p - v_p^{PVE} \approx v_p - \sum_{i=0}^n r^i(p) \quad (2)$$

ADC를 적용하기 전의 원 영상이 그림 2(a) 그리고 적용한 결과가 2(b)에 나타나 있다.

ADC의 효과를 살펴보기 위해서 TM안에 존재하는 fold를 ADC 적용 전과 후에 값을 표 1과 2에 나타냈다.



(a) TM 안에 있는 ADC 전 fold

(b) TM 안에 있는 ADC 후 fold

그림 2

표 1 TM 안에 있는 ADC 전 fold

	306	307	308	309	310	311	312	313
377	673	617	554	507	515	554	587	581
378	700	632	511	425	451	527	577	585
379	665	594	428	288	303	432	541	562
380	690	600	395	178	143	328	538	599
381	663	556	357	72	-33	193	520	665
382	629	583	428	112	-42	166	505	680
383	631	632	498	195	12	158	450	617
384	687	692	562	309	134	230	475	622
385	701	659	519	286	107	197	456	612
386	682	652	550	308	87	154	422	600
387	683	659	562	296	37	74	337	566
388	659	644	537	268	21	73	353	604
389	645	562	404	164	6	141	445	668
390	562	407	226	55	7	186	472	671

표 2 TM 안에 있는 ADC 후 fold

	306	307	308	309	310	311	312	313
377	298	283	270	254	262	275	284	267
378	323	311	263	228	252	286	295	286
379	295	289	221	159	177	243	282	269
380	332	316	227	107	79	198	301	292
381	308	276	198	24	-48	89	293	333
382	280	297	259	51	-49	86	293	345
383	271	315	286	104	-7	80	246	297
384	310	351	320	202	93	155	277	316
385	316	308	265	165	69	123	265	311
386	295	304	301	188	54	95	256	312
387	302	315	314	175	10	33	182	284
388	289	325	319	169	0	31	190	308
389	313	303	248	99	-4	79	260	348
390	306	236	140	33	-1	126	285	348

그림 2와 표 1과 2에서 보듯이 ADC를 적용하면 TM에 잡혀 있는 fold가 좀 더 많은 부분에서 뚜렷해지

결과를 얻을 수 있다. 여기서 fold 즉 ST를 판별하는 기준은 126HU이다. 이 임계값은 phantom 실험을 하여 조영제의 CT value를 측정해 나온 값을 기준으로 ST가 최대한 포함이 안 되는 값을 진단 방선선과 교수의 도움을 받아 설정하였다. 비록 ADC가 PVE를 줄이기는 했지만 완벽하게 제거되는 것은 아니므로, Air-TM과 TM-ST 경계에 존재하는 PVE를 제거하거나 복원해야 한다. 이러한 PVE의 제거와 복원 전에 TM 영역을 SRG를 이용해서 제거한다.

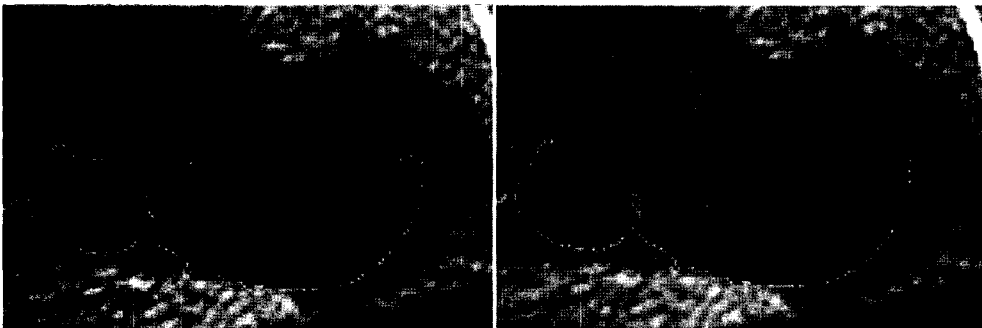
**2.3 Air-TM 경계의 PVE로 발생한 찌꺼기 제거**

PVE 때문에 TM의 인접한 공기는 밝기 값이 밝아져서 공기와 TM의 중간 정도의 밝기 값을 갖게 된다. 이 값들은 TM이 제거된 경우에 그림 3(a)에 나타난 것처럼 관강 내에 섬처럼 떠있게 된다. 이를 제거하기 위해서 Air-TM 경계에서 반지름이 3인 원형의 ray를 조사해서 공기나 TM에 해당하지 않는 값들은 찌꺼기이므로 제거한다. 그림 3(b)에 찌꺼기가 제거된 결과가 나타나 있다.

**2.4 환자 개인 Air-ST Profile에 의한 ST 복원**

TM이 ST에 PVE를 주어서 ST의 밝기 값이 밝아져서 TM으로 판별되어 지워지게 된다. 이렇게 지워진 ST를 복원하기 위해서 환자의 CT영상에서 Air-ST의 profile을 추출한다. 기존의 방법은 미리 정해진 Air-ST profile을 이용해서 각 환자나 부위에 상관없이 모든 영상에 동일하게 적용해서 복원된 결과가 주변의 tagging 되지 않는 ST와 다른 profile을 갖고 있어서 부드럽게 보이지 않았다. 본 논문에서는 각 환자의 TM 주변에서 Air-ST profile을 추출하여 그를 이용해서 TM-ST의 PVE로 제거된 ST를 복원한다.

Air-ST profile은 그림 4에 나타나 있는 것처럼 복원할 영상에서 공기의 경계면 중에서 ST와 맞닿아 있는 부분 주위에 TM이 없고 최대한 normal 방향으로 구하



(a) Air-TM 경계의 찌꺼기

(b) 찌꺼기 제거

그림 3

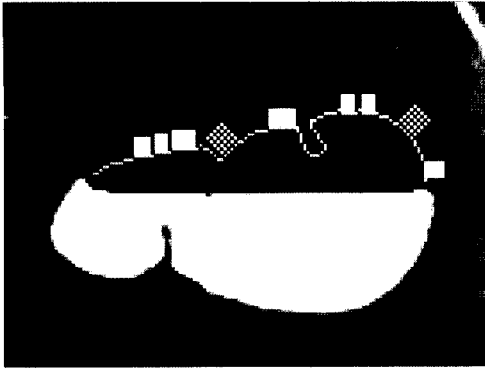


그림 4 Adaptive Profile 조사

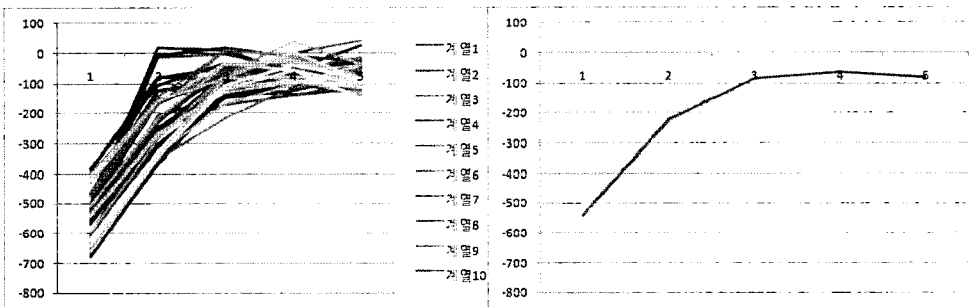
기 위해 4개 이상 20개 이하의 연속된 영역에서 추출된다. 연속된 방향은 수평, 수직, 또는 대각선 방향이고 공기로부터 시작하여 normal 방향으로 5 layer의 값으로 그림 4에서 박스 형태로 표시되어있다. 이렇게 해서 복원될 부분에서 최대한 PVE가 닿지 않는 ST영역에서 Air-ST profile을 획득한다. 그림 5의 (a)에 각각의 profile의 값들과 (b)에 이들의 평균을 낸 profile의 값을 보여준다.

환자개인의 Air-ST profile을 이용하여 TM-ST경계에서 ST쪽에서 TM 쪽으로 TM-ST경계와 normal인 벡터 방향으로 거리 3개의 화소까지를 복원해준다. 처음 2개 화소까지는 ST로 복원시켜주고 마지막 한 개는 공기로 복원시켜 줌으로써 밝기 값이 갑자기 떨어져서 경계가 zig-zag 현상이 나타나지 않도록 한다. 그림 6에 TM-ST PVE에 의해 제거된 ST를 복원한 결과가 나타나 있고, 그림 7에서는 밝기 값의 profile을 복원 전과 후로 나타냈다. 그림 7(b)에서 보듯이 두 개의 화소 두께로 ST로 되고 한 개의 화소 두께로 공기로 바뀌었는데 경사가 완만해 짐을 알 수 있다.

### 3. 실험 및 분석

환자 profile을 이용한 전자적 장세척 방법을 환자 영상 16개에 적용했다. 영상의 크기는 512×512이고 slice는 600~700장, 그리고 slice gap은 0.7mm 이다. 사용된 CT영상은 2008년 1월~3월까지 서울대학병원에서 모은 환자의 데이터이고, gastrograffin을 이용한 fecal tagging방법으로 바로 누운 자세(supine)와 엎드린(prone)자세로 두 번 촬영을 했다.

실험은 물리적 세척을 하기 전 조영제로 fecal을 tag-



(a) 조사된 모든 profile

(b) 평균 profile

그림 5 Patient profile



(a) 복원 전의 관장

(b) 복원 후 관장

그림 6

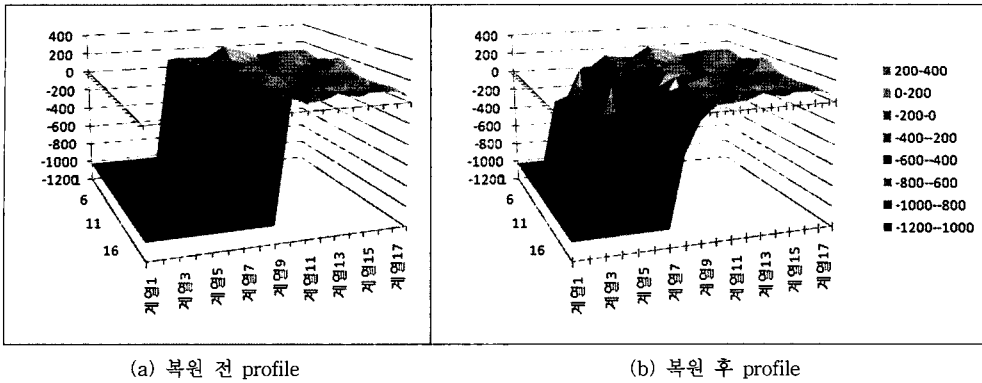


그림 7 관강의 profile

표 3 검출 결과

환자 수	16 명	
용종 개수	12 개	
용종의 크기	6 - 9mm	6 개
	≥ 10mm	6 개

ging하고 CT촬영을 한 후, 다시 세척을 한 후에 대장 내시경으로 용종을 확인하였다. 용종 검사 결과는 표 3에서 보듯이 16명의 환자에게서 총 12개의 용종이 발견되었다.

제안한 방법의 정성적 평가를 임상전문가가 수행했다. 제안된 방법으로 ECC를 수행한 결과를 이용해서 만든 3차원 영상에서 임상전문가는 모든 용종을 추출할 수 있었다. 그림 8에 용종이 TM에 잠겨있는 원 영상, virtual colonoscopy 그리고 ECC 수행이후의 virtual colonoscopy 나타나있다. TM 때문에 가려졌던 용종이 ECC이후에 보임을 알 수 있다.

제안된 방법과 Yoshida 방법을 비교했다. 그림 9(a)는 원 영상의 2차원 영상이고 화살표 방향이 그림 9(b)에 나타난 colonoscopy의 가시화 방향이다. 그림 9(c)에 제안된 방법에 의한 virtual colonoscopy의 결과를 보여

준다. Fecal material이 모두 제거 된 것을 볼 수 있다. 그림 9(d)는 Yoshida방법을 이용한 결과이다. 그림에서 보듯이 PVE로 인한 찌꺼기가 TM의 위 표면에 남아 있기 때문에 viewpoint를 바꾸거나 제거해야한다.

제안된 방법과 Yoshida방법을 CAD 방법[16]을 이용해서 비교해 봤다. 제안한 방법으로 ECC를 한 영상에서는 전체 12개의 용종에서 11개의 용종을 검출했고, Yoshida방법으로 ECC를 한 영상에서는 10개의 용종만을 검출했다. 용종 검출률에 있어서 제안된 방법이 우월했다. CAD에서 false positive의 개수는 대부분 영상에서는 제안된 방법이 Yoshida 방법과 비슷했지만, 몇 개의 영상에서 많이 발생해서 평균을 냈을 때 제안된 방법이 4.25개/환자 그리고 Yoshida 방법이 1.5개/환자 이었다. 이러한 false positive는 TM을 제거할 때 얇은 fold가 풀리거나 제거되어서 발생했다. 이런 얇은 fold가 풀리지 않는 방법에 관해서 현재 연구 하고 있다.

#### 4. 결론

가상내시경을 위해서 PVE에 의해서 Air-TM 경계사이에 발생한 찌꺼기를 제거하고, PV효과에 의해서 TM-ST 경계사이에서 제거된 ST를 각 환자 개인의 Air-ST



(a) Original 영상

(b) virtual colonoscopy

(c) ECC후 virtual colonoscopy

그림 8 TM에 잠겨 있는 용종



(a) Tagging 된 Original 2차원영상

(b) Virtual colonoscopy영상



(c) 환자 적응적 복원 결과

(d) Yoshida 방법 결과

그림 9 제안된 방법과 Yoshida 방법비교

profile을 이용하여 복원하는 ECC 방법을 제안했다. 제안된 방법은 임상외에 의한 주관적 평가와 CAD에 의한 객관적 평가에서 매우 고무적인 결과를 제공했다. 현재 TM을 제거하는 모든 방법들이 공통으로 갖고 있는 얇은 fold가 찢리거나 제거되는 문제점에 대해 연구를 수행 중이다.

참 고 문 헌

[1] 보건복지가족부 한국중앙암등록본부, "한국중앙암등록사업 연례보고서(1999.1~12)", 보건복지가족부 한국중앙암등록본부, 2001.

[2] 보건복지가족부 한국중앙암등록본부, "한국중앙암등록사업 연례보고서(2002.1~12)", 보건복지가족부 한국중앙암등록본부, 2003.

[3] Zalis, M.E., Perumpillichira, J.J., Magee, C, Kohlberg, G, and Hahn, P.F., "Tagging-based, electronically cleansed CT colonography: evaluation of patient comfort and image readability," RSNA, Vol.239, No.1, pp. 149-159, April 2006.

[4] Sato, M., Lakare, S., Wan, M., and Kaufman, A., "A gradient magnitude based region growing algorithm for accurate segmentation," IEEE Image Processing, Vol.3, pp. 448-451, 2000.

[5] Bidgoli, J.H., Ahmadian, A., Akhlaghpor, S., Alam, N.R., and Mahmoodabadi, S.Z., "An efficient colon segmentation method for oral contrast-enhanced CT colonography," Proc. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 3429-3432, 2005.

[6] Lakare, S., Chen, D., Li, L., Kaufman, A., Wax, M., and Liang, Z., "Robust colon residue detection using vector quantization based classification for virtual colonoscopy," SPIE, Vol.5031, pp. 515-520, 2003.

[7] Chen, D., Li, L., Wax, M., Li, B., Kaufman, A., and Liang, Z., "Electronic colon cleansing by colonic material tagging and image segmentation for polyp detection : detection model and method evaluation," IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, Vol.3, pp. 131-135, 2000.

- [8] Wang, Z., Li X., Li, L., Li, B., Eremina, D., Lu L., and Liang, Z., "An improved electronic colon cleansing method for detection of polyps by virtual colonoscopy," Proc. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 6512-6515, 2005.
- [9] Lakare, S., Chen, D., Li, L., Kaufman, A., and Liang, Z., "Electronic colon cleansing using segmentation rays for virtual colonoscopy," SPIE, Vol.4683, pp. 412-418, 2002.
- [10] Lakare, S., Wan, M., Sato, M., and Kaufman, A., "3D digital cleansing using segmentation rays," Proc. IEEE, Visualization, Proceedings, pp. 37-44, 2000.
- [11] Zalis, M.E., Perumpillichira, J.J., Frate, C.D., and Hahn, P.F., "CT colonography: digital subtraction bowel cleansing with mucosal reconstruction, initial observations," RSNA, Vol.226, No.3, pp. 911-917, 2003.
- [12] Zalis, M.E., Perumpillichira, J.J., and Hahn, P.F., "Digital subtraction bowel cleansing for CT colonography using morphological and linear filtration methods," IEEE Transactions On Medical Imaging, Vol.23, No.11, pp. 1335-1343, November 2004.
- [13] Näppi, J. and Yoshida, H., "Fully automated three-dimensional detection of polyps in fecal-tagging CT colonography," Academic Radiology, Vol.14, No.3, pp. 287-300, 2007.
- [14] Näppi, J. and Yoshida, H., "Adaptive correction of the pseudo-enhancement of CT attenuation for fecal-tagging CT colonography," Medical Image Analysis, Vol.12, No.4, pp. 413-426, 2008.
- [15] 김예빈, 김동성, "CT영상에서의 Cubic SRG를 이용한 혈관의 구조적 분할 방법", 정보 및 제어 학술회의 논문집, pp. 460-463, 2003년 11월.
- [16] Kim, S., Lee, J., Lee, J., Kim, J., Lefere, P.A., Han, J., and Choi, B. "Computer-aided detection of colonic polyps at CT colonography using a hesian matrix-based algorithm: preliminary study," American Journal of Roentgenology, Vol.189, pp. 41-51, July 2007.



김 동 성

1986년 서울대학교 전자공학과(학사). 1988년 서울대학교 전자공학과(석사). 1994년 University of Southern California, Computer engineering (Ph.D.). 1994년~1996년 University of California, Riverside, Postdoctoral Researcher, 1996년~현재 숭실대학교 정보통신 전자공학부 부교수. 관심분야는 컴퓨터비전, 의료영상처리



김 한 별

2007년 숭실대학교 정보통신전자공학부(학사). 2007~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 석사과정. 관심분야는 영상분할, 의료영상처리