한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집 제25권 제1호 (2017. 1)

연결성분 자소를 이용한 문자 인식 연구

이경호O
O한라대학교 정보통신방송공학부
e-mail:khlee@halla.ac.krO

A Study on Character Recognition using Connected Components Grapheme

Kyong-Ho LeeO
OSchool of Information & Communication, Broadcasting Engineering, Halla University

● 요 약 ●

본 연구에서는 한글 문자 인식을 수행하였다. 한글 인식을 수행하되 고딕 인쇄체 문자를 대상으로 하였고, 자소 단위 인식을 통한 인식을 수행하되 기존 한글 문자 인식 연구에서 사용하는 자음과 모음 단위의 자소가 아닌 연결성분을 이용하여 인식하는 새로운 자소를 이용하였다. 새로운 자소들은 끝점, 2선 모임점, 3선 모임점, 4선 모임점의 특징을 추출하고 특징에 의해 자소를 인식하는 데이터베이스를 구성하여 자소를 인식하게 하였다. 또한 연결 성분을 반영한 새로운 자소로 고딕 인쇄체 문자를 인식하므로 추출된 자소를 6가지로 분류하였고, 6가지 자소에 의해 구성되는 92가지 문자 구조를 제안하고 이에 따른 문자를 데이터베이스를 구축하였고, 자소의 무게 중심을 이용한 분포를 이용하여 제안된 구조를 통하여 데이터베이스를 이용한 문자인식을 수행하였다.

키워드: 문자 인식(character recognition), 자소 인식(grapheme recognition), 연결 성분(connected components)

I. Introduction

본 연구에서는 한글 문자 인식을 수행하였다. 고딕 인쇄체 문자를 대상으로 하였고, 연결성분을 이용하여 인식하는 새로운 자소를 이용하였다. 새로운 자소들은 끝점, 2선 모임점, 3선 모임점, 4선 모임점의 특징을 추출하고 특징에 의해 자소를 인식하는 DB를 구성하여 자소를 인식하였다. 또한 연결 성분을 반영한 새로운 자소로 고딕 인쇄체 문자를 인식하므로 추출된 자소를 6가지로 분류하였고, 6가지 자소에 의해 구성되는 92가지 문자 구조를 제안하고 이에 따른 문자를 DB를 구축하였고, 자소의 무게 중심을 이용한 분포를 이용하여 제안된 구조를 통하여 DB를 이용한 문자인식을 수행하였다.

II. Preliminaries

문자 인식은 많이 연구되어 온 분야이나, 지금도 여전히 많은 연구들이 나오고 있다. 문자열에 회전 알고리즘을 적용하여 인식률 향상을 꾀하거나, 휴리스틱 분할 알고리즘을 적용하여 향상을 꾀하고, 구글의 Open API를 이용하여 한글 문자 인식 향상을 위한 노력을 하며, 한글 문자 주변에 삼벌이 위치한 상황에서 문자 템플릿에 의존하지 않는 블럽 투사를 제시하며, 한글 문자의 다양성 확대를 위해 다중 컬럼 딥 인공 신경망을 이용하여 인식을 시도하는 등 많은 연구들이 지속되고 있다. 연구가 지속되는 이유는 한글 문자의 특수성 때문으로 한글은 영문자 알파벳과 달리 초성과 중성, 종성들이 2차원적 조합되어 다수의 문자가 구성되기 때문에 인식해야할 대상이 많으며, 작은 획 하나에 의해 구분될 정도로 유사성이 높아 처리 과정이 복잡하기 때문이다[1-7]. 그동안 연구된 한글 인식 방법들은 한글을 작성하는 방법에 따라 '인쇄체 인식'과 '필기체 인식'으로 분류할 수 있고 또 인식하는 단위에 따라 '문자 단위 인식'과 '자소 단위 인식'으로 분류할 수 있다. 두 가지 다 전처리 작업으로 입력된 영상에서 보정을 하고, 텍스트 영역 추출과 수평 분할, 수직 분할 등의 반복을 통해 문자 단위로 분할 한 후, 문자 단위에서는 각각의 방법으로 인식을 한다. 또한 대부분의 경우 추가되는 전 처리 작업으로 추출해 낸 문자의 크기를 자신들이 정한 규격으로 조절한 후 인식을 한다. 문자 단위 인식의 경우 정해진 규격 크기를 웨이블렛 변환을 하여 인식하거나, 신경망을 통한 인식에서는 문자를 구성하는 화소를 입력으로 하여 인식을 한다[8-11]. 자소 단위 인식에서 자소의 분할 연산은 매우 중요한 과정이다. 자소 단위 인식에서 자소 분리를 하다가 자소의 일부분이 소실될 수도 있고, 자소 구성 영상 이외의 잡영이 포함될 수도 있다. 자소의 범위를 작게 잡으면 자소의 일부가 소실되고 소실을 막기 위하여 자소의 영역을 크게 잡으면 잡영이 들어오는데 소실과 잡영을 처리하는데 애를 먹기도 한다[7].

III. The Proposed Scheme

[12]에서는 기존 연구가 자소 분할에 어려움을 겪는 것을 보고 자소 분리에 유리한 연결 성분을 이용한 새로운 자소를 제안하고 분류하였으며, 또 제안된 자소를 인식하기 위한 특징 점들을 제안하고, 이를 데이터베이스화 한 후, 제안된 특징 점들을 이용하여 자소들을 인식하는 실험을 수행하였다. 본 연구에서는 [12]에서 제안한 자소를 이용하여 문자를 인식하는 과정을 연구 수행하였다. 수행한 알고리즘은 1) 문자 영상 입력 2) 문자 범위 확정 3) 입력된 컬러 영상을 회색 레벨 영상으로 변경 4) 회색 레벨 영상을 2진 영상으로 변경 5) 2진 영상으로 세선화 수행 6) 세선화 영상에서 특징점으로 끝점, 2선 모임점, 3선 모임점, 4선 모임점 추출 7) 2진 영상으로 역세선화로 자소별 영역 분류 고립점 추출 8) 영역별 범위 내 특징 점과 자소 특징 DB를 참고하여 자소 인식 9) 자소별 무게 중심 추출 10) 탐침에 의한 문자 구획 분류 11) 문자 구획과 자소별 무게 중심을 이용한 문자 조합을 거친다.

본 연구에서 이용된 자소와 분류는 그림 1과 같고, 제안된 자소에 의해 구성할 수 있는 문자 구조는 그림 2과 같고, 문자 구조에 따른 소속 문자는 그림 3와 같다.

분류	소속 자소
C	ㄱ/ㄴ/ㄷ/ㄹ/ㅁ/ㅂ/ㅅ/ㅇ/ㅈ/ㅊ/ㅋ/ㅌ/ㅍ/ㅆ in 싸/ㅉ(고립점유) in 짜.../ㅉ(고립점무) in 쪼...
V	ㅏ/ㅑ/ㅓ/ㅕ/ㅗ/ㅛ/ㅜ/ㅠ/ㅡ/ㅣ/ㅐ/ㅒ
Cr	겨 in 계.../구/국/굳/굴/굵/굼/궁/규/귤/그/거 in 꺼.../꾸/꾹/꿀/꿈/꿍/뀨/끄/노/뇨/도/됴/로/료/머/며/모/묘/버/벼/보/뵤/뽀 in 뽁.../뾰/어/여/오/요/쿠/쿡/쿨/쿰/쿵/큐/큘/큠/크/토/툐
VC	ᆨ in 눅.../ᆫ in 눋.../ᆯ in 눌.../ᆷ in 눔.../ᆼ in 눙.../ᆩ in 뉵.../ᆰ in 뉼.../ᆸ in 뉨.../ᆽ in 늉.../ᇀ in 뭍.../ᇄ in 붚...
O	lower part of 포.../lower part of 표...
VCC	ᆪ in 묶.../ᆱ in 묽.../ᆲ in 묾.../ᆳ in 훑...

Fig. 1. Grapheme classification

단	조각	패턴 (보기)	패턴구조 코드
1	1	Cr	010101
	2	C V	010201
		Cr V	010202
		C Cr	010203
	3	C C V	010301
		C V V	010302
		C Cr V	010303
		Cr V V	010304
	4	C C V V	010401
2	2	C / V	020201
		C / VC	020202
		V / Cr	020203
		Cr / C	020204
		V / O	020205
	3	C C / V	020301
		C V / C	020302
		C C / VC	020303
		C V / VC	020304
		C Cr / C	020305
		Cr V / C	020306
		Cr V / C	020307
		Cr / C C	020308
		C / V V	020309
		V / Cr V	020310
		V / C V	020311
		V V / V	020312
		V / O V	020313
3	4	C V / C C	020401
		C Cr / C C	020402
		Cr V / C C	020403
		C V V / C	020404
		C Cr V / C	020405
		C C V / C	020406
		C C V / VC	020407
		Cr V V / C	020408
		C C / V V	020409
		C / V V V	020410
		C / V V V	020411
		V / C V V	020412
	5	C C V V / C	020501
		C V V / C C	020502
		Cr V V / C C	020503
		C C V / C C	020504
		C C / V V V	020505
	6	C C V V / C C	020601
	3	C / V / C	030301
		Cr / V / C	030302
		V / C / VC	030303
		V / C / VCC	030304
		V / C / V	030305
		V / V / V	030306
		V / O / C	030307
		V / V / VC	030308
		V / C / VC	030309
		V / Cr / C	030310
	4	C C / V / C	030401
		C V / V / C	030402
		C / V / C C	030403
		V / Cr / C C	030404
		C / V / C	030405
		V / C V / C	030406
		V / V V / C	030407
		V / O V / C	030408
		V / C V / C	030409
		V / Cr V / C	030410
		V / C V / VC	030411
		V / Cr V / C	030412
		Cr / C V / C	030413
		V / C V / V	030414
		V / V V / V	030415
		V / V V / VC	030416
		V / C V / V	030417
	5	C V V / C	030501
		C C / V / C	030502
		C C V / C	030503
		C C V / C	030504
		V V V / C	030505
		V V V / C	030506
		C V / C	030507
		V / V V / C C	030508
		V / C V / C	030509
		C V / C V / C	030510
		V / C V V / V	030511
	6	C C V / V / C C	030601
4	4	V / C / V / C	040401
		C / V / V / C	040402
		V / V / V / C	040403
	5	V / C / V / C C	040501
		V / C V / V / C	040502
		V / V V / V / C	040503

	6	C C V C V C 040601
6	7	V C V C V C 050701

Fig. 2. Korean character syntactic form in new grapheme

코드	소속 문자
010101	구규그꾸뀨끄노뇨도됴로료머며모묘버벼보뵤뾰어여오요쿠큐크토툐국군굴굵굼궁귤꾹꿀꿈꿍쿡쿨쿰쿵큘큠
010201	가개갸걔거겨기나내냐너녀니다대댜더뎌디라래랴러려리마매먀미바배뱌비사새샤섀서셔시싸쌔써씨아애야얘이자재쟈쟤저져지짜째쨔쩌쪄찌차채챠처체쳐치카캐캬커켜키타태탸터텨티
010202	계놔궈꿔뀌뇌돠돼되롸뢰메몌뫄뫼베볘봐봬뵈에예와왜외쿼퀴톼퇘퇴귝귈귐꿜꿤쿽퀼큄
010203	꺼껴뻐뼈
010301	까깨꺄끼따때떠띠빠빼뺘삐
010302	네녜데뎨레례세셰쎄제졔쩨체케켸테톄
010303	께꼐뻬
010304	게궤귀꿰퀘
010401	떼뗘
020201	고고교누뉴느두듀드루류르무뮤므부뷰브소쇼수슈스우유으조죠주쥬즈쪼쭈쮸쯔초쵸추츄츠코쿄투튜트
020202	눅눋눌눙눔뉵뉼늄늉둑둘둠둥듈듐듕룩룰룸룽륙률륨륭묵묶묻물묽묾뭄뭉뭍북붇불붉붊붐붕붙븊뷸븀뮬뮴븅숙순술숨숭숱슉슌슐슘슝욱울욹욺움웅육율윰융죽줄줅줆줌중쥴쥼쭉쭌쭐쭘쭝축출춤충츌츔츙툴툼퉁튤튬튱
020203	호효
020204	꾼꿉꿋끅끈끌끔끕끗끙끝녹논놀놈놉놋농높뇩뇬뇰뇹뇻뇽독돈돋돌돔돕돗동돛돝록론롤롬롭롯롱먹먼멀멈멉멋멍멎멱면멸몃목몬몰몸몹못몽묜묠묩묫벅번벋벌범법벗벙벚벽변별볍볏병볕복본볼봄봅봇봉뵨뽁뽄뽈뽐뽑뽓뽕돌룐룔억언얻얼엄업엇엉엊엌엎역연열염엽엿영옅옆옥온올옴옵옷옹옻욕욘욜욤욥욧용쿤쿱쿳큭큰클큼큽킁톡톤톨톰톱톳통톺군굽굿궂균극근귿글금급긋긍꾼균
020205	포표
020301	꼬꾜또뚜뜨뽀뿌쀼쁘쏘쑈쑤쓰
020302	각간갇갈감갑갓강갖갗같갚객갠갤갬갭갯갱갹갼걀걋걍갠갤걱건걷걸검겁것겅겆겉겊격견겯결겸겹겻경곁긱긴긷길김깁깃깅깆깊낙난낟날남납낫낭낮낯낱낳낵낸낼냄냅냇냉냑냔냘냠냥넉넌널넘넙넛넝녁년녈념녑닉닌닐녕녘님닙닛닝닢닥단닫달담답닷당닺닻댁댄댈댐댑댓댕덕던덛덜덤덥덧덩덫덮뎐뎔뎡딕딘딛딜딤딥딧딩딪락란랄람랍랏랑랒랖랙랜랠램랩랫랭략랸럇량럭런럴럼럽럿렁력련렬렴렵렷령릭린릴림립릿링막만맏말맘맙맛망맞맡맥맨맬맴맵맷맹먁먈먕믹민믿밀밈밉밋밍밎밑박반받발밤밥밧방밭백밴밸뱀뱁뱃뱅뱉뱍뱐뱝빅빈빌빔빕빗빙빚빛삭산삳살삼삽삿상샅색샌샐샘샙샛생샥샨샬샴샵샷샹섄섈섐섕석선섣설섬섭섯성섶셕션셜셤셥셧셩식신싣실심십싯싱싶싹싼쌀쌈쌉쌍쌕쌘쌜쌤쌥쌩썅썩썬썰썸썹썽씩씬씰씸씹씻씽악안알암압앗앙앝앞액앤앨앰앱앳앵약얀얄얌얍얏양얕얜얠얩익인일임입잇잉잊잎작잔잗잘잠잡잣장잦잭잰잴잼잽잿쟁쟉쟌쟐쟘쟝쟨쟬적전절점접젓정젖젼졀졈졉직진짇질졍짐집짓징짖짙짚짝짠짤짬짭짯짱짹짼쨀쨈쨉쨋쨍쨘쨩쩍쩐쩔쩜쩝쩟쩡찍찐찔찜찝찡찢착찬찰참찹찻창찾책챈챌챔챕챗챙챤챨챰챵척천철첨첩첫청쳔칙친칟칠침칩칫칭칵칸칼캄캅캇캉캑캔캘캠캡캣캥캭캽컥컨컫컬컴컵컷컹켠켤켬켭켯켱킥킨킬킴킵킷킹탁탄탈탐탑탓탕택탠탤탬탭탯탱턍턱턴털텀텁텃텅텬틱틴틸팀팁팃팅
020303	뚝뚤뚬뚱뿍뿔뿜뿡쀵쑥쑬쑴쑹쓩툭
020304	뉠뉨뒬뒹뤽륄륌륑뮐뷕뷜뷩쉭쉴쉼슁윅윌윔윙쥑쥘쥠췰췸췽튁튈튐튕
020305	꺽껀껄껌껍껏껑껸껼꼇꼍뻑뻔뻗뻘뻠뻣뻥뼉뼘뼙뼛뼝
020306	뀝놘놜돤돨된될됨됩됫롼뢍뢴뢸룀뢷룅멕멘멜멤멥멧멩명몟뫈뫙묀묄묍묏묑벡벤벧벨벰벱벳벵봔뵉뵌뵐뵘뵙엑엔엘엠엡엣엥옌옐옘옙옛왁완왈왐왑왓왕왝왠왬왯왱왹왼욀욈욉욋욍퀀퀄퀑퀸퀍퀏퀑퇀퇸툇툉곈곌곕곗귄귓궉권궐궝귄귑귓꿜꿩뀐뇐뇔뇜뇝뇟벤
020307	끎놂돎릅롯룽멂뭇뭄범볐볶얹얽얾없었엮엶엷엾였욺옮옳꿇긁몄
020308	과긔괘괴눠뉘늬둬뒤듸뤄뤼뭐뮈붜뷔솨쇄쇠숴쉬워위의좌좨죄줘쥐쫘쫴쬐쭤촤최춰취콰쾌쾨티
020309	화혜홰회
020310	하허해햐허혀히
020311	파패퍄퍼펴피
020312	퐈푀
020401	갉갊읽값갔갰겂겄겪겼깂낚낡낢났냈넋넒넓넜녔닚닦닭닯닮닸댔덖덞덟덦딨랐랬렀렸맑맒맸밂밌밖밗밝밟밞뱄빎삯삵삶샀샜섞섟섦섧섰셨싻쌌쌨썲썼않앍앎았앴얇읽읾있잖잚잤잸젊졌짊짢짧짰쨌쩠쪘찼챘챴쳤칡캤컸켰탉탔탰턺텄텼
020402	꺾껐꼈뻤뼜
020403	놨됐뢨멨뫘벴봤뵀옜왔궜꿨
020404	섹센셀셈셉셋셍셴셸솅쎈쎌쏀젝젠젤젬젭젯젱쩽첵첸첼쳄쳅쳇쳉쳰쳉케켄켈켐켑켓켕텍텐텔템텝뎃텡톈겐겔겜겝겟겡넥넨넬넴넵넷넹녠덱덴델뎀뎁뎃뎅뎬렉렌렐렘렙렛렝롄렙렛
020405	뼁껙껜껨껫껭
020406	깍깐깔깜깝깟깡깥끽낀낄낌낍낏낑깩깬깰깸깹깻갱꺅꺌딱딴딸땀땁땃땅땃땍땐땔땜땝땟땡떡떤떨떰떱떳떵띤띨띰띱띳띵빡빤빨빰빱빳빵빽뺀뺄뺌뺍뺏뺑뺙뺨뻭뻰뻴뻼뻽뻿뼁
020407	뛸뜀뜅
020408	궷꿱꿴꿸뀀뀁퀭
020409	꽈꽤꾀똬뙈뙤뛰띄삐쏴쐐쐬쒀쒸씌쮜퉈튀
020410	눼뒈뭬붸쉐웨줴췌퉤
020411	페폐
020412	혜
020501	떽뗀뗄뗌뗍뗏뗑
020502	겠셌넸뎄뎠
020503	꿨
020504	깎깖깠깼땠떪떫떴뗬빪빴뺐쐈쨌췄
020505	뛔뤠쒜
020601	뗐
030301	곡곤곧골곰곱곳공곶굔굘굡굣눈눕눗늅늑는늘늠늡늣능늦늪둔둡둣듄득든듣들듬듭듯등룬룹룻륜륩륫륵른를름릅릇릉릊릍릎문뭅뭇뮨뮷믄믈믐믓분붑붓뷴븃븍븐블븜븝븟속손솔솜솝솟송솥쇽숀숄숌숍숏숑순숩숫숯슌슥슨슬슴습슷승운웁웃윤윱윳윷윽은을음읍읏응읒읓읔읕읖족존졸좀좁좃종좆좇죡죤죵준줍줏쥰즉즌즐즘즙즛증쪽쫀쫄쫌쫍쫏쫑쫓쫑쭌쭙쯤쯧쯩촉촌촐촘촙촛총춈춘춥춧츈측츤츨츰츱츳층콕콘콜콤콥콧콩툰툽툿튠특튼튿틀틈틉틋
030302	놓멓옇
030303	훅
030304	훑
030305	흐후휴흐
030306	푸퓨프
030307	폭폰폴폼폽폿퐁푠푤푭푯
030308	푹푼풀풂품풍퓰퓸퓽
030309	훌훑훔훙휵휼흄흉
030310	혹혼홀홈홉홋홍홑횬횰횹횻
030401	꼭꼰꼴꼼꼽꼿꽁꽂꽃똑똔똘똥뚠뜩뜬뜯뜰뜸뜹뜻뿐뿟쁜쁠쁨쁩쏙쏜쏟쏠쏨쏩쏭쑨쑵쓱쓴쓸씀씁
030402	갛겋넣닿랗렇맣쌓얗찧
030403	곪곬곯늙늚듦숚솖슭읊좀틂
030404	홅
030405	곽관괄괌괍괏광괜괠괩괭괵괸괼굄굅굇굉뉜뉩늰늴뒨뒵뒷뤈뤗뭔뭘뭡뭣뮌뷜뷘솩솬솰솽쇈쇌쇔쇗쇤쇨쇰쇱쇳쉰쉽쉿웍원월웜웝웡윈윕윗인읠읨읫좍좔좝좟좡좽죈죌죔죕죗죙쥔쥡쥣쫙쫠쫠쬔쬘쬘쬠쬡쬥촨촬촹쵠쵤쵬쵭쵯쵱췬췹췻콱콴콸쾀쾅쾡퀼튄튑튄틸틤틥
030406	학힉힌힐힘힙힛힝
030407	팍판팔팜팝팟팡팥팩팬팰팸팹팻팽퍅퍽펀펄펌펍펏펑편펼폄폅평픽핀필핌핍핏핑
030408	퐝푄
030409	학한할함합핫항핵핸핼햄햅햇행향헉헌헐험헙헛헝혁현혈혐협혓형
030410	확환활홧황홱홴홷횅획횐횔횝횟횡
030411	휙휠휨휭
030412	헥헨헬헴헵헷헹
030413	굵끓욹
030414	희
030415	풔퓌
030416	퓔퓜
030417	훠휘희
030501	뒝쉑쉔쉘쉠쉥웩웬웰웸웹웽췐
030502	쓺씖
030503	꽉꽐꽝꽥꽹꾄꾈꾐꾑꾕똴뙨뛴뛥띈띌띔띕쏵쏸쐰쐣쐴쐼쐽쒼씐씔씜
030504	땋떻빻
030505	펙펜펠펨펩펫펭폘폡폣
030506	혤혭
030507	괆괬눴뒀뤘붰쇘숐웠좼줬쭸퉜
030508	팎팖팠팼펐폈
030509	핥했헒혔
030510	많앓닳싫않잃쟎찮챦
030511	훼
030601	꽜
040401	훈훗휸흇흑흔흗흘흠흡흣흥흩
040402	뭉웅종
040403	푼풉풋퓬퓻픈플픔픕픗
040501	흙흝흚
040502	휜휠휨휭휔휀휄휑휜휩휫흰흰힐힐힘힘힙힙힝힝
040503	풩퓐퓟

040601	꼲똻쓿
050601	흖

Fig. 3. Classified korean character

IV. Conclusions

본 연구에서는 고딕 인쇄체 문자 자소 단위 인식을 통한 한글 문자 인식을 수행하되 연결성분을 이용하는 새로운 자소를 이용하였다. 추출된 자소를 6가지로 분류하였고, 6가지 자소에 의해 구성되는 92가지 문자 구조를 제안하고 자소의 무게 중심을 이용한 분포를 이용하여 제안된 구조를 통하여 문자인식을 수행하였다.

References

[1] Hyuna Oh, EuGene Rhee, "Enhancement of Car Licence Plate and Security with Rotation Algorithm", Journal of Security Engineering, Vol. 13, No. 2, pp. 83~90, Apr. 2016

[2] Moon Yong Jin, Jong Bin Park, Dong Suk Lee, "Real-Time Vehicle Licence Plate Recognition System Using Adaptive Heuristic Segmentation Algorithm", KIPS Tr. Software and Data Eng., Vol. 3, No. 9, pp. 361-368, Mar. 2014

[3] Kang-San Kim, Seok-Cheon Park, Seok-Ho Oh, "Suggestion of Enhanced Korean Character Recognition Technique Using Google Tesseract Open API", Proceeding of Korean Society for Internet Information, Vol. 16, No. 1, Spring. 2015.

[4] Kyusoo Choung, "Text Area Detection of Road Sign Images based on IRBP Method", Journal of Intelligent Transportation System, Vol. 13, No. 6, Dec. 2014.

[5] Kyung-Wha Park, Byoung-Hee Kim, Dong-Sig Han, Seong-Ho Son, Woo-Yung Kang, Byoung-Tak Zhang, “Handwritten Hangul Recognition using Multi-column Deep Neural Networks", Proceeding of KIPS Spring Conference, Vol. 26, No. 1, 2016.

[6] Min-Soo Kim, Eun-Young Kang, Woo-Sung Kim, Sun-Hwa Han, Jin-Hyung Kim, "A Study on Implementation of Printed Character Recognition System And Performance Evaluation", Korea Information Processing Society, Vol. 7, No. 11, pp. 3584-3591, Nov. 2000.

[7] Kil Taek Lim, Ho Yon Kim, "A Study on Machine Printed Character Recognition Based on Character Type Classification", The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 40, No. 5, pp. 26-39, Sep. 2003.

[8] Kil-Taek Lim, Gi-Seok Kim, "Reestimation of Recognition Result of MLP Classifier for Machine Printed Hangul - Feasibility Study on Softmax Method", Journal of Information & Electronic Technology, Vol. 6, pp. 93-105, 2007.

[9] Kil Taek Lim, Ho Yon Kim, "A Study on Machine Printed Character Recognition Based onCharacter Type Classification", Journal of IEIE, Vol. 40, No. 5, pp. 266-279, Sep. 2003.

[10] Kil Taek Lim, Seon Hwa Jeong, Seung Ick Jang, Ho Yon Kim, "An Implementation Method of the Character Recognizer for th Sorting Rate Improvement of an Automatic Postal Envelope Sorting Machine", Journal of Korea Society of Industrial Information System, Vol. 12, No. 4, Dec. 2007.

[11] Duk-Ryong Lee, Woo-Youn Kim, Il-Seok Oh, "A Hangul Document Image Retrieval System Using Rank-based Recognition", Journal of The Korea Contents Association, Vol. 5, 2005.

[12] Kyong-Ho Lee, “A Study on Grapheme and Grapheme Recognition Using Connected Components Grapheme for Machine-Printed Korean Character Recognition”, Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 20, No. 1, pp. 27-36, September, 2016