

구문요소의 전치에 기반한 문서 워터마킹

김 미 영[†]

요 약

이 논문은 한국어 문장을 대상으로 구문요소의 전치를 기반으로 한 문서 워터마킹 방법을 제안한다. 한국어와 같은 교착어는 구문요소의 순서가 자유롭기 때문에 구문 트리 기반의 자연어 워터마킹을 위한 좋은 환경을 제공한다. 본 논문에서 제안하는 자연어 워터마킹 방법은 7단계로 구성되어 있다. 첫째, 문장의 구문분석을 수행한다. 다음으로, 구문요소가 해당 절의 범위 안에서만 전치되도록 범위를 한정하기 위하여 구문 트리로부터 각 절을 분할한다. 세 번째로, 전치를 위한 목표 구문요소를 선택한다. 네 번째, 목표 구문요소의 전치 후에도 문장의 의미나 문체의 변화가 최소화되도록 가장 자연스러운 전치위치를 결정한다. 그 후, 목표 구문요소에 대한 워터마크 비트를 삽입한다. 여섯 번째 단계로, 워터마크 비트가 목표 구문요소의 전치 방향과 상충하지 않으면 구문 트리에서 목표 구문요소를 전치한다. 마지막으로 변환된 구문 트리에서 워터마킹된 문서를 얻는다. 실험 결과를 통해 본 논문에서 제안한 방법의 적용률은 91.53%이고, 최종 워터마킹된 문장들 중 부자연스러운 문장의 비율은 23.16%로서 기존 시스템들보다 좋은 결과를 보여준다. 또한 워터마킹된 문장이 원시 문장과 같은 문체를 유지하고, 의미적인 왜곡 없이 같은 정보를 나타내고 있다.

키워드 : 자연어 워터마킹, 문서 보안, 구문요소 이동, 구문 분석

Text Watermarking Based on Syntactic Constituent Movement

Mi-Young Kim[†]

ABSTRACT

This paper explores a method of text watermarking for agglutinative languages and develops a syntactic tree-based syntactic constituent movement scheme. Agglutinative languages provide a good ground for the syntactic tree-based natural language watermarking because syntactic constituent order is relatively free. Our proposed natural language watermarking method consists of seven procedures. First, we construct a syntactic dependency tree of unmarked text. Next, we perform clausal segmentation from the syntactic tree. Third, we choose target syntactic constituents, which will move within its clause. Fourth, we determine the movement direction of the target constituents. Then, we embed a watermark bit for each target constituent. Sixth, if the watermark bit does not coincide with the direction of the target constituent movement, we displace the target constituent in the syntactic tree. Finally, from the modified syntactic tree, we obtain a marked text. From the experimental results, we show that the coverage of our method is 91.53%, and the rate of unnatural sentences of marked text is 23.16%, which is better than that of previous systems. Experimental results also show that the marked text keeps the same style, and it has the same information without semantic distortion.

Keywords : Natural Language Watermarking, Text Security, Syntactic Constituent Movement, Syntactic Analysis

1. 서 론

문서 워터마킹은 자연어처리와 보안 기술이 함께 요구되는 분야로서 최근 떠오르고 있다. 문서 워터마킹은 내용 및 저작권과 관련하여 정보를 숨겨 전달하기 위하여 문서를 메타데이터로 만들으로써, 문서 그 자체에 정보를 더하는 것을 목적으로 한다^[1]. 워터마킹 기술은 십 수년간 멀티미디어

문서를 위해 광대하게 연구되었다^[2]. 하지만 문서에 대한 워터마킹 연구는 이제 시작이라고 할 수 있다.

기존의 연구에서는 문서 워터마킹을 위해 단어를 동의어로 대체하는 기술들이 연구되었다^[3-6]. 대표적인 예로 [6]에서 Atallah 등은 평방 잉여(quadratic residue) 기술을 사용하여 주어진 문장의 단어를 동의어로 대체하는 기술을 사용하였다. 하지만 문장에서 단어가 쓰인 의미를 정확히 판단하여 해당 동의어로 대체하는 과정이 오류가 많으므로 Topkara 등^[7]은 구문트리에 기반한 자연어 워터마킹을 시도했다. 이 방법은 기본적으로 구문에 기반한 문장 바꿔쓰기에 초점을 두고 있다. 그 결과 구문적 접근은 문서 워터마킹 방법들 중 가장 자연스러운 문서를 제공하였다. 따라서

* 이 논문은 2008년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

† 정 회 원 : 성신여자대학교 컴퓨터정보학부 전임강사
논문접수: 2008년 10월 28일
수 정 일: 1차 2008년 12월 15일
심사완료: 2008년 12월 15일

구문에 기반한 문장 수정은 동의어 대치 등의 다른 방법들과 비교해 볼 때 의미의 왜곡 없는 유용한 문서 워터마킹 방법이라고 결론내리고, 본 논문에서는 구문 트리에 기반한 문서 워터마킹 방법을 제안한다. 특히, 교착어는 다른 언어와는 달리 자유로운 어순의 특징을 가지고 있으므로, 구문 요소의 전치를 기반으로 하는 문서 워터마킹을 수행한다. 기본 문서에 워터마크를 삽입하고 암호문서를 생성하는 과정에 있어서, 암호문서는 기존 문서의 의미를 그대로 보존한 채 단지 구문요소의 위치를 바꿀 뿐이다. 이러한 구문요소의 전치를 기반으로 한 워터마킹 방법을 상세히 설명하고, 실험을 통해 효과적임을 보이고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 기존연구 설명이 있을 것이고, 3장에서는 구문요소의 전치에 의한 문서 워터마킹 방법을 설명한다. 4장에서 본 논문에서 제안하는 방법을 이용한 실험결과 분석이 이루어지고, 기존의 방법들과의 성능비교를 해본다. 마지막으로 결론 및 향후연구가 이어진다.

2. 기존 연구

M. Atallah 등^[6,8]은 자연어 문서를 대상으로 하여, 보안 기술과 자연어처리 방법을 결합하여 기존의 문서로 복구가 가능한 워터마크를 삽입하는 기본 기술을 수립했다. 그들은 각 용어/문장의 의미의 정도(granularity)를 수정함으로써 문장에 숨겨진 정보의 양을 증가시키고자 했다. 그러나, 영어에만 초점을 맞추어 이론을 제시하였고, 실험 결과는 제공하지 않았다.

또한 문장에서 단어들을 동의어로 바꿈으로써 문서의 의미를 크게 바꾸지 않고 비밀 데이터를 삽입하고자 하는 연구들이 있었다^[3-5]. 그러나 단어의 세심한 뉘앙스가 문서의 의미에 중요한 경우 단어가 대치될 때 왜곡이 생긴다. 또한 많은 동의어 후보 단어들 중에서 잘못된 단어가 동의어로서 선택되는 경우가 많다.

교착어를 대상으로 문서 워터마킹을 제안한 연구들도 있었다. H. M. Meral 등^[1]은 터키어를 대상으로 문서 워터마킹을 하기 위해 21개의 구문적 도구를 제안했고, O. Takizawa 등^[9]은 일본어 문서를 대상으로 단락의 줄바꿈을 삽입하는 방법을 제안했다. 이러한 방법은 메시지 발신자와 수신자가 똑같은 비밀 규칙 테이블을 공유해야 한다는 제한이 있고, 워터마크 삽입 비율이 낮은 단점이 있다. Topkara 등^[7]은 문장의 구문을 기반으로 하여 의미가 같은 문장을 새로 쓰는 자연어 워터마킹을 제안하였다. 그들은 구문적 접근이 의미의 왜곡 없이 자연어 워터마킹에 유용하다고 주장하며, 좋은 성능을 보여주었다.

본 논문 또한 구문 트리에 기반한 문서 워터마킹이 유용하다고 판단하고, 대표적인 교착어인 한국어를 대상으로 자연어 워터마킹을 수행한다. 한국어의 자유로운 어순 특징을 이용하여, 구문요소의 위치를 변경함으로써 변환된 문장을 생성한다. 우선 어떤 구문요소를 전치 대상으로 선택할지

결정해야 하고, 전치 방향 또한 판단해야 한다. 자세한 방법은 3장에서 소개한다.

3. 구문요소 전치를 이용한 자연어 워터마킹

과거 10년 동안, 많은 디지털 워터마킹 방법들이 제안되었다. 대부분의 방법들은 디지털 이미지, 오디오, 비디오 문서를 대상으로 한 것이었다. 하지만, 자연어로 쓰여진 문서가 가장 흔한 정보교류 형태의 데이터 서식이고, 자연어 문서들은 신문, 책, 웹페이지, 계약서, 광고문 등 어디서나 존재한다.

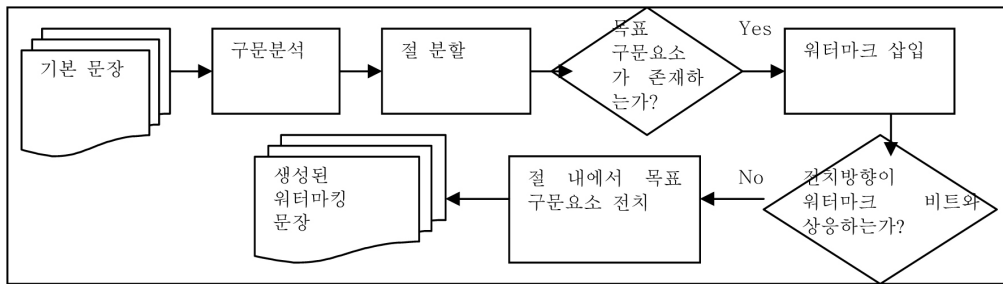
자연어 문서에서 정보를 숨기기 위한 방법들로 크게 4가지들을 들 수 있다. 첫 번째가 구문적 접근 방법으로서, 문서의 의미를 크게 수정하지 않고 문장의 구조를 변형한다. 두 번째 방법은 의미적 접근 방법으로서, 단어들을 동의어로 대치하거나 문장에서 명사구 공지시(coreferences)를 찾아서 원래 명사로 복원하는 등의 방법을 통해 의미적으로 문장을 변환한다. 그 외에 문서에서 단어 간격이나 줄간격을 바꾸는 방법도 있고, 마지막으로 글자를 조작하는 방법으로서, 글자의 모양, 크기 또는 위치와 같은 자질들을 변형한다.

이 방법들 중 자연어처리에 기반을 둔 첫 번째와 두 번째 방법은 자연어 문서에 숨겨진 정보를 제거하거나 획득하기 위한 외부로부터의 공격에 더 튼튼하고, 단순히 활자체나 줄간격 등 표면의 모양을 수정하는 기술보다 더 견고하다. 또한 출력이나 스캔하는 과정에서의 변형이 생기더라도 전혀 영향을 받지 않는다. 따라서 자연어처리에 기반을 둔 방법으로 워터마킹을 수행하는 것이 이 논문의 목적이고, 구문적 접근 방법을 시도하여 구문의 위치를 변형하여 워터마킹을 하고자 한다. 구문의 위치를 바꾸는 과정에 있어서, 해당 문장에서 구문이 변형되었는지의 여부 및 전치 방향 정보를 내포하는 워터마크 비트를 삽입하여, 저작권을 가진 사용자만이 워터마크 비트의 의미를 이해하여 추후 원래 문장으로 복원 가능하도록 할 것이다.

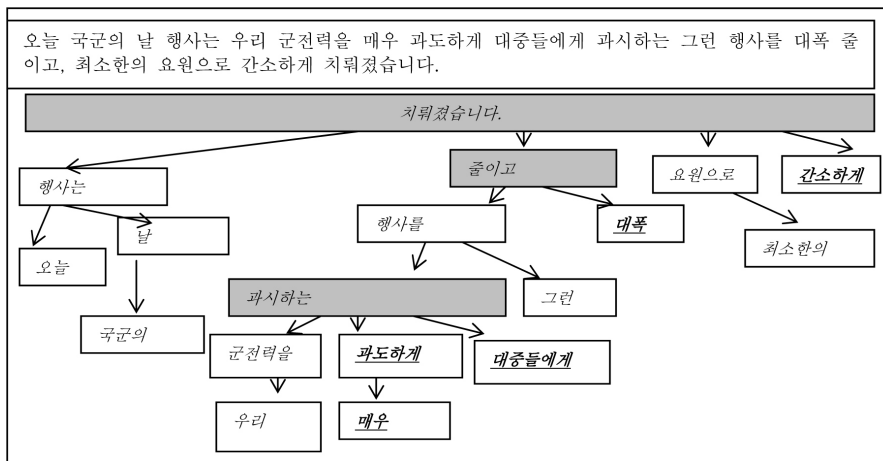
(그림 1)에서 알 수 있듯이, 워터마크 삽입은 여러 단계로 구성되어 있다. 첫 번째로, 구문 분석을 수행하고 절 단위로 구문 분석 결과를 분할한다. 다음으로, 문장에서 전치를 위한 목표 구문요소를 선택한다. 목표 구문요소가 전치 후에도 기존 문장의 의미를 최대한 왜곡하지 않도록 하기 위해 가장 적절한 전치 방향을 해당 절의 범위 내에서 결정한다. 그 후 워터마크 비트를 무작위로 삽입한다. 전치 방향이 목표 구문요소의 워터마크 비트와 상응하는지를 판단하여 상응하지 않을 경우, 목표 구문요소를 전치한다. 마지막으로, 수정된 구문트리로부터 워터마킹된 문장을 생성한다. 아래의 장에서 각 단계를 상세히 설명한다.

3.1 구문분석과 절 분할

문장의 구문분석 결과를 얻기 위해, 의존트리 구문분석기를 이용한다. 의존트리 구문분석기는 문장에서 단어들 사이에 구문 관계를 결정하는 시스템으로, 김미영 등^[10]의 구문



(그림 1) 문서 워터마킹 과정



(그림 2) 구문 의존트리의 예제

분석기를 사용한다. (그림 2)는 의존 구문트리의 예를 보여 준다. 이 트리에서, 부모 노드는 자식 노드의 구문적 지배소의 역할을 하고, 자식 노드는 부모 노드의 구문적 의존소의 역할을 한다.

비록 한국어는 인구어(印歐語)와 비교하여 상대적으로 자유로운 어순을 허용하지만, 단어가 움직일 수 있는 범위는 그 단어가 속한 절의 범위 내에서 제한되어 있다. 따라서 구문분석 후에 절 단위로 분할하여 각 단어가 이동할 수 있는 범위를 제한한다.

절 분할 절차는 다음과 같다. 첫째로, 절의 중심어가 되는 서술어를 구문 분석 결과로부터 자동으로 인식한다. 다음으로, 각 서술어에 대해 해당 자식 노드들을 그룹으로 묶어서 절을 하나씩 형성한다. (그림 3)이 절을 분할하는 예제로서, 해당 구문트리에 3개의 서술어가 존재하고, 따라서 3개의 절이 만들어진다.

3.2 목표 구문요소의 선택

한국어 구문 구성요소 중에서, 가장 고정적인 것은 서술어다. 서술어가 문장 끝에 위치하고, 나머지 문장 성분의 위치는 비교적 자유롭다. 물론 문장 안에서 문장 성분의 이동은 절대적으로 자유로운 것이 아니고 일정한 조건에서만 가능하다. 주어는 문장의 가장 앞에 위치하며, 목적어나 보어는 서술어 앞에 위치하는 것이 기본적이다. 관형어와 부사어는 그들이 수식하는 문장 성분 바로 앞에 오는 것이 기본적이다. 그런데 관형어는 어떠한 경우에도 이러한 기본 위

치에서 이동될 수 없지만, 부사어는 여러 위치로 자유롭게 이동될 수 있다^[11]. 따라서 전치를 위한 구문요소로서 가장 위치가 자유로운 부사어를 선택한다.

하지만 특정 부사어들은 위치가 고정되어 쓰인다. 접속부사어는 문두에 위치해야 하고, 용언이 아닌 문장전체/체언/부사 등을 수식하는 기능을 하는 부사어는 위치가 변하게 되면 의미적 뉘앙스에 왜곡이 생긴다. 또한 삽표가 부사어의 뒤에 붙어있는 경우 문장 내에서의 위치가 의미적 뉘앙스를 포함하므로 이러한 부사어는 전치대상에서 제외한다. 따라서 아래의 조건을 만족하는 구문요소 중 문장에서 가장 먼저 등장한 것을 전치를 위한 목표 구문요소로 선택한다.

- (a) 구문성분이 부사어이다.
- (b) 접속부사어가 아니다.
- (c) 지배소의 품사는 용언이다.
- (d) 절 내에서 전치할 공간이 존재한다.
- (e) 부사어에 삽표가 붙어있지 않다.

(그림 2)를 보면, 밑줄 그은 굵은 단어들이 부사어이다. 첫 번째 부사어 ‘매우’는 지배소가 용언이 아니라 부사이기 때문에 목표 구문요소에서 제외된다. 따라서, 5개의 부사어 중, 두 번째로 등장한 ‘과도하게’가 전치를 위한 목표 구문요소로 선택된다.

3.3 목표 구문요소에 대한 전치 방향 결정

목표 구문요소는 절 내에 같은 레벨에 있는 형제 노드들

중의 하나와 위치를 바꿀 수 있다. 전치 후 의미나 문체의 왜곡을 최대한 막기 위해, 가까운 위치의 노드와 위치를 바꾸는 것으로 가정하고, 왼쪽 가장 가까운 형제 노드와 오른쪽 가장 가까운 형제 노드, 두 노드가 전치 후보가 된다. 두 후보 중 아래의 조건을 모두 만족하는 후보를 최종 선택한다.

- (a) 전치 후 문장에서 절들의 순서가 변경되어서는 안된다.
- (b) 전치 후보는 목표 구문요소로부터 제외된 부사어가 아니어야 한다.
- (c) (a),(b) 조건을 거친 후에도 후보가 2개인 경우, 목표 구문요소와 거리가 더 가까운 후보를 선택한다. 두 후보의 목표 구문요소와의 거리가 같으면, 오른쪽을 선택한다.

왼쪽 후보가 관형절을 내포하고 있는 경우, 왼쪽 후보와 목표 구문요소의 위치를 바꾸게 되면 목표 구문요소의 뒤에 왼쪽 후보가 내포하고 있던 관형절이 위치하게 된다. 부사어는 오른쪽의 가장 가까운 절에 속하는 것이 일반적이다. 목표 구문요소 또한 부사어이므로 바로 뒤에 새롭게 위치한 관형절에 속하는 것으로 인식되어 문장이 어색해진다. 따라서 문장에서 절들의 순서를 변경시키는 전치 후보는 선택하지 않는다. 다음으로, 목표 구문요소에서 제외된 부사어는 부사어의 위치가 의미적 뉘앙스를 포함하고 있는 경우이므로, 이러한 부사어가 전치 후보인 경우 이 후보를 위치 교환 노드로 선택하지 않는다. 세 번째, 전치 후 기존의 문장과의 차이를 적게 하기 위해 두 개의 전치 후보 중 목표 구문요소에 더 가까운 것을 선택한다. 만약 목표 구문요소로부터 전치 후보에 대한 거리가 똑같으면, 오른쪽을 전치대상으로 선택하기로 한다.

(그림 3)을 사용하여 이 과정의 예를 설명해 본다. 목표 구문요소 ‘과도하게’와 같은 레벨에 있는 형제 노드들은 ‘군전력을’과 ‘대중들에게’이다. 목표 구문요소가 전치할 수 있는 위치는 (a) 또는 (b)로서, (a)는 전치 방향이 왼쪽임을 의미하고 (b)는 오른쪽임을 의미한다. 두 위치 후보 중 현재 목표 구문요소와의 거리가 더 가까운 쪽을 선택한다. (a) 위치와는 거리가 두 단어(‘우리 군전력을’) 차이이고, (b) 위치와의 거리는 한 단어(‘대중들에게’) 차이이므로 전치 방향은 오른쪽으로 결정된다.

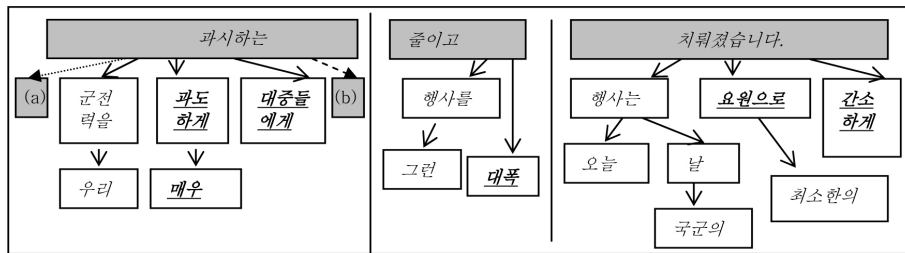
다음 과정에서 워터마크 비트와의 비교를 위하여 방향 비트를 하나 만든다. 전치방향이 오른쪽이면 해당 목표 구문요소의 방향 비트는 1로 설정하고, 왼쪽이면 0으로 설정한다.

3.4 워터마크 삽입

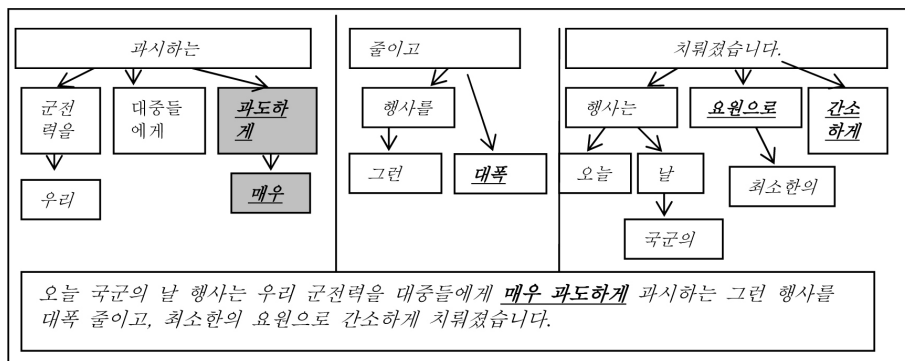
구문트리를 기반으로 하여 전치를 위한 목표 구문요소와 전치방향을 설정한 후에, 목표 구문요소에 대한 워터마크 비트를 삽입한다. 워터마크 비트는 무작위로 삽입이 되고, 워터마크 비트와 앞서 정의한 방향 비트가 일치하지 않을 경우 목표 구문요소를 전치한다. 워터마크 비트가 방향비트와 일치하는 경우에는 어떠한 변환도 일어나지 않는다.

3.5 워터마킹된 문장의 생성

노드를 움직일 때, 해당 노드의 자식 노드들도 모두 함께 움직여야 한다. (그림 4)에서, 목표 구문요소의 자식노드인 ‘매우’ 또한 함께 전치하게 된다. 목표 구문요소를 이동한 후에, (그림 4)와 같은 변경된 구문트리를 얻게 된다. 이 변경된 트리 노드들의 단어를 조합하여 최종 얻어진 워터마킹된 문장은 (그림 4)의 하단부와 같다.



(그림 3) 그림 2의 구문트리에 대한 절 분할



(그림 4) 변환된 구문트리와 최종 워터마킹된 문장

4. 실험 결과 및 토론

4.1 본 시스템의 성능

본 논문에서 제안하는 방법의 성능평가를 위해 형태소 분석기 및 태거 성능평가(Matec99) 말뭉치 중 3,000개의 설명문 문장을 사용한다. <표 1>에서 보여지는 바와 같이, 평균 단어수/문장은 18.17이다.

Topkara 등^[3,7]은 기계번역 성능평가 방법인 BLEU^[12]와 NIST^[13]를 사용하여 성능을 평가하였다. 기존 문장에 대하여 변환된 문장에서의 단어들의 거리 차이를 측정하는 이 방법은 자연어 워터마킹을 평가하기에는 충분하지 않고 정확하지도 않다. BLEU는 성능평가시 변환된 문장의 단어 위치에 매우 민감하다. 어떤 변환들(예를 들면 수동화, 부사어 전치 등)은 문장의 의미는 기존 문장과 비슷하다 할지라도 단어의 순서가 많이 바뀌게 된다. 따라서 비록 기존 문장과 같은 의미를 내포한다 할지라도 BLEU에 의한 성능평가는 좋지 못하게 된다.

자연어 워터마킹 시스템에 의해 변환된 문장이 얼마나 왜곡되었는지 평가하는 더 좋은 방법은 전체 문서 레벨에서의 왜곡도를 측정하는 것이다. 따라서 H.M.Meral 등^[1]에서 사용한 것과 같이 사람에게 의한 주관적인 평가를 측정한다. 평가 방법은 사람이 문장을 읽고서 부자연스러운 문장을 수정하게 함으로써 얼마나 많은 문장에 수정을 가하는지 평가하는 것이다. 평가자들은 워터마킹된 문서를 받고 부자연스러운 문장에 대하여 더 명확한 이해도와 정확도를 가지도록 단어의 순서를 변경하도록 요구받는다. 평가자들은 문서 워터마킹이 일어났다는 것을 모르는 상태에서 평가를 하게 된다. 다섯 명의 평가자들이 각각 600개의 문장에 대해 이상한 배열의 문장들을 체크하여 정보 은닉 용량 비율과 적용률의 성능을 알아보았다. 여기서 정보 은닉 용량 비율은 얼마나 많은 용어들에 대해서, 워터마크의 한 비트가 삽입되었는지를 의미한다. <표 2>에서, Y.L.Chiang 등^[14]의 시스템의 1:6.6은 문장에서 단어 6.6개마다 하나의 워터마크 비트가 삽입되었다는 것을 의미한다. 적용률은 전체 문장 중 워터마크가 삽입된 문장의 비율을 측정한다.

1. 워터마크 삽입 비율(정보 은닉 비율)은 1:19.85이다. (<표 2> 참조)
2. 문서에 대한 워터마크 적용률은 91.53%이다. (<표 1> 참조)

<표 1> 본 시스템의 성능

문장의 개수	3000
평균 단어/문장	18.17
워터마크 비트를 삽입하기 위해 선택된 문장	91.53%
워터마킹된 문장 중 부자연스러운 문장	23.16 %
워터마킹되지 않은 문장 중 부자연스러운 문장	13.39%

<표 2> 적용률과 정보 은닉 용량에 대한 성능 비교

	Y.L. Chiang ^[14]	본 시스템
적용률	6.7%	91.53%
정보 은닉 용량비	1:6.6	1:19.85

3. 변환이 일어난 문장들 중 어색한 문장의 비율은 23.16%이다. (<표 1> 참조)

4. 변환이 일어나지 않은 문장들 중 어색한 문장의 비율은 13.39%이다. (<표 1> 참조)

4.2 토론

H. M. Meral 등^[1]의 시스템, Y. L. Chiang 등^[14]의 시스템과 다루고 있는 알고리즘, 언어, 성능 면에서 비교를 하면 다음과 같다. H. M. Meral 등^[1]은 터키어를 대상으로 문서 워터마킹을 하기 위해 21개의 구문적 도구를 제안했고 본 논문과 같이 사람에게 의한 주관적인 평가를 측정한다. 이 방법은 본 논문과 마찬가지로 교착어를 대상으로 구문적 변환을 하고 있고, 평가방법 또한 동일하므로 객관적인 성능비교가 가능하다. Y. L. Chiang 등^[14]은 중국어를 대상으로 하고 있고 의미적 변환을 수행하여 해당 중국 단어를 동의어로 치환하는 방법을 택하고 있으며, 실제 워터마킹에 있어서 중요한 정보 은닉 용량비를 보여주고 있기 때문에 성능비교의 시스템으로 사용한다.

<표 1>에서 알 수 있듯이 워터마크 비트를 삽입하기 위해 선택된 문장의 비율은 91.53%이고, 이것은 Y.L.Chiang 등^[14]의 적용률보다 높다. 사람에게 의한 평가 결과 평균 문장의 수정 비율은 22.33%이고, <표 3>에서 보여진 것과 같이 H.M.Meral 등^[1]의 결과보다 좋은 성능을 보여준다.

<표 1>은 변환이 발생한 문장과 그렇지 않은 문장들 중 어색하다고 평가된 문장의 비율을 보여준다. 실제 변환이 발생한 문장들 중 부자연스럽다고 인식된 문장의 비율이 변환이 발생하지 않은 문장들 중에서 부자연스럽다고 판단된 문장의 비율에 비해서 많기는 하나, 실제 시스템에서 적용 가능한 성능이라고 판단한다.

본 논문의 시스템에서, 용량 비율은 1: 19.85로서 <표 2>에서 알 수 있듯이 Y.L.Chiang 등^[14]보다 좋지 못한 용량비율이다. 하지만 본 논문의 시스템은 더 좋은 적용률을 보이고 있고 워터마킹 후에 왜곡되지 않은 정보의 내재와 자연스러운 문체를 장점으로 가지고 있다. 또한 한 문장에서 전치를 위한 목표 구문요소를 여러 개 선택하도록 알고리즘을 수정하면 향후 정보 은닉 용량을 늘일 수 있다. 따라서 구문요소의 전치를 기반으로 한 자연어 워터마킹이 의미나 구문의 왜곡 없이 문서를 워터마킹하는 데 좋은 방법이라는 것을 실험을 통해 보였다.

<표 3> 수정률에 대한 성능 비교

	H. M. Meral ^[1]	본 시스템
수정률	55.9%	22.33%

5. 결론

본 논문은 구문요소의 전치를 기반으로 하여 자연어에 대한 워터마킹을 제안한다. 교착어는 어순이 상대적으로 자유롭다는 특징을 이용하여, 대표적인 교착어인 한국어를 대상으로 구문 트리에서 부사어의 전치를 수행하였다. 전체적인

과정은 일곱 단계로 나뉜다. 먼저, 기본 문장의 구문분석을 수행한다. 두 번째로, 구문트리를 절 단위로 나눈다. 세 번째로, 전치를 위한 목표 구문요소로서 부사어를 선택한다. 네 번째로, 목표 구문요소에 대한 가장 자연스러운 전치 방향을 해당 절의 범위 내에서 결정한다. 그 후에, 워터마크 비트를 삽입한다. 만약 목표 구문요소 전치의 방향이 워터마크 비트와 상충하지 않으면, 전치를 수행한다. 최종적으로 변환된 구문트리로부터 워터마크된 문서를 획득한다.

실험 결과로부터, 본 방법의 적용률이 91.53%이고, 부자연스러운 문장으로 인식된 비율은 22.33%로서 기존의 방법들보다 좋은 성능을 보였다.

본 논문에서 보여주는 구문요소의 전치를 기반으로 한 방법은 어순이 자유로운 교착어의 워터마킹에 있어서 유용하다. 하지만 교착어에 속하지 않는 타 언어에 있어서도, 제한된 범위에서 전치가 가능한 구문요소들이 존재한다. 이러한 특징을 사용하여, 타 유형의 언어에도 적용하여 이 방법의 효과를 검증해 보고자 한다.

또한 정보 은닉 용량비를 높이기 위하여 한 문장에서 전치를 여러 번 수행하는 알고리즘을 향후 개발하는 것이 목표인데, 이 때 한 문장에서 전치가 여러 번 수행되면 전치대상 부사어가 인접해 있는 경우, 원래 문장으로 복귀시 여러 경우의 수가 생긴다. 따라서, 한 문장에서 전치를 여러 번 하기 위해서는, 이에 따른 알고리즘의 깊은 고려가 필요하다. 또한, 현재 한국어에서 보조사의 격을 할당하여 격조사로 치환하는 방법, 서술명사를 명사+서술어 형태로 두 단어로 분할하는 방법 등 다양한 알고리즘들을 고려 중이다.

참 고 문 헌

- [1] H. M. Meral, E. Sevinc, E. Unkar, B. Sankur, A. S. Ozsoy and T. Gungor, "Syntactic tools for text watermarking," In *Proc. of the SPIE International Conference on Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents*, pp.1-12, 2007.
- [2] I.Cox, M. L. Miller, J. A. Bloom and M. Kaufman, "Digital Watermarking," *Digital Watermarking*, pp.1-40, 2002.
- [3] M. Topkara, C. M. Taskiran and E. J. Delp, "Natural language watermarking," *SPIE Conf. On Security, Steganography and Watermarking of Multimedia Contents*, pp.441-452, 2005.
- [4] C. M. Taskiran, M. Topkara and E. J. Delp, "Attacks on linguistic steganography systems using text analysis," *SPIE Conf. On Security, Steganography and Watermarking of Multimedia Contents*, pp.313-336, 2006.
- [5] U. Topkara, M. Topkara and M. J. Atallah, "The hiding Virtues of Ambiguity: Quantifiably Resilient Watermarking of Natural language Text through Synonym Substitutions," In *Proc. Of ACM Multimedia and Security Conference*, pp.164-174, 2006.
- [6] M. J. Atallah, V. Raskin, M. Crogan, C. Hempelmann, F. Kerschbaum, D. Mohamed and S. Naik. "Natural language watermarking: design, analysis, and proof-of-concept implementation," In *Proc. of the International Information Hiding Workshop*, pp.185-199, 2001.
- [7] M. Topkara, U. Topkara and M. J. Atallah, "Words are not enough: sentence level natural language watermarking," In *Proc. of 4th ACM Workshop on Content Protection and Security* (in conjunction with ACM Multimedia), pp.37-46, 2006.
- [8] M. Atallah, V. Raskin, C. F. Hempelmann, M. Karahan, R. Sion, K. E. Triezenberg and U. Topkara, "Natural language watermarking and tamperproofing," *Lecture Notes in Computer Sciences*, pp.196-212, 2002.
- [9] Osamu Takizawa, Kyoko Makino, Tsutomu Matsumoto, Hiroshi Nakagawa and Ichiro Murase, "Method of Hiding Information in Agglutinative Language Documents Using Adjustment to New Line Positions". *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems(KES)* (3) pp.1039-1048, 2005.
- [10] M. Y. Kim, S. J. Kang and J. H. Lee, "Resolving Ambiguity in Inter-chunk Dependency Parsing," In *Proc. of the Sixth Natural Language Processing Pacific Rim Symposium(NLPRS)*, pp.263-270, 2001.
- [11] 권재일, "한국어 문법의 연구", 서울:박이정, 1994.
- [12] K. Papineni, S. Roukos, T. Ward and W. Zhu, "Blue: a method for automatic evaluation of machine translation" In *Proc. of 40th Annual Meeting of the ACL*, pp.311-318, 2002.
- [13] National Institute of Standards and Technology. Machine translations benchmark tests provided by national institute of standards and technology. In <http://www.nist.gov/speech/tests/mt/resources/>
- [14] Y. L. Chiang, L. P. Chang, W. T. Hsieh and W. C. Chen, "Natural language watermarking using semantic substitution for Chinese text," *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 129-140, 2004.



김 미 영

e-mail : miykim@sungshin.ac.kr

1995.3~1999.2 포항공과대학교 컴퓨터공학과 학사졸업

1999.3~2005.8 포항공과대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사졸업

2006.3~현재 성신여자대학교 컴퓨터정보학부 전임강사

관심분야 : 자연언어처리, 정보검색, 텍스트마이닝, 바이오인포매틱스 등