韓國 軍事運營分析 學會誌
第14卷 第2號, 1988. 12. 31.

디지탈映像處理技術의 軍事的 應用硏究
(Digital Image Processing Techniques and its Military Applications)

南 晩 權*

要 略

本 硏究는 디지탈映像處理技術에 대한 一般的 應用技法을 紹介하고 이 技術이 軍事體系의 綜合 情報化 및 自動化體系 構築을 위해 適用될 수 있는 應用可能分野를 軍事行政, 情報/通信, 作戰, 武器體系別로 識別함으로서 開發에 필요한 技術蓄積의 必要性을 提供하고 기타 先進國을 中心으로 이미 開發하였거나 推進되고 있는 몇가지 軍事的 應用事例를 통하여 映像情報의 軍事的 利用價値에 대한 重要性을 提示하고 있다.

1. 序 論

디지탈映像處理(Digital Image Processing : DIP)技術은 지난 수십년동안 디지탈 컴퓨터 및 디지탈信號處理技術의 발전과 함께 광범위한 응용분야를 가진 尖端科學技術의 한 부문으로 성장해왔다. DIP技術은 오늘날 電氣 및 電子工學, 컴퓨터工學, 情報科學, 統計學 등 각종 전문분야와 밀접히 관련된 綜合技術分野로 대두, 선진국을 중심으로 人工知能(Artificial Intelligence : AI)의 映像理解技術, 로보틱스(robotics)의 컴퓨터 視覺技術 및 綜合情報通信網

* 육군본부

(ISDN)의 映像情報通信技術의 핵심과제로서 學界 및 産業體의 주요 연구개발대상이 되고 있다.

DIP技術이 광범위한 應用可能分野가 식별됨에 따라 그동안 활발한 硏究가 추진되어 왔음에도 불구하고 실제적인 應用事例는 아직 미진한 실정에 있다. 이는 일반적인 컴퓨터 데이타通信이나 音聲信號(speech signal) 處理와는 달리, 映像信號(image signal)의 경우 2차원 또는 3차원의 picture-frame set가 구성하는 엄청난 情報量으로 인해 超高速의 컴퓨터處理 및 傳送能力을 필요로하는 동시 超集積의 記憶素子가 요구되기 때문에 아직도 이의 實時間處理에 많은 기술적 어려움이 있는 것이다. 그러나 최근 半導體, 마이크로프로세서, 디지탈信號處理 등 관련기술의 집약적 발전으로 DIP技術은 가까운 장래 科學, 産業, 醫學, 行政, 軍事 등 다방면에 걸쳐 次期情報通信시스템의 主役이 될 것으로 전망된다.

본고에서는 이러한 DIP技術에 대한 일반적 應用技法을 소개하고 DIP기술이 軍事分野에서 폭 넓게 응용될 것으로 기대되고 관심이 집중되고 있는 몇가지 應用可能分野와 선진국을 중심으로 제한적으로 추진되고 있는 開發事例를 살펴보기로 한다.

2. 디지탈映像處理技法

DIP技術이 응용되기 위해 필요한 關聯技法은 크게 3가지로 구분된다. 즉, 획득된 image의 visual quality를 높이는 문제, 획득된 image에서 특정정보를 抽出해내는 문제, 그리고 획득된 image를 最小의 情報量으로 수신자에게 傳送하는 문제로 분류될 수 있다. 이들 技法에 대하여 간단히 설명하면 다음과 같다.

가. Image Restoration/Enhancement 技法

Image의 視覺效果를 향상시키기 위한 DIP技法 사용은 70년대이후 宇宙科學 및 bio-medical분야에의 응용연구를 중심으로 시작되었다. 대표적인 응용예로서, 宇宙科學分野에서 각종 衛星寫眞處理, 醫學分野에서 X-ray사진 및 biomedical image분석, 環境工學分野에서 航空 및 衛星撮影에 의한 地表面 汚染패턴분석, 考古學分野에서 損傷된 그림의 復元 등이 있다.

Image restoration技法은 획득한 image가 부분적으로 損傷된 경우 이를 再生시키는 방법이다. 이는 image시스템에서 에러발생 요인이 없을 경우 生成되는 理想的 image형태를 예측하여 復元시키는 일종의 estimation process이다. 따라서 image시스템의 物理的 要素인 image digitizer 또는

image display裝置에 의해 발생한 image degradation 수준을 公式化하는 모델링 과정이 요구된다. 예를들어, 획득한 image가 blur상태인 경우 적절한 deblurring 函數를 사용하여 復元시키는 작업이 이에 해당한다. 이에 반하여, image enhancement技法은 특정 분석목적을 위해 image quality를 upgrade시키는 方法으로 edge부분이 선명히 드러나도록 하는 image sharpening方法과 각종 noise를 除去 또는 減少시키는 image smoothing方法이 있다.

나. Image Pattern Recognition 技法

이 技法은 컴퓨터비젼 또는 image under standing技法의 기초가 되는 것으로 image가 포함하고 있는 세부정보 즉, 대상물의 位置, 速度, 거리, 形象認識 등을 종합적으로 해석하는데 그 목적이 있다. 이 技法의 대표적인 응용분야는 自動文字認識, 自動指文處理, 部品結合 및 倹素을 위한 産業用로보트임무, 軍事的 偵察 및 監視임무, X-ray 및 血液標本의 screen처리, 氣象豫報 및 農作物 測定을 위한 위성사진처리 등이 있다. 이 技法은 크게 4가지로 segmentation, regional description, relational description 및 similarity description으로 구분할 수 있다.

Segmentation은 주어진 image를 수개의 特徵的 區域으로 分割하는 작업으로서 航空偵察의 경우 山岳地域, 住居地域, 農耕地域 등으로 分割 識別하는 작업이 이에 해당한다. Segmentation은 분할된 구역내의 세부 구성요소에 대한 形態識別 작업이며, relational description은 분할구역내의 개별 구성요소들을 相關關係 構造로 結合시킴으로서 각 구성요소들의 實體를 理解推定하는 작업이다. similarity description은 image registration이라고도 하며 한 映像 또는 다수의 映像으로부터 다음과 같은 情報를 얻어내는 것이 그 목적이다.

(1) 각기 다른 센서로부터 얻은 두개 또는 그 이상의 映像으로부터 同一한 物體에 대한 特徵을 抽出할 경우
(2) 한 物體에 대해 서로 다른 時間에서 얻은 두 映像으로부터 그 物體의 움직임을 推定할 경우
(3) 한 物體에 대해 서로 다른 位置로부터 얻은 두 映像을 이용하여 카메라로부터의 거리와 3차원적 情報를 얻을 경우
(4) 한 映像내에 주어진 特定物體의 位置를 찾아내는 경우

Image registration에 대한 연구는 최초 文字認識에 응용되었고 현재는 衛星寫眞分析, 로보트비젼, 映像追跡裝置 등 여러 분야에 응용되고 있으며, 대표적인 registration技法으로 correlation coefficient方法,

template matching 方法 및 feature matching方法 등이 있다.

다. Image Compression/Transmission 技法

情報傳達에 있어서 映像通信技術을 이용할 경우 音聲이나 기타 文字傳送 方法보다 훨씬 효과적이고 신뢰도가 높다는 것은 의문의 여지가 없다. 이와같은 映像情報의 價値를 인식하여 이 분야의 關聯技術을 開發하고자 미국 및 일본을 중심으로 이미 많은 연구가 실시되어 왔으나 情報量의 過多로 그 實現에 많은 어려움을 겪고 있다. 예를 들어, 일반전화의 경우 초당 3,100bits의 情報傳達 速度이면 送受信이 가능하나 TV크기의 黑白映像은 초당 450만bits가 필요하게 된다. 따라서 전화선을 이용하여 映像을 送信하는데 약 1,200回線이 소요된다. 이러한 문제의 해결을 위한 핵심이 바로 映像資料 壓縮技術이다. 즉 映像情報의 損失을 最小化시키면서 映像資料를 最大限 壓縮하고자 하는 것이다. 映像資料를 壓縮시킴으로서 얻는 기대효과는 (1)映像資料의 傳送速度를 높이고, (2)映像資料 傳送에 필요한 通信回線數를 줄이며, (3)傳送 power가 감소되고, (4)memory 容量이 절약됨으로서 결국 情報通信費用을 절감하는 동시에, 적은 노력 및 시설소요로 映像情報通信이 가능하게 되는 점이다.

映像資料 壓縮技術은 image data의 統計的 相關關係를 주로 이용한 것이었으나 최근에는 人間의 視覺的 特性과 映像의 特徵成分을 최대한 이용함으로서 壓縮效率을 높이고자 노력하고 있다. 실험에 의하면 人間의 視覺情報는 초당 50bits 속도에서 識別이 가능하다. 현재의 TV코딩시스템은 초당 약5천만bits를 사용하고 있으므로 情報理論學上 映像壓縮技法의 改善은 분명히 상당한 여지가 있는 것이다. 映像코딩에 관한 대표적인 技法은 4가지로 空間領域코딩(spatial domain coding), 變換코딩(transform coding), 프레임간코딩(interframe coding), 및 하이브리드코딩(hybrid coding)으로 區分할 수 있다.

空間領域코딩의 代表的技法인 DPCM (Differential Pulse Code Modulation)技法은 이미 코드화된 sample값을 이용하여 현재 sample값에 대한 예측값을 구한 다음 예측오차값을 量字化(quantization)하고 코드화함으로서 데이타를 壓縮하는 방법으로 시스템구성이 비교적 간단한 반면 壓縮率은 그다지 높지 않은 단점이 있다. 變換코딩技法은 임의의 2차원 變換을 사용하여 각 block의 N sample間의 相關關係를 줄인다음 이를 量字化하여 데이타를 壓縮하는 방법으로 壓縮性能이 높은 반면 계산

및 H/W구성이 복잡한 단점이 있다. Interframe코딩技法은 動的映像의 경우 연속적 frame間 또는 동일 frame 內部에 존재하는 sample의 同質性을 統計的 相關關係를 이용 제거한후 量字化하여 데이타를 壓縮하는 방법이다. 따라서 interframe코딩技法은 object自體의 motion變化를 포함해서 카메라의 motion, panning 및 zooming現像이 빈번히 나타나는 TV와 같은 動的映像을 傳送할 경우 매우 적합한 技法이다. 현재까지 제시된 技法중 motion compensation技法 및 3-D recursive least-square ladder技法이 가장 實效性이 있는 것으로 알려져 있다. Hybrid코딩技法은 變換코딩技法과 豫測코딩技法의 장·단점을 절충한 技法으로 個別的 코딩技法보다 壓縮效率은 다소 높지만 계산이 복잡하고 시스템구성이 어려운 단점이 있다.

映像情報 通信技術의 일반적 응용분야로서는 팩시밀리, video-tex, 映像會議, 映像電話, 映像講義, 디지탈寫眞傳送, 映像檢索시스템 등 다양하게 존재한다. 현재 팩시밀리는 그 사용이 보편화된 단계에 있으나 가까운 시일에 性能向上과 함께 칼라映像通信이 가능한 시스템이 出現할 것으로 예상된다. video-tex의 경우 黑白의 圖形이나 그림만을 傳送해 왔으나 장차 다양한 형태의 칼라映像과 音聲情報를 同時에 처리할 수 있도록 그 기능이 보강되고 있다. 映像會議시스템은 國家間 또는 國內 長距離 會議 手段으로서 教育, 行政, 外交, 軍事 등 다양한 목적으로 보다 빈번히 사용될 것으로 전망되며, 映像電話는 장차 光케이블 사용으로 公衆電話網 이용이 가능한 것으로 예상된다.

映像教育은 衛星通信에 의한 研修network 시스템이 수년내 미국과 일본에서 설치될 계획에 있는 단계에 이르렀으며 강사와의 대화나 질문은 물론 팩시밀리나 tele-text를 이용 hand-out배포 및 report제출도 가능한 것으로 예상된다. 디지탈寫眞傳送分野에서도 신문 및 출판물의 長距離 寫眞傳送을 위해 이 技術이 사용된다. 또한 각종 監視用 閉鎖回路 TV운용, 衛星通信寫眞傳送, medical image의 장거리 傳送에 의한 醫療診斷시스템 역시 이 技術의 사용이 예상된다. 현재 進行되고 있는 研究趨勢를 볼때 映像情報 通信技術은 장차 情報通信서비스 分野에서 그 重要性이 획기적으로 증대될 것으로 전망되며 ISDN구축이 完成될 경우 보다 광범위한 應用分野가 出現할 것으로 예상된다.

3. DIP技術의 軍事的 應用可能 分野

DIP技術의 軍事的 應用可能分野는 一般的 應用可能分野와 비교하여 다소 制限的

으로 存在한다고 말할 수 있다. 따라서 DIP技術을 軍事分野에서 선택적으로 사용할 경우 軍事的 應用可能分野는 거의 制限이 없을 것이다. 특히 그 중에서 C^3I, 早期警報, 戰場監視, 電子戰시스템 등 軍事情報/通信分野에 대해서는 DIP技術 適用이 必然的으로 요구된다고 보겠다. 軍의 각 機能別로 DIP技術의 應用可能分野를 열거하면 表1과 같다.

表1. DIP技術의 軍事的 應用可能分野

區 分	映像資料解釋	映像資料壓縮	映像情報通信
人事/行政		· 각종文書의 디지탈 database化 · 각종寫眞 및 비데오 資料 database化	· 팩시밀리 등을 이용한 각종 文書의 送受信 · 주요業務遂行을 위한 映像電話 利用
情 報	· RPV偵察寫眞處理 · 航空 및 衛星寫眞解讀 · 戰場監視 radar 映像 解析 · 航空/衛星撮影에 의한 地圖製作 · 映像感知器에 의한 標的 識別	· 軍事地圖의 디지탈 database化 · 각종 映像情報寫眞의 디지탈 database化	· 航空 및 衛星偵察寫眞의 電子式 傳送 · 特定軍事統制區域에 대한 TV監視網 運用 · 友邦國間 軍事映像 情報交換
作戰/教育	· 軍事用 無人車輛/로보트 運用 · 각종미사일의 自動目標 追跡 · 디지탈 軍事地圖의 電算處理 · 航空機 操縱士 任務 支援 · 砲兵觀測 自動化	· 각종 狀況圖 및 狀況報告書의 디지탈 database化	· 戰時 C^3I 運用時 指揮官/參謀機能의 映像情報 通信 體系化 · 運用通信回線을 통한 軍事教育研修 network 驅逐 · 映像會議시스템을 이용한 戰術討議 및 指揮官會議 · 戰·平時주요멧세지 및 狀況報告書 送受信
其 他	· 軍事工場自動化 · 軍需品在庫 點檢	· 각종 軍事裝備 目錄의 디지탈 database化	· 軍 醫療支援시스템 運用

表1에서 例示한 3가지 주요 응용기술 중 映像資料解析은 軍事的 應用側面에서 볼때 특히 중요한 役割과 意味를 갖는다. 즉, 未來戰 양상은 일종의 電子戰 또는 情報戰爭의 형태가 될 것이므로 비록 DIP技術을 효과적으로 적용한다 하더라도 이것이 自動化體系로 구축되지 않는다면 결국 判斷에 誤謬를 범하기 쉬운 신뢰성 문제가 대두될 가능성이 있는 것이다. 여기서 말하는 自動化體系는 곧 人工知能(AI)技術과 결합된 DIP기술을 의미한다. 즉, DIP技術의 한 分野인 image pattern recognition을 image understanding 또는 computervision水準으로 발전시킴으로서 복잡하고 불확실한 戰場環境下에서 보다 높은 生存性을 보장하는 知能的인 視覺機能의 遂行이 가능토록 해야만 되는 것이다.

4. 人工知能과 結合한 DIP技術의 軍事的 應用事例

今世紀내에 각종 주요 軍事裝備體系는 AI技術 적용이 장비운용상 費用節減 및 效率性 向上에 크게 기여할 것으로 보인다. 각종 電子센서 및 武器體系가 고도로 技術化되고 超高速 컴퓨터 使用이 가능해지는 상태에서 意思決定權者가 적절히 決心하기 어려운 critical한 狀況일수록 專門家와 잘 협조된 AI시스템이야말로 그러한 意思決定의 gap을 보완해주는 유일한 수단이 될 것이다. AI技術을 이용한 軍事的 應用시스템은 선진국을 중심으로 이미 제한적으로 개발된 바 있다. 그러나 戰場環境下에서 높은 生存性을 가지며 狀況을 實時間으로 처리할 수 있는 각종 S/W 및 關聯學問의 未成熟으로 아직도 많은 연구와 노력을 필요로 하고 있다. 다음에 제시하는 軍事用 로보트와 레이다 標的識別시스템은 AI技術과 결합된 DIP技術, 즉 映像理解技術의 대표적인 適用事例가 될 것이다.

가. 軍事用 로보트의 computer vision 시스템

오늘날 電子工學 및 컴퓨터技術의 발달로 工場自動化(Factory Automation : FA)가 진행되고 FMS(Flexible Manufacturing System)가 高度化됨에 따라 人間의 知識能力까지 機械로 實現코자하는 요망이 AI技術의 개발에 이르렀으며 이의 軍事分野 應用중의 하나가 知能戰術로보트이다. 최근 개발한 知能로보트는 기본적 視覺能力과 觸覺能力을 사용해서 대상물의 image나 pattern을 認識하고 音聲情報를 받아서 자료의 異論的 處理와 推論이 가능한 능력을 가지고 있다. 이 중 人間의 視覺機能에 해당하는 컴퓨터비전시스템이 현재 가장 集中的 硏究分野가 되고 있다.

미 육군은 1981년 로보트技術을 未來戰場 武器의 主流에 포함시키기로 하고 戰鬪차량 로보트, 機動원거리조종 對機甲로보트, 및 物質運搬 로보트분야에 대한 R/D투자를 결정하였다. 이계획은 AMC/TRADDC산하에 있는 AI/Robotics steering 위원회를 發足시켰으며, 이 위원회는 ASB(Army Science Board)와 공동으로 政策을 결정하며 課題는 HEL(Human Engineering Lab), ETL(Engineer Topographic Lab), AAC (Army Armor Center)기관들과 공동 추진해 나가고 있다. 이들 硏究機關들은 현재의 로보트技術을 더욱 향상시키기 위해 音聲對話技術 및 移動技術分野에 연구를 집중하고 있다. 특히 computer vision분야의 주요 硏究開發 노력을 들면 3차원 映像認識, 連續映像解析, 및 color認識技術로서 今世紀내에 이들 技術의 開發 및 應用體系가 완성될 것으로 전망된다.

軍事的 任務遂行에 활용 가능한 知能로보트技術에 대한 基本的 構想은 위험도가 높은 임무수행, 즉 NBC지대 오염제거, 위험지대 정찰임무, 감시정보분석 등을 로보트 차량이나 다리를 가진 移動로보트에 의해 自動處理하는 것이다. 映像을 이용하는 無人차량(autonomous land vehicle : ALV)은 현재 카네기멜론, 매릴랜드 大學 등에서 실시 중인 미 국방성 DARPA의 프로젝트로서 並列處理 컴퓨터의 이용, color정보의 추가, stereo vision 등의 연구가 병행 진행되고 있다. 이러한 無人차량은 視覺認識能力을 보유함으로서 포장도로는 물론 野地에서의 走行 및 方向轉換能力과 自然 및 人工障碍物 回避能力, 彼我識別能力까지 발휘할 것으로 예상된다.

나. Radar Target Classification 시스템

현대의 radar體系는 2차대전이후 기술발전을 거듭한 후 이제 다양한 標的에 대하여 高解像度(high resolution)의 2차원 radar image를 生成할 수 있는 수준에 달하였다. 최근 미 국방성은 이러한 최신 성능의 감시용 radar를 AI技術과 적절히 結合시킴으로서 SDI를 비롯한 軍事防衛體系에 다각도로 응용할 계획을 세우고 있다. 실제 미국방성산하 AI & DS(Advanced Information & Decision Systems)에서 개발한 소프트웨어에 의하면 ISAR(Inverse Synthetic Aperture Radar) image로부터 AI技術을 이용 함정형태를 自動識別해 내는 radar 映像情報의 自動化體系 技術을 포함하고 있다. 즉, 함정식별의 경우 radar의 viewing角度, 함정자체의 roll 또는 pitch 등 다양한 變化要因을 극복할 수 있는 레이다 標的識別(radar target classification : RTC)시스템을 개발한 것이다.

RTC시스템의 알고리즘을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 signal processing에 의해 함정에 대한 radar signal을 생성한후 2-D radar image를 획득한다. image smoothing, edge detection 등 image형태의 檢索作業을 DIP技法 및 pattern 理解知識基盤을 이용하여 함정image와 유사한 類型의 함정모델을 推定한다. RTC시스템은 추정한 함정모델과 image와의 matching작업을 통해 함정유형의 實體를 識別하게 된다. 이러한 과정을 5개 step으로 구분하면 다음과 같다.

step 1 : radar image로부터 특징적인 外形을 抽出한다(feature extraction).

step 2 : 추출된 형태에 대한 함정유형을 推定한다(feature understanding).

step 3 : 推定한 함정유형의 추가적인 특징을 예측한다(feature prediction).

step 4 : 예측된 형태와 image를 matching한다(feature verification).

step 5 : 認識結果를 최종 해석한다.

step 2, 3, 4는 최종식별에 도달할때까지 함정유형에 대한 가정을 변경해가면서 반복된다. 檢索 및 推論과정은 AI技術의 대표적인 지식표현기법인 if-then 문장형태를 사용하며 推論結果는 신뢰도 값으로 주어진다. 예를들면,

If : (1) image가 함정의 side-view를 나타내고,
(2) 추정한 함정모델의 최상단 구조물과 image의 것과는 동일한 위치임.

Then : 추정한 모델과 image와는 0.5의 certainty로서 동일하다.

RTC시스템의 rule-base가 각 함정모델별로 적용된 것을 例示하면 아래와 같다.

함정유형	Certainty Value
A	1.60
B	-0.39
C	2.33
D	2.18
E	-2.26

가장 높은 certainty value를 나타낸 C型 함정이 選定될 것이나 D型 역시 근사치를 보임으로서 이 두 類型을 보다 세밀히 比較識別하는 작업이 요구된다. 이때 두 모델의 정교한 구조물특징(radar위치, 미사일발사대 등)을 image와 比較할 경우 C型 함정이 최종 식별한다.

RTC와 같은 標的探索 및 識別시스템은 상기 radar image 뿐 아니라 각종 自動/半自動映像sensor에 의한 標的獲得시스템에도 適用될 수 있다. 映像解析을 위한 RTC 시스템과 같은 知識基盤 接近法은 현실적인 응용체계에서 가장 보편적 AI技法으로 알려져 있으며, 기타 응용 가능분야로서는 高空 및 低空浸透航空機의 識別, 晝間 및

夜間 地上移動標的의 識別, 特定固定標的의 自動化識別 등이 있다.

5. 結 論

지금까지 軍事的 應用을 위한 디지탈映像處理技法에 관하여 一般的 技法, 應用可能分野 및 應用事例를 中心으로 살펴보았다. 오늘날 컴퓨터의 대량보급과 함께 각종 尖端科學技術의 飛躍的인 발전으로 情報化時代에 살고있는 우리로서 情報 또는 情報通信의 의미는 단순히 情報서비스 정도의 단계를 넘어 이제는 情報戰爭이란 말이 나올 정도로 그 價値를 인정받고 있는 것이다. "A picture is worth 1,000 words"란 말이 있듯이 映像情報는 音聲 또는 文字情報보다 훨씬 많은 정보를 내포하고 또한 높은 신뢰도를 제공하기 때문에 映像情報의 軍事的 利用價値는 그 重要性이 날로 증대되고 있는 것이다. 본고에서 살펴본 바와 같이 디지탈映像處理技法의 軍事分野에의 應用은 軍事行政, 情報/通信, 作戰, 武器體系 등 각 분야에 걸쳐 광범위하게 존재하고 있으며 開發에 필요한 技術이 畜積된다면 우리 軍에서도 충분히 開發, 活用할 수 있을 것으로 생각된다. 더우기 DIP技術과 밀접히 관련된 人工知能技術 또는 專門家시스템 역시 동시에 연구하여야 할 분야로 생각되며 현재 이러한 技術의 開發 必要性에 대한 軍 關係官들의 見解도 매우 樂觀的인 것으로 본다.

參考文獻

1. R. C. Gonzalez and P. Winte, "Digital Image Processing, "Addison-Wesley Publishing Company, 1977
2. W. K. Pratt, "Digital Image Processing, "John Wiley & Sons. Inc., 1978
3. A. K. Jain, "Image Compression : A Review, "Proc. IEEE, Vol. 69, Mar. 1981
4. B. P. McCune and R. J. Drazovich, "Radar with Sight and Knowledge, " Defense Electronics, Vol. 15, Aug, 1983.
5. R. L Simpson, "Applications of AI Capability in C3, "Signal, Vol. 40, Aug. 1986.
6. M. K. Nam, "Adaptive Linear Predictive Coding of Time-varying Images, "IEEE J. on Selected Areas on Communications, Aug. 1987
7. 최중수, "人工知能의 世界", 방한출판사, 1986.
8. 안태영, "미래전에서의 로보트", 國防과 技術, 1987. 6.
9. 김종상, "데이타통신 및 컴퓨터 통신", 희중당, 1987.