

# 最近 車輛센서의 研究開發現況

李 根 喆  
(高麗大 大學院)

■ 目 次 ■

- 1. 序 言
- 2. ATICS의 交通情報收集

- 3. 現在 研究開發中인 車輛센서

## ① 序 言

効率的으로 信號를 制御하고 또한 適切한 交通情報를 提供하기 위하여는 情報의 收集이 매우 重要하다. 從來의 車輛感知器는 무우프式이나 超音波式이 主流을 이루고 速度나 車種등의 詳細한 情報를 收集할 수 없었으나 最近에는 電子通信技術과 情報處理技術등의 發展으로 새로운 센서가 開發되고 있다.

本稿에서는 日本交通管理技術協會에서 研究開發을 進行하고있는 自動車交通情報시스템(ATIS: Automobile Traffic and Information Control system)中 車輛센서에 關係되는 部分만 拔萃하여 要約한 것이다.

自動車交通情報化시스템(ATICS)이란 現在에 處해있는 道路環境에 있어서 道路交通에 관한 全體의 狀況을 情報化하고 이를 根據로하여 信號制御나 運轉者에 情報提供을 效果的으로 行하여 交通의 誘導와 分散등을 圖謀함과 同時에 交通滯症이나 交通事故 및 自動車交通에 起因하는 交通公害등을 解消하여 보다 安全하고 丹滑하게 快適한 自動車交通의 實現을 行하는데 目的이 있는것이다.

그림 1은 ATICS의 研究開發內容을 나타낸 것으로서 이미 1978년부터 研究調查活動을 開始하여 主로 交通情報收集, 交通情報化, 交通情報傳達, 交通信號制御 및 交通誘導등의 테마로 나누어 研究를 進行하였으며 研究成果로는 側路通信과 LED式의 情報板 및 光學式 交通流計測裝置등이있어 이미 全國에 實用化되고있다.

## ② ATICS의 交通情報收集

交通情報의 收集은 ATICS의 各서비스시스템의 基礎가되며 交通量, 交通流, 速度, 交通事故, 交通滯症, 交通公害의 發生, 駐車場, 파킹메타의 運用狀況 등 各種交通情報를 有効適切히 收集하고 더우기 보다 正確이 把握하는 交通情報收集機器의 開發이目的인 것이다.

### (1) 收集해야 할 情報

收集한 情報를 檢討할 경우 먼저 使用目的에 따라서 出力情報를 檢計하고 이로부터 出力情報를 얻기 위하여 어떠한 情報를 收集, 保有해야 하는가를 檢討한다.

#### a. 交通情報收集시스템으로서 出力해야 할 情報

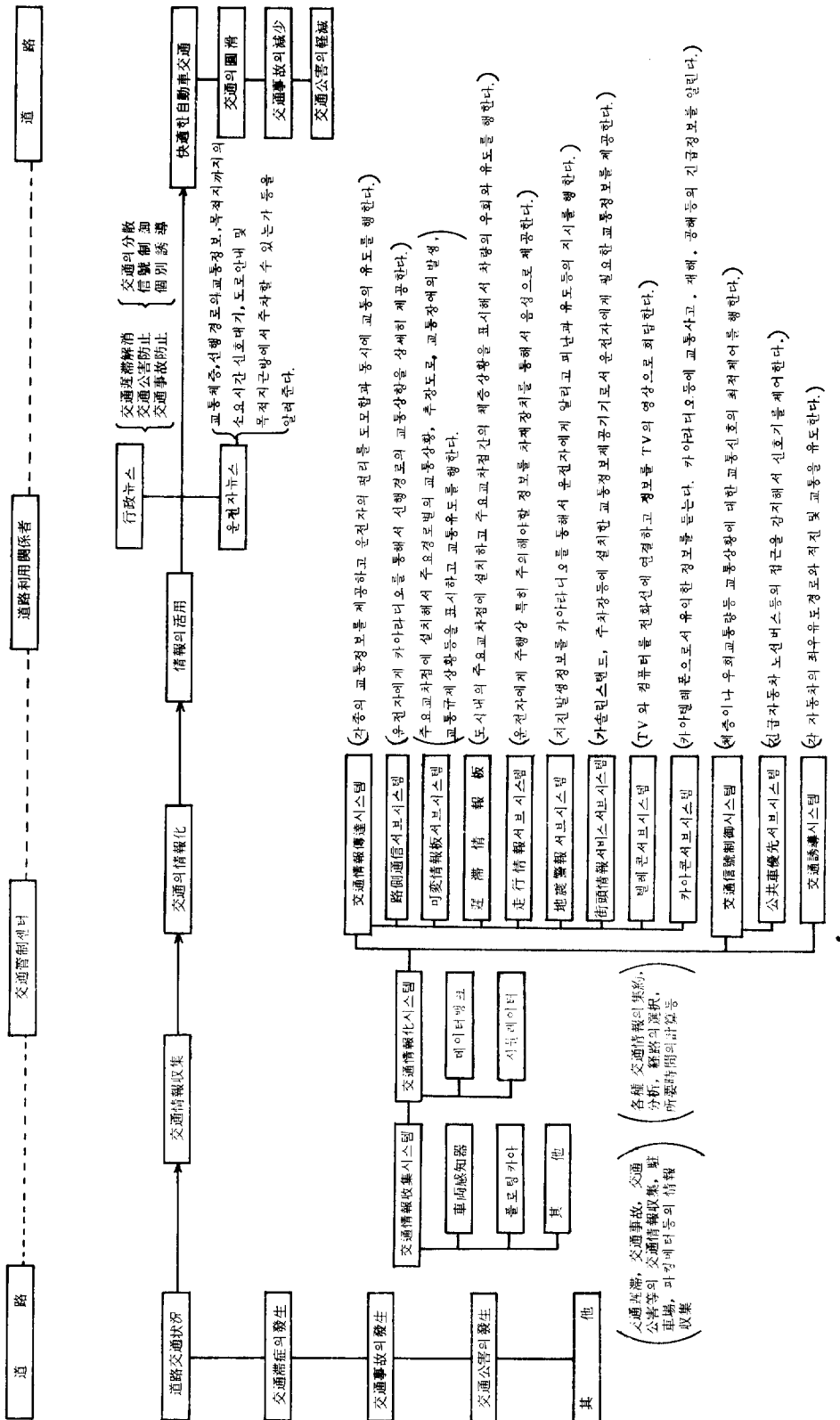
시스템으로서의 出力情報는 走行에 必要한 것, 誘導에 必要한 것, 信號制御에 必要한 것, 行政管理와 運用保安全管理에 必要한 것 등에 대하여 使用目的을 갖고 있으며 이들의 使用目的에 따라서 出力될 情報는 다음과 같다.

- 個個의 獨立된 情報(個別情報)로서

信號待期時間, 地點速度 및 滯症, 區間交通量, 區間旅行時間, 交通事故, 交通規制, 氣象, 道路災害, 道路工事, 道路構造, 駐車場利用, 緊急車走行, 大氣汚染 및 機器障害의 各 情報등

- 組合(複合) 및 統計情報로서

迂回, 經路, 推奨最適經路, 指定經路旅行時間, 主



要經路旅行時間豫測, 燃料消費料, 發着地統計 및 交通公害의 各情報

b. 收集 및 保有해야 할 情報

想定한 出力情報에 對應해서 시스템으로서 收集保有해야 할 情報에는 收集端未裝置 또는 外部入力에 의해서 收錄되어있는 編集加工以前の 情報(1次情報)와 1次情報의 組合 및 編集加工으로서 保有해야 할 情報(2次情報)가 있다.

• 1次情報

交通現象의 情報로서는 區間在車數, 車間距離, 交通量, 速度, 點有率, 空間速度, 走行方向別交通量, 車種, 駐車場利用狀況, 走行者流, 一時停止, 車載에 의한 發着情報, 乘車人員, 플로팅카아등의 通過情報 및 緊急走行등을 들수 있으며 또한 交通環境을 나타내는 情報로서는 公共交通機關의 狀況, 道路地圖, 道路構造, 大氣汚染, 氣象, 路面, 災害, 工事, 規制狀況 및 機器動作狀況등이 있다.

• 2次情報

1次情報의 組合 또는 編集加工으로서의 信號待期時間, 區間走行時間, 信號停止回数, 豫測旅行時間, 豫測發着地信, 號周期에 同期된 交通量, 點有率, 左右折損失, 交通容量, 進路選擇率, 交通流의 形狀 및 事故情報가 있으며 이들의 1, 2次情報는 速度와 大氣汚染濃度와 같은 計量計測과 交通量, 點有率과 같은 時系列計測 및 車載形 機器情報의 個別認識 그리고 規制등의 手段으로서 情報를 收集하고있다. 그림 2는 交通情報의 分類概念을 나타낸다.

③ 現在 研究開發中인 車輛센서

從來의 超音波式 車輛感知器를 使用한 交通情報收集方式은 地點通過의 交通量과 時間平均點有率을 基調로 한 것으로서 速度와 行列長등의 情報는 統計的인 推定에 의한 것이었다. 그러나 後의 車輛感知器로서는 交通量과 點有率以外에 速度, 車種, 車長, 車間등도 計測할 必要가 있어서 79年度부터 光電式車輛感知器의 試作實驗을 통하여 84년까지 超音波도플러式 車輛感知器와 超音波車種判別裝置, 光學式空間交通流計測裝置, 地磁氣式簡易形 車輛感知器, 畫像式旅行時間計測裝置의 原理面에서 試作試驗, 研究調査 및 現場試驗을 거쳐서 實用에 건널 수 있는 充分한 結果를 얻었는데 上記한 感知器中 超音波도플러式 車輛感知器에 대하여 記述하고 其他는 다음 機會로 미루기로 한다.

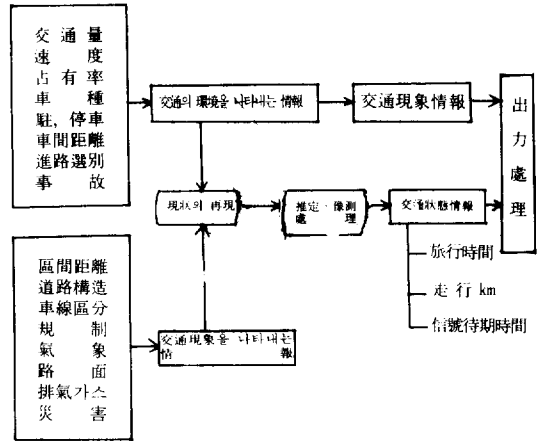


그림 2. 交通情報의 分類概念

<超音波도플러式 車輛感知器>

走行車輛의 速度를 正確히 檢出하는 方法으로서 從來 마이크로파로서 速度를 計測하는 製置가 있으나 이것은 電波法의 制約을 받는다.

이에 대해서 超音波도플러式 車輛感知器는 電波法의 制約을 받지않기 때문에 取扱하기 쉬운 長點이 있으며 超音波式에 適合한 處理를 行한다면 檢出精度에 있어서도 레이더式에 相當하다고 한다.

한편 超音波의 도플러波에 의해서 走行車輛의 速度를 檢出하는 原理는 從來부터 잘알려져 있으나 複雜한 論理演算을 必要로 할뿐만 아니라 音速의 大氣溫에 의한 變動과 바람에 의한 感知特性的 變動이 問題가 되어 實用化는 困難하게 되었다. 그러나 도플러信號處理方法, 大氣溫度補償方法, 速度演算方法, 超音波送受信器의 設置方法등을 確立하여 速度用 感知器로서의 實用性을 確認함과 同時에 點有率, 交通量의 計測등 其他 用途에 適用할 수 있게 되었다.

a. 動作原理

① 도플러效果의 原理

音波의 도플러效果란 音源에 대해서 그 受信點이 어떤 相對速度로서 移動할때 受信된 反射波의 周波數差로부터 移動物體와의 相對速度에 比例해서 周波數의 偏移를 받는 現象으로서 이 音源의 周波數와 反射波의 周波數差로부터 移動物體와의 相對速度를 알 수가 있다.

實際의 機器에서는 그림 3과 같이 音源의 送信헤드(以下 超音波헤드)로부터 超音波비임을 道路上的 車輛進行方向으로 投射하고 車輛으로부터의 反射波를 受信헤드(以下 超音波헤드)로서 受信한다.

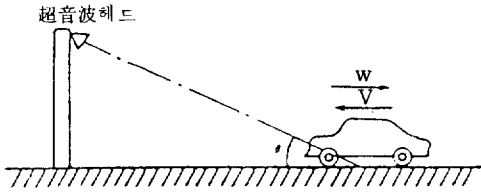


그림 3. 設置概要圖

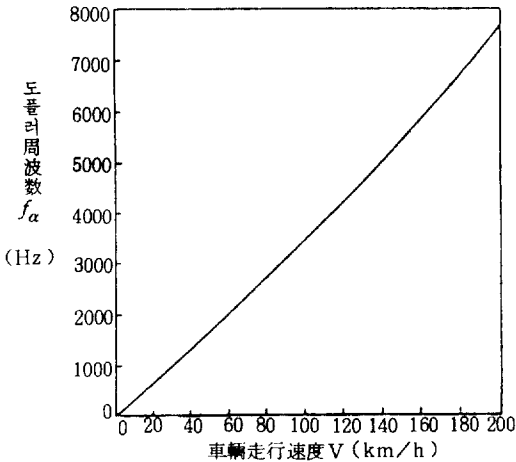


그림 4. 車輛走行速度和 도플러周波數

지금 車輛이 超音波비임內를 一定한 速度로서 進行할 때 觀測된 도플러周波數  $f_a$  (Hz)는 다음(1.1)式과 같이 주어진다.

$$f_a = \frac{2cf_0 V \cos\theta}{(c + w \cos\theta)(C - W \cos\theta - V \cos\theta)} \quad (1.1)$$

여기서  $f_0$ : 送信周波數 (Hz), C: 音速 (m/sec), V: 移動速度(m/sec),  $\theta$ : 反射點과 超音波헤드와 이루는 角度( $^\circ$ ), W: 風速(m/sec)이다. 그림 4는  $f_0$ 를 20KHz라고 할 때 車輛走行速度和 도플러周波數特性을 나타내며 風速  $W=0$  m/sec, 反射點과 超音波헤드가 이루는 角度  $\theta=0$ 이다.

② 大氣溫度의 影響

音波의 傳播速度는 音速에 의하여 變化되며 다음式으로 주어진다.

$$C = 331.5 \times \left(1 + \frac{t}{273}\right)^{1/2} \quad (1.2)$$

단,  $t$ : 溫度( $^\circ\text{C}$ )이다.

前述한 바와 같이 車輛이 超音波비임內를 一定한

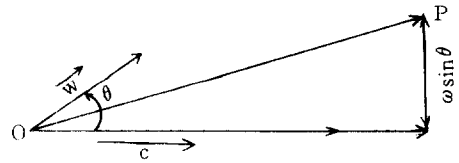


그림 5. 바람의 音速에의 影響

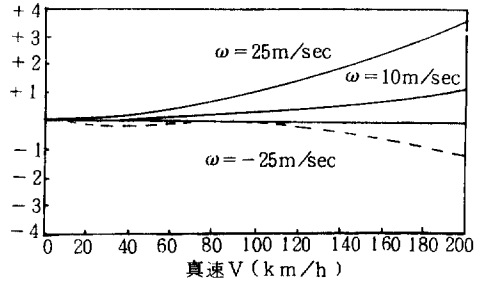


그림 6. 바람의 影響에 의한 誤差

速度로 進行하고있을 때 얻어진 도플러周波數  $f_a$ 는 (1.1)과 같이 速度 V의 函數가 되나 音速 C에도 影響을 준다. 따라서 音速 C의 溫度補正을 行하지 않으면 正確한 速度의 函數로서 도플러周波數  $f_a$ 을 얻을 수가 없다.

이를 위해서 本裝置에서는 演算處理部에 溫度센서를 使用하고 音速의 補正과 速度의 演算을 行한다.

③ 바람의 影響

音波는 바람에 의해서 흐르며 傳播速度와 傳播方向에 影響을 받는다. 이 影響을 音速을  $C$  m/sec, 風速을  $W$  m/sec, 音波의 進行方向과 바람의 進行方向이 이루는 角度를  $\theta$ 라고하면 어떤 點 O에서 나오는 音波가 1秒後에 到達하는 點은 그림 5와 같이 P가 된다.

그림 5에서 音波와 바람은 벡터로서 取扱할 수 있으며 風速벡터  $W$ 을 音波의 進行方向과 直角方向의 成分으로 分離하면 各各  $W \cos\theta$ ,  $W \sin\theta$ 가 되는데 여기서 音波의 進行方向成分  $W \cos\theta$ 을 縱風, 音波의 進行方向과 直角方向과 成分  $W \sin\theta$ 을 橫風으로 定義한다.

縱風이 부는 경우 音波는 傳播速度가 變化하며 따라서 車輛이 超音波비임內를 一定한 速度로서 進行할 때 얻어진 도플러周波數  $f_a$ 는 (1.1)式과 같이 風速  $W$ 의 影響을 받는다. 한편 (1.1)式에서  $\cos\theta = 0$ 로서 速度  $V$ 를 求하는 式으로 變換하면 다음 式과 같이 된다.

$$V = \frac{f_a (C^2 + W^2)}{2Cf_0 + (C + W)f_a} \quad (1.3)$$

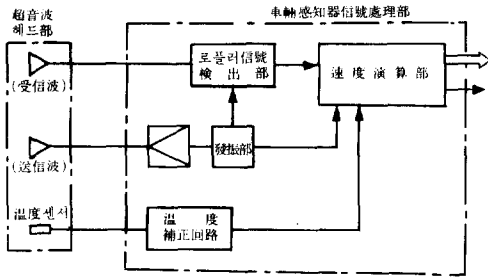


그림 7. 초음파도플러식 車輛感知器의 블록圖

上記式에서  $W = 0$ 라하고 얻어진 速度를  $V_M$  이라고 하면

$$V_M = \frac{f_a C}{2f_0 + f_a} \dots\dots\dots (1.4)$$

한편 바람의 影響을 無視하였을 때  $V_M$  과 直速度  $V$  의 關係는 (1.4)式에 (1.3)式에서 얻은  $f_a$  을 代入 하면 다음式과 같이된다.

$$V_M = \frac{Vc^2}{C^2 - W^2 - WV} \dots\dots\dots (1.5)$$

한편 그림 6 은 直速度  $V$  와 바람을 無視한 計測速度  $V_M$  의 差를  $V$  와  $W$  를 파라미터로서 나타낸 것이다. 그림 6 에서 最大誤差는  $V = 160 \text{ km/h}$ ,  $W = 25 \text{ m/sec}$  일때  $2.4 \text{ km/h}$  이며 眞速度에 比해서  $+1.5\%$  가되며 普通風速을 考慮하면 風速의 影響을 無視해도 充分한 目標精度를 얻을 수 있다.

**b. 裝置의 概要**

本裝置는 그림 7 의 초음파도플러식 車輛感知器의 블록圖와 같이 초음파헤드部와 信號處理部로 構成되어있다. 초음파헤드部는 送信과 受信의 獨立的인 2 헤드가 있으나 溫度센서를 包含해서 一體構造로 되어 있는 것이 特徵이며 溫度센서部는 雨와 直射熱 등의 影響을 避하기 위하여 2重構造로 되어있다.

**<仕様>**

- 性能
  - 檢出速度 10 ~ 150 Km/h
  - 速度計測誤差  $I (V_0 \times 0.1 + 0.5) \text{ Km/h}$  以下
  - 0.1: 誤差率
  - 0.5: 計測值의 小數點以下를 四捨五入 함으로서 發生하는 誤差(km/h)
  - $V_0$ : 車速度의 直值(km/h)
- 感知車輛 四輪自動車
- 車間分解能 8m 以上
- 送信周波數 18KHz 以上
- 超音波送受信器 出力音波의 音壓레벨 130dB 以下
- 使用條件
  - 周圍溫度  $-20 \sim 60^\circ \text{C}$
  - 相對溫度 90% 以下
- 電源電壓 AC 80 ~ 110V, 50/60Hz

**c. 結果**

速度測定精度에 대하여 實際運用狀態의 測定出力에 이터는 車輛의 眞速度에 대해 10% 以內로 生覺하면 差異가 없다. 또한 環境條件中 바람의 影響은 前述한 바와 같이 風速 10m/s 에서는 30km/h 인 경우 0.17%, 100km/h 인 경우 0.32% 또한 風速 25m/s 에서는 30km/h 인 경우 0.7%, 100km/h 인 경우 1.1% 程度라는 것이 理論的으로 求해진다.

한편 氣溫의 影響도 原理的으로 초음波의 傳播速度가 大氣溫의 影響을 받아서 誤差要因이 되기 때문에 초음波헤드內에 溫度센서를 實裝해서 大氣溫을 恒常測定하고 이 값으로서 速度演算을 補償하는 手段을 取하고 있다.

이 結果 速度測定誤差의 大氣溫에 의한 影響은 0.5% 以內로 抑制하고 있다. 以上과 같이 초음波도

표 1. 各 車輛感知器의 精度比較

項目 \ 種別	超 音 波 式	루 우 프 式	超 音 波 도 플 러 식
占有率	乘用車에 대해서 $\sigma = 10\%$ (走行速度 72km/h)	乘用車에 대해서 $\sigma = 5\%$	乘用車에 대해서 $\sigma = 20.5\%$
交通量	分解能을 준수 하면서 走行하는 車輛에 대하여 97% 以上	分解能을 준수 하면서 走行하는 車輛에 대하여 99% 以上 (단, 주행 속도 10km/h 以上)	分解能을 준수 하면서 走行하는 車輛에 대하여 97% 以上 (단, 주행 속도 30km/h 以上)

플러식 車輛感知器는 使用時 精度上問題가 있으나 速度데이터의 收集이나 速度警告의 用途에는 充分히 使用할 수 있다고 하며 點有率과 交通量의 各 感知器에 의한 精度는 表1과 같다.

한편 表1에서 點有率은 車輛1臺마다 計測한다면 超音波도플러식의 誤差가 크나 例를 들면 50臺/5分

의 交通量을 生覺하면 精度의 標準偏差는  $1/\sqrt{50}$  이 되기 때문에 從來의 感知器와 差異가 없다고 한다. 그러나 84年度부터 2輪車에도 感知可能한 超音波도플러식 車輛感知器에 대한 開發을 推進함과 同時에 實用化를 圖謀하고 있다. <日本交通工學 84年, 85年>

### ◆ 고 마 상 식 ◆

#### ◇ California大學, 分子이온의 高分解能分光法을 開發

California大學의 Berkeley 化學數授인 R.J.Saykally 氏는 氣相分子이온의 赤外線分光法에 대하여 새로운 것을 開發했는데 이 방법은 速度變調에 있어서 레이저吸收分光法이라고 하는 것으로서 化學的으로 重要的 多數의 이온振動과 回轉스펙트럼을 얻는데 利用된다고 한다.

그러나 初期에 開發된 速度變調法은 直流放電中에 發生하는 이온의 마이크로波吸收에 관한 것으로서 이번에 開發된 吸收法은 이미 開發된 速度變調法을 巧妙히 利用한 技法이라고 한다.

한편 Berkeley의 研究者들은 마이크로波代身 可變赤外線레이저를 利用하고 있으며 對象이되는 이온 例를 들면  $H_3O^+$ 을 1萬Hz의 交流放電中에서 生成시키는데 이온은 帶電되어 있으므로 交流放電中에서 交流로 同期하여 運動하며 中性인 化學種은 運動하지 않는다고 한다.

이러한 運動中 이온의 遷移周波數는 放電周波數로서 赤과 靑變位를 反復하는 反面에 中性種의 遷移周波數는 一定하게 된다고 하며 육인檢出을 行하면 放電周波數를 갖는 信號만을 取出할 수 있다고 한다. 다시 말하면 이 檢出法은 이온으로 부터의 信號와 多數存在하는 中性種의 信號를 選別하는데 速度變調데이터로부터 研究者들은 標準振動一回轉스펙트럼을 再構成한다고 한다.

또한 이 새로운 技術을 利用해서 Berkeley의 研究者들은  $HCO^+$ ,  $HNN^+$ ,  $H_3O^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $H_2F^+$  및  $H_3^+$ 의 詳細한 振動一回轉스펙트럼을 얻었으며 其他 研究구름과 共同으로  $DNN^+$ ,  $D_3O^+$ 의 스펙트럼을 얻었다고 한다.

그러나 Saykally 數授가 帶電한 分子를 研究한 最大의 理由는 中性分子와 分子이온은 基本的으로 다르므로 嚴密히 調査해야 한다고 力說하고 있는데 分子이온의 特徵은 錯體를 形成한다는 것이다.

예를 들면  $H_3O^+$ 는 다른 水分子과 水素가 結合하고 水分子間에 프로톤의 移動이 일어나는데 이過程은 化學的, 生物學的으로 重要하나 거의 理解가 안된다고 한다.

그러나 速度變調法을 利用한  $H_3O^+$ ,  $n(H_2O)$  ( $n=1\sim 3$ )의 詳細한 스펙트럼을 얻는 것이 同研究구름의 目的이라고 하며 또한 速度變調의 原理를 다른 波長領域에도 應用할 수 있다고 Saykally 數授는 指摘하고 있다.