Bull. Korean Fish. Soc. 13(4), 145~149, 1980 韓水誌, 13(4), 145~149, 1980

直線配列 Microphone에 의한 音源의 方向과 周波數의 分析 System

張志元* · 安倍正人** · 金千德* · 城戶健一**

DIRECTIVE HARMONIC WAVE DETECTING SYSTEM USING LINEAR MICROPHONE ARRAY

J. CHANG*, M. ABE**, C. KIM* and K. KIDO**

Various methods have been so far proposed to find out the directions and spectra of sound waves from the sources for provisions of noise controls. The conventional methods are generally classified into three systems such as, single microphone system, moving microphone system and multi-microphone system, which composes a resultant super directivity by giving a appropriate delay and a weighting coefficient in the output of each microphone.

In case of using a single microphone there is a difficulty in providing it with desirable super directivity in the low frequency range, while in case of using multi-microphone system there has been a disadvantage that the measurement of directivity could not separately be done with the spectrum analysing. And in case of the use of a moving microphone system it needs a condition that the sound source to be detected should be stationary state and in rest.

However here we introduce a method that the spectral analysing and the directivity of synthesis can be separately carried out by using a linear array of many microphones, in which each output of the microphone is multiplied by appropriate weighting coefficient and all of those products are summed after passing through adequate filters. The resultant signal is then sampled with an adequate sampling frequency and taken average for processing.

緖 論

音源의 方向과 그 spectrum을 推定하기 위한 方法은 從來 헤아릴수 없이 많이 提案되어 왔다. 銳利한 單一指向性을 얻기 위해서는 直線配列 마이크로폰을 써서 各 마이크로폰의 出力을 適當히 지연시켜 加算하는 方法과 또는 移動 마이크로폰을[1][2] 쓰는 方法 등을 쓴다. 그러나 直線配列 마이크로폰에 있어서는 마이크로폰의 數만큼의 지연素子가 必要하기 때문에 裝置가 相當히 大規模的으로 된다는 欠點이 있으며 移動 마이크로폰을 쓰는 경우는 마이크로폰이 移動하는 時間의 平均的인 spectrum을 얻게 되는데, 그동안에 音源이 움직이게 된다든가 하면 測定은 不可能하다. 著者 등이 여기에 提案하는 beamformer[3][4]는 直線配列 마이크로폰을 써서 各 마이크로폰의 出力에 지연을 부여하는 대신 測定하고자 하는 音波의 周波數에 對하여 入力音波信號에 適當한 係數를 곱하여 加算하고 그 結果의 信號를 適當한 low pass filter를 通한 後 適當한 時間間隔으로 sampling 하므로서 單一指向性을 얻는 方法을 쓴 것이다. 今般

* 釜山水産大學 通信工學科, Dept. of Communication Engineering, National Fisheries University of Busan, Namgu, Busan, 601-01 Korea.

** 東北大學 應用情報學研究센터, Research Center for Applied Information Sciences, Tohoku University, Sendai, Japan.

the difference in quality upon the results of the organoleptic test for raw materials was not recognizable between fresh frozen and preboiled frozen krill.

In the experiment for determining the proper amount of materials such as dried powdered krill, α-starch, sweet potato starch, sugar, salt, monosodium glutamate, glycine, potassium tartarate, ammonium bicarbonate, and sodium bicarbonate in processing krill snack, sample B(containing 7.7% of dried powdered krill) and sampleC (containing 10.8% of dried powdered krill) showed the most palatable taste from the view point of organoleptic test.

Sweet potato starch in testing side materials was good in the comparison of suitability for processing krill snack. Corn starch and kudzu starch were slightly inferior to sweet potato starch, while wheat flour was not proper for processing the snack.

In the experiment on frying method, oil frying showed better effect than salt frying and the suitable range of frying temperature was 210—215℃.

緒　論

크릴의 利用 加工에 關하여 Maistruck(1974, 1977)은 paste의 製造와 그 成分 組成을, 木村(1975)는 食品는 材料로서의 利用에 관하여, 또 Gulyaev와 Bugiova(1976)는 크릴 蛋白質 paste의 脫脂 方法을 各各 硏究 報告하였다. 그리고 Kuwano 等(1975, 1977, 1979)은 크릴 蛋白質 濃縮物(Krill Protein Concentrate, KPC)의 製造 條件을, 또 Yanase(1971, 1974a, 1974b)와 衣巻(1978)는 크릴의 性狀과 利用 加工, 阿部(1977)는 魚醬油의 製造에 關하여 發表하는 等 많은 硏究가 이루어져 있다.

本 硏究는 이들 發表된 硏究와 著者들이 이미 食品原料學的인 性狀에 關하여 檢討 報告한 資料(朴 등, 1979)를 基礎로 하여, 크릴의 性狀에 비추어 우리 國民의 食性에 알맞는 加工食品의 開發을 目的으로 試圖하였으며, 試製品에 대한 化學的 및 官能的 評價를 包含하는 一連의 實驗을 通하여 크릴의 利用 加工上 몇 가지 有益한 結果를 얻었기에 報告한다.

材料 및 方法

1. 材　料

前報(朴 등, 1979)에서 提示한 條件의 試料를 −20℃의 凍結庫 中에 保存하면서 各各 試料로 使用하였다.

2. 크릴 加工 食品의 製造

(1) 크릴 Paste의 製造

生凍結試料를 半解凍하여 chopper에서 磨碎한 후 여포를 깐 압착용기(지름 15.4*cm*, 높이 17.7*cm*의 양철罐의 바닥에 1.2*mm*의 구멍을 많이 뚫은 것)에 넣어 壓搾機로 壓搾(300*kg/cm*²)하여 液汁部인 krill juice와 壓搾殘渣인 krill scrap로 分離하였다. 이 krill juice를 다시 95～98℃로 15分間 加熱하여 熱凝固蛋白質을 沈澱시킨 다음 여포로 여과하여 熱凝固蛋白部인 krill paste와 液汁部인 krill broth로 分離하였다.

(2) 크릴 粉末 蛋白質(KPC)의 製造 및 그 利用 試驗

① 크릴 粉末 蛋白質 加工條件에 관한 實驗

生凍結 및 煮熟凍結 크릴을 解凍하여 0.3*mm* hole plate를 끼운 chopper로써 磨碎하고 磨碎한 것을 100g씩 Fig. 1와 같은 三口플라스크에 취하여 實驗條件에 따라 4～6倍量의 ethyl alcohol(EA) 또는 iso-propyl alcohol(IPA)를 注加하여 97～98℃ 水浴上에서 80℃로 유지 교반하면서 一定時間 抽出하였다. 一定時間抽出한 다음 Büchner funnel에 東洋濾

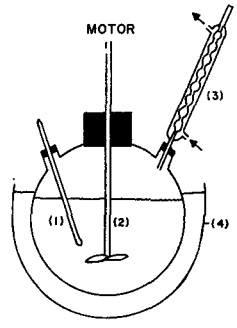


Fig. 1. Apparatus of solvent extraction.
(1) thermometer (2) agitator
(3) cooler (4) water bath

$$e^{jn\frac{d}{c}(w\cos\theta-w_p)}\left\{1+e^{j\frac{\pi}{2}(\frac{w}{w_p}-1)}\right\}\frac{1}{L}\frac{1-e^{jwLT}}{1-e^{jwT}}dw$$

.....(7)

가 된다. 그런데 時間平均의 回數를 增大시켜 주면 $w=w_p$에 있어서의 信號만 남고 다른 周波數 成分은 거의 省略되므로

$$\bar{y}(t)=\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}X_0(w_p)e^{jn\frac{d}{c}w_p(\cos\theta-1)}$$

$$=\frac{1}{N}X_0(w_p)\frac{1-e^{jN\frac{d}{c}w_p(\cos\theta-1)}}{1-e^{j\frac{d}{c}w_p(\cos\theta-1)}}$$

$$=X_0(w)\Phi(\theta) \quad \cdots\cdots(8)$$

가 된다. 但 $\Phi(\theta)=\frac{1}{N}\frac{1-e^{jN\frac{d}{c}w_p(\cos\theta-1)}}{1-e^{j\frac{d}{c}w_p(\cos\theta-1)}}$ 은 指向性 函數이다.

以上의 式(8)에서 $\theta=0$일때는 $\bar{y}(t)=X_0(w_p)$가 되어 正確하게 spectrum을 推定할 수가 있다. 그러나 $\theta=\pi$일때는 $\Phi(\theta)$의 指向性 pattern은 보이는 바와 같이 그 값은 매우 작아져 버린다(Fig. 2~3).

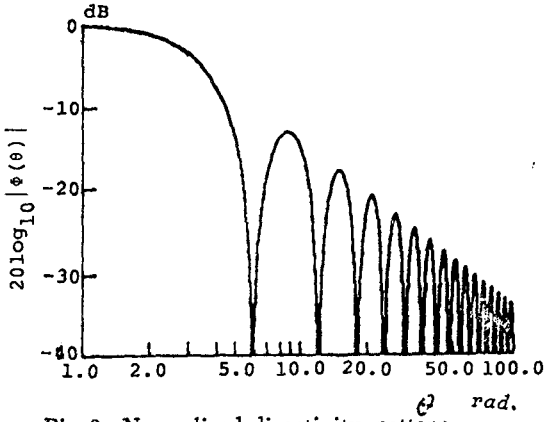


Fig. 3. Normalized directivity pattern.

計算機 Simulation

Fig. 4에 보이는 바와 같이 셋의 音源을 設置하고 直線配列 마이크로폰은 100個의 마이크로폰을 3cm 間隙으로 配列하여 그 全長을 3m로 하였다. 0° 方向으로 놓인 音源 S_1은 0.5KHz, 1.2KHz, 2KHz 등의 成分을 품고 있으며, 30° 方向의 音源 S_2는 0.8KHz, 1.2KHz, 4KHz 등을, 180° 方向의 音源 S_3은 0.3KHz, 1.2KHz, 3KHz 등의 成分들을 품고 있다고 보고 各 成分의 power는 모두 같은 크기로 하여 計算하였다. 指向性은 0° 方向으로 直列配列 마이크로폰을 音源 S_1을 向하게 하여 測定하는 것으로 하고 測定周波數는 50Hz 間隙으로 5.2KHz까지 計算하였다. 그리고 各 周波數에 있어서의 時間平均은 100回로 하여 計算機에 의한 simulation의 結果는 Fig. 5와 같다. 이 結果를 보면 音源 S_1만이

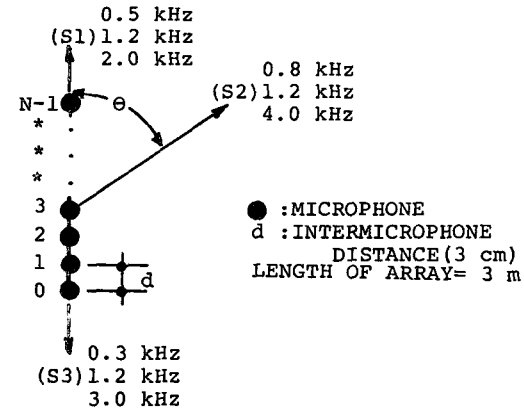


Fig. 4. Sound sources on the computer simulation.

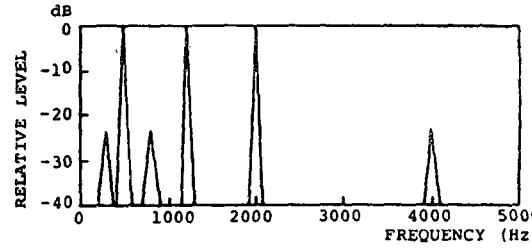


Fig. 5. Result by the computer simulation.

품고 있는 0.5KHz 및 2KHz 成分은 0*dB*로 正確히 推定되고 있음을 알수 있으며 다른 音源의 成分은 —20*dB* 以下로 抑制되고 있음을 보여주고 있다. 더우기 셋의 音源에 共通으로 들어있는 成分인 1.2KHz도 0*dB*로 正確히 推定되고 있다.

無響室 實驗結果 및 考察

實驗裝置와 配置는 Fig. 6과 Fig. 7과 같다. 測定하고자 하는 周波數에서 90°에 相當하는 時間遲延은 sampling 時間을 늦추는 方法으로 實現했고 時間平均은 cut-off 周波數 50Hz의 low pass filter를 通過시키는 方法으로 實現했다. 實驗에 쓴 microphone의 數는 100個였으며 每 2cm 間隔으로 配列하

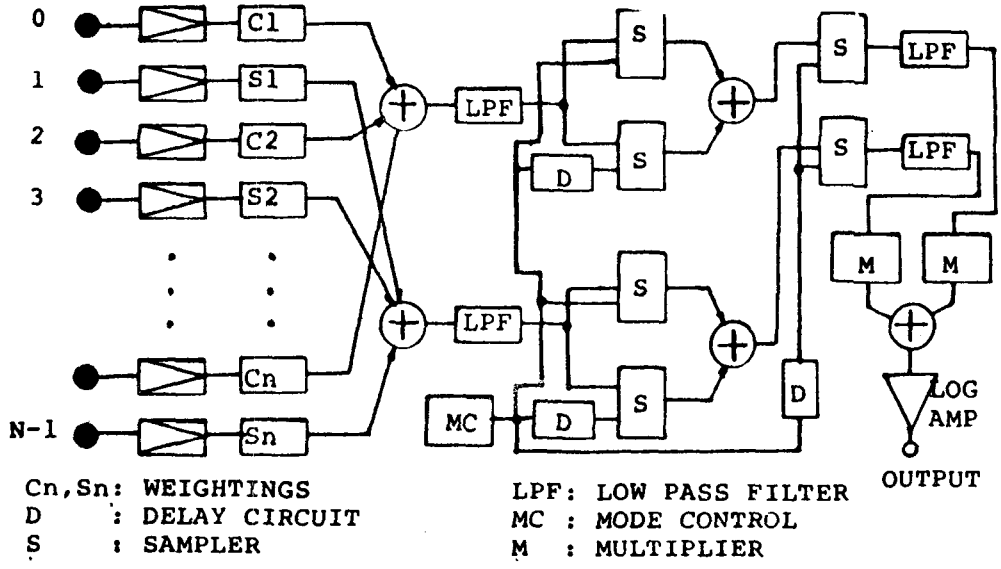


Fig. 6. Block diagram of the proposed beamformer.

여 全長 3m의 直線狀 配列 마이크로폰으로 하였다. 그러나 그 100個의 마이크로폰을 50個씩 두 組로 나누어 各各 cosine과 sine의 係數를 곱하여 weighting을 附與하였으므로 實際는 50個의 마이크로폰을 4cm 間隔으로 配列한 것과 等價가 된다. 複素數의 係數를 附與한다는 것은 余弦과 正弦의 係數를 곱한 信號를 各各 別個로 計算한다는 뜻이며, 이렇게 얻은 값의 2乘和를 잡으면 *power spectrum*을 얻게 된다.

無響室에 셋의 音源과 beamformer를 Fig. 7과 같

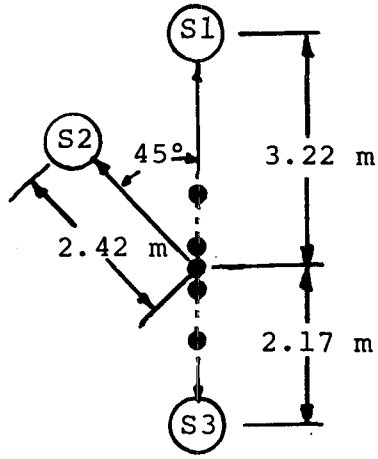


Fig. 7. Arrangement of sound sources in the anechoic chamber.

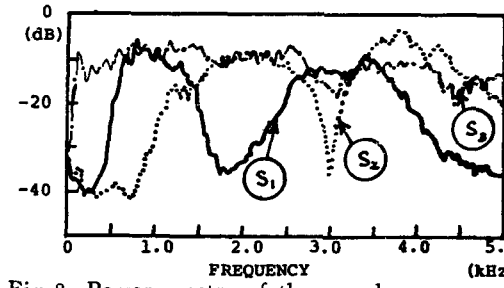
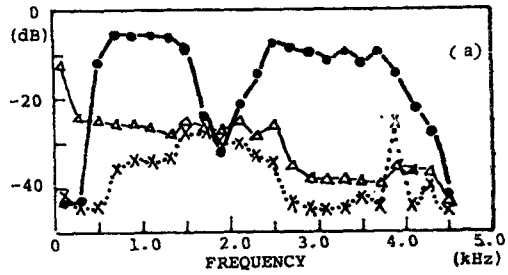


Fig. 8. Power spectra of the sound sources.

이 配置하여 實驗하였다. 各 音源의 power spectrum은 Fig. 8과 같다. Fig. 9는 各 音源을 別個로 驅動시켜서 本 system을 써서 分析한 結果이다. 配列 마이크로폰의 指向性을 갖는 方向은 Fig. 9(a)에서는 音源 S_1의 方向으로 놓을 때이며 Fig. 9(b)는 音源 S_2의 方向으로 놓을 때이다. Fig. 10은 셋의 音源을 同時에 驅動시킬때의 結果이며, Fig. 10(a)는 配列 마이크로폰의 指向性을 音源 S_1으로 向하게 했을 때이고 Fig. 10(b)는 이것을 音源 S_2 方向으로 向하게 했을 때이다.

測定周波數는 500Hz로 부터 4.3KHz까지 200Hz마다 測定한 것인데 홑 音源과 겹 音源의 測定結果는 線形的 關係가 있으므로 Fig. 10의 結果는 홑 音源의 結果를 合算한 것이 될 것이다. 그리고 Fig. 10의 (a), (b)는 指向性이 周波數에 따라 變하므로



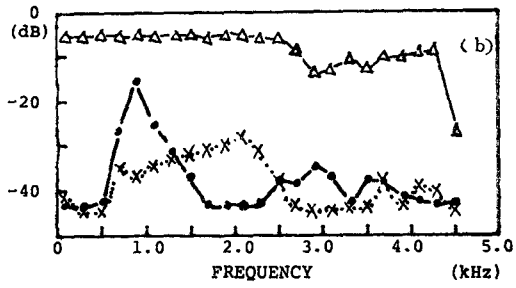
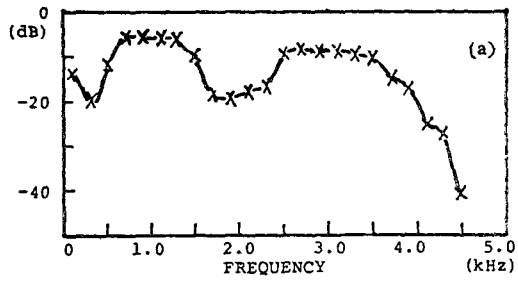


Fig. 9. Analyzed spectra by driving single sound source.
(a) A case of arrangement of the array in the direction of the sound source S_1.
(b) A case of arrangement of the array in the direction of the sound source S_3.



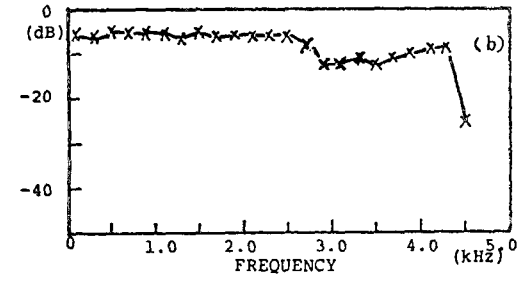


Fig. 10. Analyzed spectra by driving three sound sources simultaneously.
(a) The case of arrangement of the array in the direction of the sound source S_1.
(b) The case of arrangement of the array in the direction of the sound source S_3.

1.5KHz 以下에서는 5~6*dB* 低下되고 있으며, 1.5 KHz以上에서는 20*dB* 以上 低下되고 있다.

結　　論

여기에 提案한 새로운 方式의 beamformer가 計算機 simulation과 無響室實驗 등을 通하여 理論的 期待値와 實驗値가 잘 一致되고 있음을 보여주고 있으며 音源分析에 있어서 本 方式이 매우 有效함을 認定할 수 있다. 本方式의 長點은 高價의 FFT(Fast Fourier Transform) processor가 없어도 可能하며 모든 回路가 analog로 構成되어 있다는 것이 特色이다. 이에 反하여 weighting과 sampling 周波數 및 filter의 遮斷周波數 등 많은 變量을 變化시키는 裝置가 必要하다는 것이 欠點이나 集積回路나 記憶回路 등을 동원한다면 쉽게 克服될 수 있는 것 뿐이다. 앞으로 그 活用에도 큰 期待를 걸고 있다.

謝　　辭

本 實驗을 위하여 많은 時間과 助力을 아끼지 않았든 東北大學 工學部 大學院 一年生 黑田, 日野, 山木 諸君에게 깊이 感謝한다.

文　　献

1) 石龜昌明・安倍正人・城戸健一 (1979): 日本音響學會誌 35(6), 308~313.
2) Abe, M. Ishigame and K. Kido(1979): J. Acoust. Soc. Japan(E). 1, 2.
3) 安倍正人・金千德・城戸健一 (1979): 日本音響學會講演論文集, 269~270.
4) Pridham R. D. and R. A. Mucci(1978): J. Acoust. Soc. Am. 63(2), 425~434.