5 توزيع الصوت

في باب تقوية و تكبير الصوت و صلنا إلى عدم إمكانية الإكتفاء بسماعة واحدة إذا كانت أبعاد المكان المراد إيصال الكلام إليه كبيرة. حين إستخدام عدد من السماعات يكون توزيعها على المكان أمرا يحتاج إلى خبرة و مهارة.

هناك طريقتان أساسيتان لتوزيع الصوت: التوزيع المركزي و اللامركزي.

و هناك مجالين لتوزيع الصوت: داخل الحجرة أي داخل أي مكان مغلق، و في الخلاء مثل الملاعب الرياضية و الساحات العامة.

<u>التوزيع المركزي بالمجال الخلوي</u>

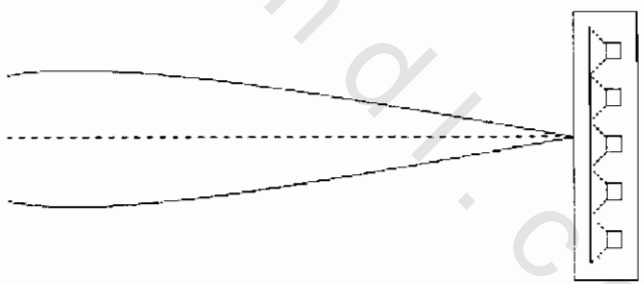
عموما فإن أفضل توزيع هو المركزي الذي يمكن به و ضع مجموعة السماعات قريبا من المتكلم و بذلك ينطبق إتجاه السمع مع إتجاه النظر.

<u>العمود الصوتي</u>

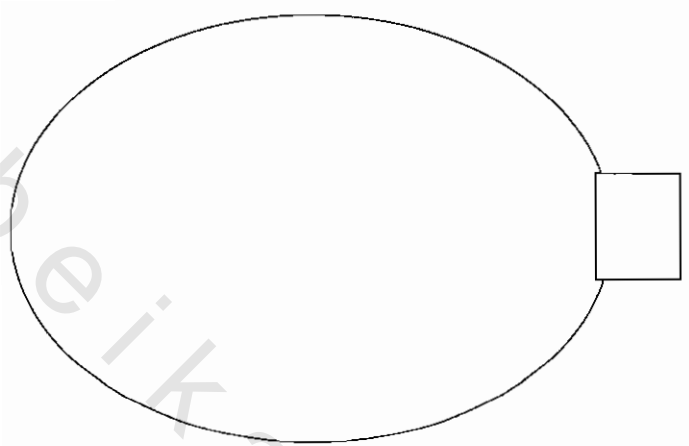
العمود الصوتي يتكون من مجموعة من السماعات ذات الحجم الواحد مرصوصة رأسيا ومتلاصقة في صندوق مغلق من جميع النواحي إلا الناحية الأمامية ليخرج منها الصوت. ولحماية السماعات توضع شبكة من قماش أو سلك أمام السماعات.

للعمود الصوتي خصائص إتجاهية لإشعاع الصوت في المستوى الرأسي الذي يوضع فيه العمود. أي أن الصوت الخارج من الصندوق المعلق عموديا على سطح الأرض ينتشر من نقطة وسط

العامود (الصندوق) و في الإتجاه العمودي على العمود الصوتي أي موازيا لسطح الأرض، ليصل إلى المستمعين البعيدين عن العمود بكفائة إشعاعية أعلى من تلك التي يصل بها الصوت للذين هم قرب العامود. و بما أن منسوب الصوت يتناقص مع البعد عن مصدر الصوت فإن الخاصية الإتجاهية لعمود الصوت تؤدي إلى ثبات منسوب الصوت عند الموجودين بالقرب من العامود و عند البعيدين عنه في الإتجاه المقابل للعمود. و هذا الثبات في منسوب الصوت يشكل الميزة الكبرى للعمود الصوتي. أما في المستوى الأفقي أي الموازي لسطح الأرض فلا تأثير للعمود على الخصائص الإتجاهية للسماعات المكونة للعمود، أي أن الخاصية الإتجاهية لعمود الصوت في المستوى الأفقي هي نفس الخاصية الإتجاهية للسماعة الواحدة . (انظر الشكلين التاليين) .



المستوى الرأسي العمودي على سطح الأرض



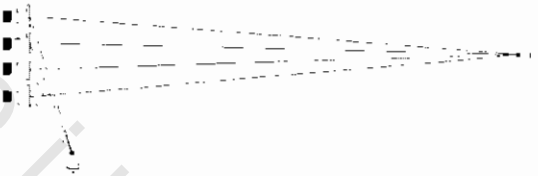
المستوى الأفقي الموازي لسطح الأرض

و يمكن شرح عمل العمود و خاصّيته الإتجاهية بأنه عند نقطة بعيدة عن العمود و واقعة في المستوى الأفقي العمودي على وسط العمود مثل النقطة أ في الشكل التالي فإن الفرق بين طول مسارات الصوت من كل سماعة إلى النقطة أ صغير نسبة إلى طول المسار، و يعني ذلك أن الفرق في الطور بين تلك المسارات صغير بحيث أن ضغط الصوت الناتج من كل سماعة على حدة يتداخل عند النقطة أ تداخلا بناءا مما يجعل منسوب الصوت يرتفع عن ذلك الناتج من كل سماعة على حدة.

بينما عند نقطة قريبة من العمود مثل النقطة ب و التي تقع خارج المستوى الأفقي العمودي على وسط العمود فإن الفرق بين طول مسارات الصوت من كل سماعة إلى النقطة ب كبير نسبة إلى

obeikandl.com

طول المسار. و يعني ذلك أن الفرق في الطور بين تلك المسارات كبير بحيث أن ضغط الصوت الناتج من كل سماعة على حدة يتداخل عند النقطة ب تداخلا هداما يخفض من منسوب الصوت.



الرياضيات التي تحكم الخاصية الإتجاهية لعمود الصوت تتطلب معرفة حل معادلة التكامل التي وضعها العالمين الألمانيين كيرشهوف و هيلمهولتز. ولمن يريد التعمق في هذا الموضوع فيمكنه الإطلاع على المرجع [5-1]. أما المعادلة التالية فهي تقريبية و لكن يمكن إستخدامها لتصميم العمود الصوتي المكون من سماعات متلاصقة.

ج(ز) = 1/ع ((جا (ك ع م جا ز / 2) / (ك م جا ز/2))

حيث

ز الزاوية القطبية المحصورة بين المحور العمودي أي العمود المقام على منتصف العمود الصوتي و إتجاه إنتشار الصوت .

ج (ز) هي معامل الخاصية الإتجاهية للعمود الصوتي أي النسبة بين شدة الصوت في إتجاه الزاوية ز و شدة الصوت القصوى التي هي على إمتداد المحور العمودي على منتصف العمود الصوتي .

ع عدد السماعات المكونة للعمود الصوتي
جا جيب الزاوية
ك الرقم الموجي و الذي يساوي 2 ط / طول موجة الصوت [متر]، ط هي النسبة التقريبية 3,143
م المسافة بين منتصف (مركز) سماعة و منتصف السماعة الملاصقة [متر].

وإذا أردنا إيصال الصوت إلى بعد أكبر وجب علينا إستخدام عمود صوتي أطول مع مراعاة أن يكون البعد بين كل سماعتين متجاورتين داخل العمود أصغر ما يمكن.

مكسب العمود

و المعادلة التالية أخذت من الخبرة و هي تعطي مكسب العمود ك الذي يعني مقدرة العمود على إيصال الصوت إلى مدي أبعد من مدى السماعة الواحدة. فإذا كانت ك=2 فذلك يعني أن مدي العمود هو ضعف مدى السماعة الواحدة.

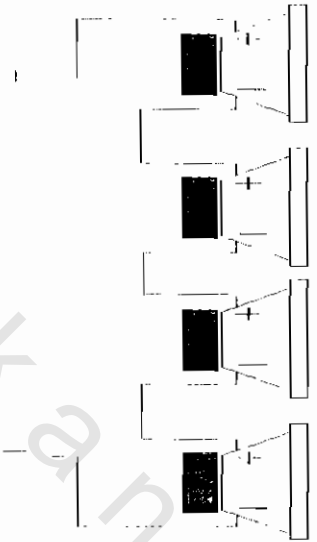
$ك = 0,076 (ل ت)^{0,5}$

حيث

ك = مكسب العمود
ل = طول العمود [متر]
ت = التردد [هرتز]

المعادلة صالحة بشرط أن (ل ت) أكبر من 0,34

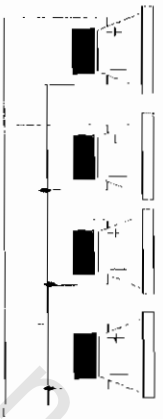
فعلى سبيل المثال فإن مكسب العمود الذي طوله متران هو 3,4 عند التردد 1000 هرتز.



يمكن توصيل سماعات العمود على التوالي كما هو فـي الشـكل السابق أو على التوازي كما في الشكل التالي. ولكن يتحتم مراعاة توصيل أقطاب كل سماعة كما هو موضح في الشكلين. و هذا أمر في غاية الأهمية لضمان تحرك غشاء كل سماعة بنفس الطـور. وهناك إختبار بسيط لمعرفة ذلك: يلمس غشاء السـماعة لمسـا خفيفا بالإصبع ثم توصل بطارية جافة لا يزيد جهدها عن 9 فولت (1,5 – 9 فولت) بقطبي كل سماعة على إنفراد فإذا شعرنا بـأن الغشاء يبدأ بالتحرك إلى الخارج عند كل سماعة فيكـون الطـور متوافقا، أما إذا كان بدأ التحرك عند سماعة إلى الـداخل و عنـد

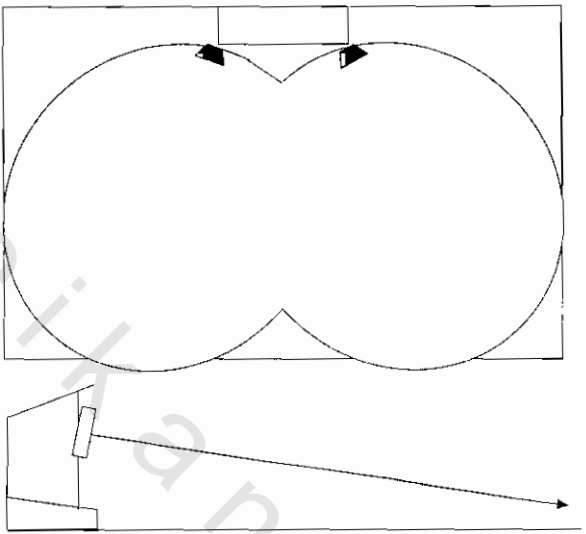
obeikandl.com

الأخرى إلى الخارج فإن طورهما يكون عكسيا، فيجب عكس توصيل طرفي السماعة.



الأشكال التالية تعطي أمثلة لكيفية توزيع الأعمدة الصوتية.
الشكلان التاليان يبينان وضع عمودين صوتيين عند منصة ملعب رياضي صغير نسبيا.
الشكل الأول يمثل المسقط الأفقي و الثاني قطاعا رأسيا.

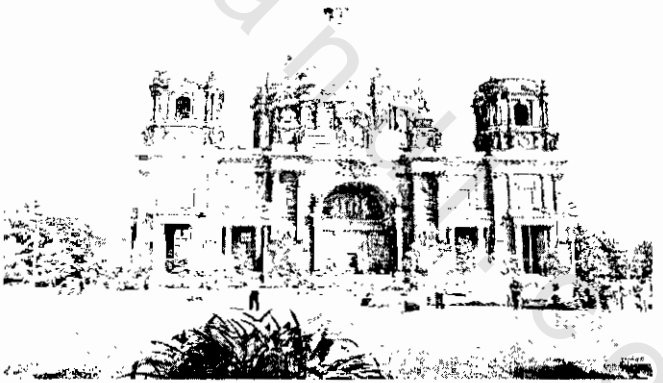
obeikandl.com



التوزيع اللامركزي بالمجال الخلوي

الشكل التالي يبين المسقط الأفقي لملعب رياضي كبير، فلزم اتساعه إستخدام ثمانية أعمدة صوتية موزعة بعيدا عن بعضها، أي أننا هنا اضطررنا للتوزيع اللامركزي . و يجب دائما مراعاة ألا يكون الفرق الزمني بين ما يصل المستمع من عمودين مختلفين أطول من 45 مللي ثانية، أي ألا يزيد فرق طول مساري الصوت عن 15 متر، و ذلك لتجنب الإحساس بصدى للصوت.

الشكل التالي هو لثلاثة أعمدة صوتية خارج الكنيسة الإنجيلية اللوترية الرئيسية في برلين و التي تسمى الدوم. و هذه الأعمدة تذيع القداس كل أحد للمتواجدين خارج الكنيسة أمام مدخلها. و رمز لكل عمود بالحرف ع.



و الشكل التالي هو لإحد الأعمدة الثلاث من قرب. و يلاحظ أن السماعات الخمس المكونة للعمود تأخذ اتجهات مختلفة في المستوى الأفقي لتوزيع الصوت على الساحة المتسعة أمام الكنيسة.

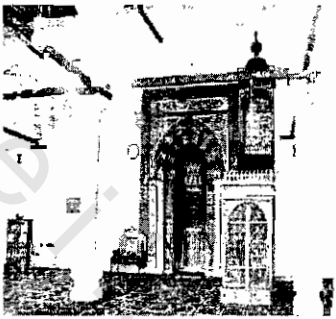
التوزيع المركزي داخل الحجرة

كما ورد من قبل فإن أفضل توزيع هو المركزي الذي يمكن به و ضع مجموعة السماعات قريبا من المتكلم و بذلك ينطبق إتجاه السمع مع إتجاه النظر. و هناك ميزة أخرى داخل الحجرة ألا و هي أن كل موقع جديد لمصدر للصوت داخل الحجرة يزيد من الصوت المنعكس على الأسطح المحددة للغرفة و ذلك يضر المفهومية، و على هذا فإن تجميع السماعات في عمود صوتي يؤدي إلى تخفيض عدد مواقع مصادر الصوت داخل الحجرة.

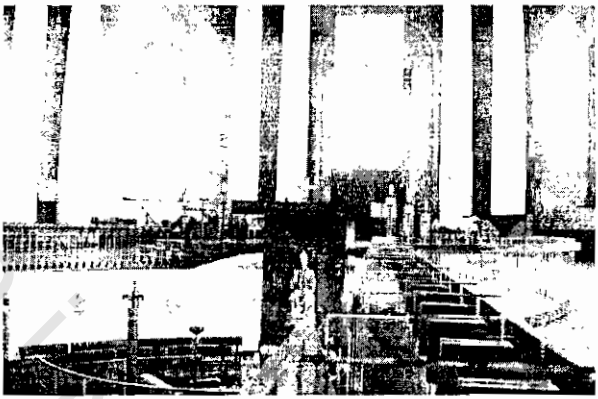
الشكل التالي هو لمنبر مسجد عمرو بن العاص بالفسطاط و على يسار المنبر عمود صوتي صغير معلق على ارتفاع كبير نسبيا فوق الأرض، و الحرف ع يوضح مكان العمود تحته.

و الأفضل أن يستخدم عمودين يمين و شمال المنبر بحيث يكون بعد كل منهما عن المنبر متساويا، و يكون منتصف العمود على

إرتفاع 1,7 متر فوق سطح أرض المسجد، أي في مستوى آذان المصلين وقوفا. (انظر الشكل التالي) :



الصورة التالية توضح وضع عمودين صوتيين يمين و يسار مكان المتكلم في كنيسة الكاثوليك الرئيسية في وسط العاصمة برلين و اسمها سانت هيدفيج. و الحرف ع يوضح مكان العمود الصوتي الموجود أسفله. و هذا مثال جيد لوضع العمود الصوتي يمين و يسار مكان المتكلم، لأن ذلك يعطي المستمعين الصوت المقوى من نفس إتجاه المتكلم. و لقد أمكن إستخدام ذلك الوضع للأعمدة الصوتية لأن التصميم المعماري توخى وضع الأعمدة الخرسانية الحاملة لقبة الكنيسة حول محيطها و ليس وسطها كما هو الحال في الكنائس القديمة.



قاعة الشيخ محمد عبده بجامعة الأزهر

التصميم المعماري و السمعي لهذه القاعة يعد من التصميمات الممتازة.

و حين جددت القاعة من الداخل عمت الشكوى من إنخفاض مفهومية الكلام. و كان ذلك في الستينات من القرن العشرين.

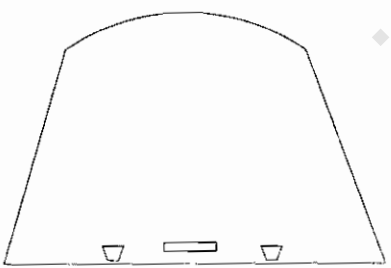
و كانت المؤسسة المصرية العامة للسينما و الإذاعة و التلفزيون في ذلك العهد هي الجهة المسئولة عن المعالجات السمعية. وكنت أعمل بالمؤسسة في ذلك الوقت قبل أن أشرف بالعمل بهيئة التدريس بجامعة الأزهر الشريف.

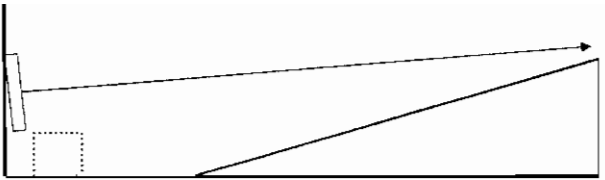
و اتضح سبب إنخفاض مفهومية الكلام بعد التجديد حيث أن الذي صمم القاعة وضع على أسطحها مساحات كبيرة من المسطحات الماصة للصوت ذات الثقوب العديدة و التي خلفها مواد شديدة

الإمتصاص مثل الصوف الصناعي. و جددها مـن لا يفقـه فـي السمعيات فسد الثقوب بطلاء التجديد و بذلك أفقـد مقـدرة هـذه الأسطح المقدرة على إمتصاص الصوت فانخفضت المفهومية.

و كانت هناك طريقتان لمعالجة إنخفاض المفهومية: إمـا إعـادة مقدرة الإمتصاص للكم الكبير من الأسطح الماصـة للصـوت، أو طريقة المعالجة الكهروسمعية. التي تعنـي إسـتخدام الأعمـدة الصوتية بحيث يصل الصوت المباشر إلى كل المستمعين بمنسوب أعلى كثيرا من منسوب الصوت المنعكس على الاسطح التي فقدت مقدرتها على إمتصاص الصوت.

الشكلان التاليان يوضحان وضع عمود يمين المنصـة و الثـاني شمالها، و طول كل منهما متران و يحتوي كل منهما على عشـر سماعات. الشكل الأول يمثل المسقط الأفقي، و الشكل الثاني هـو مقطع رأسي يوضح وضع العمود المائل قليلا لكـي يصـل أكبـر منسوب ممكن من الصوت المباشر إلـى الصـف الأخيـر مـن المستمعين.



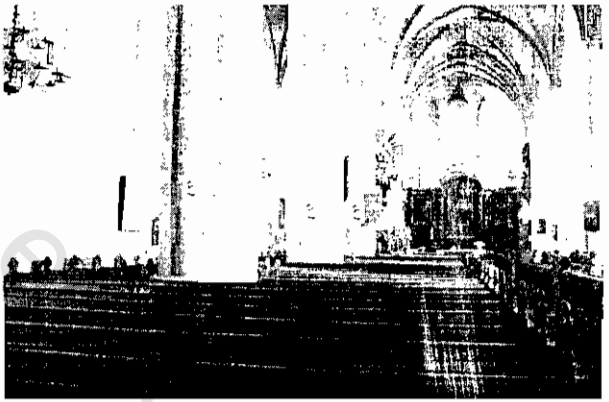


ولإمداد المستمعين بشرفة القاعة بالصوت المباشر وضعت عمودين صغيرين عند جانبيها.

التوزيع اللامركزي داخل الحجرة

الشكل التالي يوضح طريقة التوزيع غير المركزي لأعمدة الصوت داخل كنيسة إنجيلية لوثرية قديمة في وسط برلين و اسمها سانت ماريين. و لعل وضع الأعمدة الصوتية الصغيرة خلف الأعمدة الخرسانية هو للضرورة الناشئة عن وجود تلك الأعمدة في وسط الكنيسة.

و هنا يصل الصوت المقوى إلي المستمع من مكان أقرب كثيرا إليه من مكان المتكلم و من اتجاه مخالف. و ينشأ عن ذلك إنفصام بين النظر و السمع، و لعل ذلك كان في سبيل إيصال الكلام إلى المستمع بدرجة عالية من الفهم، لأن صوت المتكلم القادم من بعد سيتعرض لعدة إنعكاسات على الأسطح المحددة للكنيسة مما يضيف إليه صدى يحد من المقدرة على فهم الكلام.



oberkandl.com