الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R
قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R BS.2127-0
(2019/06)

عارض نموذج تعريف الإشارة السمعية من أجل الأنظمة الصوتية المتقدمة

السلسلة BS
الخدمة الإذاعية (الصوتية)

الاتحاد الدولي للاتصالات

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في القرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	**الخدمة الإذاعية (الصوتية)**
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2021

© ITU 2021

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذا المنشور بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R BS.2127-0*

عارض نموذج تعريف الإشارة السمعية من أجل الأنظمة الصوتية المتقدمة

(2019)

مجال التطبيق

توصف هذه التوصية العارض المرجعي الخاص بالاستعمال، بما في ذلك لتبادل البرامج، مع الأنظمة الصوتية المتقدمة الموصَّفة في التوصية ITU-R BS.2051-2 والبيانات الشرحية ذات الصلة بالإشارة السمعية الموصَّفة بنموذج تعريف الإشارة السمعية (ADM) الوارد في التوصية ITU-R BS.2076-1. ويقوم العارض السمعي بتحويل مجموعة من الإشارات السمعية والبيانات الشرحية المصاحبة لها إلى تشكيلة مختلفة من الإشارات السمعية والبيانات الشرحية، استناداً إلى البيانات الشرحية المتوافرة المتعلقة بالمحتوى والبيئة المحلية.

ملاحظة – يجري حالياً وضع المبادئ التوجيهية التي توضح طريقة استعمال العارض.

مصطلحات أساسية

نموذج تعريف الإشارة السمعية، البيانات الشرحية، العارض، النظام الصوتي المتقدم، الإشارة السمعية القائمة على القناة، الإشارة السمعية القائمة على الكائن، الإشارة السمعية القائمة على المشهد، الإشارة السمعية متعددة القنوات

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن التوصية ITU-R BS.1909-0 – متطلبات الأداء من أجل نظام صوتي مجسم متعدد القنوات متقدم للاستعمال مع صورة مصاحبة أو بدونها، توصِّف متطلبات نظام صوتي متقدم مع صورة مصاحبة أو بدونها؛

ب) أن التوصية ITU-R BS.2051-2 – النظام الصوتي المتقدم لإنتاج البرامج، توصِّف نظام صوتي متقدم بتشكيلة استنساخ تفوق الأنظمة الموصَّفة في التوصية ITU-R BS.775-3، أو نظام بأي تشكيلة استنساخ يمكن أن تدعم إشارات الدخل القائمة على القناة أو على الكائن أو على المشهد أو توليفتها مع البيانات الشرحية؛

ج) أن التوصية ITU-R BS.2076-1 – نموذج تعريف الإشارة السمعية (ADM)، توصِّف هيكل نموذج البيانات الشرحية الذي يتيح وصف نسق ومحتوى الملفات السمعية بشكلٍ موثوق؛

د) أن التوصية ITU-R BS.2094-1 – تعاريف مشتركة لنموذج تعريف الإشارة السمعية، تحتوي على مجموعة من التعاريف المشتركة لنموذج تعريف الإشارة السمعية؛

هـ) أن التوصية ITU-R BS.2125-0 – تمثيل مسلسل لنموذج تعريف الإشارة السمعية، توصِّف نسق البيانات الشرحية استناداً إلى نموذج تعريف الإشارة السمعية، المقسم إلى سلسلة زمنية من الأرتال؛

و) أن استنساخ الأنظمة الصوتية المتقدمة يتطلب عرض البيانات الشرحية المصاحبة للإشارات السمعية من أجل عرض المحتوى لإحدى تشكيلات مكبرات الصوت المحددة في التوصية ITU-R BS.2051-2؛

ز) أن مستعملي الأنظمة الصوتية المتقدمة ينبغي أن تتاح لهم حرية اختيار أسلوب العرض؛

* ينبغي أن تحاط المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO)، واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC)، وجمعية مهندسي الصور المتحركة والتلفزيون (SMPTE) والمعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) علماً بهذه التوصية.

ح) أن من المرغوب فيه أن تكون هناك مواصفة مفتوحة لأسلوب عرض مرجعي واحد يمكن استعماله لبرامج الأنظمة الصوتية المتقدمة؛

ط) أن العارض المرجعي الواحد ينبغي أن يتيح لهيئات إنتاج وبث المحتوي رصد الجودة ومراقبتها أثناء إنتاج المحتوى، والتحقق من استعمال البيانات الشرحية، وضمان التشغيل البيني مع العناصر الأخرى لسلسلة الإنتاج،

توصي

1 بإن أساليب العرض الموصوفة في الملحق 1 ينبغي أن تكون المرجع لطريقة تفسير البيانات الشرحية لأنظمة نموذج تعريف الإشارة السمعية الموصَّفة في التوصية ITU-R BS.2076-1، والإشارات السمعية المصاحبة؛

2 باعتبار الملاحظة 1 أدناه جزءاً من التوصية

الملاحظة 1 – التقيد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيني أو التطبيق مثلاً) ويتحقق التقيّد بهذه التوصية عندما يتم التقيّد بجميع هذه الأحكام الإلزامية. ويستعمل فعل "يجب" وصيغ ملزمة أخرى مثل فعل "يتعين" وصيغها النافية للتعبير عن متطلبات معينة، ولا يفسر استعمال هذه الصيغ بأي حال من الأحوال بأنه يستلزم التقيد جزئياً أو كلياً بهذه التوصية.

الملحق 1

مواصفات عارض نموذج تعريف الإشارة السمعية من أجل الأنظمة الصوتية المتقدمة

جدول المحتويات

الصفحة

الملحق 1 – مواصفات عارض نموذج تعريف الإشارة السمعية من أجل الأنظمة الصوتية المتقدمة 2

1 مقدمة 4

1.1 الاختصارات/مسرد المصطلحات 4

2 اصطلاحات 5

1.2 الترميزات 5

2.2 نظام الإحداثيات 5

3 الهيكل 6

1.3 سلوكيات البيئة المستهدفة 7

4 السطح البيني لنموذج تعريف الإشارة السمعية بلغة XML 7

1.4 نسق الفدرة السمعية (audioBlockFormat) 8

2.4 العناصر الفرعية للموضع 8

3.4 تعريف النمط 8

5 بنود العرض 9

1.5 هياكل البيانات الشرحية 9

2.5 تحديد بنود العرض 11
3.5 تجهيز بنود العرض 21
6 مكونات العرض المتقاسمة 23
1.6 الماسح البانورامي للمصدر النقطي القطبي 23
2.6 تحديد إذا كانت الزاوية داخل مدى بمقدار تفاوت مسموح به 30
3.6 تحديد إذا كانت القناة من قنوات مؤثرات الترددات المنخفضة (LFE) من البيانات الشرحية للترددات الخاصة بها 31
4.6 قناة تجهير الفدرات 32
5.6 التفسير العام للبيانات الشرحية للتوقيت 34
6.6 تفسير مواصفات المسارات TrackSpecs 34
7.6 الزاوية النسبية 35
8.6 تحويلات الإحداثيات 35
7 بنود العرض في حالة تعريف للنمط يساوي كائنات typeDefinition==Objects 36
1.7 الهيكل 36
2.7 تفسير البيانات الشرحية للكائنات InterpretObjectMetadata 36
3.7 الآلة الحاسبة للكسب 38
4.7 مراشيح فك الارتباط 67
8 بنود العارض التي يكون فيها typeDefinition==DirectSpeakers 68
1.8 قواعد التقابل 69
2.8 تحديد مؤثرات الترددات المنخفضة LFE 69
3.8 تطابق وسم مكبرات الصوت 69
4.8 الإمساك بحافة القناة 69
5.8 تطابق الحدود 70
9 بنود العرض التي يكون فيها تعريف النمط typeDefinition==HOA 70
1.9 أنساق الصوتيات المحيطة من الرتبة الأعلى (HOA) المتقبَّلة 70
2.9 العناصر الفرعية غير المتقبَّلة 71
3.9 عرض إشارات الصوتيات HOA على مكبرات الصوت 71
10 تحويل البيانات الشرحية 74
1.10 تحويل *الموضع position* 74
2.10 تحويل المدى 77

3.10 تحويل انحراف الكائن objectDivergence 79
11 هياكل وجداول البيانات 79
1.11 هياكل البيانات الشرحية الداخلية 79
2.11 مواضع مكبرات الصوت غير المركزية 81
3.11 بيانات تقابل مكبرات الصوت المباشرة DirectSpeakers 86
بيبليوغرافيا 92
المرفق 1 بالملحق 1 (إعلامي) – دليل لأجزاء المواصفة المقابلة للبيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية 93
1.A1 البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية في عارض نموذج تعريف الإشارة السمعية لقطاع الاتصالات الراديوية 93
المرفق 2 بالملحق 1 (إعلامي) – تشكيلة بديلة لمكبرات الصوت الافتراضية 95
1.A2 مواصفة تشكيلة بديلة لمكبرات الصوت الافتراضية 95

1 مقدمة

تصف هذه التوصية عارض نموذج تعريف الإشارة السمعية (ADM)، وتوفر تفسيراً كاملاً للبيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية الموصَّف في التوصية ITU-R BS.2076-1. ويوصى باستعمال البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية لوصف الأنساق السمعية المستعملة في إنتاج البرامج للأنظمة الصوتية المتقدمة، والمعروفة أيضاً باسم الأنظمة السمعية من الجيل التالي. ويستطيع هذا العارض عرض الإشارات السمعية على جميع تشكيلات مكبرات الصوت الموصَّفة في التوصية ITU-R BS.2051-2.

وهذه المواصفة مصحوبة بتنفيذ مرجعي مفتوح المصدر، مكتوب بلغة Python لتجهيز نموذج تعريف الإشارة السمعية القائم على الملفات، ومتاح على الموقع التالي:

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0a/07/R0A0700003E0001ZIPE.zip

وتعرض وثيقة المواصفات هذه وصفاً للرمز المرجعي.

1.1 الاختصارات/مسرد المصطلحات

ADM نموذج تعريف الإشارة السمعية *(Audio definition model)*

BMF نسق تبادل البيانات الشرحية الإذاعية *(Broadcast metadata exchange format)*

BW64 موجة إذاعية بنسق 64 بتة *(Broadcast wave 64 format)*

BWF نسق موجة إذاعية *(Broadcast wave format)*

HOA صوتيات محيطة من الرتبة الأعلى *(Higher-order ambisonics)*

NGA الأنظمة الصوتية من الجيل التالي *(Next generation audio)*

PSP ماسح بانورامي للمصدر النقطي *(Point source panner)*

VBAP المسح البانورامي لاتساع المتجه القاعدي *(Vector base amplitude panning)*

XML لغة الوسم الموسعة *(Extensible markup language)*

2 اصطلاحات

1.2 الترميزات

تُستعمل الاصطلاحات التالية في هذه التوصية:

- النص الوارد بالخط المائل يشير إلى عناصر نموذج تعريف الإشارة السمعية أو عناصره الفرعية أو معلماته أو نعوته الواردة في التوصية ITU-R BS.2076-1: *الكائن السمعي (audioObject)*
- النص أحادي المسافة يشير إلى شفرة المصدر (المتغيرات والمعادلات والفئات) للتنفيذ المرجعي: `iar.core.point_source.PointSourcePanner`. وجدير بالذكر أنه يتم حذف البادئة `iar.` لأسباب تتعلق بقابلية القراءة.
- تُستعمل الأحرف الكبيرة بالخط العريض للمصفوفات: **X**
- تُستعمل الأحرف الصغيرة بالخط العريض للمتجهات: **x**
- يشير النص السفلي الوارد في شكل x_n إلى العنصر رقم n من المتجه **x**
- تُستعمل أقسام النص أحادي المسافة الملون لوصف هياكل البيانات:

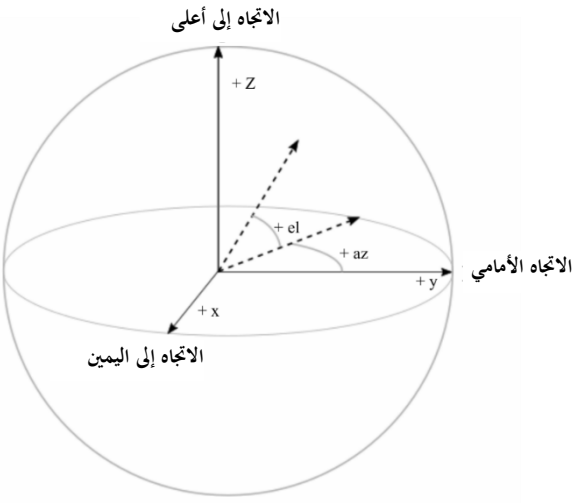
```
struct PolarPosition : Position {
  float azimuth, elevation, distance = 1;
};
```

2.2 نظام الإحداثيات

تُستعمل الإحداثيات الديكارتية والقطبية في جميع أقسام هذه الوثيقة.

الشكل 1

نظام الإحداثيات



BS.2127-01

وتوصَّف الإحداثيات القطبية وفقاً للتوصية ITU-R BS.2076-1 على النحو التالي:

- السمت، المعرّف بالعلامة φ، هو الزاوية في المستوى الأفقي، قدرها 0 درجات في الاتجاه الأمامي وزوايا موجبة في عكس اتجاه عقارب الساعة.
- الارتفاع، المعرّف بالعلامة θ، هو زاوية تقع فوق المستوى الأفقي، قدرها 0 درجات في الاتجاه الأمامي وزوايا موجبة صعوداً.

وتوصَّف الإحداثيات الديكارتية وفقاً للتوصية ITU-R BS.2076-1 على النحو التالي:

- المحور الموجب Y يشير إلى الأمام.
- المحور الموجب X يشير إلى اليمين.
- المحور الموجب Z يشير إلى أعلى.

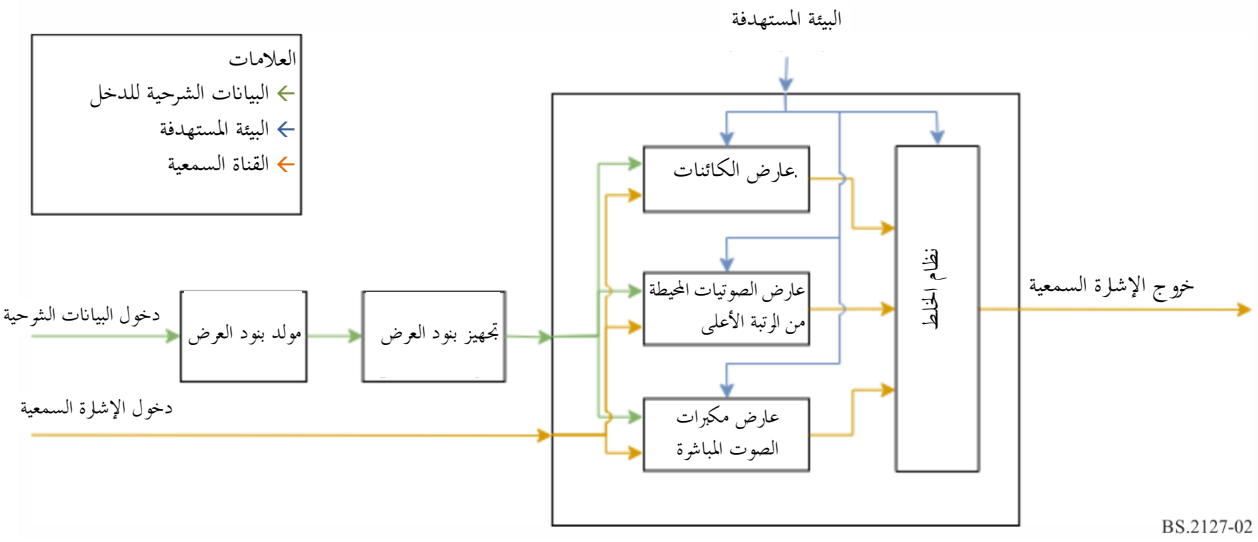
ويُستعمل مفكك شفرة الصوتيات المحيطة من الرتبة الأعلى (HOA) الموصَّف في الفقرة 9 نظام إحداثيات الصوتيات HOA والترميزات على النحو الموصف في التوصية ITU-R BS.2076-1، حيث:

- الارتفاع، المعرّف بالعلامة θ، هو زاوية بالراديانات من المحور Z الموجب.
- السمت، المعرّف بالعلامة ϕ، هو زاوية في المستوى الأفقي بالراديانات، قدرها 0 درجات في الاتجاه الأمامي وذات زوايا موجبة في عكس اتجاه عقارب الساعة.

3 الهيكل

الشكل 2

لمحة عامة عن المعمارية الشاملة



وتتألف المعمارية الشاملة من العديد من المكونات الرئيسية وخطوات التجهيز، التي يرد وصفها في الفصول التالية من هذه الوثيقة:

- يرد وصف لتحويل بيانات نموذج تعريف الإشارة السمعية إلى مجموعة من بنود العرض في الفقرة 2.5.
- يُطبق التجهيز الاختياري لتطبيق مضاهاة الأهمية والتقارب على بنود العرض على النحو الموصوف في الفقرة 3.5.
- ينقسم العرض نفسه إلى مكونات فرعية استناداً إلى نمط (*typeDefinition*) البند:
  - يرد وصف لعرض المحتوى القائم على الكائن في الفقرة 7.
  - يرد وصف لعرض إشارات مكبرات الصوت مباشرة في الفقرة 8.
  - يرد وصف لعرض الصوتيات المحيطة من الرتبة الأعلى (HOA) في الفقرة 9.
  - يرد وصف للأجزاء المشتركة لجميع المكونات في الفقرة 6.

ولا يعرض الشكل البياني تجهيز نوع المصفوفة *Matrix* نظراً لمعالجة هذا النمط أثناء استحداث بنود العرض وكجزء من أنظمة العرض للأنماط الأخرى.

1.3 سلوكيات البيئة المستهدفة

في البداية، يمكن أن يختار المستعمل تشكيلة لمكبرات الصوت من تلك الموصَّفة في التوصية ITU-R BS.2051-2.

ويكون الموضع الاسمي لكل مكبر صوت (polar_nominal_position) على النحو الموصَّف في التوصية ITU-R BS.2051-2. والسمت الاسمي لكل من M+SC وM−SC قدره 15° و−15°.

ويمكن أن يحدد المستعمل الموضع الحقيقي لكل مكبر صوت (polar_position). وفي حالة عدم توافر هذه الخاصية، يُستعمل الموضع الاسمي. ويجري التحقق من المواضع الحقيقية المعينة مقابل المديات المحددة في التوصية ITU-R BS.2051-2؛ وإذا لم تكن داخل المدى المعني، تصدر علامة خطأ. وبالإضافة إلى ذلك، فإن السمت المطلق لكل من مكبرات الصوت M+SC وM−SC يجب أن يكون بين 5° و25° أو بين 35° و60°.

4 السطح البيني لنموذج تعريف الإشارة السمعية بلغة XML

إن نموذج تعريف الإشارة السمعية نموذج عام للبيانات الشرحية ويمكن تمثيله بشكل طبيعي كوثيقة بلغة XML. وتصف الأقسام التالية طريقة تقابل نموذج تعريف الإشارة السمعية مع هياكل البيانات الداخلية. وتُستعمل هذه في جميع أقسام هذه التوصية، وتتماشى مع هياكل البيانات المستعملة في التنفيذ المرجعي.

وجدير بالذكر أنه على الرغم من أن لغة XML هي الشكل النمطي والشائع لتمثيل البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية، فإن أنظمة العرض لا تقتصر على هذا التمثيل.

ويتقابل نموذج تعريف الإشارة السمعية مع هياكل البيانات الداخلية وفقاً لمجموعة من القواعد البسيطة، التي يرد وصفها أدناه. وكما هو الحال مع جميع القواعد، هناك بعض الاستثناءات؛ ويرد وصفها في الأقسام الفرعية التالية.

- تُمثل جميع العناصر الرئيسية لنموذج تعريف الإشارة السمعية كفئة فرعية من عناصر النموذج ADMElement بالشفرة التالية:

```
class ADMElement {
   string id;
   ADM adm_parent;
   bool is_common_definition;
};
```

- ويتم تمديد كل فئة من فئات عناصر نموذج تعريف الإشارة السمعية بنعوت النموذج ADM وعناصره الفرعية، التي تجري مقابلتها على نعوت الفئة.

- وإذا كان عنصر فرعي يحتوي على أكثر من قيمة واحدة، فإنه يكون فئة بحد ذاته. فعلى سبيل المثال، يكون العنصر الفرعي موضع القفز *jumpPosition* فئة في الشفرة التالية:

```
class JumpPosition {
   bool flag;
   float interpolationLength;
};
```

- وخلال تحليل اللغة XML، يتم تخزين الإحالات إلى عناصر نموذج تعريف الإشارة السمعية الأخرى كمعرفات هوية بسيطة باستعمال اسم العنصر الفرعي كاسم نعت (مثل AudioObject.audioPackFormatIDRef). ولتبسيط العملية في حالة النفاذ، تتم تسوية هذه المراجع في خطوة تالية، حيث تُضاف العناصر التي تتم تسويتها لكل هيكل من هياكل البيانات مباشرة (AudioObject.audioPackFormats).

وباتباع هذه القواعد، تكون الشفرة الكاملة لعنصر المحتوى السمعي AudioContent ممثلة على هذا النحو:

```
class AudioContent : ADMElement {
  string audioContentName;
  string audioContentLanguage;
  LoudnessMetaData loudnessMetadata;
  int dialogue;
  vector<AudioObject*> audioObjects;
  vector<string> audioObjectIDRef;
};
```

وتُنفذ عناصر الرئيسية لنموذج تعريف الإشارة السمعية وفئاتها المخصصة في fileio.adm.elements.main_elements. وتُنفذ التسوية المرجعية في كل فئة (في نموذج ADM وكل عنصر رئيسي من نموذج تعريف الإشارة السمعية) كطريقة lazy_lookup_references.

ويُنفذ تحليل شفرة نموذج تعريف الإشارة السمعية وكتباتها في fileio.adm.xml.

1.4 نسق الفدرة السمعية (audioBlockFormat)

يختلف نسق الفدرة السمعية *audioBlockFormat* عن عناصر نموذج تعريف الإشارة السمعية الأخرى نظراً لأن عناصره الفرعية ونعوته تختلف حسب تعريف النمط *typeDefiniton*. وللتعبير عن ذلك، يتم تقسيم نسق AudioBlockFormat إلى فئات متعددة، واحدة لكل تعريف للنمط *typeDefinition*: AudioBlockFormatObjects، وAudioBlockFormatDirectSpeakers، وAudioBlockFormatHoa.

وتُنفذ هذه في fileio.adm.elements.block_formats.

2.4 العناصر الفرعية للموضع

تُمثل المواضع بعناصر فرعية متعددة للموضع *position* في نموذج تعريف الإشارة السمعية. ولتبسيط المعالجة الداخلية، تُجمع قيم العناصر الفرعية للموضع في نعت واحد داخل تمثيل نسق AudioBlockFormat.

وبالنسبة إلى تعريف النمط *typeDefinition==Objects*، فإنها تكون إما الموضع القطبي للكائن ObjectPolarPosition أو الموضع الديكارتي للكائن ObjectCartesianPosition، حسب نظام الإحداثيات المستعمل. أما بالنسبة إلى تعريف النمط *typeDefinition==DirectSpeakers*، فإنها تكون الموضع القطبي لمكبر الصوت المباشر DirectSpeakerPolarPosition أو الموضع الديكارتي لمكبر الصوت المباشر DirectSpeakerCartesianPosition.

3.4 تعريف النمط

تصف نعوت تعريف النمط *typeDefinition* ووسم النمط *typeLabel* خاصية واحدة. ولهذا السبب، لا ينبغي استعمال إلا كيان واحد فقط داخلياً لتمثيلهما.

```
enum TypeDefinition {
  DirectSpeakers = 1;
  Matrix = 2;
  Objects = 3;
  HOA = 4;
  Binaural = 5;
};

enum FormatDefinition {
  PCM = 1;
};
```

5 بنود العرض

إن بند العرض RenderingItem تمثيل لبند من بنود نموذج تعريف الإشارة السمعية يتعين عرضه – ويحتفظ بجميع المعلومات اللازمة للقيام بذلك. وبالتالي، يجب أن يمثل البند نسق قناة سمعية واحد *audioChannelFormat* أو مجموعة من الأنساق *audioChannelFormats*. ونظراً لأن لكل تعريف نمط *typeDefinition* متطلبات مختلفة، من الضروري أن تكون هناك هياكل مختلفة للبيانات الشرحية لكل تعريف *typeDefinition* للتكيف مع احتجاجاته المحددة.

ويصف القسم التالي هياكل البيانات الشرحية المستعملة بمزيد من التفصيل.

1.5 هياكل البيانات الشرحية

تستند بنود العرض RenderingItems إلى الفئات القاعدة التالية:

- نمط البيانات الشرحية TypeMetadata للاحتفاظ بجميع المعلمات (التي يمكن أن تكون متغيرة زمنياً) واللازمة لعرض البند؛
- مصدر البيانات الشرحية MetadataSource للاحتفاظ بمجموعة من كائنات أنماط البيانات الشرحية TypeMetadata؛
- بند العرض RenderingItem لربط مصدر البيانات الشرحية MetadataSource بمصدر عينات إشارات سمعية ومعلومات إضافية لا يحتاج إليها بالضرورة العارض.

وبالنظر إلى أن كل تعريف نمط *typeDefinition* لديه متطلبات مختلفة، يجب أن يكون نمط البيانات TypeMetadata وبند العرض RenderingItem في فئة فرعية لكل *typeDefinition* للتكيف لاحتياجاته المحددة. ومصدر البيانات الشرحية MetadataSource مستقل عن *typeDefinition*. وتوحد البيانات المشتركة في ExtraData:

```
struct ExtraData {
  optional<duration> object_start;
  optional<duration> object_duration;
  ReferenceScreen reference_screen;
  Frequency channel_frequency;
};
```

وتُخزّن بيانات الأهمية في هيكل ImportanceData:

```
struct ImportanceData {
  optional<int> audio_object;
  optional<int> audio_pack_format;
};
```

وتُغلف الإحالات لعينات الإشارات السمعية للدخل في هياكل مواصفات المسارات TrackSpec، لإتاحة المجال لمواصفة المسارات الصامتة وتجهيز المصفوفات. وتشير مواصفة DirectTrackSpec إلى أنه يجب قراءة العينات مباشرة من مسار الدخل المحدد. وتشير مواصفة SilentTrackSpec إلى أن تكون العينات بقيمة الصفر.

```
struct TrackSpec {};

struct DirectTrackSpec : TrackSpec {
  int track_index;
};

struct SilentTrackSpec : TrackSpec {
};
```

ويتاح نمطان لمواصفات TrackSpec لدعم *typeDefinition==DirectSpeakers*. وتشير مواصفة MatrixCoefficientTrackSpec إلى أن أنه يتعين تطبيق المعلمات الموصَّفة في المعامل coefficient (من مصفوفة عنصر المعامل coefficient المتعلق بنمط نسق الفدرة السمعية *audioBlockFormat*) على عينات مسار الدخل input_track، بينما تشير MixTrackSpec إلى أنه يتعين مزج العينات الواردة من مواصفات TrackSpecs متعددة معاً.

```
struct MatrixCoefficientTrackSpec : TrackSpec {
  TrackSpec input_track;
  MatrixCoefficient coefficient;
};

struct MixTrackSpec : TrackSpec {
  vector<TrackSpec> input_tracks;
};
```

ويُنفذ ذلك في العنصر core.utils.metadata_input. وتصف الفقرات الفرعية التالية التنفيذ المحدد لكل تعريف من تعاريف *typeDefinition* بمزيد من التفصيل.

1.1.5 مكبرات الصوت المباشرة DirectSpeakers

بالنسبة إلى *typeDefinition==DirectSpeakers*، يجب أن يشمل نمط البيانات الشرحية TypeMetadata نسق *audioBlockFormat*، وقائمة أنساق *audioPackFormats* التي تؤدي إلى نسق القناة السمعية *audioChannelFormat*، إضافة إلى البيانات المجمعة المشتركة في البيانات الإضافية ExtraData.

```
struct DirectSpeakersTypeMetadata : TypeMetadata {
  AudioBlockFormatDirectSpeakers block_format;
  vector<AudioPackFormat> audioPackFormats;
  ExtraData extra_data;
};
```

وبالنظر إلى أنه يمكن تجهيز كل نسق من أنساق *audioChannelFormat* مع *typeDefinition==DirectSpeakers* بشكل مستقل، فإن بند العرض RenderingItem لا يحتوي إلا على مواصفة مسار TrackSpec واحدة.

```
struct DirectSpeakersRenderingItem : RenderingItem {
  TrackSpec track_spec;
  MetadataSource metadata_source;
  ImportanceData importance;
};
```

2.1.5 المصفوفة

يجب دعم تعريف النمط *typeDefinition==Matrix* باستعمال آلية TrackSpec عند عرض البنود للأنماط الأخرى، بحيث لا تكون هناك حاجة إلى فئات صريحة من MatrixTypeMetadata أو MatrixRenderingItem.

3.1.5 الكائنات

يجب أن تشتمل البيانات الشرحية لنمط الكائن ObjectTypeMetadata على نسق *audioBlockFormat* بالإضافة إلى البيانات المجمعة في ExtraData.

```
struct ObjectTypeMetadata : TypeMetadata {
  AudioBlockFormatObjects block_format;
  ExtraData extra_data;
};
```

وبالنظر إلى أنه يمكن تجهيز كل نسق من أنساق audioChannelFormat مع typeDefinition==Objects بشكل مستقل، فإن بند العرض RenderingItem لا يحتوي إلا على مواصفة مسار TrackSpec واحدة.

```
struct ObjectRenderingItem : RenderingItem {
  TrackSpec track_spec;
  MetadataSource metadata_source;
  ImportanceData importance;
};
```

4.1.5 صوتيات محيطة من الرتبة الأعلى (HOA)

بالنسبة إلى تعرف النمط *typeDefinition==HOA*، يختلف الوضع بين *typeDefinition==DirectSpeakers* و*typeDefinition==Objects*، لأنه يتعين تجهيز كدسة من *audioChannelFormats* معاً. ولهذا السبب، لا تحتوي HOATypeMetadata على audioBlockFormat بالإضافة إلى ExtraData، ولكن يتم استخلاص المعلومات اللازمة من *audioBlockFormats* وتُخزّن مباشرة في HOATypeMetadata.

```
struct HOATypeMetadata : TypeMetadata {
  vector<int> orders;
  vector<int> degrees;
  optional<string> normalization;
  optional<float> nfcRefDist;
  bool screenRef;
  ExtraData extra_data;
  optional<duration> rtime;
  optional<duration> duration;
};
```

وللسبب نفسه، يكون الوضع بالنسبة إلى بند HOARenderingItem مختلفاً. وفي هذه الحالة، لا يحتوي بند HOARenderingItem على مواصفة TrackSpec واحدة فحسب، بل على متجه من مواصفات TrackSpecs.

```
struct HOARenderingItem : RenderingItem {
  vector<TrackSpec> track_specs;
  MetadataSource metadata_source;
  vector<ImportanceData> importances;
};
```

5.1.5 العرض عبر الأذنين

بالنظر إلى أن النظام لا يدعم *typeDefinition==Binaural*، فإنه لا توجد فئات من البيانات الشرحية لنمط العرض عبر الأذنين BinauralTypeMetadata أو بنود عرض عبر الأذنين BinauralRenderingItem.

2.5 تحديد بنود العرض

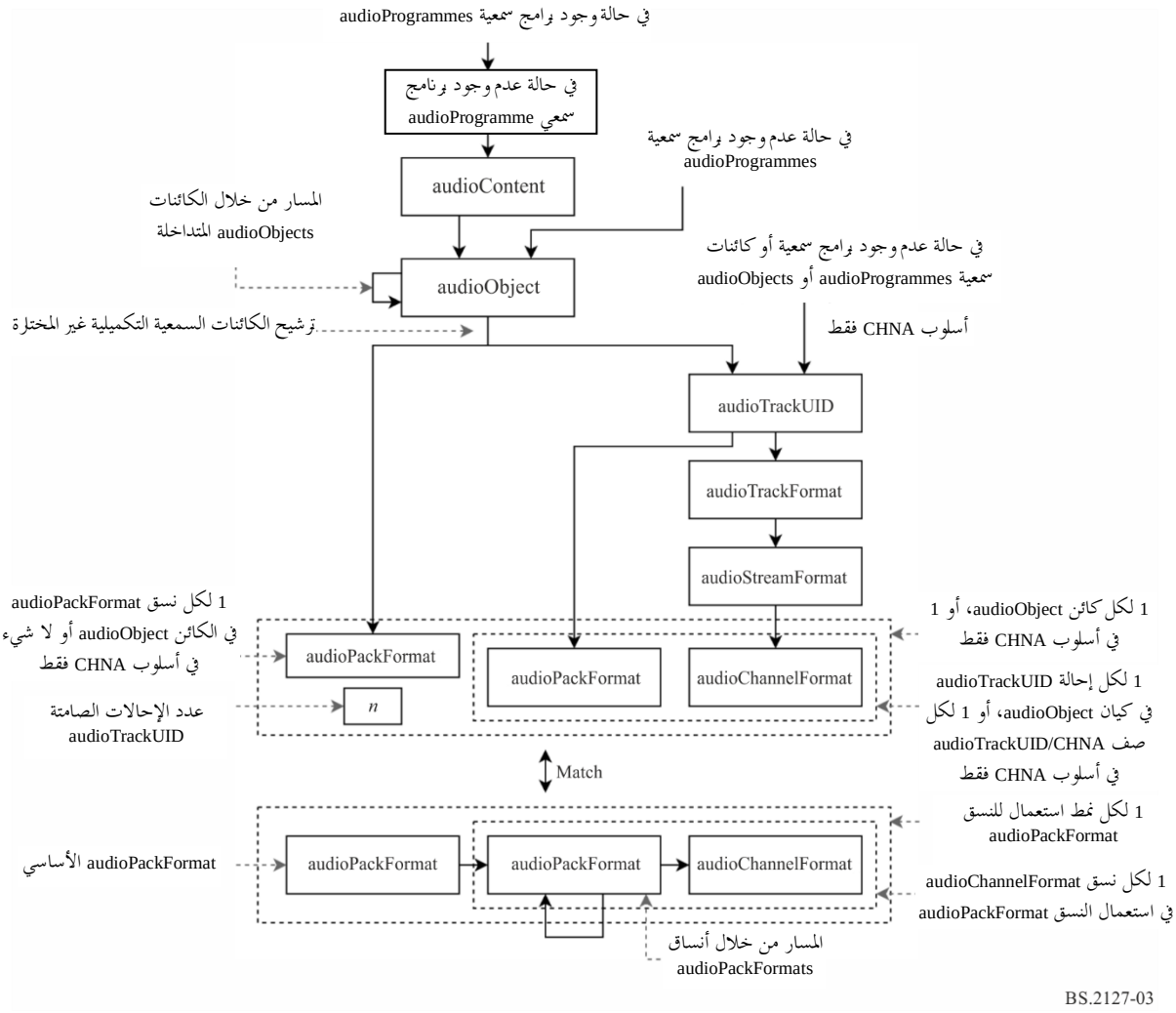
لتحديد بنود العرض RenderingItems، يجب تحليل نموذج تعريف الإشارة السمعية. ويوضح الشكل 3 المسار المتخذ.

وتجرى عملية اختيار حالة البند بين المكونات المختلفة في كائن واحد يطلق عليه اسم 'حالة اختيار البند' التي تُمثل، عندما تكون مكتملة المكونات، جميع المكونات التي يتكون منها بند عرض RenderingItem واحد. ويقبل كل مكون حالة واحدة من حالات اختيار البند ويعيد نسخاً (من الصفر إلى العديد) منها بمزيد من المدخلات. وتجرى هذه الخطوات معاً في بنود select_rendering_items، وهي عروة متداخلة مع الحالات عند تعديلها من قبل كل مكون بدوره.

ويُنفذ ذلك في العنصر core.select_items.

الشكل 3

المسار من خلال هيكل نموذج تعريف الإشارة السمعية لتحديد بنود العرض RenderingItems



1.2.5 نقطة البدء

يمكن أن يبدأ اختيار بند العرض من نقاط متعددة في هيكل نموذج تعريف الإشارة السمعية حسب العناصر المدرجة في الملف.

وإذا كانت هناك عناصر للبرنامج السمعي *audioProgramme*، يتم حينئذ اختيار برنامج *audioProgramme* واحد؛ وبخلاف ذلك إذا كانت هناك عناصر كائنات سمعية *audioObject*، يجب اختيار جميع *audioObject*s؛ وبخلاف ذلك يتم اختيار معرِّفات المسارات السمعية (صفوف CHNA) (يطلق عليها اسم 'أسلوب CHNA فقط').

2.2.5 اختيار البرنامج السمعي audioProgramme

يتم اختيار برنامج سمعي *audioProgramme* واحد. ويمكن أن يختار المستعمل البرنامج الذي يتعين استعماله. وفي حالة عدم اختيار أي برنامج سمعي *audioProgramme*، يتم اختيار البرنامج ذي أدنى معرِّف رقمي.

3.2.5 اختيار المحتوى السمعي audioContent

يتم اختيار جميع المحتويات السمعية *audioContents* التي يحيل إليها البرنامج السمعي *audioProgramme*.

4.2.5 اختيار الكائن السمعي audioObject

تُضبط الكائنات السمعية audioObjects لجميع المسارات الممكنة من خلال تراتب الكائن السمعي *audioObject* بدءاً بالمحتوى السمعي *audioContent* المختار (وفقاً لوصلات *audioObject*) ثم على التوالي.

5.2.5 تناول الكائن السمعي *audioObject* التكميلي

يجب تفسير الإحالات إلى الكائن السمعي التكميلي *audioComplementaryObject* على أنها مجموعات تعريف من الكائنات السمعية *audioObjects*، سيتم استنساخ كائن سمعي *audioObject* واحد منها فقط.

وتوصّف المجموعة بإحالات *audioComplementaryObject* من الكائن السمعي *audioObject* الأولي في المجموعة إلى جميع الكائنات السمعية *audioObject*s غير الأولية في المجموعة. ويمكن أن يوفر المستعمل مجموعة من *audioObject*s للاختيار، تعلو فوق الإعدادات الأولية. ومن هذه المجموعة، تُحدد مجموعة من *audioObjects* للتجاهل وتُستبعد الحالات إذا كانت أي من الكائنات *audioObject*s في مسار الكائن *audioObject* في هذه المجموعة.

1.5.2.5 اختيار الكائنات *audioObjects* التكميلية للتجاهل

أولاً، تزداد مجموعة الكائنات *audioObjects* التي يختارها المستعمل بالإعداد الأولية لكل مجموعة: لكل كائن *audioObject* أساسي (كائن بإحالات إلى كائن سمعي تكميلي *audioComplementaryObject*)، إذا لم تكن أي من الكائنات *audioObject*s في المجموعة معرّفة بالكائن *audioObject* الأساسي ضمن هذه المجموعة، يُضاف عندئذ الكائن *audioObject* الأساسي (الأولي).

وبالتالي، تكون مجموعة الكائنات *audioObject*s التي يتم تجاهلها هي مجموعة جميع الكائنات audioObjects التكميلية (أي الكائنات *audioObject*s التي تشمل كائناً *audioComplementaryObject* مرجعياً وaudioObjects التي يشار إليها بكائن *audioComplementaryObject* مرجعي) ناقص المجموعة المزودة بالكائنات *audioObject*s التي يختارها المستعمل.

وفي حالة اختيار كائنات *audioObject*s لا تنتمي لأي مجموعة تكميلية أو كائنات *audioObject*s متعددة في مجموعة *audioObject* واحدة (إما بخطأ من المستعمل أو نتيجة تراكب المجموعات)، يُصدر خطأ.

6.2.5 تقابل أنساق الكدسات السمعية *audioPackFormat*

تتمثل الخطوة التالية في تقابل معلومات كائن *audioObject* (قائمة أنساق *audioPackFormat*s أو معرِّفات *audioTrackUID*s أو عدد المسارات الصامتة أو مجرد قائمة جميع معرِّفات *audioTrackUID* في أسلوب CHNA فقط) مع نسق *audioPackFormat* وهياكل أنساق *audioChannelFormat*.

وتوصف هذه الحالة على أنها مشكلة تقابل/بحث وليس مسارات محددة من خلال الهياكل المرجعية التي يتعين تسويتها، لأن هناك عناصر متعددة على الجانبين يجب أن تتقابل وألا تتعارض لتشكيل حل سليم.

ولا يعتبر التقابل سليماً إلا إذا وجد حل واحد مطابق تماماً فقط. وفي حالة عدم الوصول إلى حلول، تتعارض البيانات الشرحية ويُصدر خطأ. وفي حالة الوصول إلى حلول عديدة، تكون البيانات الشرحية غامضة، ويُصدر خطأ. ولنوعي الخطأ، تُجرى عملية تشخيص من أجل عرض الأسباب المحتملة للخطأ على المستعمل.

1.6.2.5 الكدسات التي يتعين تحقيق التقابل معها

ترد مواصفة أنساق الكدسات السمعية *audioPackFormats* التي يتعين تحقيق التقابل معها كقائمة من هياكل توزيع الكدسات AllocationPack:

```
struct AllocationChannel {
  AudioChannelFormat channel_format;
  vector<AudioPackFormat> pack_formats;
};

struct AllocationPack {
  AudioPackFormat root_pack;
  vector<AllocationChannel> channels;
};
```

وتُحدد كل واحدة نسق الكدسة السمعية *audioPackFormat* الأساسي (root_pack، نسق *audioPackFormat* في المستوى الأعلى الذي يحيل إلى جميع القنوات التي يتعين توزيعها)، وقائمة القنوات التي يتعين تقابلها داخل هذه الكدسة. وتكون كل قناة مزيجاً من نسق *audioChannelFormat* مرجعي وقائمة من الأنساق *audioPackFormats* المحتملة التي يمكن أن ترتبط بها هذه القناة.

ولكل كدسة pack من أنساق *audioPackFormat* حيث يكون تعريف النمط *typeDefinition != Matrix*، يُنشأ كائن AllocationPack حيث:

- تكون الكدسة الأساسية root_pack هي الكدسة pack.
- يكون للقنوات channels دخل واحد لكل نسق *audioChannelFormat* يمكن النفاذ إليه من الكدسة pack (بشكل متكرر باتباع وصلات أنساق *audioPackFormat*)، حيث تحتوي أنساق pack_formats على جميع أنساق *audioPackFormats* الموجودة على المسار من الكدسة pack إلى نسق *audioChannelFormat* (بما في ذلك pack).

وفي حين يُعد ذلك تبسيطاً طفيفاً لهيكل النسقين *audioPackFormat* و*audioChannelFormat*، فإن ميزة هذا التمثيل هي قدرته على تمثيل الهياكل المرجعية للنسقين *audioPackFormat* و*audioChannelFormat* المستعملين مع محتوى المصفوفة *Matrix*، الوارد وصفها أدناه.

1.1.6.2.5 معالجة المصفوفة

يمكن الإحالة إلى مصفوفة أنساق *audioPackFormats* بعدة طرق حسب التأثير المقصود. وتنعكس هذه الهياكل المرجعية في كدسات التوزيع AllocationPacks التالية التي تصدر لكل كدسة pack من حزم أنساق audioPackFormat ذات تعريف للنمط *typeDefinition==Matrix*.

- إذا كانت الكدسة pack مصفوفة مباشرة أو مصفوفة فك تشفير، ينبغي تطبيق المصفوفة إذا أحال الكائن السمعي *audioObject* إلى كل من pack ومجموعة من معرِّفات *audioTrackUID* تحيل بدورها إلى الكدسة pack وقنوات دخل أو تشفير أنساق *audioPackFormat* في الكدسة pack:
  - تكون الكدسة الأساسية root_pack هي الكدسة pack.
  - القنوات channels تحتوي على قيمة واحدة لكل نسق قناة *audioChannelFormat* في دخل *audioPackFormat* من الكدسة (إما نسق كدسة التشفير *encodePackFormat* أو نسق كدسة الدخل *inputPackFormat* حسب النمط)، حيث يكون نسق القناة channel_format هو channel وأنساق الكدسات pack_formats هي [pack].
- إذا كانت الكدسة pack مصفوفة مباشرة أو مصفوفة فك تشفير، ينبغي معاملة المصفوفة على أنه تم تطبيقها من قبل على العينات في الملف إذا أحال كائن سمعي *audioObject* إلى كل من pack ومجموعة من معرِّفات *audioTrackUID* التي تحيل بدورها إلى الكدسة pack (أو الكدسات الفرعية) وقنوات الكدسة pack:

- تكون الكدسة الأساسية root_pack هي الكدسة pack.
- القنوات channels تحتوي على قيمة واحدة لكل نسق قناة *audioChannelFormat* في pack، حيث يكون نسق القناة channel_format هو channel وأنساق الكدسات pack_formats تحتوي على جميع أنساق *audioPackFormats* على المسار من pack إلى channel.

– إذا كانت الكدسة pack مصفوفة فك تشفير، يجوز تطبيق نسقها *encodePackFormat* الذي تتبعه الكدسة pack إذا أحال كائن سمعي *audioObject* إلى pack ومجموعة من معرّفات *audioTrackUID* التي تحيل بدورها إلى نسق *audioPackFormat* وقنوات *inputPackFormat* من *encodePackFormat*:

- تكون الكدسة الأساسية root_pack هي الكدسة pack.
- القنوات channels تحتوي على قيمة واحدة لكل نسق قناة *audioChannelFormat* في *inputPackFormat* من *encodePackFormat* في الكدسة، حيث يكون نسق القناة channel_format هو channel وأنساق الكدسات pack_formats تحتوي على جميع أنساق *audioPackFormats* على المسار من *inputPackFormat* إلى channel.

ويُحدد 'نمط' مصفوفة *audioPackFormat* باستعمال القواعد التالية:

– إذا كانت تحتوي على إحالة إلى *inputPackFormat* و*outputPackFormat*، تكون مصفوفة مباشرة.

– إذا كانت تحتوي على إحالة إلى *inputPackFormat* وليس إلى *outputPackFormat*، تكون مصفوفة تشفير.

– إذا كانت تحتوي على إحالة إلى *outputPackFormat* وليس إلى *inputPackFormat*، تكون مصفوفة فك تشفير.

– إذا لم تكن تحتوي على إحالة إلى *inputPackFormat* أو *outputPackFormat*، يُصدر خطأ.

2.6.2.5 المسارات وإحالات *audioPackFormat* إلى التقابل

يجب تحديد المسارات للتقابل مع كدسات AllocationPacks بثلاث قيم:

– tracks، وهي قائمة بجميع مسارات التوزيع AllocationTracks، تُمثل كل منها معرّف (أو صف CHNA):

```
class AllocationTrack {
  AudioChannelFormat channel_format;
  AudioPackFormat pack_format;
};
```

ويتم الحصول على نسق القناة channel_format من معرّف *audioTrackUID* عن طريق اتباع الإحالات إلى *audioTrackFormat* و*audioStreamFormat* و*audioChannelFormat*، في حين يحيل المعرّف *audioTrackUID* بشكل مباشر إلى نسق الكدسة pack_format.

– pack_refs، هي قائمة اختيارية من إحالات نسق *audioPackFormat* الموجودة في الكائن السمعي *audioObject*.

وnum_silent_tracks هي عدد المسارات 'الصامتة' التي يمكن توزيعها، وتُمثل في الإحالات من *audioObject* إلى ATU_00000000.

وعند تحديد هذه الهياكل لكائن سمعي *audioObject*:

– tracks تحتوي على دخل واحد لكل معرّف *audioTrackUID* (غير صامت) محال إليه من *audioObject*.

– pack_refs، هي قائمة من إحالات نسق *audioPackFormat* الموجودة في الكائن السمعي *audioObject*.

وnum_silent_tracks هو عدد معرّفات *audioTrackUID* الصامتة المحال إليها (التي تقابل الإحالات إلى ATU_00000000 في *audioObject*).

وفي حالة أسلوب CHNA فقط:

- tracks تحتوي على دخل واحد لكل معرّف *audioTrackUID* (أو صف CHNA) في الملف.
- pack_refs تأخذ القيمة None.
- num_silent_tracks تأخذ القيمة 0.

3.6.2.5 التقابل

يُحدد حل التقابل كقائمة لكائنات الكدسات الموزعة AllocatedPack:

```
struct AllocatedPack {
  AllocationPack pack;
  vector<tuple<AllocationChannel,
               optional<AllocationTrack>>> allocation;
};
```

ويربط كل واحد منها نسق *audioChannelFormat* في الكدسة pack بمسار ما track، أو مسار صامت إذا لم يُحدد AllocationTrack.

ويتسم الحل السليم بالخصائص التالية:

1 لكل كدسة موزعة AllocatedPack، تحدث كل قناة في AllocationPack عندما تكون في allocation بالضبط.

2 يحدث كل مسار في tracks عندما يكون عند الخرج بالضبط.

3 يكون عدد المسارات الصامتة المحال إليها في الخرج مساوياً إلى num_silent_tracks.

4 لكل قناة channel من AllocationChannel مرتبطة بمسار track من AllocationTrack، يكون نسق track.channel_format هو channel.channel_format، ونسق track.pack_format في channel.pack_formats.

5 إذا كانت pack_refs قيمتها غير None، يكون هناك حينئذ تقابل واحد لواحد بين pack_refs وقيم pack.pack.root_pack لكل كدسة pack في AllocatedPack.

والحلول التي تكون مماثلة باستثناء لترتيب AllocationPacks أو التوزيعات allocations فيها تعتبر مكافئة.

ويجوز استعمال أي طريقة يمكن أن تُعدد جميع الحلول السليمة الفريدة (غير المكافئة). وفي التنفيذ المرجعي، توجد الحلول عن طريق تناول الخصائص أعلاه كمشكلة قيد يتعين الوفاء به وعدّ جميع الحلول باستعمال البحث التراجعي.

1.3.6.2.5 الأمثلة

يرد تقابل نسق الكدسات في مجموعة من الأمثلة أدناه.

أولاً، تُحدد الهياكل المستعملة في الأمثلة. وتُمثل c1 وc2 وما إلى ذلك وp1 وp2 وما إلى ذلك إحالات إلى أنساق القنوات السمعية *audioChannelFormats* وأنساق الكدسات السمعية *audioPackFormats* (ولكن يمكن أن تكون أي كائنات نظراً لأن allocate_packs لا تستعمل إلا المعلومات الواردة في هياكل ...Allocation فقط، وتقارن هذه الإحالات حسب الهوية).

كدسة أحادية ومسار يحيل إليها:

```
ac1 = AllocationChannel(c1, [p1])
ap1 = AllocationPack(p1, [ac1])
at1 = AllocationTrack(c1, p1)
```

كدسة من قناتين بزوجين من مسارات الإحالة:

```
ac2 = AllocationChannel(c2, [p2])
ac3 = AllocationChannel(c3, [p2])
ap2 = AllocationPack(p2, [ac2, ac3])

at2 = AllocationTrack(c2, p2)
at3 = AllocationTrack(c3, p2)

at4 = AllocationTrack(c2, p2)
at5 = AllocationTrack(c3, p2)
```

ويؤدي حل مسار أحادي واحد في الكائن *audioObject* إلى حل واحد يحتوي على كدسة موزعة واحدة:

```
assert allocate_packs(
    packs=[ap1, ap2],
    tracks=[at1],
    pack_refs=[p1],
    num_silent_tracks=0,
) == [[AllocatedPack(pack=ap1, allocation=[(ac1, at1)])]]
```

ويؤدي حل مسار أحادي واحد في أسلوب CHNA فقط إلى نفس الهيكل:

```
assert allocate_packs(
    packs=[ap1, ap2],
    tracks=[at1],
    pack_refs=None,
    num_silent_tracks=0,
) == [[AllocatedPack(pack=ap1, allocation=[(ac1, at1)])]]
```

ويؤدي حل مسار صامت واحد إلى نفس الهيكل، باستثناء إلى أنه يتم الاستعاضة عن الإحالة إلى المسار بالقيمة None.

```
assert allocate_packs(
    packs=[ap1, ap2],
    tracks=[],
    pack_refs=[p1],
    num_silent_tracks=1,
) == [[AllocatedPack(pack=ap1, allocation=[(ac1, None)])]]
```

وإذا كانت هناك مسارات أكثر من القنوات المتاحة في الإحالات إلى الكدسة، لن تكون هناك أي حلول لأن القاعدة 2 تتعارض مع القاعدة 5:

```
assert allocate_packs(
    packs=[ap1, ap2],
    tracks=[at1],
    pack_refs=[],
    num_silent_tracks=0,
) == []
```

وإذا كانت هناك مسارات صامتة أكثر من القنوات المتاحة في الإحالات إلى الكدسة، لن تكون هناك أي حلول لأن القاعدة 2 تتعارض مع القاعدة 5:

```
assert allocate_packs(
    packs=[ap1, ap2],
    tracks=[],
    pack_refs=[ap1],
    num_silent_tracks=2,
) == []
```

وإذا كان هناك عدم تقابل بين الإحالات إلى الكدسة ومعلومات القناة/الكدسة في المسارات، لن تكون هناك أي حلول بسبب التعارض بين القواعد 1 و4 و5:

```
assert allocate_packs(
    packs=[ap1, ap2],
    tracks=[at1, at1],
    pack_refs=[p2],
    num_silent_tracks=0,
) == []
```

وإذا كانت هناك حالات متعددة من الكدسات المتعددة القنوات في كائن سمعي *audioObject*، يكون تخصيص المسارات للكدسات غير واضح، وبالتالي تكون هناك حلول متعددة:

```
assert allocate_packs(
    packs=[ap1, ap2],
    tracks=[at2, at3, at4, at5],
    pack_refs=[p2, p2],
    num_silent_tracks=0,
) == [
    [AllocatedPack(pack=ap2, allocation=[(ac2, at2), (ac3, at3)]),
     AllocatedPack(pack=ap2, allocation=[(ac2, at4), (ac3, at5)])],
    [AllocatedPack(pack=ap2, allocation=[(ac2, at2), (ac3, at5)]),
     AllocatedPack(pack=ap2, allocation=[(ac2, at4), (ac3, at3)])],
]
```

4.6.2.5 حلول ما بعد التجهيز

جدير بالذكر أن نتائج التقابل محددة من حيث هياكل الدخل (AllocationPack، وAllocationChannel، وAllocationTrack)، وليس الإحالات الكامنة إلى هياكل نموذج تعريف الإشارة السمعية، وذلك لإتاحة التقابل العشوائي بين الإحالات إلى *audioPackFormat* و*audioChannelFormat* (في *audioObject* و*audioTrackUID*) والمعلومات المقدمة إلى العارض، نظراً لأنه لا يوجد تقابل بسيط عند استعمال تعريف النمط *typeDefinition==Matrix*.

وبالنسبة إلى كدسة pack بدون مصفوفة AllocatedPack، يكون التقابل مباشراً. وتكون كدسة الخرج output_pack هي الكدسة الأساسية pack.pack.root_pack، ويكون هناك تقابل واحد إلى واحد بين التوزيعات في كدسة التوزيع pack.allocation وتوزيع القناة الحقيقي: تتقابل القناة channel من AllocationChannel مع نسق channel.channel_format، ويتقابل المسار track من AllocationTrack مع DirectTrackSpec بالنسبة لمؤشر المسارات الخاص بمعرّف *audioTrackUID* (أو صف CHNA) المرتبط بالمسار track، ويتقابل مسار AllocationTrack الناقص مع مواصفة SilentTrackSpec.

وبالنسبة لكدسة pack من مصفوفة AllocatedPack، تكون هناك حاجة إلى تقابل أكثر تعقيداً:

فتكون كدسة pack.root_pack دائماً كدسة فك تشفير أو كدسة مباشرة (انظر الفقرة 1.1.6.2.5)، وبالتالي تكون كدسة الخرج output_pack هي pack.root_pack.outputPackFormat.

وتحتوي قناة الخرج لتوزيع المسارات على دخل واحد لكل مصفوفة قنوات matrix_channel من *audioChannelFormat* في الكدسة root_pack. ولهذه القنوات تقابل على أساس واحد لواحد مع أنساق *audioChannelFormats* في كدسة الخرج output_pack التي تُحددها الإحالات إلى نسق *outputChannelFormat*.

وأنساق *audioChannelFormat* هي matrix_channel.block_formats[0].outputChannelFormat.

وتُبنى مواصفة المسار TrackSpec بشكل متكرر عن طريق اتباع إحالات نسق *inputChannelFormat* من مصفوفة القنوات matrix_channel إلى أنساق *audioChannelFormats* المحال إليها في توزيع pack.allocation، وإجراء تداخل بين مواصفات MatrixCoefficientTrackSpecs وMixTrackSpecs لتطبيق التجهيز المحدد في عناصر المعامل *coefficient* ومزج قنوات دخل متعددة معاً:

- إذا كانت هناك إحالة إلى matrix_channel في pack.allocation، ترتجع المواصفة DirectTrackSpec أو SilentTrackSpec المقابلة لمسار AllocationTrack المرتبط بها (انظر أعلاه).
- وإلا، ترتجع مواصفة MixTrackSpec تحتوي على MatrixCoefficientTrackSpec واحدة لكل عنصر c من المعامل *coefficient* في matrix_channel.block_formats[0].matrix التي تطبق التجهيز المحدد في c على مواصفة المسار لنسق c.inputChannelFormat، المحدد بشكل متكرر.

وفي التنفيذ المرجعي، يُنفذ ذلك في فئتين فرعيتين من AllocationPack، ولهما طرائق لطلب نسق *audioPackFormat* وتوزيع القنوات ليستعملها العارض. ويُحتفظ بالمثل بالارتباط بين مسارات AllocationTracks والمعرّفات المقابلة لها *audioTrackUID* باستعمال فئة فرعية من AllocationTrack.

7.2.5 بنود عرض الخرج

بعد تحديد *audioPackFormat* الأساسي، وتعيين مواصفة TrackSpec لكل من قنواته، تُترجم جميع المعلومات الموجودة إلى بند واحد أو أكثر من بنود العرض RenderingItems.

وتعتمد عملية القيام بذلك على نمط جذر نسق الكدسة السمعية *audioPackFormat*.

1.7.2.5 المكونات المشتركة

يتم تقاسم بعض البيانات الموجودة في بنود العرض بين الأنماط، وبالتالي، تُستخلص بنفس الطريقة أيضاً.

1.1.7.2.5 الأهمية

ينبغي استخلاص كائن بيانات الأهمية ImportanceData من حالة اختيار البند، بالقيم التالية:

- الكائن السمعي audio_object هو أدنى أهمية محددة في جميع الكائنات السمعية *audioObjects* في المسار.
- نسق الكدسة السمعية audio_pack_format هو أدنى أهمية محددة في أي نسق *audioPackFormat* على امتداد المسار من نسق *audioPackFormat* الأساسي إلى نسق *audioChannelFormat*.

وفي الحالتين، تُعرّف None (أهمية غير محددة) بوصفها الأعلى أهمية.

2.1.7.2.5 البيانات الإضافية

ينبغي استخلاص كائن البيانات الإضافية ExtraData من حالة اختيار البند، بالقيم التالية:

- بدء الكائن object_start هو وقت بدء *start* آخر *audioObject* في المسار (None في أسلوب CHNA فقط).
- مدة الكائن object_duration هي مدة *duration* آخر كائن سمعي *audioObject* في المسار (None في أسلوب CHNA فقط).
- الشاشة المرجعية reference_screen هي الشاشة المرجعية للبرنامج السمعي *audioProgrammeReferenceScreen* للبرنامج السمعي المختار *audioProgramme* (None في حالة عدم الاختيار).
- تردد القناة channel_frequency هو عنصر تردد *frequency* نسق القناة السمعية *audioChannelFormat* المختار (أو None في حالة عدم الاختيار، كما في حالة إنشاء بند العرض الخاص بصوتيات محيطة من الرتبة الأعلى).

2.7.2.5 بنود عرض الخرج لتعريف *typeDefinition*==Objects أو DirectSpeakers

إن عملية تحديد بنود العرض للكائنات *Objects* ومكبرات الصوت المباشرة *DirectSpeakers* مماثلة لبعضها البعض – ولا تختلف إلا الأنماط المعنية واختيار المعلمات.

ويصدر بند عرض واحد لكل زوج من نسق *audioChannelFormat* ومواصفة track_spec في توزيع القناة.

وينشأ مصدر البيانات الشرحية MetadataSource الذي يؤدي إلى صدور RenderingItem واحد (بالنمط الملائم) لكل نسق فدرة سمعية *audioBlockFormat* في نسق القناة السمعية *audioChannelFormat* المختار، ويكون حقل البيانات extra_data محدداً على النحو الوارد أعلاه، ويحتوي حقل أنساق audioPackFormats على جميع أنساق *audioPackFormats* على المسار بين نسق *audioPackFormat* الأساسي ونسق *audioChannelFormat*. ويُغلف ذلك في كائن بند RenderingItem (مرة أخرى بالنمط الملائم) وتحدد مواصفة track_spec والأهمية importance على النحو المشار إليه أعلاه.

3.7.2.5 بنود عرض الخرج لتعريف *typeDefinition*==*HOA*

ويصدر بند عرض واحد للصوتيات المحيطة من الرتبة الأعلى (HOA) HOARenderingItem لكل كدسة توزيع، ويحتوي على جميع المعلومات المطلوبة لعرض مجموعة من القنوات التي تُشكل تدفقاً من الصوتيات المحيطة من الرتبة الأعلى. وتُنشر هذه المعلومات عبر أنساق *audioChannelFormats* و*audioPackFormats* متعددة (عندما تتداخل)، ويجب أن تكون متسقة.

ويجب ألا تحتوي أنساق *audioChannelFormats* الخاصة بالصوتيات HOA إلا على عنصر نسق *audioBlockFormat* واحد فقط، وبخلاف ذلك، يُصدر خطأ.

وينشأ كائن NHOATypeMetadata واحد بمعلمات مستمدة وفقاً للجدول 1.

الجدول 1

خصائص معلمات البيانات الشرحية لنمط HOA HOATypeMetadata

معلمة HOATypeMetadata	معلمة *audioBlockFormat*	معلمة *audioPackFormat*	العد
rtime	*rtime*	*rtime*	فردي
duration	*duration*	*duration*	فردي
orders	*order*	*order*	لكل قناة
degrees	*order*	*order*	لكل قناة
normalization	*normalization*	*normalization*	فردي
nfcRefDist	*nfcRefDist*	*nfcRefDist*	فردي
screenRef	*screenRef*	*screenRef*	فردي

ويجب أولاً تحديد جميع المعلمات لكل نسق *audioChannelFormat* في النسق *audioPackFormat* الأساسي. وبالنسبة إلى المعلمات التي لديها معلمات *audioBlockFormat* و*audioPackFormat*، يمكن ضبط المعلمة على وضع *audioBlockFormat* الوحيد في *audioChannelFormat*، أو أي *audioPackFormat* على المسار من *audioPackFormat* الأساسي إلى *audioChannelFormat*. وإذا وجدت نسخ متعددة لمعلمة لنسق *audioChannelFormat* معين، يجب أن تكون لها نفس القيمة، وإلا يُصدر خطأ. وفي حالة عدم الحصول على قيم لمعلمة معينة ونسق *audioChannelFormat*، يُطبق الوضع الافتراضي المحدد في التوصية ITU-R BS.2076-1.

وبعد الحصول على التوزيع المرجعي للتعويض في المجال القريب *nfcRefDist* لنسق *audioChannelFormat* معين، تُترجم القيمة 0 إلى None، وهو مع يعني عدم تطبيق التعويض في المجال القريب (NFC). ويتم ذلك في هذه المرحلة (وليس خلال تحليل مكونات اللغة XML) بحيث تكون *nfcRefDist==0*. وتعتبر القيمة *0* في حالة تعارض مع توزيع *nfcRefDist==1.0* على سبيل المثال.

وبالنسبة إلى المعلمات التي لها قيمة واحدة فقط (جميعها ما عدا orders وdegrees)، يجب أن تكون المعلمات المحددة لجميع أنساق *audioChannelFormats* متساوية، وبخلاف ذلك، يُصدر خطأ.

وتُحدد البيانات الإضافية extra_data على النحو الوارد أعلاه لكل *audioPackFormat*.

ويصدر بند HOARenderingItem بدخل واحد في track_specs وimportances لكل بند في توزيع القنوات (على النحو الوارد وصفه أعلاه)، ومصدر للبيانات الشرحية MetadataSource يحتوي على كائن البيانات HOATypeMetadata فقط.

3.5 تجهيز بنود العرض

تُنفذ بعض وظائف العارض عن طريق تعديل قائمة بنود العرض المختارة. وتصف الفقرة 1.3.5 كيف يمكن إزالة المحتوى استناداً إلى مستوى الأهمية المحدد، وتصف الفقرة 3.3.5 طريقة مضاهاة تحويل البيانات الشرحية في نهاية العملية.

1.3.5 مضاهاة الأهمية

تتيح معلمات الأهمية *importance* التي تُحددها التوصية ITU-R BS.2076-1 للعارض بإغفال بنود دون مستوى معين من الأهمية لأسباب خاصة بالتطبيق لم تُحدد حتى الآن.

ويوصّف نموذج تعريف الإشارة السمعية ثلاث معلمات مختلفة للأهمية *importance* ينبغي استعمالها:

- *importance* كنعت لكائن audioObject
- *importance* كنعت لنسق audioPackFormat
- *importance* كنعت لتعريف typeDefinition==Object

وأهم اختلاف بين نعوت الأهمية *importance* هذه هي أن أهمية نسق *audioBlockFormat* تعتمد على الوقت، أي أنها يمكن أن تتغير مع مرور الوقت، بينما تكون أهمية *audioObject* و*audioPackFormat* ساكنة.

ويمكن استعمال عتبة مستقلة لكل نعت من نعوت الأهمية *importance*. ويعتبر تحديد قيم العتبة المرغوبة مسألة قائمة إلى حد كبير على التطبيق وحالة الاستعمال وبالتالي خارج مجال مواصفة عارض إنتاج. وبدلاً من ذلك، يُقدم العارض وسيلة لمحاكاة أثر تطبيق عتبة معينة للأهمية على نموذج تعريف الإشارة السمعية. ويتيح ذلك لمنتجي المحتوى التحقق من آثار استعمال قيم الأهمية *importance* على العارض. وبالتالي، فإن أهمية المضاهاة ليست جزءاً من عملية العرض الفعلي، ولكنها تُطبق كخطوة تجهيز لاحقة لبنود العرض RenderingItems.

1.1.3.5 قيم أهمية بنود العرض RenderingItems

يمكن أن يكون لكل بند عرض المجموعة الخاصة به من قيم الأهمية *importance* الفعالة، لأن الكائنات السمعية *audioObjects* وأنساق الكدسات السمعية *audioPackFormats* يمكن أن تتداخل. وبالتالي، لكل بند عرض RenderingItem، توضع في الاعتبار جميع *audioObjects* و*audioPackFormats* التي تقوم بالإحالة والتي تدخل في عملية تحديد RenderingItem.

وتُطبق القواعد التالية:

- إذا كانت قيمة أهمية *importance* الكائن *audioObject* دون العتبة، يتم إغفال جميع *audioObjects* المحال إليها أيضاً. ولتحقيق ذلك، يجب استعمال أدنى قيمة للأهمية *importance* لجميع الكائنات *audioObjects* التي تؤدي إلى بند العرض RenderingItem بوصفها أهمية *importance* الكائن *audioObject* لبند العرض RenderingItem هذا.
- وإذا كانت قيمة أهمية *importance* النسق *audioPackFormat* دون العتبة، يتم إغفال جميع *audioPackFormats* المحال إليها أيضاً. ولتحقيق ذلك، يجب استعمال أدنى قيمة للأهمية *importance* لجميع الأنساق *audioPackFormats* التي تؤدي إلى بند العرض RenderingItem بوصفها أهمية *importance* النسق *audioPackFormat* لبند العرض RenderingItem هذا.
- ولا يوضع في الاعتبار كائن *audioObject* بدون قيمة للأهمية *importance* عند تحديد أهمية *importance* بند العرض RenderingItem.
- ولا يوضع في الاعتبار نسق *audioPackFormat* بدون قيمة للأهمية *importance* عند تحديد أهمية *importance* بند العرض RenderingItem.

ويُنفذ ذلك في العنصر fileio.utils.RenderingItemHandler.

2.1.3.5 معالجة الأهمية الساكنة

في حالة بند عرض RenderingItem ببيانات أهمية ImportanceData، تتم إزالة البند من قائمة البنود المقررة للعرض إذا كانت قيمة الأهمية الساكنة (*audioObject*، *audioPackFormat*) دون العتبة ذات الصلة التي يحددها المستعمل:

```
importance.audio_object  < audio_object_threshold
v  importance.audio_pack_format  < audio_pack_format_threshold
```

ويُنفذ ذلك في العنصر core.importance.filter_audioObject_by_importance وcore.importance.filter_audioPackFormat_by_importance.

3.1.3.5 معالجة الأهمية المتغيرة زمنياً

لا يمكن معالجة الأهمية على مستوى نسق *audioBlockFormat* (*typeDefinition==Object*) عن طريق ترشيح بنود العرض RenderingItems، نظراً لأن هذا البند قد يكون دون العتبة لبعض الوقت فقط. ولمضاهاة إغفال بنود العرض في هذه الحالة بعينها، يجب إسكات بند العرض RenderingItem بشكل فعال لمدة نسق *audioBlockFormat*. وفي هذا السياق، يكون "إسكات نسق *audioBlockFormat*" مكافئاً لافتراض أن كسب bf.gain يساوي القيمة صفر في bf الخاص بنسق *audioBlockFormat*.

ويُنفذ ذلك في العنصر core.importance.MetadataSourceImportanceFilter.

2.3.5 مضاهاة التحويل

يجوز تطبيق مضاهاة تحويل البيانات الشرحية اختيارياً على بنود العرض. ويجوز تعطيل مضاهاة التحويل، أو ضبطها لتحويل البيانات الشرحية لشكل قطبي، أو ضبطها لتحويل البيانات الشرحية لشكل ديكارتي.

وفي حالة تمكين خاصية مضاهاة التحويل، يتم اختيار المعادلة الملائمة من الفقرة 10 وتطبيقها على جميع أنساق الفدرات السمعية *audioBlockFormats* ذات تعريف للنمط *typeDefinition==Objects* في بنود العرض المختارة.

6 مكونات العرض المتقاسمة

يحتوي هذا القسم على وصف للمكونات المتقاسمة بين أنظمة العرض الفرعية لمختلف تعاريف النمط typeDefinitions.

1.6 الماسح البانورامي للمصدر النقطي القطبي

إن مكون الماسح البانورامي للمصدر النقطي القطبي هو أساس العارض، ويُصدر، حسب المعلومات المتعلقة بتشكيلة مكبر الصوت واتجاه ثلاثي الأبعاد، كسب واحد لكل مكبر صوت، يؤدي، عند تطبيقه على إشارة أحادية في شكل موجة أو رقمية واستنساخه على مكبرات الصوت، إلى أن يُلاحظ المستمع صوتاً نابعاً من الاتجاه المرغوب.

ويُستعمل الماسح البانورامي للمصدر النقطي في جميع أجزاء العارض – ويُستعمل لعرض مصادر نقطية تُحددها البيانات الشرحية للكائن، فضلاً عن جزء من نظام العرض، كأداة احتياطية لعارض مكبرات الصوت المباشرة *DirectSpeakers*، وكجزء من عملية تصميم مفكك شفرة الصوتيات المحيطة من الرتبة الأعلى.

ويستند الماسح البانورامي للمصدر النقطي في هذا العارض إلى صيغة المسح البانورامي VBAP [2]، بتعزيزات عديدة تجعله أنسب للاستعمال في البيئات الإذاعية:

- بالإضافة إلى مكبرات الصوت الثلاثية كما في مسح VBAP، فإن الماسح البانورامي للمصدر النقطي يدعم رباعية الأضلاع الذرية لمكبرات الصوت. ويؤدي ذلك إلى حل نفس المشاكل التي يحلها استعمال مكبرات الصوت الافتراضية في الأنظمة الأخرى، ولكنه يؤدي إلى وظيفة مسح بانورامي كلية أكثر سلاسة.
- ويتم تثليث تشكيلة مكبر الصوت على مواضع مكبر الصوت الاسمية وتغليفها لتُطابق مواضع مكبرات الصوت الحقيقية، مما يضمن أن يكون سلوك المسح البانورامي متسقاً دائماً مع تعديلات تشكيلة معينة.
- وتُستعمل مكبرات الصوت الافتراضية والدمج المخفض لتعديل العرض في بعض الحالات من أجل تصحيح الآثار الإدراكية الملحوظة وإصدار سلوكيات مرغوبة في التشكيلات المتناثرة.
- ولتجنب تعقيد التصميم لاستيعاب تشكيلات مكبرات الصوت المقيدة للغاية، تتم معالجة التشكيلة 0+2+0 كحالة خاصة.

1.1.6 المعمارية

يحتفظ الماسح البانورامي للمصدر النقطي بقائمة للكائنات ذات سطح بيني مع وحدة معالجة المنطقة RegionHandler؛ ويكون كل كائن منطقة مسؤولاً عن تحقيق كسب مكبر الصوت على مدى مكاني معين.

ومن أجل تحقيق كسب لاتجاه معين، يجب أن يفحص الماسح البانورامي للمصدر النقطي كل منطقة بدورها، ويُرجع متجه كسب إذا كان يستطيع معالجة هذا الاتجاه، أو إلى لا شيء إذا لم يستطع؛ ويُستعمل متجه الكسب من المنطقة الأولى التي يتضح أنها يمكن أن تعالج هذا الاتجاه.

ويتحقق الشرطان التاليان في أي ماسح بانورامي للمصدر النقطي:

- تستطيع منطقة واحدة على الأقل معالجة أي اتجاه معين.
- تؤدي جميع المناطق التي تستطيع معالجة اتجاه معين إلى كسب مماثل (مع بعض التفاوت المسموح به).
- في أي منطقة، يكون الكسب الذي يتحقق سلساً فيما يتعلق بالاتجاه المرغوب.

وتضمن هذه الخواص معاً أن يكون الكسب الذي يحققه ماسح بانورامي لمصدر نقطي محدداً بشكل جيد لجميع الاتجاهات، وأن يكون دائماً سلساً فيما يتعلق بالاتجاه، مع بعض التفاوت المسموح به.

ويرد وصف لأنماط وحدات معالجة المناطق RegionHandler المتاحة وعملية التشكيل المستعملة لتوليد قائمة المناطق لتشكيلة معينة في الأقسام التالية.

ويُنفذ هذا السلوك في العنصر core.point_source.PointSourcePanner.

وبالإضافة إلى ذلك، تُنفذ فئة الخلط المنخفض PointSourcePannerDownmix بنفس السطح البيني. وعند طلب الخلط مع موضع ما، فإنه يستدعي ماسح PointSourcePanner آخر للحصول على متجه الكسب، وتُطبق عليه مصفوفة الخلط المنخفض downmix وتطبيع القدرة. ويُستعمل ذلك في الفقرة 1.3.1.6 لإعادة رسم مكبرات الصوت الافتراضية.

2.1.6 أنماط المناطق

تحقق معظم المناطق كسباً لمجموعة فرعية من قنوات الخرج؛ ويُنفذ التقابل من هذه المجموعة الفرعية من القنوات مع المتجه الكامل للقنوات في العنصر core.point_source.RegionHandler.handle_remap.

1.2.1.6 المنطقة ثلاثية الأبعاد

تُمثل منطقة ثلاثية الأبعاد كروية تُشكلها ثلاثة مكبرات صوت، وتُنفذ مسح VBAP الأساسي.

وتبدأ هذه المنطقة بمواضع ثلاثية الأبعاد مكونة من ثلاثة مكبرات صوت:

$$\mathbf{P} = [\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3]^T$$

وتكون قيم كسب الخرج الثلاث $\mathbf{g}$ لاتجاه معين D على النحو التالي:

- $\mathbf{g} \cdot \mathbf{P} = s\mathbf{d}$ لبعض $s > 0$، مع تفاوت صغير مسموح به.
- $g_i \geq 0 \; \forall \; i \in \{1,2,3\}$
- $\| \mathbf{g} \|_2 = 1$

ويُنفذ نمط وحدات معالجة المناطق RegionHandler هذا في العنصر core.point_source.Triplet.

2.2.1.6 تشكيلة مكبرات الصوت الافتراضية VirtualNgon

تُمثل هذه التشكيلة منطقة تتألف من مكبرات صوت loudspeakers حقيقية عددها n، وتنقسم إلى مثلثات بإضافة مكبر صوت افتراضي واحد. ويتكون كل مثلث من مكبري صوت حيقيين متجاورين ومكبر الصوت الافتراضي، الذي يجري خلطه بشكل منخفض مع مكبري الصوت الحقيقيين بمعاملات الخلط المنخفض ذات الصلة.

وعلى سبيل المثال، في حالة استعمال أربع مواضع $\{\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3, \mathbf{p}_4\}$ لمكبرات صوت حقيقية وموضع لمكبر صوت افتراضي واحد $\mathbf{p}_v$، تنشأ المثلثات التالية:

- $\{\mathbf{p}_v, \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2\}$
- $\{\mathbf{p}_v, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3\}$
- $\{\mathbf{p}_v, \mathbf{p}_3, \mathbf{p}_4\}$
- $\{\mathbf{p}_v, \mathbf{p}_4, \mathbf{p}_1\}$

وعند طلب وحدة معالجة المنطقة `RegionHandler` مع موضع ما، يجب تجربة كل مثلث بدوره حتى يُرجع أحدهم قيم كسب سليمة، بنفس طريقة الماسح البانورامي العلوي للمصدر النقطي. ويؤدي ذلك إلى متجه من عدد n كسب لمكبرات الصوت الحقيقية $\mathbf{g} = \{g_1, \ldots, g_n\}$، والكسب الخاص بمكبر الصوت الافتراضي g_v، الذي يتم خلطه بشكل منخفض لمكبرات الصوت الحقيقية بمعاملات الخلط المنخفض ذات الصلة $\mathbf{w}_{\mathrm{dmx}}$:

$$\mathbf{g}' = \mathbf{g} + \mathbf{W}_{\mathrm{dmx}} \quad g_v$$

وأخيراً، يتم تطبيع هذه القيمة، مما يؤدي إلى قيم الكسب النهائية التالية:

$$\mathbf{g}'' = \frac{\mathbf{g}'}{\|\mathbf{g}'\|_2}$$

ويُنفذ نمط وحدة معالجة المنطقة `RegionHandler` في العنصر `core.point_source.VirtualNgon`.

3.2.1.6 المنطقة رباعية الأبعاد QuadRegion

تُمثل منطقة رباعية الأبعاد كروية تتألف من أربعة مكبرات صوت.

وتُحسب قيم الكسب لكل مكبر صوت أولاً عن طريق تقسيم الموضع إلى مكونين، هما x وy. ويمكن اعتبار x على أنها الموضع الأفقي في المسطح رباعي الأبعاد، حيث تكون القيمة 0 عند الحافة اليسرى و1 عند الحافة اليمنى، وy الموضع الرأسي، حيث تكون القيمة 0 عند الحافة السفلية و1 عند الحافة العلوية.

وتتقابل قيم x وy للحصول على كسب معين لكل مكبر صوت باستعمال المعادلتين (1) و(2). ولذلك، يمكن تحديد قيم x وy (وبالتالي قيم كسب مكبر الصوت) التي ينتج عنهما متجه سرعة معين عن طريق حل المعادلات (1) إلى (3).

وتعقيد حل هذه المشكلة مماثل لتعقيد المسح البانورامي VBAP، ويؤدي إلى نفس نتائج VBAP التي تتحقق عند حواف المساحة رباعية الأبعاد، مما يتيح الاستعمال مع أنماط وحدة معالجة المناطق `RegionHandler` الأخرى في ماسح واحد للمصدر النقطي وفقاً للقواعد الواردة في الفقرة 1.1.6.

ويمكن تمييز قيم الكسب الناتجة عن ذلك بلا نهاية فيما يتعلق بالموضع داخل المنطقة، مما يؤدي إلى نتائج تُقارن بالمسح البانورامي المزدوج بين مكبرات الصوت الافتراضية في الحالات الشائعة.

ويُنفذ نمط وحد `RegionHandler` هذا في العنصر `core.point_source.QuadRegion`.

1.3.2.1.6 الصياغة

في حالة الموضع الديكارتي لأربعة مكبرات صوت، $\mathbf{P} = [\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3, \mathbf{p}_4]$ في ترتيب عكس اتجاه عقارب الساعة من منظور المستمع، يتم حساب متجه الكسب $\mathbf{g}$ بنفس طريقة الحساب لاتجاه مصدر $\mathbf{d}$ على النحو التالي:

$$\mathbf{g}' = [(1-x)(1-y), x(1-y), xy, (1-x)y] \tag{1}$$

$$\mathbf{g} = \frac{\mathbf{g}'}{\|\mathbf{g}'\|_2} \tag{2}$$

ويتم اختيار x وy بحيث يكون لمتجه السرعة $\mathbf{g} \cdot \mathbf{P}$ الاتجاه المرغوب $\mathbf{d}$. ولا يعتبر حجم متجه السرعة r مهماً، نظراً لتطبيع قيم الكسب على النحو التالي:

$$\mathbf{g} \cdot \mathbf{P} = r\mathbf{d} \tag{3}$$

لبعض قيم $r > 0$.

2.3.2.1.6 الحل

في حالة القيمة x، تكون جميع متجهات السرعة $\mathbf{d}$ بهذه القيمة x على مسطح يتكون من أصل نظام الإحداثيات ونقطتين على مسافة ما من الحافة العلوية والسفلية للمسطح رباعي الأبعاد.

$$(1-x)\mathbf{p}_1 + x\mathbf{p}_2$$
$$(1-x)\mathbf{p}_4 + x\mathbf{p}_3$$

وبالتالي:

$$(((1-x)\mathbf{p}_1 + x\mathbf{p}_2) \times ((1-x)\mathbf{p}_4 + x\mathbf{p}_3)) \cdot \mathbf{d} = 0 \tag{4}$$

ويمكن حل هذه المعادلة للحصول على x لاتجاه مصدر معين $\mathbf{d}$.

ويتم جمع قيم x:

$$[(\mathbf{p}_1 + x(\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1)) \times (\mathbf{p}_4 + x(\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_4))] \cdot \mathbf{d} = 0$$

وتوسيع حاصل الضرب وجمع البنود:

$$\begin{aligned}
&[(\mathbf{p}_1 \times \mathbf{p}_4) \\
&+x\,((\mathbf{p}_1 \times (\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_4)) + ((\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1) \times \mathbf{p}_4)) \\
&+x^2\,((\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1) \times (\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_4)) \\
&] \cdot \mathbf{d} = 0
\end{aligned}$$

وأخيراً، تجرى عملية ضرب من خلال $\mathbf{D}$:

$$\begin{aligned}
& [(\mathbf{p}_1 \times \mathbf{p}_4) \cdot \mathbf{d}] \\
+x\quad & [((\mathbf{p}_1 \times (\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_4)) + ((\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1) \times \mathbf{p}_4)) \cdot \mathbf{d}] \\
+x^2\quad & [((\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1) \times (\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_4)) \cdot \mathbf{d}] \\
& = 0
\end{aligned}$$

وبالتالي، يكون الحل للبند x هو جذر متعدد الحدود يمكن حله باستعمال الأساليب القياسية.

وعن طريق الاستعاضة عن المتجه $\mathbf{P}$ بالمتجه $\mathbf{P}'$ في المعادلات أعلاه، يمكن تحديد y أيضاً:

$$\mathbf{P}' = [\mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3, \mathbf{p}_4, \mathbf{p}_1]$$

ويمكن بعد ذلك حساب قيم الكسب **g** باستعمال المعادلتين 1 و2. وبالنظر إلى تجاهل مقياس **d** في المعادلة (4)، يمكن الحصول على حلول تُنتج متجه سرعة معاكس لما هو مرغوب مباشرة. ويمكن التحقق من ذلك عن طريق التحقق من أن:

$$\mathbf{gP} \cdot \mathbf{d} > 0$$

4.2.1.6 الخلط المنخفض لمسح الصوت المجسم StereoPanDownmix

يتم الحصول على إشارات الخرج لمصدر صوت مجسم (0+2+0) بطريقة تستند إلى الخلط المنخفض من 0+5+0 إلى 0+2+0. وتُنفذ هذه الطريقة بشكل مستقل.

ويتم الإجراء على النحو التالي:

- يجري مسح بانورامي لاتجاه الدخل باستعمال ماسح بانورامي للمصدر النقطي مُشكل لخلط 0+5+0 لإنتاج متجه من خمس قيم كسب $\mathbf{g}'$ ، بالترتيب M+030، M-030، M+000، M+110، M-110.
- وتُطبق مصفوفة تحويل النسق من 0+5+0 إلى 0+2+0 للحصول على قيم كسب الصوت $\mathbf{G}''$ المجسم بالترتيب M+030، M-030:

$$\mathbf{g}'' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \sqrt{\frac{1}{3}} & \sqrt{\frac{1}{2}} & 0 \\ 0 & 1 & \sqrt{\frac{1}{3}} & 0 & \sqrt{\frac{1}{2}} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{g}'$$

- ويتم تطبيع القيمة $\mathbf{g}''$ لقيمة يحددها التوازن بين مكبرات الصوت الأمامية والخلفية في $\mathbf{g}'$، بحيث لا يتم توهين المصادر بين M+030 وM-030، بينما يتم توهين المصادر بين M-110 وM+110 بمقدار 3 dB.

$$\begin{aligned} a_{\text{front}} &= \max\{g'_1, g'_2, g'_3\} \\ a_{\text{rear}} &= \max\{g'_4, g'_5\} \\ r &= \frac{a_{\text{rear}}}{a_{\text{front}} + a_{\text{rear}}} \\ \mathbf{g} &= \mathbf{g}'' \frac{1\frac{r}{2}}{\|\mathbf{g}''\|_2} \end{aligned}$$

ويُنفذ نمط وحدة معالجة المناطق RegionHandler هذا في العنصر core.point_source.StereoPanDownmix.

ملاحظة – تتقابل **g** الناتجة عن (0+5+0) إلى (0+2+0) تماماً مع معاملات الخلط المنخفض المحددة في التوصية ITU-R BS.775 على النحو التالي:

$$\mathbf{g} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \sqrt{\frac{1}{2}} & \sqrt{\frac{1}{2}} & 0 \\ 0 & 1 & \sqrt{\frac{1}{2}} & 0 & \sqrt{\frac{1}{2}} \end{bmatrix}$$

3.1.6 عملية التشكيل

تعمل عملية التشكيل على بناء ماسح بانورامي للمصدر النقطي يحتوي على أنماط وحدة RegionHandler الواردة أعلاه لتشكيلة معينة. وتأخذ عملية التشكيل كائن التشكيلة Layout (المعرّف في الفقرة 3.1.11) وتُنتج ماسح بانورامي للمصدر النقطي PointSourcePanner.

وتختار عملية التشكيل في البداية السلوك الذي يسلكه النعت Layout::name. فإذا كان نعت Layout::name هو 0+2+0، تتم معالجة التشكيلة بواسطة دالة تشكيل خاصة للصوت المجسم يرد وصفها في الفقرة 2.3.1.6. وتتم معالجة جميع الحالات الأخرى بدالة عامة يرد وصفها في الفقرة 1.3.1.6.

وتتم معالجة عملية التشكيل في العنصر core.point_source.configure.

1.3.1.6 عملية للتشكيلات العامة

لتشكيل ماسح بانورامي PointSourcePanner لتشكيلات مكبرات الصوت العامة، تُستعمل العملية التالية:

1 يجري تحديث سمت المواضع الاسمية لمكبرات الصوت بوسم M+SC أو M-SC لضمان التثليث السليم مع مكبرات صوت الشاشة التي تفصل بينها مسافات واسعة. وإذا كان السمت الحقيقي (polar_position.azimuth) هو φ، يكون السمت الاسمي φ_n (polar_nominal_position.azimuth) هو:

$$\varphi_n = \mathrm{sgn}(\varphi) \times \begin{cases} 45 & |\varphi| > 30 \\ 15 & \text{otherwise} \end{cases}$$

2 وتحديد مجموعة مكبرات الصوت الافتراضية المعاد تقابلها على النحو الوارد وصفه أدناه. وتُضاف مكبرات الصوت هذه إلى مجموعة مكبرات الصوت في التشكيلة، وتُعامل بنفس معاملة مكبرات الصوت الحقيقية.

3 وإعداد قائمتين بالمواضع الديكارتية المقيسة لمكبرات الصوت يتم استعمالهما في الخطوة التالية: تحتوي إحداهما على المواضع الاسمية لمكبرات الصوت (لتثليث تشكيلة مكبرات الصوت)، وتحتوي الأخرى على المواضع الحقيقية لمكبرات الصوت (لاستعمالها عند إنشاء المناطق). والمواضع الاسمية لمكبرات الصوت هي المواضع المحددة في التوصية ITU-R BS.2051-2، في حين أن المواضع الحقيقية لمكبرات الصوت هي المواضع التي تستعملها بالفعل أنظمة الاستنساخ الحالية.

4 وإلحاق بكل قائمة من مكبرات الصوت، مكبر صوت افتراضي أو مكبرين، وتُصبح مكبرات الصوت الافتراضية في مركز التشكيلة VirtualNgon:

- يُضاف دائماً 0,0,–1 (تحت المستمع) نظراً لأنه لا توجد تشكيلات لمكبرات الصوت معرّفة في التوصية ITU-R BS.2051-2 وتشمل مكبر صوت في هذا الموضع.
- يُضاف 0,0,1 (فوق المستمع) إذا لم تكن التشكيلة تشمل مكبر صوت بوسم T+000 أو UH+180. ويرجع سبب عدم استعمال مكبر الصوت هذا عندما يكون هناك UH+180، هو أنه عندما يُستعمل ذلك في تشكيلة 3+7+0 المحددة في التوصية ITU-R BS.2051-2، قد يتطابق الموضع مع مكبر الصوت الافتراضي، ويؤدي إلى تغيير الخطوة في وظيفة المسح البانورامي.

5 وتسجيل هيكل الحدبة لمواضع مكبرات الصوت الاسمية. وإذا نُفذت هذه الخوارزمية بحساب نقطة طليقة، يمكن أن تتسبب الأخطاء في انقسام بعض واجهات الهيكل المحدب — تُدمج الواجهات ضمن مجموعة قيم تفاوت مسموح بها بحيث تكون النتيجة مماثلة كما لو نُفذت الخوارزمية بالحساب الدقيق.

6 وتنفيذ الخلط المنخفض PointSourcePannerDownmix بالمناطق التالية:

- لكل واجهة من الهيكل المحدب لا يحتوي على أحد مكبرات الصوت الافتراضية المضافة في الخطوة 3:
  - إذا كان للواجهة ثلاث حواف، إنشاء منطقة ثلاثية الأبعاد Triplet لمواضع حقيقية لمكبرات الصوت تقابل قمم الواجهة.
  - إذا كان للواجهة أربع حواف، إنشاء منطقة رباعية الأبعاد QuadRegion لمواضع حقيقية لمكبرات الصوت تقابل قمم الواجهة.
- ولكل مكبر صوت افتراضي مضاف في الخطوة 3، إنشاء VirtualNgon بمواضع حقيقية لمكبرات الصوت المجاورة (جميع مكبرات الصوت التي تتقاسم واجهة هيكل محدب مع مكبر الصوت الافتراضي) عند الحافة، وموضع مكبر الصوت الافتراضي عند المركز، وجميع معاملات الخلط المنخفض محددة بقيمة $\frac{1}{\sqrt{n}}$ حيث n عدد مكبرات الصوت المجاورة.

وجدير بالذكر أنه لا توجد تشكيلات معرّفة في التوصية ITU-R BS.2051-2 وتؤدي إلى واجهات بأكثر من أربع حواف. وتؤدي معاملات الخلط المنخفض إلى تقابل مكبرات الصوت الافتراضية مع مكبرات الصوت الفعلية، على النحو الوارد وصفه أدناه.

ويُنفذ ذلك في العنصر core.point_source._configure_full.

1.1.3.1.6 تحديد مكبرات الصوت الافتراضية مع الخلط المنخفض المباشر

بالنسبة إلى كل مكبر صوت في وسط التشكيلة، يُضاف مكبر صوت افتراضي في الطبقتين العليا والسفلى عند نفس سمت مكبر الصوت الحقيقي إذا لم تكن هناك مكبرات صوت حقيقية في الطبقة العليا أو السفلى في تلك المنطقة. ويكون لمكبرات الصوت الافتراضية هذه معاملات للخلط المنخفض تقابل خرجها مباشرة لمكبر الصوت المقابل عند وسط التشكيلة.

وكما هو الحال مع مكبرات الصوت الحقيقية، يكون لمكبرات الصوت الافتراضية موضع حقيقي وموضع اسمي، ويُستمد الموضع الحقيقي من المواضع الحقيقية لمكبرات الصوت الحقيقية، ويُستمد الموضع الاسمي من المواضع الاسمية لمكبرات الصوت الحقيقية. وتستند مسألة إدراج أو عدم إدراج مكبر صوت افتراضي إلى المواضع الاسمية لمكبرات الصوت الحقيقية، بحيث يُستعمل لتشكيلة صوت معينة نفس مجموعة مكبرات الصوت الافتراضية دائماً.

ولتحديد مجموعة مكبرات الصوت الافتراضية لتشكيلة معينة، يُستعمل الإجراء التالي:

- لكل $i \in [1, N]$، حيث $N = \text{len}(\text{layouts.channels})$، عدد القنوات، يتعين تعريف ما يلي:

$$\begin{aligned}
\varphi_{i,r} &= \text{layouts.channels[i].polar_position.azimuth} \\
\varphi_{i,n} &= \text{layouts.channels[i].polar_nominal_position.azimuth} \\
\theta_{i,r} &= \text{layouts.channels[i].polar_position.elevation} \\
\theta_{i,n} &= \text{layouts.channels[i].polar_nominal_position.elevation}
\end{aligned}$$

- ويتم تعريف ثلاث مجموعات من مؤشرات القنوات، تُحدد القنوات على الطبقات العليا والوسطى والسفلى من التشكيلة:

$$\begin{aligned}
S_u &= \{i \mid 30° \le \theta_{i,n} \le 70°\} \\
S_m &= \{i \mid -10° \le \theta_{i,n} \le 10°\} \\
S_l &= \{i \mid -70° \le \theta_{i,n} \le -30°\}
\end{aligned}$$

- ويكون لمكبرات الصوت الافتراضية نفس السمتين الاسمي والحقيقي كمكبر الصوت الحقيقي المقابل لها. والارتفاع الحقيقي هو وسيط ارتفاع مكبرات الصوت الحقيقية في الطبقة إن كانت هناك واحدة، أو $-30°$ أو $30°$ للطبقتين السفلى والعليا. ويكون الارتفاع الاسمي دائماً $-30°$ أو $30°$ للطبقتين السفلى والعليا.

ويتم تعريف ارتفاعين اسميين:

$$\theta'_{u,n} = 30°$$
$$\theta'_{l,n} = -30°$$

ويتم تعريف ارتفاعين حقيقيين:

$$\theta'_{u,r} = \begin{cases} 30° & |S_u| = 0 \\ \dfrac{\sum_{j \in S_u} \varphi_{j,r}}{|S_u|} & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

$$\theta'_{l,r} = \begin{cases} 30° & |S_u| = 0 \\ \dfrac{\sum_{j \in S_l} \varphi_{j,r}}{|S_l|} & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

– ولا تنشأ مكبرات الصوت على طبقة ما إلا إذا كان السمت الاسمي المطلق لمكبر الصوت المقابل في وسط الطبقة أكبر من أو مساوياً للسمت الاسمي المطلق لمكبر الصوت الحقيقي على الطبقة، زائد 40°. وتُعرّف حدود السمت على النحو التالي:

$$L_u = \begin{cases} 0 & |S_u| = 0 \\ \max_{j \in S_u} |\varphi_{j,n}| + 40° & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

$$L_l = \begin{cases} 0 & |S_l| = 0 \\ \max_{j \in S_l} |\varphi_{j,n}| + 40° & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

– وبالنسبة إلى كل j في S_m:

- يجري إنشاء مكبر صوت علوي افتراضي إذا كان $\varphi_{j,n} \geq L_u$، ومحدد بقناة `channel` ذات هيكل `Channel`، مع ما يلي:

$$\begin{aligned} \texttt{channel.polar_position.azimuth} &= \varphi_{j,r} \\ \texttt{channel.polar_position.elevation} &= \theta'_{u,r} \\ \texttt{channel.polar_nominal_position.azimuth} &= \varphi_{j,n} \\ \texttt{channel.polar_nominal_position.elevation} &= \theta'_{u,n} \end{aligned}$$

- وإنشاء مكبر صوت سفلي افتراضي إذا كان $\varphi_{j,n} \geq L_l$، ومحدد بقناة `channel` ذات هيكل `Channel`، مع ما يلي:

$$\begin{aligned} \texttt{channel.polar_position.azimuth} &= \varphi_{j,r} \\ \texttt{channel.polar_position.elevation} &= \theta'_{l,r} \\ \texttt{channel.polar_nominal_position.azimuth} &= \varphi_{j,n} \\ \texttt{channel.polar_nominal_position.elevation} &= \theta'_{l,n} \end{aligned}$$

ويكون لمكبري الصوت معاملات خلط منخفض تسير الكسب من مكبر الصوت هذا إلى مكبر الصوت المقابل في وسط الطبقة j.

ويُنفذ ذلك في العنصر `.core.point_source.extra_pos_vertical_nominal`.

2.3.1.6 العملية الخاصة بالتشكيلة 0+2+0

بالنسبة إلى التشكيلة 0+2+0، يرتجع ماسح `PointSourcePanner` بمنطقة خلط منخفض `StereoPanDownmix` واحدة.

ويُنفذ ذلك في العنصر `.core.point_source._configure_stereo`.

2.6 تحديد إذا كانت الزاوية داخل مدى بمقدار تفاوت مسموح به

تُستعمل دالة لمدى الزاوية الداخلية `inside_angle_range` عند مقارنة الزوايا بمديات زاوية معينة، بما يسمح بتحديد المديات التي تشمل الجزء الخلفية من نظام الإحداثيات. ويُستعمل ذلك في استبعاد المناطق ومكونات مكبرات الصوت المباشرة *DirectSpeakers* في الفقرتين 1.12.3.7 و4.8.

والشفرة هي:

```
bool inside_angle_range(float x, float start, float end, float tol=0.0);
```

ويرتجع عن هذا الإجراء صح إلى كانت زاوية `x` داخل القوس الدائري الذي يبدأ عند `start` ويتحرك في عكس اتجاه عقارب الساعة حتى `end`، ويُمدد بالتفاوت المسموح به `tol`. وتكون جميع الزوايا بالدرجات.

وفي الحالة الشائعة حيث تكون:

$$-180 \le \mathtt{start} \le \mathtt{end} \le 180$$

وهذه الدالة مكافئة لما يلي:

$$\mathtt{start} - \mathtt{tol} \le x' \le \mathtt{end} + \mathtt{tol}$$

حيث $x' = x + 360 \times i$ لبعض i بحيث $-180 < x' \le 180$.

وفي الحالات الأخرى، يكون السلوك أهدأ. وعلى سبيل المثال، إذا كان $\mathtt{start} = 90$ و$\mathtt{end} = -90$، فإن ذلك يوصّف النصف الخلفي من نظام الإحداثيات:

$$x' \le -90 \vee x' \ge 90$$

ويرد في الجدول 2 بعض الأمثلة على المديات والتعبيرات المكافئة لها.

الجدول 2

التعبيرات المكافئة لمديات الزوايا الداخلية `inside_angle_range(x, start, end, tol)`

التعبيرات المكافئة	tol	end	start
$-90 \le x' \le 90$	0	90	90 −
$-95 \le x' \le 95$	5	90	90 −
$x' \le -90 \vee x' \ge 90$	0	90 −	90
$x' \le -85 \vee x' \ge 85$	5	90 −	90
$x' = 0$	0	0	0
$x' = 180$	0	180	180
$x' = 180$	0	180 −	180 −
$x' \le -175 \vee x' \ge 175$	5	180	180
صح	0	180	180 −

وتُنفذ هذه الدالة في العنصر `core.geom.inside_angle_range`.

3.6 تحديد إذا كانت القناة من قنوات مؤثرات الترددات المنخفضة (LFE) من البيانات الشرحية للترددات الخاصة بها

يمكن استعمال البيانات الشرحية للترددات، التي قد تكون موجودة كعناصر فرعية للترددات *frequency* من أنساق القنوات السمعية *audioChannelFormats* لتحديد إذا كانت القناة بالفعل من قنوات مؤثرات الترددات المنخفضة.

ويُستعمل هيكل البيانات التالي لتمثيل البيانات الشرحية للترددات:

```
struct Frequency {
  optional<float> lowPass;
  optional<float> highPass;
};
```

والدالة مع الشفرة

```
bool is_lfe(Frequency frequency)
```

تُقيّم

$$\mathtt{frequency.lowPass} \wedge \neg \mathtt{frequency.highPass} \wedge (\mathtt{frequency.lowPass} \le 200\ \mathrm{Hz})$$

وتُرجع صح `True` إذا افترض أن القناة من قنوات LFE وخطأ `False` بخلاف ذلك.

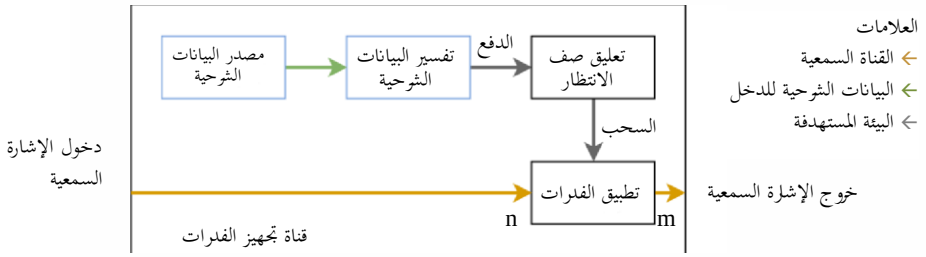
ويُنفذ ذلك في العنصر `core.renderer_common.is_lfe`

4.6 قناة تجهيز الفدرات

عند عرض البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية المحددة التوقيت، تكون بعض الوظائف المطلوبة مماثلة لجميع قيم تعريف *typeDefinition* – لمجموعة فرعية معينة من قنوات الدخل، ويُطبق بعض التجهيز بين الحدود الزمنية، مما يُنتج قنوات مكبرات الصوت عند الخرج.

الشكل 4

الهيكل المستعمل لتجهيز القنوات ذات الصلة. ويجري توفير المكونات الواردة باللون الأزرق خارجياً



ويبين الشكل 4 الهيكل المستعمل لتحقيق ذلك. ويكون السطح البيني لهذا المكون على النحو التالي:

```
class BlockProcessingChannel {
    BlockProcessingChannel(MetadataSource metadata_source, Callable
interpret_metadata);
    void process(int sample_rate, int start_sample,
        ndarray<float> input_samples, ndarray<float> &output_samples);
};
```

ويوفر النظام مصدر البيانات الشرحية `MetadataSource` كآلية لإدخال البيانات الشرحية في العارض. ويكون له السطح البيني التالي:

```
class MetadataSource {
    optional<TypeMetadata> get_next_block();
};
```

وعن طريق استدعاء الفدرة التالية `get_next_block` بشكل متكرر، تستقبل قناة تجهيز الفدرات سلسلة من فدرات البيانات الشرحية للنمط `TypeMetadata` على النحو الوارد وصفه في الفقرة 5، والتي تقابل الفدرات المحددة التوقيت للبيانات الشرحية المطلوبة خلال العرض.

وتُفسر فدرات البيانات الشرحية بواسطة دالة `interpret_metadata`، والتي يوفرها العارض لكل تعريف *typeDefintion*. وتقبل هذه الدالات `TypeMetadata` وتُرجع قائمة من كائنات فدرات التجهيز `ProcessingBlock`، التي تُغلف التجهيز السمعي المحدد التوقيت والمطلوب لتنفيذ `TypeMetadata` ذات الصلة. ويرد وصف تفصيلي لتفسير النمط *typeDefinition==Objects* في الفقرة 2.7. وبالنسبة إلى تعريفي النمط *typeDefinition==HOA* و*typeDefinition==DirectSpeakers*، ترجع فدرة تجهيز واحدة.

ويكون لكائنات فدرات التجهيز ProcessingBlock السطح البيني الخارجي التالي:

```
class ProcessingBlock {
    Fraction start_sample, end_sample;
    int first_sample, last_sample;

    void process(int in_out_samples_start,
        ndarray<float> input_samples, ndarray<float> &output_samples);
}
```

ويُفترض أن تكون العينات المحولة إلى العملية process مجموعة فرعية من العينات في ملف الدخل/الخرج بحيث تُمثل output_samples[i] وinput_samples[i] عينات الدخل والخرج الشاملة in_out_samples_start + i. وتُحدد نعوت العينة الأولى والأخيرة first_sample وlast_sample مدى أرقام العينة الشاملة s التي تتأثر بالعملية process:

$$\text{first_sample} \le s \le \text{last_sample}$$

وstart_sample وend_sample هما كسور أرقام بداية ونهاية العينة التي تُستعمل لتحديد نعوت first_sample وlast_sample، ويمكن استعمالهما في تنفيذ الفئات الفرعية لفدرات التجهيز ProcessingBlock.

وتُخزّن كائنات قناة BlockProcessingChannel صفاً من ProcessingBlock، ويعاد شغلها بفدرات تطلب ذلك من مصدر البيانات الشرحية metadata_source وتمررها من خلال interpret_metadata. وتُطبق العملية process فدرات التجهيز في صف الانتظار هذا على العينات التي تُمرر إليها، باستعمال first_sample وlast_sample لتحديد متى يتم الانتقال إلى الفدرة التالية.

ويتيح هذا الهيكل انفصال مكونات العارض؛ ويمكن تجهيز العينات السمعية بأحجام في شكل كتل بصورة مستقلة عن أحجام فدرات البيانات الشرحية، مع الحفاظ على تجهيز البيانات الشرحية بصورة دقيقة من حيث العينات، وبدون تعقيد للعارض نتيجة شواغل التوقيت الملموسة.

ويؤدي قرار السماح للعارض بسحب فدرات البيانات الشرحية إلى إبقاء تفسير البيانات الشرحية للتوقيت داخل العارض – وإذا تم دفع البيانات الشرحية بدلاً من ذلك داخل العارض، سيكون على المكون الذي يقوم بالدفع أن يعرف متى تكون الفدرة التالية مطلوبة، وهو ما يعتمد على معلومات التوقيت التي تكون بداخله.

وتُنفذ هذه الوظيفة في العنصر core.renderer_common.

1.4.6 أنماط فدرات التجهيز ProcessingBlock المنفذة

توجد ثلاثة أنماط عامة لفدرات التجهيز هي:

تأخذ FixedGains قناة دخل واحدة وتُطبق n كسب، وتجمع الخرج في n قنوات خرج.

وتأخذ FixedMatrix عدد N قنوات دخل وتُطبق مصفوفة كسب NxM لتشكيل M قنوات خرج.

وتأخذ InterpGains قناة دخل واحدة وتُطبق n كسب مستكمل داخلياً بصورة خطية وتجمع الخرج في n قنوات خرج. ويتم توفير متجهي كسب هما gains_start وgains_end، وهما الكسب الذي ينبغي تطبيقه في أوقات بداية العينة start_sample ونهاية العينة end_sample. ويتم الحصول على الكسب $g(i,s)$ المطبق على القناة i في العينة s على النحو التالي:

$$p(s) = \frac{s - \text{start_sample}}{\text{end_sample} - \text{start_sample}}$$

$$g(i,s) = (1 - p(s)) \times \text{gains_start}[i] + p(s) \times \text{gains_end}[i]$$

5.6 التفسير العام للبيانات الشرحية للتوقيت

يجري تقاسم تحديد أوقات بدء وانتهاء الفدرات بين أنظمة العرض لمختلف تعاريف النمط *typeDefinitions*. وبالنسبة إلى فدرة block كائن TypeMetadata، تُستعمل العملية التالية:

- يُحدد وقت بدء وانتهاء الكائن الذي يحتوي على الفدرة من العنصر block.extra_data.object_start والعنصر block.extra_data.object_duration. وإذا كانت بداية الكائن object_start في الحالة None، يُفترض أن الكائن يبدأ في الوقت 0. وإذا كانت مدة الكائن object_duration في الحالة None، يُفترض أنها تمتد إلى ما لا نهاية.
- وتُحدد أوقات بدء وانتهاء الفدرات من نعوت الوقت rtime والمدة duration:

- فإذا لم يكن الوقت rtime والمدة duration في الحالة None، يُفترض أن وقت بدء الفدرة هو وقت بدء الكائن زائد rtime، ويُفترض أن وقت انتهاء الفدرة هو وقت بدء الفدرة زائد duration.
- وإذا كان الوقت rtime والمدة duration في الحالة None، يُفترض أن وقت بدء الفدرة يمتد من وقت بدء الكائن إلى وقت انتهاء الكائن.
- ويعتبر أن كوكبات rtime وduration تمثل **خطأ .error** – وبالنسبة لكائنات نسق *audioBlockFormat* المتعددة داخل نسق *audioChannelFormat*، ينبغي توفير كل من *rtime* و*duration*، وبالنسبة إلى فدرة واحدة تغطي الكائن *audioObject* بأكمله، لا يتم توفير *rtime* أو *duration*. وبخلاف ذلك، يكون السلوك غير محدد.

وينبغي فحص الأوقات للتأكد من اتساقها. ويجب عدم السماح للفدرات التي تنتهي بعد وقت نهاية الكائن أو الفدرات المتداخلة في ترتيب ما وتعتبر خطأ. ووضع الخطأ يعني أنه على المنفذين اعتبار أن هناك خطأ في بيانات الدخل. ومسار العمل السليم هو إصلاح النظام الذي تسبب فيه. وفي التنفيذ المرجعي، يتم التعامل مع الأخطاء عن طريق وقف عملية العرض وإبلاغ المستعمل بالخطأ. وقد تستعمل عمليات تنفيذ أخرى استراتيجيات التعامل مع الأخطاء التي تستند إلى بيئة التطبيق المستهدفة.

ويُنفذ ذلك في العنصر core.renderer_common.InterpretTimingMetadata.

6.6 تفسير مواصفات المسارات TrackSpecs

تدخل الإشارة السمعية إلى العارض من خلال ناقل متعدد القنوات يُقرأ من ملف الدخل. وتشتمل البيانات الشرحية للدخل التي تكون في شكل بنود عرض RenderingItems على كائنات مواصفات المسارات TrackSpec، وهي تعليمات لاستخراج القنوات من هذا الناقل، بما في ذلك تطبيق التجهيز المسبق للمصفوفة Matrix الذي يخلط قنوات متعددة معاً.

ويُنفذ التجهيز لكل نمط TrackSpec في العنصر core.track_processor.

وفي حالة وجود مواصفة TrackSpec، يمكن إنشاء كائن لوحدة تجهيز المسار TrackProcessor، يكون له طريقة تجهيز process واحدة (sample_rate، input_samples)، وتُطبق عملية التجهيز المحددة على input_samples وتُرجع النتيجة المتمثلة في قناة واحدة (بمعدل العينة ذات الصلة).

1.6.6 مواصفة المسار الصامت SilentTrackSpec

بالنسبة إلى n عينات دخل، تُرجع العملية process الخاصة بمواصفة SilentTrackSpec عدد n عينات ذات قيمة صفرية.

2.6.6 مواصفة المسار المباشر DirectTrackSpec

تُرجع العملية process الخاصة بمواصفة المسار track_spec ذات الصلة بمواصفة DirectTrackSpec عينات الدخل في المسار المحدد في track_spec.track_index (باستعمال فهرسة قائمة على الصفر).

3.6.6 مواصفة المسار المختلط MixTrackSpec

تُرجع العملية process الخاصة بمواصفة المسار track_spec ذات الصلة بمواصفة MixTrackSpec مجموع نتائج عملية process الاستدعاء على وحدة تجهيز المسارات TrackProcessor لكل مسار فرعي في track_spec.input_tracks.

4.6.6 مواصفة مسار معاملات المصفوفة MatrixCoefficientTrackSpec

تُطبق العملية process الخاصة بمواصفة track_spec ذات الصلة بمواصفة MatrixCoefficientTrackSpec عملية تجهيز المصفوفة المحددة في track_spec.coefficient (التي تمثل معلمات عنصر معامل *coefficient* مصفوفة واحدة) على القناة الواحدة المحددة عن طريق مسار track_spec.input_track.

وإذا لم يكن معامل كسب المسار track_spec.coefficient.gain في الحالة None، يتم ضرب العينات في قيمة الكسب gain.

وإذا لم يكن معامل تأخير المسار track_spec.coefficient.delay في الحالة None، يتم تأخير العينات بعدد n عينات، لمدة تأخير delay ميللي ثانية، وتقريبها إلى أقرب عينة (وتُقسم حالات التعادل نحو 0).

$$n = \left\lceil \frac{\texttt{sample_rate} \times \texttt{delay}}{1000} - \frac{1}{2} \right\rceil$$

ولا يقبل النظام بعض المعلمات. فإذا لم يكن gainVar أو delayVar أو phaseVar أو phase في الحالة None، أو كان التأخير delay سالباً، يُصدر خطأ.

7.6 الزاوية النسبية

تُستعمل الزاوية النسبية $\texttt{relative_angle}(x, y)$ للوصول إلى زاوية مكافئة للزاوية y تكون أكبر من الزاوية x أو مساوية لها. ويُستعمل هذا الإجراء الحالات عند الحواف في حالة العمل بالأقواس الدائرية.

وتُرجع الزاوية النسبية $\texttt{relative_angle}(x, y)$ الزاوية $y' = y + 360n$، حيث n أصغر عدد صحيح بحيث تكون الزاويتين $y' \geq x$.

8.6 تحويلات الإحداثيات

تُعرّف الدالة الديكارتية cart للتحويل من المواضع القطبية إلى المواضع الديكارتية وفقاً للفقرة 2.2:

$$cart(\varphi, \theta, d) = \{x, y, z\}$$

حيث:

$$\begin{aligned} x &= \sin\left(-\frac{\pi}{180}\varphi\right)\cos\left(\frac{\pi}{180}\theta\right)d \\ y &= \cos\left(-\frac{\pi}{180}\varphi\right)\cos\left(\frac{\pi}{180}\theta\right)d \\ z &= \sin\left(\frac{\pi}{180}\theta\right)d \end{aligned}$$

وتُعرّف أيضاً التحويلات العكسية لاستخلاص السمت والارتفاع من موضع ديكارتي:

$$\begin{aligned} \texttt{azimuth}(\{x, y, z\}) &= -\frac{180}{\pi}\,\text{atan2}(x, y) \\ \texttt{elevation}(\{x, y, z\}) &= \frac{180}{\pi}\,\text{atan2}\left(z, \sqrt{x^2 + y^2}\right) \end{aligned}$$

وتُصدر الدالة `local_coordinate_system` مصفوفة دوران تقابل {0,1,0} مع سمت وارتفاع معينين:

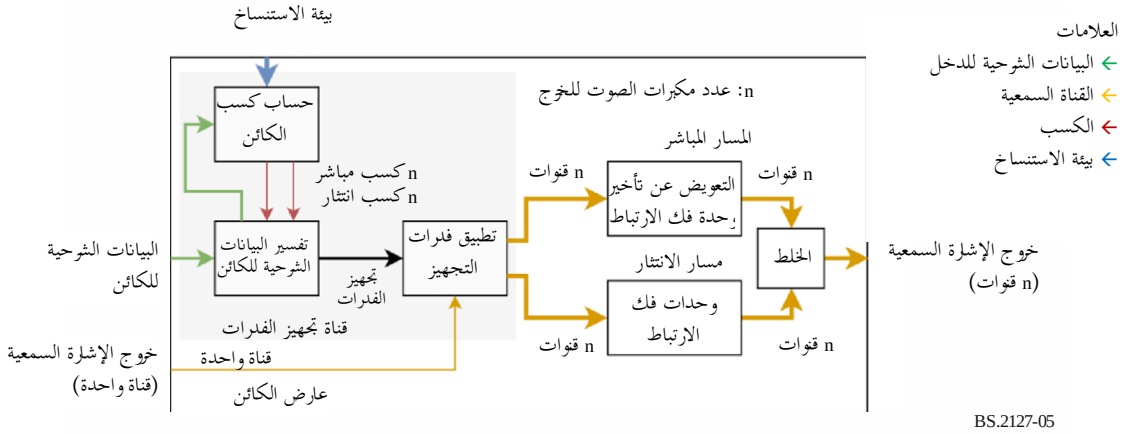
$$\texttt{local_coordinate_system}(\varphi,\theta)=\begin{bmatrix}\texttt{cart}(\varphi-90,0,1)\\ \texttt{cart}(\varphi,\theta,1)\\ \texttt{cart}(\varphi,\theta+90,1)\end{bmatrix}$$

7 بنود العرض في حالة تعريف للنمط يساوي كائنات typeDefinition==Objects

1.7 الهيكل

الشكل 5

هيكل عارض الكائنات



ويرد هيكل العارض لتعريف النمط *typeDefinition==Objects* في الشكل 5. ويبين هذا الشكل التجهيز المطبق على بند العرض الواحد؛ وتتصرف بنود العرض المتعددة كما لو كان الهيكل مكرراً لكل بند، مع خلط المخرجات معاً.

وتدخل البيانات الشرحية العارض في شكل كائن `ObjectRenderingItem`، يحتوي على مؤشر للمسار، ومصدر لكائنات `ObjectTypeMetadata` تُمثل معلمات عرض محدد التوقيت للمسار المحدد.

ولكل بيانات شرحية `ObjectTypeMetadata`، تُطبق الطريقة الوارد وصفها في الفقرة 2.7؛ ويفسر ذلك البيانات الشرحية للتوقيت، ويحسب متجهات الكسب باستعمال الآلة الحاسبة للكسب الوارد وصفها في الفقرة 3.7. ويؤدي ذلك إلى كائنات تجهيز الفدرات `ProcessingBlock`، التي تطبق عمليات تجهيز الإشارات المحددة التوقيت على الدخل السمعي لإعداد ناقل مباشر ومنثور، يحتوي كل منهما على قناة لكل مكبر صوت. ويرد وصف لهذا النهج وفئة القناة `BlockProcessingChannel` التي تغلفه في الفقرة 4.6.

ويمر ناقل النثر من خلال مصرف ترشيح لفك الارتباط لكل قناة، ويتأخر الناقل المباشر لتحقيق التقابل، قبل خلطهما معاً لتكوين الخرج. ويرد وصف لمراشيح فك الارتباط والتأخيرات في الفقرة 4.7.

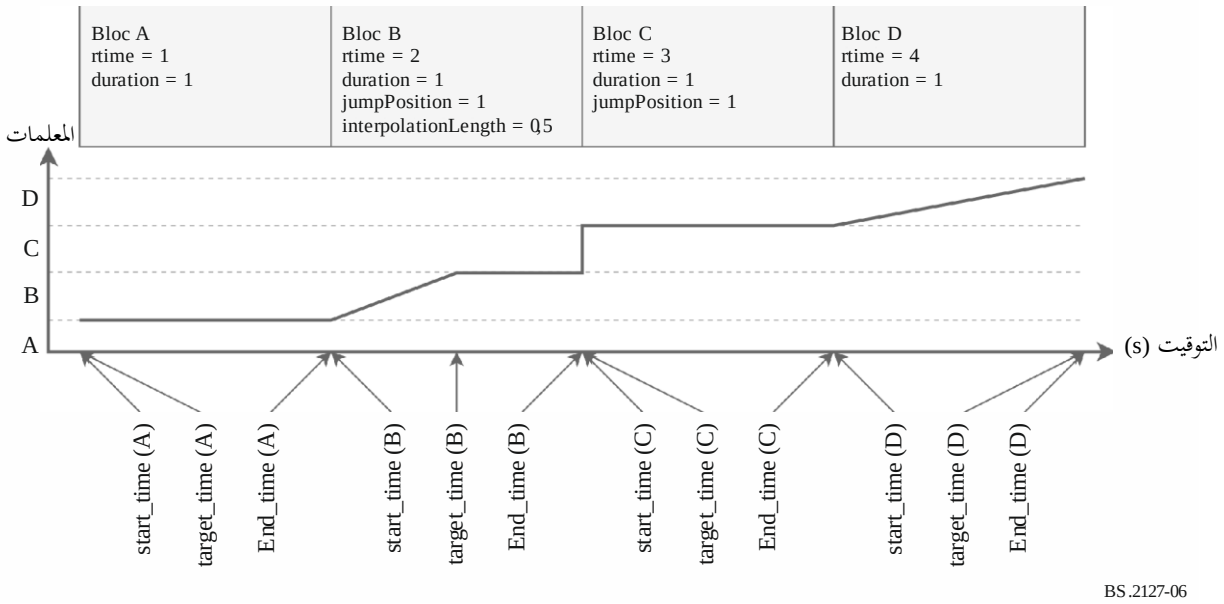
ويُنفذ هذا الهيكل في العنصر `.core.objectbased.renderer.ObjectRenderer`.

2.7 تفسير البيانات الشرحية للكائنات InterpretObjectMetadata

يتم تفسير البيانات الشرحية لتوقيت الكائنات في فئة البيانات الشرحية `InterpretObjectMetadata`، التي تتناسب مع هيكل قناة تجهيز الفدرات.

الشكل 6

مثال على أنساق audioBlockFormats ومنحنيات الاستكمال الداخلي المفسرة



ولكل بيانات شرحية `ObjectTypeMetadata` للدخل، تُستعمل العملية التالية:

- يُحدد وقت بدء `start_time` وانتهاء `end_time` الفدرة وفقاً للفقرة 5.6.
- ويُحدد الوقت الذي ينتهي عنده الاستكمال الداخلي، وهو الوقت المستهدف `target_time` وفقاً للحالات التالية، والتي يتم توضيحها بالفدرات المقابلة في الشكل 6:

A

في حالة الفدرة الأولى، أو إذا كان وقت انتهاء `end_time` الفدرة السابقة أقل من وقت بدء `start_time` الفدرة الحالية:

$$\texttt{target}_{\texttt{time}} = \texttt{start}_{\texttt{time}}$$

B

إذا لم يكن bf.jumpPosition.flag محدداً، وطول bf.jumpPosition.interpolationLength في الحالة None:

$$\texttt{target_time} = \texttt{start_time} + \texttt{bf.jumpPosition.interpolationLength}$$

C

إذا كان bf.jumpPosition.flag محدداً، وطول bf.jumpPosition.interpolationLength في الحالة None:

$$\texttt{target_time} = \texttt{start_time}$$

D

إذا لم يمكن `bf.jumpPosition.flag` محدداً، يحدُث الاستكمال الداخلي على الفدرة بأكملها:

$$\texttt{target_time} = \texttt{end_time}$$

- يتم حساب متجه الكسب الاستكمال الداخلي إلى `interp_to` باستعمال الآلة الحاسبة للكسب `GainCalculator` للفدرة الحالية. ويكون الاستكمال الداخلي من `interp_from` متجه الكسب المحسوب للفدرة السابقة.

- وإذا كان وقت البدء أقل من وقت الانتهاء المستهدف start_time < target_time، تنشأ فدرة تجهيز ProcessingBlock للكسب بالاستكمال الداخلي InterpGains، وتستكمل داخلياً من interp_from إلى interp_to بين start_time وtarget_time.
- وإذا كان وقت الانتهاء المستهدف أقل من وقت البدء target_time < end_time، تنشأ فدرة تجهيز ProcessingBlock للكسب الثابت FixedGains، وتطبق interp_to بين start_time وtarget_time.

3.7 الآلة الحاسبة للكسب

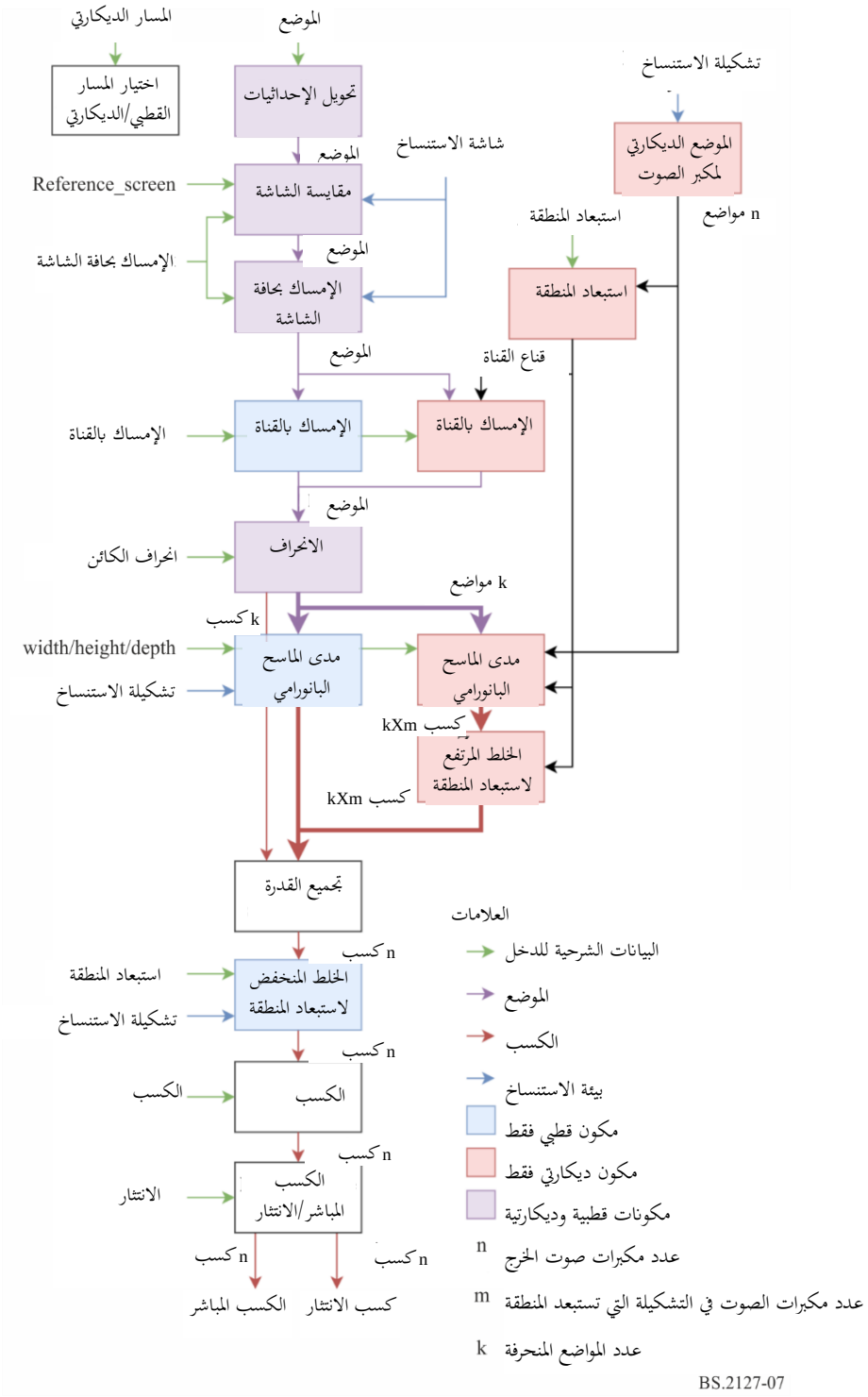
يقوم كائن البيانات الشرحية ObjectTypeMetadata بحساب الكسب لكل مكبر صوت على المسارين المباشر والمنثور. والسطح البيني لهذا المكون هو:

```
struct      DirectDiffuseGains {
    vector<float> direct;
    vector<float> diffuse;
};

class GainCalc {
    GainCalc(Layout layout);

    DirectDiffuseGains render(ObjectTypeMetadata otm);
};
```

1.3.7 الهيكل

الشكل 7

هيكل الآلة الحاسبة للكسب لتعريف *typeDefintion==Objects*



يتألف هذا المكون في الأساس من المكونات الفرعية الواردة في هذا القسم. ويرد مخطط لتدفق الإشارة بين هه المكونات في الشكل 7. ويكون سلوك otm ObjectTypeMetadata الذي يحتوي على النعت bf الخاص بنسق الفدرة block_format على النحو التالي:

- يُطبق تحويل الإحداثيات الوارد وصفه في الفقرة 2.3.7 على موضع bf.position للحصول على الموضع position الديكارتي CartesianPosition للكائن.
- وتُطبق مقايسة الشاشة باستعمال الطريقة الوارد وصفها في الفقرة 3.3.7، وتقوم المعلمات position وbf.screenRef وotm.extra_data.reference_screen وbf.cartesian بتحديث الموضع position. ويُهيئ هذا المكون مع شاشة الاستنساخ (layout.screen) وتشكيلة الاستنساخ (layout).
- ويُطبق الإمساك بحافة الشاشة باستعمال الطريقة الوارد وصفها في الفقرة 4.3.7، وتقوم المعلمات position وbf.position.screenEdgeLock وbf.cartesian بتحديث الموضع position بالنتيجة. ويُهيئ هذا المكون مع شاشة الاستنساخ (layout.screen) وتشكيلة الاستنساخ (layout).
- وفي حالة bf.cartesian:
  - يُحدد الموضع غير المركزي لكل مكبر صوت في layout.without_lfe وفقاً للفقرة 9.3.7، مما يؤدي إلى صفيف من مواضع القنوات غير المركزية allo_channel_positions.
  - وتُطبق خوارزمية استبعاد المنطقة الوارد وصفها في الفقرة 5.3.7 على مواضع allo_channel_positions وbf.zone_exclusion، مما يؤدي إلى قناع بولييني من مكبرات الصوت التي يتعين استبعادها، excluded.
  - ويُطبق الإمساك بالقناة في التشكيلة غير المركزية الوارد وصفها في الفقرة 6.3.7، وتقوم المعلمات position وbf.channelLock وexcluded بتحديث الموضع position.

وبخلاف ذلك:

- يُطبق الإمساك بالقناة في التشكيلة المركزية الوارد وصفه في الفقرة 6.3.7، وتقوم المعلمتان position وbf.channelLock بتحديث الموضع position.
- ويُطبق الانحراف باستعمال الطريقة الوارد وصفها في الفقرة 7.3.7، بالمعلمات position وbf.objectDivergence وbf.cartesian. ويؤدي ذلك إلى ما يصل إلى ثلاثة مصادر ممتدة بكسب ومواضع مخزنة في العنصرين diverged_gains وdiverged_positions.
- وفي حالة bf.cartesian:
  - يُطبق مدى الماسح البانورامي الوارد وصفه في الفقرة 11.3.7 على كل p في المواضع المنحرفة diverged_positions، وينتج عن المعلمات channel_positions وp وbf.width وbf.height وbf.depth متجهات كسب لصفيف مكبرات الصوت غير المستبعدة. وتمثل مواضع القنوات channel_positions قائمة بمواضع القنوات غير المستبعدة المختارة من المواضع allo_channel_positions[i] حيث تكون excluded[i] قيمتها False.
  - ويجري الخلط المرتفع لمتجهات الكسب هذه وفقاً للاستبعاد excluded، مما يؤدي إلى كسب لكل مكبر صوت i حيث تكون excluded[i] بقيمة False، وصفر إذا كانت excluded[i] بقيمة True، وتُخزّن في gains_for_each_pos.

وبخلاف ذلك:

- يُطبق الماسح البانورامي للمدى الوارد وصفه في الفقرة 8.3.7 على كل p في diverged_positions، وينتج عن المعلمات p وbf.width وbf.height وbf.depth متجهات كسب لمكبرات الصوت مخزّنة في العنصر gains_for_each_pos.

– ويجري خلط gains_for_each_pos مع قدرة تُحددها diverged_gains:

$$\mathtt{gains}[i] = \sqrt{\sum_j \mathtt{diverged_gains}\,[j] \times \mathtt{gains_for_each_pos}[j,i]^2}$$

– وإذا لم تكن bf.cartesian هي الحالة المحددة، يُطبق استبعاد المنطقة على النحو الوارد وصفه في الفقرة 12.3.7 على gains وbf.zoneExclusion، مما يؤدي إلى متجه gains جديد. ويجري تدميث هذا المكون بالعنصر layout.without_lfe.

– ويُمدد الكسب عن طريق إضافة كسب قنوات LFE بقيمة 0 للوصول إلى gains_full، بقيمة واحدة لكل مكبر صوت في التشكيلة layout.

– ويجري تقسيم gains_full إلى متجه مباشر ومتجه انتثار للتحكم في المسارات المباشرة ومسارات الانتثار، حسب معلمة bf.diffuse. وترتجع هذه بوصفها DirectDiffuseGains بالنعوت التالية:

$$\begin{aligned} \mathtt{direct} &= \mathtt{gains_full} \times \sqrt{1 - \mathtt{bf.diffuse}} \\ \mathtt{diffuse} &= \mathtt{gains_full} \times \sqrt{\mathtt{bf.diffuse}} \end{aligned}$$

1.1.3.7 مناقشة (إعلامية)

يتأثر هيكل الآلة الحاسبة للكسب بالمبدأين التاليين:

– إذا كانت المعلمات متفرقة (أي لا يُستعمل سوى عدد صغير من حقول البيانات الشرحية الممكنة)، فمن المرغوب فيه حفظ التفسير الواضح لهذه المعلمات.

– عند استعمال مجموعات المعلمات معاً، يتم انتقاء الخيار الذي يمنح للمستعمل أقصى الاحتمالات لمختلف السلوكيات المفيدة.

فعلى سبيل المثال:

– يُطبق الإمساك بالقناة Channel lock كتعديل للموضع — فإذا استُعمل الإمساك بالقناة Channel lock بمفرده (مع استعمال نعت أقصى مسافة *maxDistance* المناسب)، سيمسك المصدر بإحدى القنوات بسبب سلوك الماسح البانورامي للمصدر النقطي، ولكن يمكن أيضاً، على سبيل المثال، استعمال الإمساك بالقنوات مع معلمات المدى لإنتاج مصدر ممتد مركزه حول مكبر صوت معين.

– لا ترتبط الانتثارية بالمدى — يمكن الحصول على مصدر منتشر ممتد تماماً بتعيين معلمات المدى على نحو ملائم، ولكن يسمح ذلك أيضاً باستعمال مراشيح فك الارتباط بامتدادات غير كاملة.

2.3.7 تحويل الإحداثيات

يُنفذ تحويل إحداثيات بسيط في العنصر core.objectbased.gain_calc.coord_trans، الذي يُستعمل لتحويل المواضع الواردة إلى إحداثيات ديكارتية موحدة. وتكون لهذا التحويل الشفرة التالية:

```
CartesianPosition coord_trans(ObjectPosition position);
```

ويتم تحويل الموضع position أولاً إلى متجه ديكارتي **p**.

وإذا كان الموضع position هو الموضع الديكارتي للكائن ObjectCartesianPosition، يتم بتر عناصر المتجه **p** في النطاق [−1,1] قبل إرجاعها:

$$\mathrm{clip}(\mathbf{p}, -1, 1)$$

وبخلاف ذلك، يتم إرجاع المتجه **p** دون تعديل.

ويُعرّف البتر clip للأعداد الحقيقية على النحو التالي:

$$\mathrm{clip}(x, a, b) = \begin{cases} a & x \le a \\ x & a \le x \le b \\ b & b \le x \end{cases}$$

ويجري تطبيقه بشكل بسيط على كل عنصر في متجه ما:

$$\mathrm{clip}(\{x, y, z\}, a, b) = \{\mathrm{clip}(x, a, b), \mathrm{clip}(y, a, b), \mathrm{clip}(z, a, b)\}$$

3.3.7 مقايسة الشاشة

يُعدل مكوّن مقايسة الشاشة مواضع المصدر من أجل تعويض الاختلافات في هندسة الشاشة بين بيئات الإنتاج والاستنساخ. ويكون السطح البيني لهذا المكون على النحو التالي:

```
class ScreenScaleHandler {
  ScreenScaleHandler(Screen reproduction_screen);
  CartesianPosition handle(
    CartesianPosition position,
    bool screenRef,
    Screen reference_screen,
    bool cartesian
  );
};
```

وتعريفا الشاشة الجاري استعمالهما هما:

الشاشة المرجعية

هي الشاشة المرجعية للبرنامج السمعي audioProgrammeReferenceScreen المدرجة في عنصر البرنامج السمعي audioProgramme أو حجم الشاشة القطبي الافتراضي في حال عدم توافرها. وكانت هذه هي هندسة الشاشة المستعملة أثناء إنتاج البيانات الشرحية.

شاشة الاستنساخ

هي هندسة الشاشة في بيئة الاستنساخ التي سيتم فيها الاستماع إلى خرج العارض.

وتُعدل المواضع داخل الشاشة المرجعية بحيث تظهر في المواضع المقابلة في شاشة الاستنساخ.

1.3.3.7 التمثيل الداخلي للشاشة

يمكن توفير معلومات عن الشاشتين في الإحداثيات القطبية أو الديكارتية (كائنات الشاشة القطبية `PolarScreen` أو الشاشة الديكارتية `CartesianScreen`). وعلى خلاف مواضع مصدر الكائن، لا يوجد تكافؤ واضح بين الشاشتين، ولكن لتبسيط التنفيذ، يتطلب الأمر تمثيلاً واحداً للشاشة يمكن أن يمثل نمطي الشاشة. وهذا هو الغرض من هيكل الحواف القطبية `PolarEdges`، الذي يخزن سمت الحافتين اليمنى واليسرى من الشاشة، وارتفاع الحافتين العلوية والسفلية من الشاشة:

```
struct PolarEdges {
    float left_azimuth;
    float right_azimuth;
    float bottom_elevation;
    float top_elevation;
};
```

وينشأ كائن الحواف القطبية `PolarEdges` من كائن شاشة قطبية `PolarScreen` أو كائن شاشة ديكارتية `CartesianScreen` عن طريق تحويل الشاشة أولاً إلى موضع مركز ديكارتي ومتجهين (على امتداد الاتجاهين x وz) يحددان سطح الشاشة، ثم إيجاد السمت والارتفاع لكل حافة من الحواف.

وبالنسبة لشاشة `screen` من الشاشات القطبية `PolarScreen`، حيث:

$$\begin{aligned} \varphi &= \texttt{screen.centrePosition.azimuth} \\ \theta &= \texttt{screen.centrePosition.elevation} \\ d &= \texttt{screen.centrePosition.distance} \\ w &= \texttt{screen.widthAzimuth} \\ a &= \texttt{screen.aspectRatio} \end{aligned}$$

يُستعمل الإجراء التالي:

- موضع المركز هو تحويل ديكارتي بسيط لموضع المركز:

$$centre = cart(\varphi, \theta, d)$$

- ويتم حساب عرض ديكارتي وارتفاع ديكارتي:

$$\begin{aligned} \texttt{width} &= d \cdot \tan\left(\frac{\pi}{180}\frac{w}{2}\right) \\ \texttt{height} &= \frac{\texttt{width}}{a} \end{aligned}$$

- ويُستعمل نظام الإحداثيات المحلي `local_coordinate_system` لإيجاد متجهي الشاشة x وz:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{bmatrix} &= \texttt{local_coordinate_system}(\varphi, \theta) \\ v_x &= \texttt{width} \times l_x \\ v_z &= \texttt{height} \times l_z \end{aligned}$$

وبالنسبة لشاشة `screen` من الشاشات الديكارتية `CartesianScreen`، حيث:

$$\begin{aligned} w &= \texttt{screen.widthX} \\ a &= \texttt{screen.aspectRatio} \end{aligned}$$

يُستعمل الإجراء التالي:

- يُستعمل موضع المركز مباشرة:

$$centre = screen.centrePosition$$

– ويتم حساب العرض والارتفاع:

$$\begin{aligned} \texttt{width} &= \frac{w}{2} \\ \texttt{height} &= \frac{\texttt{width}}{a} \end{aligned}$$

– ويُحدد متجها الشاشة x وz:

$$\begin{aligned} v_x &= \{\texttt{width}, 0, 0\} \\ v_z &= \{0, 0, \texttt{height}\} \end{aligned}$$

ولكلا نمطي الشاشة، يمكن بناء كائن حواف قطبية PolarEdges حيث:

$$\begin{aligned} \texttt{left_azimuth} &= \texttt{azimuth}(\texttt{centre} - v_x) \\ \texttt{right_azimuth} &= \texttt{azimuth}(\texttt{centre} + v_x) \\ \texttt{bottom_elevation} &= \texttt{elevation}(\texttt{centre} - v_z) \\ \texttt{top_elevation} &= \texttt{elevation}(\texttt{centre} + v_z) \end{aligned}$$

2.3.3.7 تعويض الموضع

عندما تكون cartesian==true في بعض تشكيلات الخرج، يجوز تعديل المسح البانورامي الرأسي أمام المستمع. ويعوض ذلك استعمال الدالة core.screen_common.compensate_position:

$$\texttt{compensate_position}(\varphi, \theta, \texttt{layout}) = \begin{cases} \{\varphi', \theta\} & \text{"U + 045"} \in \texttt{layout.channel_names} \\ \{\varphi, \theta\} & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

حيث:

– يتكون φ_r عن طريق الاستكمال الداخلي الخطي متعدد النتائج للارتفاع θ من:

$$\{-90, 0, 30, 90\}$$

إلى:

$$\left\{30, 30, 30\frac{30}{45}, 30\right\}$$

– ويتكون φ' عن طريق الاستكمال الداخلي الخطي متعدد النتائج للسمت φ من:

$$\{-180, -30, 30, 180\}$$

إلى:

$$\{-180, -\varphi_r, \varphi_r, 180\}$$

3.3.3.7 تعديل الاتجاه

يُعرّف تعديل المواضع في العنصر core.screen_scale.PolarScreenScaler.scale_az_el، الذي يعدل كل قيمة للسمت والارتفاع بشكل مستقل. وفي حالة مرجع ref الحواف القطبيةPolarEdges للشاشة المرجعية وتمثيل rep الحواف القطبية PolarEdges لشاشة الاستنساخ، يعمل ذلك على النحو التالي:

- يتم تطبيق الاستكمال الداخلي الخطي متعدد النتائج على السمت، والتقابل من القيم:

$$\{-180, \texttt{ref.right_azimuth}, \texttt{ref.left_azimuth}, 180\}$$

إلى

$$\{-180, \texttt{rep.right_azimuth}, \texttt{rep.left_azimuth}, 180\}$$

- يتم تطبيق الاستكمال الداخلي الخطي متعدد النتائج على الارتفاع، والتقابل من القيم:

$$\{-90, \texttt{ref.bottom_elevation}, \texttt{ref.top_elevation}, 90\}$$

إلى:

$$\{-90, \texttt{rep.bottom_elevation}, \texttt{rep.top_elevation}, 90\}$$

ويتم تعديل هذه القيم في العنصر core.screen_scale.PolarScreenScaler.scale_position، الذي يطبق scale_az_el على مكوّني السمت والارتفاع للمتجه الديكارتي، تاركاً المسافة دون تغيير.

4.3.3.7 تفسير البيانات الشرحية

إذا تم ضبط الشاشة المرجعية screenRef وتوفير شاشة الاستنساخ، يُمرر الموضع عبر PolarScreenScaler.scale_direction مع ضبط الشاشة المرجعية وشاشة الاستنساخ. وبخلاف ذلك، يتم إرجاع الموضع دون تعديل.

وفي حال عدم ضبط الشاشة المرجعية screenRef وعدم توفير شاشة الاستنساخ، يتم إرجاع الموضع دون تعديل. وبخلاف ذلك، سيعتمد السلوك على عَلَم ديكارتي cartesian:

- إذ تم ضبط القيمة الديكارتية cartesian، سيتم تطبيق المقايسة القطبية والتعويض القطبي باستعمال التحويل الوارد وصفه في الفقرة 1.10، مما يؤدي إلى موضع جديد $\{x', y', z'\}$:

$$\begin{aligned}
\{\varphi, \theta, d\} &= \texttt{point_cart_to_polar}(\texttt{position.x}, \texttt{position.y}, \texttt{position.z}) \\
\{\varphi_s, \theta_s\} &= \texttt{scale_az_el}(\varphi, \theta) \\
\{\varphi_{sc}, \theta_{sc}\} &= \texttt{compensate_position}(\varphi_s, \theta_s, \texttt{layout}) \\
\{x', y', z'\} &= \texttt{point_cart_to_polar}(\varphi_{sc}, \theta_{sc}, d)
\end{aligned}$$

- وبخلاف ذلك، يتم تطبيق scale_az_el على مكوّني السمت والارتفاع للموضع.

4.3.7 الإمساك بحافة الشاشة

يقوم مكوّن الإمساك بحافة الشاشة بتعديل مواضع المصدر لوضع المصدر على حافة الشاشة المشار إليها. ويكون السطح البيني لهذا المكون على النحو التالي:

```
class ScreenEdgeLockHandler {
  ScreenEdgeLockHandler(Screen reproduction_screen);

  CartesianPosition handle_vector(
    CartesianPosition position,
    ScreenEdgeLock screen_edge_lock,
    cartesian=False
  );

  tuple<float, float> handle_az_el(
    float azimuth,
    float elevation,
    ScreenEdgeLock screen_edge_lock
  );
};
```

وعند التدميث، يحوّل هذا المكوّن شاشة الاستنساخ `reproduction_screen` إلى الحواف القطبية `polar_edges` لكائن حواف قطبية `PolarEdges`، على النحو الموصَّف في الفقرة 1.3.3.7.

وتقوم الدالة `handle_az_el` بتعديل السمت والارتفاع بشكل مستقل، وهو ما ينتج عنه سمت وارتفاع جديدان:

- إذا كان `screen_edge_lock.horizontal` عند الحافة اليسرى `LEFT`، يتم ضبط السمت عند `polar_edges.left_azimuth`؛ وإذا كان عند الحافة اليمنى `RIGHT`، يتم ضبط السمت عند `polar_edges.right_azimuth`؛ وإلا يظل السمت دون تغيير.
- إذا كان `screen_edge_lock.vertical` عند الحافة العلوية `TOP`، يتم ضبط الارتفاع عند `polar_edges.top_elevation`؛ وإذا كان عند الحافة السفلية `BOTTOM`، يتم ضبط الارتفاع عند `polar_edges.bottom_elevation`؛ وإلا يظل الارتفاع دون تغيير.

وفي حال عدم توافر شاشة الاستنساخ `reproduction_screen`، لا يحدث أي تعديل للموضع.

وتتم عملية التجهيز في المجال القطبي، ولذا يجب أولاً تحويل المواضع الديكارتية. ويتم تطبيق التحويل في الاتجاهين في حالة استعمال طريقة `handle_vector` بدلاً من طريقة `handle_az_el`.

- إذا تم ضبط القيمة الديكارتية `cartesian`، سيتم تطبيق المقايسة القطبية والتعويض القطبي باستعمال التحويل الوارد وصفه في الفقرة 1.10، وهو ما يُنتج موضعاً جديداً $\{x', y', z'\}$:

$$\begin{aligned}\{\varphi, \theta, d\} &= \texttt{point_cart_to_polar}(\texttt{position.x}, \texttt{position.y}, \texttt{position.z})\\ \{\varphi_s, \theta_s\} &= \texttt{handle_az_el}(\varphi, \theta, \texttt{screen_edge_lock})\\ \{\varphi_{sc}, \theta_{sc}\} &= \texttt{compensate_position}(\varphi_s, \theta_s, \texttt{layout})\\ \{x', y', z'\} &= \texttt{point_cart_to_polar}(\varphi_{sc}, \theta_{sc}, d)\end{aligned}$$

- وبخلاف ذلك، يتم تطبيق `handle_az_el` على مكوّني السمت والارتفاع للموضع.

ويُنفذ هذا المكوّن في العنصر `core.screen_edge_lock.ScreenEdgeLockHandler`.

5.3.7 استبعاد المنطقة الديكارتية

تبدأ خوارزمية استبعاد المنطقة الديكارتية بتشكيلة الاستنساخ الكاملة باعتبارها channel_positions وتجهز كائنات ExclusionZone لتحديد مكبرات الصوت التي ينبغي إزالتها – ويتبع ذلك الخوارزمية الواردة في الفقرة 1.12.3.7. ولكل مكبر صوت وُجد في أي منطقة من المناطق الموصَّفة بكائن من كائنات ExclusionZone، تتم إزالة مكبر الصوت هذا وإذا أدى ذلك إلى تقليل أحد صفوف مكبرات الصوت (التي تشترك في نفس الإحداثيات y وz) إلى مكبر صوت واحد، تتم إزالة جميع مكبرات الصوت من هذا الصف بحيث تُحفظ الخصائص الأساسية التي يتطلبها الماسح البانورامي للمصدر النقطي في الفقرة 10.3.7.

وإذا أدت عملية تطبيق استبعاد المنطقة إلى إزالة جميع مكبرات الصوت، فلن تتم إزالة أي من مكبرات الصوت.

وأخيراً، تنشأ مصفوفة خلط مرتفع تقابل القنوات في التشكيلة المصغرة لقناتها الأصلية في التشكيلة الكاملة مع كسب واحد.

ويُنفذ ذلك في العنصر core.allocentric.apply_zone_exclusion.

6.3.7 الإمساك بالقناة

يُنفذ الإمساك بالقناة كتحويل للموضع. وإذا تم ضبط الإمساك بالقناة *channelLock* ووُضع مكبر صوت ضمن النطاق المحدد في أقصى مسافة *maxDistance*، سيتم تحويل الموضع إلى موضع مكبر الصوت الأقرب إلى الموضع الأصلي. وفي حال عدم وجود البيانات الشرحية للانحراف والمدى واستبعاد المنطقة والانتشار، سيتم استنساخ المصدر بطريقة مباشرة بواسطة مكبر الصوت المختار.

وفي objectbased._gain_calc.ChannelLockHandlerBase، ذات الشفرة التالية:

```
class ChannelLockHandlerBase {
  ChannelLockHandlerBase(Layout layout);
  CartesianPosition handle(
    CartesianPosition position,
    optional<ChannelLock> channelLock,
    vector<bool> excluded,
  );
};
```

فإن excluded عبارة عن قناع استبعاد قناة للإشارة إلى مبكرات الصوت التي ينبغي تجاهلها ولا يُستعمل إلا في المسار غير المركزي، لأنه في هذه الحالة فقط، يُطبق الإمساك بالقناة بعد استبعاد المنطقة.

وبالنسبة للمسار المركزي، يتم تشكيل ChannelLockHandlerBase
في core.objectbased._gain_calc.EgoChannelLockHandler.

وبالنسبة للمسار غير المركزي، يتم تشكيل ChannelLockHandlerBase
في core.objectbased._gain_calc.AlloChannelLockHandler.

وفي الوضع المركزي، تكون مواضع مكبر الصوت المعنية هي مواضع مكبر الصوت الفعلية المقيسة في التشكيلة layout، بينما في الوضع غير المركزي، فهي المواضع المحددة وفقاً للتشكيلة core.allocentric.positions_for_layout على النحو الوارد وصفه في الفقرة 9.3.7.

ولتطبيق البيانات الشرحية للإمساك بالقناة، يُستعمل الإجراء التالي:

- إذا لم تكن excluded في الحالة None، لا تنظر في مكبرات الصوت، حيث excluded[n] == True (n هي الترتيب الرقمي لمكبر الصوت) في الخطوات التالية.
- إذا كان channelLock في الحالة None، تتم العودة إلى الموضع position الأصلي.

- إذا كانت channelLock.maxDistance ليست في الحالة None، يتم حساب المسافة ℓ_2 بين كل موضع مكبر صوت والموضع position، وتحديد جميع مكبرات الصوت (ضمن بعض التفاوت المسموح به) التي تكون فيها المسافة أصغر من channelLock.maxDistance باعتبارها مكبرات صوت ممكنة.
- وإذا لم يُحدد مكبر صوت ممكن، تتم العودة الموضع position.
- وفي مجموعة مكبرات الصوت الممكنة، يتم تحديد مكبرات الصوت الأقرب إلى الموضع position. وفي التشكيل المركزي، تُستعمل المسافة ℓ_2 بين الموضع position وكل مكبر صوت، بينما في التشكيل غير المركزي، تُستعمل المسافة المرجحة بين الموضع position وكل مكبر صوت. ويتم حساب المسافة المرجحة على النحو التالي:

$$dw_i = \sqrt{w_x \times \left(x_o - x_{spkr_i}\right)^2 + w_y \times \left(y_o - y_{spkr_i}\right)^2 + w_z \times \left(z_o - z_{spkr_i}\right)^2}$$

حيث:

$$\begin{aligned} w_x &= \frac{1}{16} \\ w_y &= 4 \\ w_z &= 32 \end{aligned}$$

- وفي حالة عدم وجود أقرب مكبر صوت فريد (ضمن بعض التفاوت المسموح به)، يتم اختيار مكبر الصوت من مجموعة مكبرات الصوت الأقرب ذات الأولوية العليا. ويتم تحديد ترتيب الأولوية لمكبرات الصوت عن طريق المقارنة المعجمية للتتابع:

$$\{|\theta|, \theta, |\varphi|, \varphi\}$$

حيث φ وθ هما السمت الحقيقي والارتفاع الحقيقي لمكبر الصوت. وللتتابعات الأدنى أولوية أعلى – لمكبرات الصوت ذات الارتفاعات المطلقة الأدنى أولوية قصوى، بروابط مقطوعة بفعل الارتفاع، ثم السمت المطلق، ثم السمت.

- ويتم إرجاع موضع مكبر الصوت المختار.

7.3.7 الانحراف

يُنفذ الانحراف بإضافة موضعي مصدر إضافيين $\mathbf{p}_l$ و$\mathbf{p}_r$ إلى يسار ويمين موضع المصدر الأصلي $\mathbf{p}_c$ ويرتبط كل موضع مصدر بقيمة كسب: g_l، وg_c، وg_r.

ويتم تفسير البيانات الشرحية للانحراف في core.objectbased.gain_calc.diverge، بالشفرة التالية:

```
tuple<vector<float>, vector<CartesianPosition>> diverge(
  CartesianPosition position,
  ObjectDivergence objectDivergence,
  bool cartesian
);
```

وتقبل هذه الدالة موضعاً ثلاثي الأبعاد (في هذه الحالة، خرج دالة الإمساك بالقناة) وتطبق البيانات الشرحية للانحراف المتوفرة في objectDivergence. ويتم إنتاج مواضع المصدر الثلاثة والكسب المرتبط بها، وتُمرر كل منها إلى الماسح البانورامي للمدى من أجل عرضها.

ويرد أدناه وصف لطريقة حساب هذا الكسب وهذه المواضع.

1.7.3.7 حساب الكسب

بالنسبة لقيمة معينة x لانحراف الكائن `objectDivergence.value`، يتم حساب قيم الكسب الثلاثة على النحو التالي:

$$g_c = \frac{1-x}{x+1}$$

$$g_l = g_r = \frac{x}{x+1}$$

ويستوفي ذلك المتطلبات التالية:

- $\forall x,\ g_l + g_r + g_c = 1$
- $x = 0 \Rightarrow g_l = g_r = 0 \wedge g_c = 1$
- $x = \frac{1}{2} \Rightarrow g_l = g_r = g_c = \frac{1}{3}$
- $x = 1 \Rightarrow g_l = g_r = 0.5 \wedge g_c = 0$

2.7.3.7 حساب المواضع

تعتمد المواضع الناتجة على العَلَم الديكارتي `cartesian` في نسق الفدرة. ويصدر تحذير في حالة ضبط `azimuthRange` و`cartesian`، أو إذا ضُبط `positionRange` ولم يُضبط `cartesian`.

1.2.7.3.7 السلوك عندما يكون `cartesian == true`

بالنسبة للقيمة $\mathbf{p}$ لموضع `position` معين وقيمة x لدالة `objectDivergence.positionRange`، ينتقل موضع المركز ببساطة يميناً ويساراً بمقدار x على طول المحور x، ويتم بتره في النطاق $[-1,1]$:

$$\begin{aligned}\mathbf{p}_c &= \mathtt{clip}(\mathbf{p}, -1, 1)\\ \mathbf{p}_l &= \mathtt{clip}(\mathbf{p} - \{x, 0, 0\}, -1, 1)\\ \mathbf{p}_r &= \mathtt{clip}(\mathbf{p} + \{x, 0, 0\}, -1, 1)\end{aligned}$$

ويُعرف البتر `clip` في الفقرة 2.3.7.

2.2.7.3.7 السلوك عندما يكون `cartesian == false`

يتم حساب المواضع لقيمة a معينة لدالة `objectDivergence.azimuthRange` بحيث يكون المصدران الأيمن والأيسر من منظور المستمع على بُعد a درجات إلى يسار ويمين المركز، وتكون جميع المصادر الثلاثة في خط مستقيم.

ويتحقق ذلك عن طريق تحديد ثلاثة مواضع متمركزة حول المحور $+y$ على مسافة $d = \| \mathbf{p}_c \|_2$، حيث $\mathbf{p}_c$ هو موضع المصدر الأصلي:

$$P'_l = \mathtt{cart}(a, 0, d)$$

$$P'_r = \mathtt{cart}(-a, 0, d)$$

$$P'_c = \mathtt{cart}(0, 0, d)$$

ثم يتم تدوير هذه المواضع حوال اتجاه المصدر الأصلي عن طريق مصفوفة التدوير $\mathbf{M}$، التي تُعرف بحيث تتقابل $\mathbf{p}_c'$ مع موضع المصدر الأصلي $\mathbf{p}_c$:

$$[\mathbf{p}_l, \mathbf{p}_r, \mathbf{p}_c]^T = \mathbf{M} \cdot [\mathbf{p'}_l, \mathbf{p'}_r, \mathbf{p'}_c]^T$$

8.3.7 الماسح البانورامي للمدى القطبي

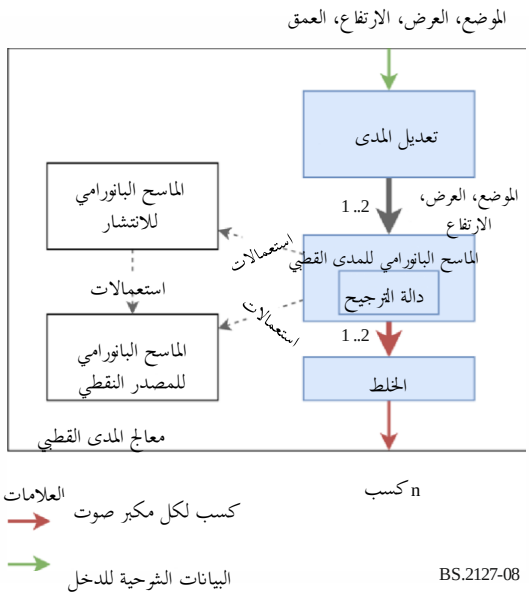
تتم معالجة معلمات المدى القطبي لنموذج تعريف الإشارة السمعية في العنصر `core.objectbased.gain_calc.PolarExtentHandler`؛ ويستعمل هذا العنصر الوحدات الوارد وصفها أدناه لإنتاج متجه كسب لمعلمات موضع ومدى معينة.

ويكون السطح البيني لهذه الفئة على النحو التالي:

```
class PolarExtentHandler {
  PolarExtentHandler(PointSourcePanner psp);

  vector<float> handle(
    CartesianPosition position,
    float width,
    float height,
    float depth);
};
```

الشكل 8

هيكل عامل لمعالج المدى



يرد هيكل الفئة `PolarExtentHandler` في الشكل 8.

وداخلياً، يحمل هذا الكائن إحالة إلى ماسح بانورامي لمدى قطبي `PolarExtentPanner` على النحو الوارد وصفه في الفقرة 2.8.3.7، يستعمله لحساب متجهات الكسب.

ويجب تكرار معلمات الارتفاع `height` والعرض `width` والموضع `position` وتعديلها لمعالجة معلمة العمق `depth` ومكوّن المسافة للموضع `position`؛ وتُمرر هذه المعلمات عبر الماسح البانورامي للمدى القطبي لتوليد متجه كسب مكبر الصوت لكل منها، وأخيراً، يتم خلط متجهات الكسب هذه معاً. ويرد وصف هذا الإجراء في الفقرة 2.8.3.7.

وتستعمل أساليب عرض المدى القطبي الماسح البانورامي للانتشار لتوليد كسب مكبرات الصوت، على النحو المبين أدناه.

1.8.3.7 الماسح البانورامي للانتشار

يتم تعريف شكل المصادر الممددة في العارض بموجب دالة ترجيح، يمكنها عندما تُمنح اتجاه ثلاثي الأبعاد أن تحسب الوزن لهذا الاتجاه. ويمكن اعتبار هذا الوزن على أنه مقدار ما ينبغي استنساخه من كائن معين في اتجاه معين. فعلى سبيل المثال، بالنسبة لأي مصدر أمام المستمع عرضه أكبر من طوله، يمكن استعمال دالة ترجيح كتلك الممثلة في الشكل 10.

وبإنتاج كسب لكل مكبر صوت تعكس دالة الترجيح هذه وتطبيق هذا الكسب على الشكل الموجي الأحادي لكائن ما وتطبيق مراشيح فك الارتباط على القنوات الناتجة، يمكن تحقيق بصمة لمصدر صوت ممتد أو منتشر مع معلمات المدى المقصود.

ولحساب أي متجه كسب لدالة ترجيح معينة، يتم استعمال فئة الماسح البانورامي للانتشار `SpreadingPanner`.

تحدد كما يلي مجموعة مواضع المصادر الافتراضية البالغ عددها 652 1 موضعاً المستعملة في الماسح البانورامي للانتشار.

لكل ارتفاع θ من –90° إلى 90°، يجري في خطوات من 5° حساب عدد نقاط n متباعدة بالتساوي حول دائرة في ذلك الارتفاع، لتحقيق كثافة منتظمة تقريباً على سطح كرة الوحدة:

$$n' = \frac{360}{5}\cos\theta$$

$$n = \max(\text{round}(n'), 1)$$

ثم يجري حساب السمت φ لكل قيمة i من 0 إلى n - 1 ضمناً:

$$\varphi = 360\,\frac{i}{n}$$

والنتيجة هي النقطة cart (φ, θ, 1).

وتحتوي الكائنات من هذا النمط على مجموعة من المواضع الافتراضية للمصدر، ومتجه كسب مكبر صوت لكل موضع من هذه المواضع.

وأثناء بدء التشغيل، يستعمل الماسح البانورامي للمصدر النقطي متجه الكسب المحسوب لكل موضع.

ولحساب متجه الكسب لدالة ترجيح معينة، يتم تطبيق دالة الترجيح على مواضع المصدر الافتراضية. ويتم ضرب متجه الكسب الناتج لكل مصدر افتراضي في متجهات كسب مبكرات الصوت المحسوبة مسبقاً للحصول على متجه كسب واحد لكل مكبر صوت. ثم يتم تقييس هذه القيمة للحصول على متجه الكسب النهائي.

ويُنفذ ذلك في العنصر `core.objectbased.extent.SpreadingPanner`.

2.8.3.7 المدى القطبي للعرض

يرد فيما يلي الإجراء المستعمل لحساب كسب مكبر الصوت للمعلمات `position`، و`width`، و`height` و`depth` في الوضع القطبي:

– تُفسر المعلمة `depth` كمصدرين ممتدين بنفس الاتجاه ولكن على مسافات مختلفة. وتُحسب المسافتان على النحو التالي:

$$d_1 = \max\left\{0, \| \texttt{position} \|_2 + \frac{\texttt{depth}}{2}\right\}$$

$$d_2 = \max\left\{0, \| \texttt{position} \|_2 - \frac{\texttt{depth}}{2}\right\}$$

– ولكل مسافة، يستعمل الماسح البانورامي للمدى القطبي لحساب متجهي الكسب $\mathbf{g}'_1$ و$\mathbf{g}'_2$ من المعلمات `position`، و`width` و`height` المعدلة بدالة تعديل المدى القطبي، الموضحة أدناه.

– ويتم خلط متجهي الكسب معاً لإنتاج متجه كسب الخرج $\mathbf{g}$، حيث $\mathbf{g}_i$ هو الكسب لمكبر الصوت i:

$$\mathbf{g}_i = \sqrt{\frac{\mathbf{g'}_{1,i}{}^2 + \mathbf{g'}_{2,i}{}^2}{2}}$$

1.2.8.3.7 دالة تعديل المدى القطبي

تُستعمل دالة تعديل المدى لتعديل معلمتي العرض والارتفاع في حالة توافر معلمة المسافة.

وتتسم الدالة بالخصائص التالية:

– عندما تكون المسافة $\texttt{distance} = 0$، دائماً ما يكون المدى 360°.

– عندما تكون المسافة $\texttt{distance} = 1$، يُستعمل المدى الأصلي.

– عندما تكون المسافة $\texttt{distance} > 1$، يقل المدى كلما زادت المسافة.

– عندما تكون المسافة $0 < \texttt{distance} < 1$، يتغير المدى بقدر أكبر حول $\texttt{distance} = 0$ للمديات الأصغر.

وتُعرّف دالة تعديل المدى للمعلمتين extent وdistance على النحو التالي:

– يتقابل المدى بالدرجات خطياً مع مدى معين على امتداد المحور x، بحد أدنى للحجم قدره:

$$\texttt{min_size} = 0.2$$

$$\texttt{size} = \texttt{min_size} + \frac{(1 - \texttt{min_size}) \times \texttt{extent}}{360°}$$

– يتكون مثلث قائم الزاوية، وتكون الحافة المجاورة هي المسافة، والحافة المقابلة هي المسافة. وبعد ذلك، تُستعمل الزاوية الناتجة لتحديد مدى جديد؛ ويتم حساب ذلك لمسافة قدرها 1 والمسافة distance:

$$e_1 = 4 \times \frac{180}{\pi} \times \text{atan2}(\texttt{size}, 1)$$

$$e_d = 4 \times \frac{180}{\pi} \times \text{atan2}(\texttt{size}, \texttt{distance})$$

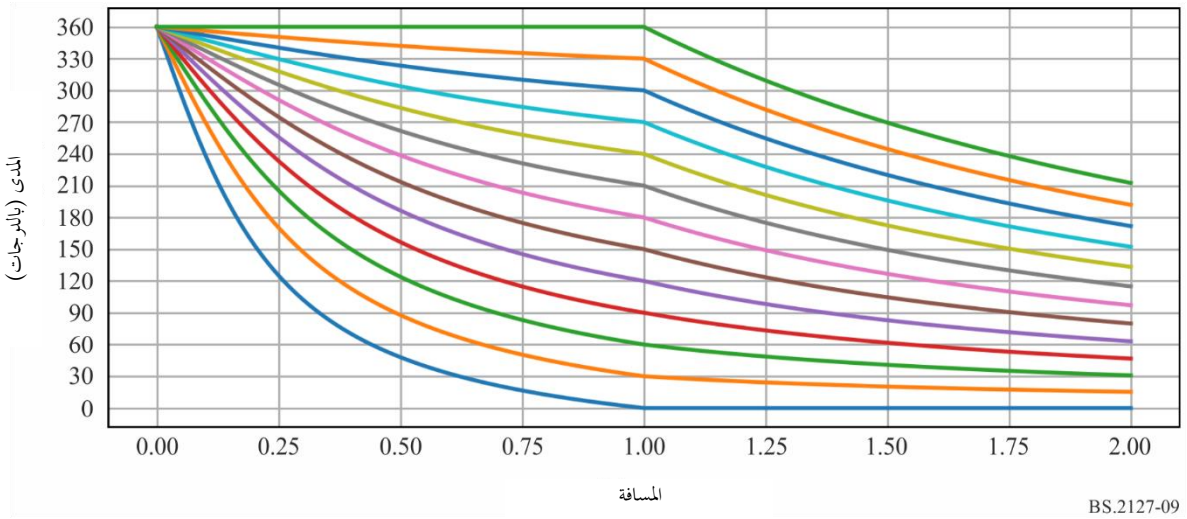
– يتم تطبيق الاستكمال الداخلي الخطي متعدد النتائج لتتقابل e_d مرة أخرى مع المدى الأصلي عندما يكون $e_d = e_1$:

$$\texttt{extent_mod} = \begin{cases} \texttt{extent} \times \dfrac{e_d}{e_1} & e_d < e_1 \\ \texttt{extent} + (360° - \texttt{extent}) \times \dfrac{e_d - e_1}{360° - e_1} & e_d \geq e_1 \end{cases}$$

ويُنفذ ذلك في العنصر core.objectbased.gain_calc.PolarExtentHandler.extent_mod. ويبين الشكل 9 شكل دالة تعديل المدى.

الشكل 9

دالة تعديل المدى للمصادر الممتدة القطبية



ملاحظة – يوضح كل خط مقدار تباين مدى الخرج حسب المسافة لمدى دخل معين. ولا يُعدل المدى عندما تكون المسافة `distance = 1`، ولذا يُظهر الخط الأدنى، مثلاً، مقدار تباين المدى المعدل حسب المسافة لمدى دخل قدره 0.

2.2.8.3.7 الماسح البانورامي للمدى القطبي

من أجل معالجة المجموعة الكاملة للمواضع والمديات المسموح بها في نموذج تعريف الإشارة السمعية، يجب تعديل الحجم قبل تطبيق دالة الترجيح القطبي. وتُستعمل الخطوات التالية:

- يتم حساب عرض معدل وارتفاع معدل في صورة $max\{width, 5°\}$ و$max\{height, 5°\}$؛ ويستعملا مع الماسح البانورامي للانتشار الوارد وصفه في الفقرة 1.8.3.7 ودالة الترجيح القطبي الموصوفة أدناه للحصول على متجه كسب انتشار g_s.
- ويُمرر الموضع إلى الماسح البانورامي للمصدر النقطي للحصول على متجه كسب المصدر النقطي g_p.

يتم خلط المتجهين معاً لإنتاج المتجه g بحيث يتم استعمال كسب المصدر النقطي بشكل حصري لعرض وارتفاع تبلغ قيمتهما صفراً، ولكن إذا كان العرض أو الارتفاع أكبر من 5 درجات، يُستعمل كسب الانتشار بشكل حصري:

$$g_i = \sqrt{p g_{s,i}^2 + (1-p) g_{p,i}^2}$$

حيث:

$$p = clip\left(\frac{max(width, height)}{5}, 0,1\right)$$

ويعد هذا الأمر مطلوباً لدعم المديات الصغيرة – هنا يجب أن يكون الجزء غير الصفري من دالة الانتشار كبيراً بما يكفي لتغطية نقاط الإعتيان المتعددة من أجل تحقيق كسب سلسة، ويفرض ذلك حداً أدنى من الانتشار، قد يكون أكبر من المقدار المطلوب.

ويُنفذ ذلك في العنصر `.core.objectbased.extent.PolarExtentPanner.calc_pv_spread`.

3.2.8.3.7 دالة الترجيح القطبي

يجري وصف معلمات دالة الترجيح لعرض المدى القطبي بواسطة موضع `position` متجه ديكارتي ثلاثي الأبعاد، وعرض `width` وارتفاع `height` الزوايا بالدرجات. ونظراً لعدم استعمال مكون المسافة للموضع، يمكن اعتبار ذلك كتوجيه.

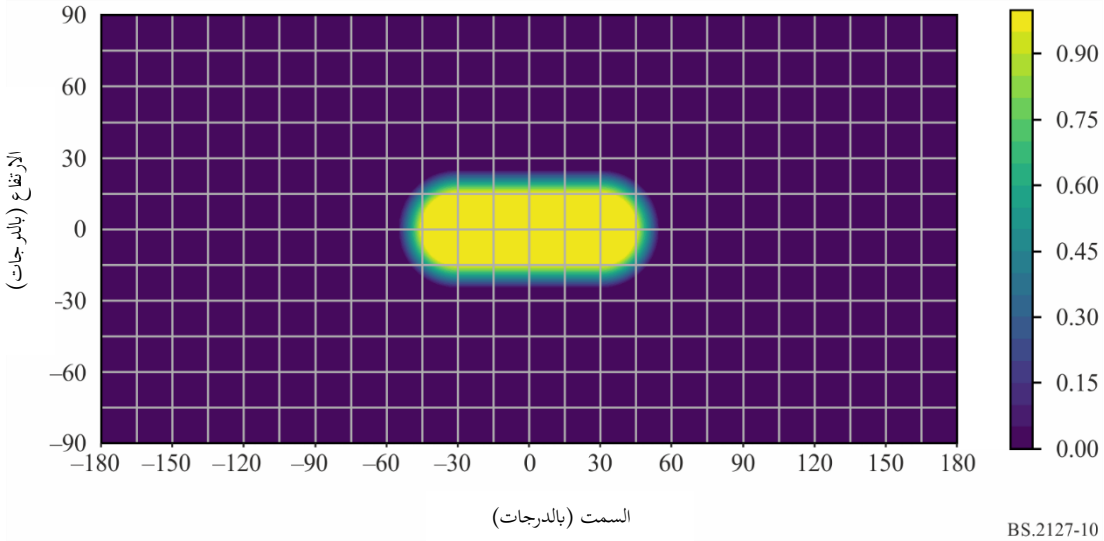
وتكون دالة الترجيح على النحو التالي:

- يتم حساب مصفوفة تدوير تعمل على تقابل الموضع {0,1,0} (أمام المستمع مباشرة) مع موضع المصدر. وتأخذ مصفوفة التدوير هذه شكل دوران حول الموضع {1,0,0} متبوعاً بدوران حول الموضع {0,0,1}. ويُنفذ ذلك في العنصر `.core.objectbased.extent.calc_basis`
- إذا كان الارتفاع أكبر من العرض، يتم قلب نظام الإحداثيات لتبسيط الحساب، إذ أن دالة الترجيح لمصدر بعرض w وارتفاع h ينبغي أن تكون نفس دالة الترجيح لمصدر بعرض h وارتفاع w، مُدار بزاوية 90° حول موضع المصدر. ويتحقق ذلك بتبديل متغيري العرض والارتفاع، وتبديل الصفين x وz لمصفوفة التدوير. انظر مثلاً الشكلين 10 و11، اللذين لهما نفس الشكل ولكن يتم تدويرهما بزاوية 90 درجة (مع تجاهل التعديل الناتج عن الإسقاط المستخدم).
- أصبحت دالة الترجيح التقريبية الآن 1 داخل مستطيل مساحته `width` × `height` بأقصى حواف دائرية (استاد) في فضاء السمت–الارتفاع، مع تعديلات طفيفة:
  - تكون الحدود القصوى للحواف الدائرية في شكل دائري داخل الفضاء الديكارتي، نظراً لأنه يتم حساب الوزن استناداً إلى الزاوية من متجهين عند مركزهما. وعندما يكون العرض مساوياً للطول `width = height`، تكون دالة الترجيح دائرية.
  - وعندما يكون `width` > 180°، يزيد العرض بحيث عندما يصل إلى 360°، تتراكب الأجزاء الدائرية تماماً، مما يشكّل "شريطاً"، تكون فيه لدالة الترجيح نفس القيمة لجميع المواضع التي تقع على نفس الارتفاع. انظر الشكلين 12 و13.
  - ويُضاف خبو إلى حافة دالة الترجيح؛ وينخفض الوزن من 1 إلى 0 عندما تبلغ المسافة الزاوية من المدى 10 درجات.

وتُنفذ هذه الدالة في العنصر
`.core.objectbased.extent.PolarExtentPanner.get_weight_func`

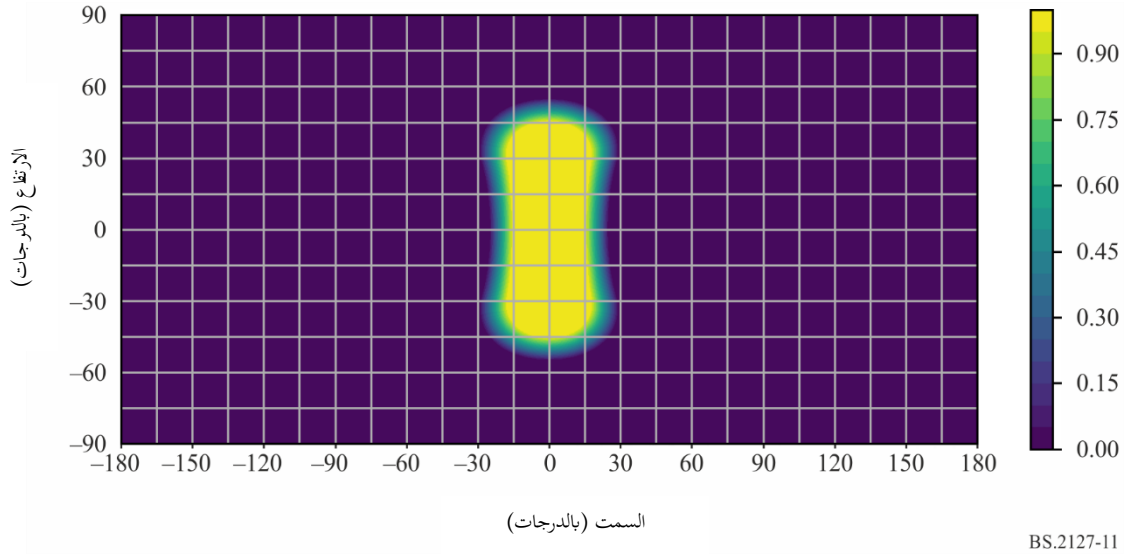
الشكل 10

دالة الترجيح القطبي لعرض `width` = **90°** وارتفاع `height` = **30°**



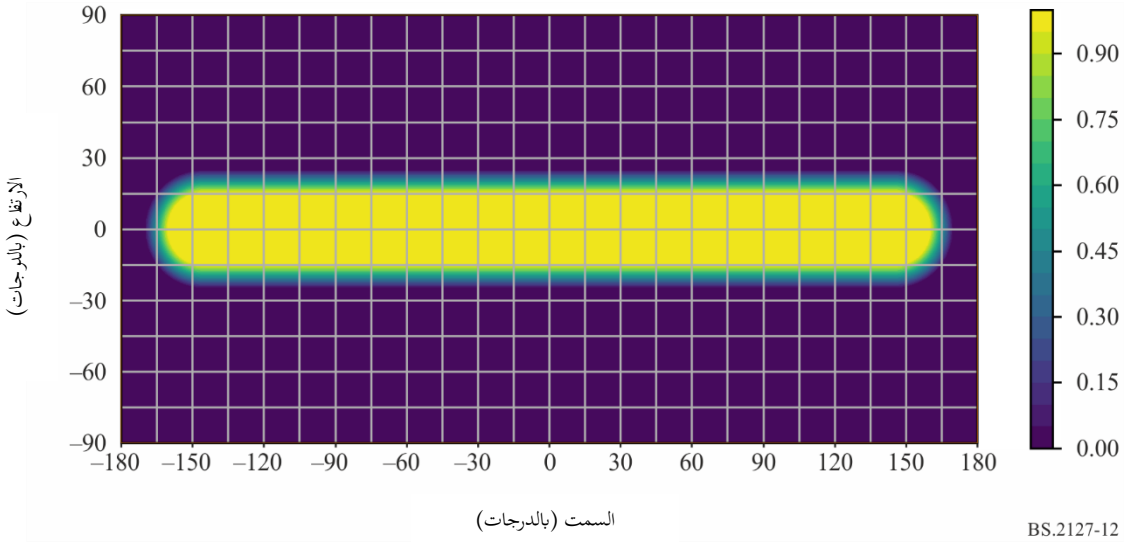
الشكل 11

دالة الترجيح القطبي لعرض **30°** = width وارتفاع **90°** = height



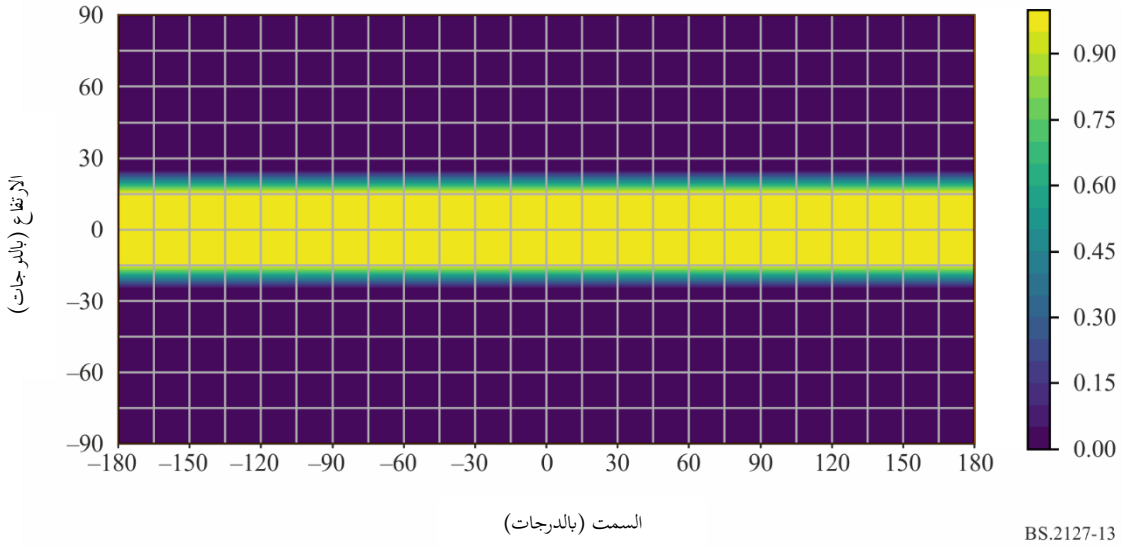
الشكل 12

دالة الترجيح القطبي لعرض **300°** = width وارتفاع **30°** = height



الشكل 13

دالة الترجيح القطبي لعرض width = **360°** وارتفاع height = **30°**



9.3.7 المواضع الديكارتية لمكبرات الصوت

لاستعمال الماسح البانورامي للمصدر النقطي الديكارتي الموصَّف في الفقرة 10.3.7، يتعين إيجاد موضع ديكارتي لكل مكبر صوت في التشكيلة.

ويكون السطح البيني لهذا المكون على النحو التالي:

```
vector<CartesianPosition> positions_for_layout(Layout layout)
```

أولاً، يرد في الفقرة 2.11 جدول المواضع المطابقة لاسم التشكيلة `layout.name`.

وبالنسبة لكل قناة `channel` في قنوات التشكيلة `layout.channels`، تُحدد المعلمات `x` و`y` و`z` للموضع الديكارتي `CartesianPosition` للخرج على النحو التالي:

– إذا كان اسم القناة `channel.name` هو M+SC أو M–SC، إذاً:

$$\{x, y, z\} = \text{point_polar_to_cart}(\text{channel.polar_position.azimuth}, 0, 1)$$

يرجى ملاحظة أن هذا الأمر يفترض دقة لانهائية في العنصر `point_polar_to_cart`. وعملياً، يجب تعديل المواضع بحيث:

- $z = 0$
- يجب أن تكون الإحداثيات y لمكبري صوت الشاشة متطابقة.
- يجب أن تكون الإحداثيات x لمكبري صوت الشاشة متماثلة تماماً حول 0.

– وبخلاف ذلك، تُمنح القيم في صف الجدول المسمى `channel.name`.

ويُنفذ ذلك في العنصر `core.allocentric`.

10.3.7 الماسح البانورامي للمصدر النقطي الديكارتي

تتكون خوارزمية الماسح البانورامي للمصدر النقطي الديكارتي من امتداد ثلاثي الأبعاد لمفهوم الماسح "مزدوج التوازن" الذي يستعمل على نطاق واسع في إنتاج الصوت المحيطي للقنوات الواردة في الفقرتين 1.5 و1.7.

ويتكون الدخل إلى الماسح البانورامي من موضع كائن معين $[p_{ox}, p_{oy}, p_{oz}]$ ومواضع مكبرات الصوت للخرج N، وكل ذلك في الإحداثيات الديكارتية. ولندع $[p_{sx}(j), p_{sy}(j), p_{sz}(j)]$ تشير إلى موضع مكبر الصوت j.

وفيما يتعلق بتشكيلة مكبرات الصوت، يتطلب الماسح البانورامي للمصدر النقطي استيفاء الشروط التالية حتى يتمكن من وضع صورة وهمية للكائن بدقة في أي مكان في الغرفة:

- يجب تجميع مكبرات الصوت في مستوى منفصل أو أكثر في البعد z.
- يجب تجميع مكبرات الصوت على كل مستوى في صف أو أكثر في البعد y.
- في أي صف يكون فيه $-1 < y < 1$ (بمعنى أن أي صف لا يتقاطع مع الجدران الأمامية أو الخلفية للغرفة)، يجب أن تكون هناك مكبرات صوت عند $x = 1$ و$x = -1$.
- يجب أن يكون كل موقع من مواقع مكبرات الصوت على سطح مكعب الغرفة، أي على الأرض أو السقف أو الجدران.
- يمكن إيجاد المواضع التي تستوفي هذه الشروط باتباع الإجراء الوارد في الفقرة 9.3.7.

وعلى وجه التقريب، يمكن إيجاد كسب مكبرات الصوت لموضع مصدر معين من خلال بما يلي:

- إيجاد طبقات من مكبرات الصوت أعلى وأسفل المصدر، وحساب كسب z لكل طبقة من هاتين الطبقتين بناء على الموضع z للطبقات والمصدر.
- في كل طبقة من الطبقات التي تم إيجادها، إيجاد صف من مكبرات الصوت أمام موضع المصدر وخلفه، وحساب كسب y لكل صف من هذه الصفوف بناء على الموضع y للصفوف والمصدر.
- في كل صف من الصفوف التي تم إيجادها، إيجاد زوج من مكبرات الصوت إلى يسار ويمين موضع المصدر، وحساب كسب x لكل مكبر من مكبرات الصوت هذه بناء على المواضع x لمكبرات الصوت والمصدر.

وسيتعسن اختيار ما يصل إلى ثمانية مكبرات صوت؛ يكون الكسب في كل منها $x \times y \times z$؛ ويكون الكسب لمكبرات الصوت الأخرى صفراً.

وترد أدناه المواصفات الدقيقة للخوارزمية، مع حساب كسب $g^{point}(j_x, j_y, j_z)$ لكل مكبر صوت j. ويتعين ملاحظة أن كل محور قابل للفصل، ومن المفيد أيضاً ملاحظة أن $g^{point}(x, y, z) = g^{point_x}(x) \times g^{point_y}(y) \times g^{point_z}(z)$ وأن قيم الكسب المستقلة الثلاثة متاحة كقيم متوسطة في الخوارزمية.

```
epsilon = 0.001 //small positive constant

//simplification: Use object-centric coordinates, so that object is
//always at the origin.
for (j = 1 to N)
{
  p_sx(j) -= p_ox
  p_sy(j) -= p_oy
  p_sz(j) -= p_oz
}

for (j = 1 to N)
{
  //Z-gain
  z_this = p_sz(j)
  //find loudspeakers in other plane, on other side of object
  if (z_this >= 0) {
    z_other = max({p_sz : p_sz < z_this})
  } else {
    z_other = min({p_sz : p_sz > z_this})
  }
```

```
    if (isempty(z_other)) {
      gz = 1.0
    } else if (sign(z_other) == sign(z_this)) {
      gz = 0.0
    } else {
      gz = cos(z_this / (z_other - z_this) * pi /2)
    }

    //Y-gain
    //from among loudspeakers in this plane...
    p_sx_plane = p_sx({i:abs(p_sz(i) - z_this) < epsilon})
    p_sy_plane = p_sy({i:abs(p_sz(i) - z_this) < epsilon})
    y_this = p_sy(j)
    //...find loudspeakers in closest row, on other side of object
    if (y_this >= 0) {
      y_other = max({p_sy_plane : p_sy_plane < y_this})
    } else {
      y_other = min({p_sy_plane : p_sy_plane > y_this})
    }
    if isempty(y_other) {
      gy = 1.0
    } else if (sign(y_other) == sign(y_this)) {
      gy = 0.0
    } else {
      gy = cos(y_this / (y_other - y_this) * pi /2)
    }

    //X-gain
    //Among loudspeakers in this plane and row...
    p_sx_row = p_sx_plane({i:abs(p_sy_plane(i) - y_this) < epsilon})
    x_this = p_sx(j)
    //find loudspeakers in the closest column
    if (x_this >= 0) {
      x_other = max({p_sx_row : p_sx_row < x_this})
    } else {
      x_other = min({p_sx_row : p_sx_row > x_this})
    }
    if (isempty(x_other)) {
      gx = 1.0
    } else if (sign(x_other) == sign(x_this)) {
      gx = 0.0
    } else {
      gx = cos(x_this / (x_other - x_this) * pi /2)
    }
    g_point(j) = gx * gy * gz
  }
```

ولاحظ أن معظم مكبرات الصوت الثمانية ستحقق كسباً غير صفري، وأن مجموع مربعات كسب مكبرات الصوت دائماً ما يساوي 1، وبالتالي فإن عملية المسح البانورامي تحافظ على الطاقة.

ويُنفذ ذلك في العنصر `core.point_source.AllocentricPanner`.

11.3.7 الماسح البانورامي للمدى الديكارتي

يتمثل الغرض من الماسح البانورامي للمدى في حساب معامل كسب لكل مكبر صوت في تشكيلة مكبرات صوت الخرج، في حالة توافر موضع الكائن ومديات الكائن. ويتمثل الهدف من المدى في إظهار الكائن بحجم أكبر بحيث عندما يكون المدى عند الحد الأقصى، فإن الكائن يملأ الغرفة، ولكن عندما يتم ضبط المدى عند الصفر، يتم عرض الكائن ككائن نقطي.

ولتحقيق ذلك، ينظر الماسح البانورامي للمدى في شبكة من عدة مصادر افتراضية في الغرفة. ويقوم كل مصدر افتراضي بإطلاق مكبرات الصوت بنفس الطريقة التي كان سيطلق بها أي كائن معروض مع الماسح البانورامي للمصدر النقطي. ويحدد الماسح البانورامي للمدى، عندما يُمنح موضع كائن ومديات كائن، أياً (وكم) من هذه المصادر الافتراضية ستساهم.

وتكون الخطوات التالية ضرورية لحساب الكسب لكائن ذي مدى. ويتم شرح كل خطوة بمزيد من التفصيل في أحد الأقسام الفرعية التالية.

1 المقايسة المسبقة لمعلمات المدى.

2 حساب الكسب النقطي لجميع المصادر الافتراضية.

3 دمج جميع الكسب من المصادر الافتراضية في الغرفة لإنتاج كسب المدى الداخلية.

4 دمج جميع الكسب من المصادر الافتراضية على حدود الغرفة لإنتاج كسب المدى الحدية.

5 دمج كسب المدى الداخلية والحدية لإنتاج كسب المدى النهائية.

6 دمج كسب المدى النهائية مع الكسب النقطي للكائن.

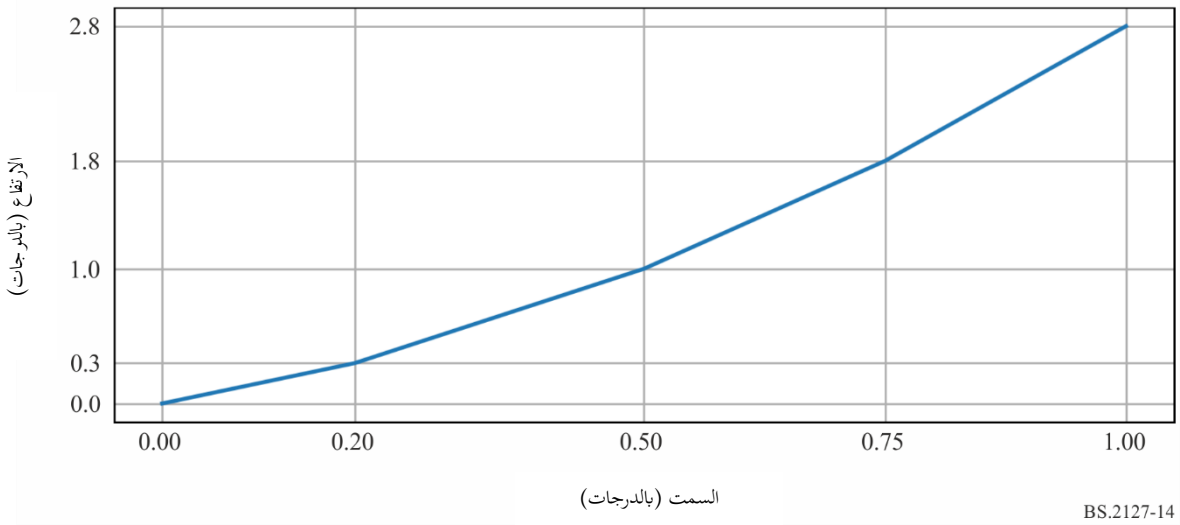
ويُنفذ الماسح البانورامي للمدى الديكارتي في العنصر `.core.objectbased.allo_extent.get_gains`

1.11.3.7 المقايسة المسبقة لمعلمات المدى

قبل حساب أي كسب، تتم مقايسة قيم معلمات المدى بحيث يكون سلوك دالة ترجيح المصدر أكثر بداهة. ويتم تعريض المستعمل للقيم $s \in [0,1]$، التي تجري مقابلتها مع المدى الفعلي الذي تستعمله الخوارزمية إلى النطاق [0,2.8]. وتتم عملية التقابل بواسطة دالة خطية متعدد النتائج تحددها أزواج القيم (1,2.8), (0.75,1.8), (0.5,1.0), (0.2,0.3), (0,0) وتظهر في الشكل 14. وتضمن القيمة القصوى البالغة 2.8 أنه عند ضبط المدى عند الحد الأقصى (1.0)، فإنه يشغل بالفعل الغرفة بأكملها. وفيما يلي، تشير المتغيرات $\hat{s}_x, \hat{s}_y, \hat{s}_z$ إلى قيم مدى الدخل بعد تطبيق التقابل.

الشكل 14

التقابل الخطي متعدد النتائج بين معلمات المدى في نموذج تعريف الإشارة السمعية وقيم المدى الداخلية للخوارزمية



وللحفاظ على السلوك المرغوب في إطار القيم القصوى للمدى، يتم تطبيق القيم الدنيا على $\hat{s}_x, \hat{s}_y, \hat{s}_z$ على النحو التالي:

$$s_x = max\left(\hat{s}_x, \frac{2}{N_x - 1}\right), s_y = max\left(\hat{s}_y, \frac{2}{N_y - 1}\right), s_z = max\left(\hat{s}_z, \frac{2}{N_z - 1}\right)$$

وتُستعمل القيم المقيدة s_x, s_y, s_z في جميع مراحل الخوارزمية.

2.11.3.7 حساب كسب المصدر الافتراضي

تُعرَّف شبكة المصادر الافتراضية على أنها شبكة موحدة مستطيلة ساكنة بالنقاط $N_x \times N_y \times N_z$. وتقوم الشبكة بتمديد نطاق المواضع $[-1,1]$ في كل بُعد. ويلزم ضبط الكثافة بطريقة تتضمن مصادر قليلة بين مكبرات الصوت في تشكيلة نموذجية. وقد أظهر الاختبار التجريبي أن النقاط $N_x = N_y = N_z = 40$ كوّنت شبكة مناسبة من المصادر الافتراضية.[1] وسيتم استعمال الترميز (x_s, y_s, z_s) للدلالة على الإحداثيات المحتملة للمصادر الافتراضية. وينشئ كل مصدر افتراضي مجموعة من الكسب $g_j^{point}(x_s, y_s, z_s)$ لكل مكبر صوت $j = 1, \ldots, N_j$ في التشكيلة وفقاً لخوارزمية الماسح البانورامي للمصدر النقطي الديكارتي الوارد وصفها في الفقرة 10.3.7. ويُرجى ملاحظة أنه إذا تم استبعاد أي مكبر من مكبرات الصوت من التشكيلة بسبب كائن استبعاد المنطقة (انظر الفقرة 5.3.7)، سيتم استعمال تشكيلة مصغرة من مكبرات الصوت عند حساب الكسب.

3.11.3.7 دمج كسب المصادر الافتراضية داخل الغرفة

يجري استعمال موضع الكائن ومداه $(x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_z)$ لحساب مجموعة من الأوزان التي تحدد مقدار مساهمة كل مصدر افتراضي في الكسب النهائي.[2] ويُشار إلى أوزان كل مصدر افتراضي $w(x_s, y_s, z_s, x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_z)$ ويجري استعمالها لمقايسة كسب النقاط لكل مصدر افتراضي. وبعد ترجيح جميع كسب المصادر الافتراضية، يتم جمعها معاً لإنتاج كسب المدى الداخلي:

$$g_j^{inside}(x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_z) = \sum_{x_s, y_s, z_s} w(x_s, y_s, z_s, x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_z) \times g_j^{point}(x_s, y_s, z_s)$$

غير أن خوارزمية المدى تدمج كسب المصادر الافتراضية بطريقة تختلف باختلاف مدى الكائن. وبوجه عام، يمكن وصف ذلك على النحو التالي:

$$g_j^{inside}(x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_z) = \left[\sum_{x_s, y_s, z_s} \left[w(x_s, y_x, z_s, x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_y) \times g_j^{point}(x_s, y_s, z_s) \right]^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

ويتحكم الأس p القائم على المدى في سلاسة الكسب عبر مكبرات الصوت. ويضمن نمواً متجانساً للكائن عند قيمة s صغيرة وتوزيع الطاقة الصحيح في جميع الاتجاهات عند قيمة s كبيرة. ولحساب الأس p، قم أولاً بترتيب القيم $\{s_x, s_y, s_z\}$ ترتيباً تنازلياً، وقم بتوسيم الثالوث المرتب الناتج: $\{s_1, s_2, s_3\}$. ويمكن بعد ذلك دمج الثالوث ليعطي مدى فعالاً:

$$s_{eff} = \frac{6}{9} s_1 + \frac{2}{9} s_2 + \frac{1}{9} s_3$$

وبالنسبة للتشكيلات التي تتضمن مستوى واحداً من مكبرات الصوت، من قبيل 0+5+0، أو عند تقليص نتائج استبعاد المنطقة في التشكيلة إلى مستوى واحد، قم أولاً بترتيب القيمتين $\{s_x, s_y\}$ ترتيباً تنازلياً، وقم بتوسيم الثنائي المرتب الناتج $\{s_1, s_2\}$ ليعطي:

$$s_{eff} = \frac{3}{4} s_1 + \frac{1}{4} s_2$$

---

1 بالنسبة لتشكيلات مكبرات الصوت التي لا توجد فيها مكبرات صوت في الطبقة السفلية، يقتصر نطاق المصادر الافتراضية في البُعد Z على $[0,1]$، وتكون القيمة الموصى بها للنقطة N_z قدرها 20.

2 بالنسبة لتشكيلات مكبرات الصوت التي لا توجد فيها مكبرات صوت في الطبقة السفلية، تستعمل خوارزمية المدى القيمة $z_o = max(p_{oz}, 0)$ كموضع للكائن في البُعد Z. وبخلاف ذلك، يكون $z_o = p_{oz}$. أما بالنسبة لجميع تشكيلات مكبرات الصوت، تستعمل خوارزمية المدى نفس الموضعين X وY على غرار الماسح البانورامي للمصدر النقطي (أي أن $y_o = p_{oy}, x_o = p_{ox}$).

وبالنسبة للتشكيلة 0+2+0 (الصوت المجسم) أو إذا أدى استبعاد المنطقة إلى تقليص مجموعة مكبرات الصوت إلى صف واحد، يكون $s_{eff} = s_x$.

وبعد ذلك، يُستعمل المدى الفعال لحساب أس معرّف متعدد النتائج:

$$p = \begin{cases} 6 & s_{eff} \le 0.5 \\ 6 - 4 \times \dfrac{s_{eff} - 0.5}{s_{max} - 0.5} & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

حيث $s_{max} = 2.8$، بحيث عندما تكون s عند حدها الأقصى، تكون $p = 2$.

ويمكن لدالة الترجيح أيضاً أن تتعامل مع كل محور على حدة، ويصبح حساب المدى ككل بسيطاً إذا تم استعمال دالات الترجيح القابلة للفصل:

$$w(x_s, y_s, z_s, x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_z) = w_x(x_s, x_o, s_x) w_y(y_s, y_o, s_y) w_z(z_s, z_o, s_z)$$

وتبدو الدالات المختارة كما لو كانت شيئاً بين الدوائر والمربعات (أو الكرات والمكعبات، في المنظر ثلاثي الأبعاد):

$$\begin{aligned} w_x(p, o, s) = w_y(p, o, s) &= 10^{-\min\left(\left[\frac{3}{2}\left(\frac{p-o}{2s}\right)\right]^4, 6.5\right)} \\ w_z(p, o, s) &= 10^{-\min\left(\left[\frac{3}{2}\left(\frac{p-o}{s}\right)\right]^4, 6.5\right)} \times \cos\left(s\frac{3\pi}{7}\right) \end{aligned}$$

وهذا يعني أنه يمكن تبسيط g_j^{inside} إلى

$$g_j^{inside}(x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_z) = f_j^x(x_o, s_x) f_j^y(y_o, s_y) f_j^z(z_o, s_z)$$

حيث:

$$\begin{aligned} f_j^x(x_o, s_x) &= \sum_{x_s} \left[g_j^{point_x}(x_s) w_x(x_s, x_o, s_x) \right]^p \\ f_j^y(y_o, s_y) &= \sum_{y_s} \left[g_j^{point_y}(y_s) w_y(y_s, y_o, s_y) \right]^p \\ f_j^z(z_o, s_z) &= \sum_{z_s} \left[g_j^{point_z}(z_s) w_z(z_s, z_o, s_z) \right]^p \end{aligned}$$

وجدير بالملاحظة بالنسبة للتشكيلات التي تقتصر على مستوى واحد من مكبرات الصوت، تكون $f_j^z(z_o, s_z) = 1$، وبالنسبة لصف واحد من مكبرات الصوت، تكون $f_j^z(z_o, s_z) = f_j^y(y_o, s_y) = 1$.

وبالإضافة إلى ذلك، يتم تقريب القيم الصغيرة جداً من $f_j(c, s)(10^{-6.5})$ إلى الصفر لتجنب أي انسياب سفلي نقطي عائم في عمليات التنفيذ.

وتُطبق خطوة تقييس على g_j^{inside}:

$$\tilde{g}_j^{inside} = \begin{cases} \dfrac{g_j^{inside}}{\sqrt{\sum_n \left[g_n^{inside}\right]^2}} & \sqrt{\sum_n \left[g_n^{inside}\right]^2} > tol \\ 0 & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

حيث $tol = 10^{-5}$.

4.11.3.7 دمج قيم الكسب الحدية

يتمثل أحد التعديلات الأخرى في أنه من المهم، لأسباب فنية، أن يتوافر وضع لا يوجد فيه إطلاق معاكس لمكبرات الصوت. ويتحقق ذلك باستعمال مصادر افتراضية غير موجودة سوى عند الحدود. ولمعالجة تشكيلات معينة لمكبرات الصوت كحالات خاصة؛

- تكون $dim = 1$ بالنسبة للتشكيلات التي لا تحتوي سوى على صف واحد من مكبرات الصوت بعد تطبيق استبعاد المنطقة (مثل 0+2+0)،
- تكون $dim = 2$ بالنسبة للتشكيلات التي لا تحتوي سوى على مستوى واحد من مكبرات الصوت بعد تطبيق استبعاد المنطقة (مثل 0+5+0)،
- تكون $dim = 4$ بالنسبة للتشكيلات التي تحتوى على أكثر من مستويي ارتفاع متميزين من مكبرات الصوت بعد تطبيق استبعاد المنطقة (مثل 0+7+3 و3+10+9)،
- وبخلاف ذلك، تكون $dim = 3$.

وبالتالي يكون الكسب الحدي على النحو التالي:

$$\begin{aligned} g_j^{bound}(x_o, y_o, z_o, s_x, s_y, s_z) \quad &= b_j^{floor}(z_o, s_z) f_j^x(x_o, s_x) f_j^y(y_o, s_y) \\ &+ b_j^{ceil}(z_o, s_z) f_j^x(x_o, s_x) f_j^y(y_o, s_y) \\ &+ b_j^{left}(x_o, s_x) f_j^y(y_o, s_y) f_j^z(z_o, s_z) \\ &+ b_j^{right}(x_o, s_x) f_j^y(y_o, s_y) f_j^z(z_o, s_z) \\ &+ b_j^{front}(y_o, s_y) f_j^x(x_o, s_x) f_j^z(z_o, s_z) \\ &+ b_j^{back}(y_o, s_y) f_j^x(x_o, s_x) f_j^z(z_o, s_z) \end{aligned}$$

حيث:

$$b_j^{floor}(z_o, s_z) = \begin{cases} \left[g_j^{point}(z_s = -1.0)w(-1.0, z_o, s_z)\right]^p & dim = 4 \\ 0 & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

$$b_j^{ceil}(z_o, s_z) = \begin{cases} \left[g_j^{point}(z_s = 1.0)w(1.0, z_o, s_z)\right]^p & dim \geq 3 \\ 0 & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

$$b_j^{left}(x_o, s_x) = \left[g_j^{point}(x_s = -1.0)w(-1.0, x_o, s_x)\right]^p$$

$$b_j^{right}(x_o, s_x) = \left[g_j^{point}(x_s = 1.0)w(1.0, x_o, s_x)\right]^p$$

$$b_j^{front}(y_o, s_y) = \begin{cases} \left[g_j^{point}(y_s = 1.0)w(1.0, y_o, s_y)\right]^p & dim > 1 \\ 0 & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

$$b_j^{back}(y_o, s_y) = \begin{cases} \left[g_j^{point}(y_s = -1.0)w(-1.0, y_o, s_y)\right]^p & dim > 1 \\ 0 & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

5.11.3.7 دمج الكسب الداخلي والحدي

يلزم الآن دمج الكسب الحدي مع الكسب الداخلي، لذا يتم إدخال معامل خبو تدريجي لجميع المصادر الافتراضية داخل الغرفة، حيث يكون مقدار الخبو التدريجي يساوي "جزءاً من كائن خارج الغرفة".

وتكون النتيجة كالتالي:

$$g_j^{extent} = \left[\tilde{g}_j^{bound} + \left(\mu \times \tilde{g}_j^{inside}\right)\right]^{\frac{1}{p}}$$

حيث:

$$d_{bound} = \begin{cases} \min(x_o + 1{,}1 - x_o) & dim = 1 \\ \min(x_o + 1{,}1 - x_o, y_o + 1{,}1 - y_o) & dim = 2 \\ \min(x_o + 1{,}1 - x_o, y_o + 1{,}1 - y_o, z_o + 1, z_o - 1) & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

$$\mu = \begin{cases} h(x_o, s_x)^3 & dim = 1 \\ h(x_o, s_x)h(y_o, s_y)^{\frac{3}{2}} & dim = 2 \\ h(x_o, s_x)h(y_o, s_y)h(z_o, s_z) & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

و $h(c, s)$ عبارة عن دالة خبو تدريجي لكل بُعد.

$$h(c,s)=\begin{cases}\left[\dfrac{\max(2s,0.4)^3}{0.16\times 2s}\right]^{\frac{1}{3}} & d_{bound}\geq s\wedge d_{bound}\geq 0.4\\ \left[\dfrac{d_{bound}}{2}\left(\dfrac{d_{bound}}{0.4}\right)^2\right]^{\frac{1}{3}} & \text{بخلاف ذلك}\end{cases}$$

وعندما يبدأ انتقال جزء من الكائن الممتد خارج الغرفة، تبدأ جميع المصادر الافتراضية داخل الكائن في الخبو، باستثناء تلك الموجودة عند الحدود. وعندما يصل كائن ما إلى الحدود، لن يسهم في كسب المدى سوى الكسب الحدي. وتكون d_{bound} هي أدنى مسافة إلى أي حد.

وتُطبق خطوة تقييس على g_j^{extent}.

$$\tilde{g}_j^{extent}=\begin{cases}\dfrac{g_j^{extent}}{\sqrt{\sum_n\left[g_n^{extent}\right]^2}} & \sqrt{\sum_n\left[g_n^{extent}\right]^2}>tol\\ 0 & \text{بخلاف ذلك}\end{cases}$$

6.11.3.7 دمج الكسب الخارجي والكسب النقطي

تُدمج بعد ذلك مساهمات المدى مع الكسب النقطي، ويُطبق خبو متداخل بينهما كدالة للمدى:

$$g_j^{total}=\left(\alpha\times g_j^{point}(x_o,y_o,z_o)\right)+\left(\beta\times\tilde{g}_j^{extent}\right)$$

حيث:

$$\alpha=\begin{cases}\cos\left(\dfrac{s_{eff}}{s_{fade}}\times\dfrac{\pi}{2}\right) & s_{eff}<s_{fade}\\ 0 & \text{بخلاف ذلك}\end{cases}$$

$$\beta=\begin{cases}\sin\left(\dfrac{s_{eff}}{s_{fade}}\times\dfrac{\pi}{2}\right) & s_{eff}<s_{fade}\\ 1 & \text{بخلاف ذلك}\end{cases}$$

و $s_{fade}=0.2$.

ويضمن ذلك مسحاً سلساً ونمواً سلساً للكائن، مما يوفر انتقالاً جيداً على طول الطريق بين أصغر وأكبر مديات ممكنة.

وأخيراً، يُطبق تقييس أخير على الكسب:

$$G_j^S=\begin{cases}\dfrac{g_j^{total}}{\sqrt{\sum_n\left[g_n^{total}\right]^2}} & \sqrt{\sum_n\left[g_n^{total}\right]^2}>tol\\ 0 & \text{بخلاف ذلك}\end{cases}$$

12.3.7 استبعاد المنطقة القطبية

يتم تطبيق استبعاد المنطقة بالخلط المنخفض لمتجه كسب مكبر الصوت الناتج مسبقاً في حساب الكسب من أجل تجنب إرسال أي خرج لمكبر الصوت في المنطقة المستبعدة. ويمكن تقسيم هذه العملية إلى جزأين: تحديد أي من مكبرات الصوت موجودة داخل المنطقة المستبعدة، في الفقرة 1.12.3.7، وحساب الخلط المنخفض للابتعاد عن مكبرات الصوت المستبعدة، في الفقرة 2.12.3.7.

ولا يراعي اختيار مكبرات الصوت المستبعدة ولا حساب مصفوفة الخلط المنخفض سوى الموضع الاسمي لمكبرات الصوت، بحيث لا تؤثر التغييرات الطفيفة في مواضع مكبرات الصوت على سلوك استبعاد المنطقة.

1.12.3.7 اختيار مكبرات الصوت المستبعدة

يُنفذ اختيار مكبرات الصوت بتجهيز قائمة من كائنات منطقة الاستبعاد `ExclusionZone`، وهو ما ينتج عنه عَلَم منطقي لكل مكبر صوت، وهو ما يعد صحيحاً إذا كان مكبر الصوت داخل أي منطقة من مناطق الاستبعاد وبالتالي ينبغي استبعاده.

وبالنسبة لكائنات المنطقة الديكارتية `CartesianZone`، يُستعمل التعبير التالي لتحديد ما إذا كان مكبر الصوت داخل المنطقة، حيث $\{x, y, z\}$ هو الموضع الاسمي لمكبر الصوت، محولاً من الموضع القطبي بنصف قطر قدره 1:

$$\begin{aligned} &\mathtt{minX} - \epsilon < \quad x < \mathtt{maxX} + \epsilon \\ \wedge\ &\mathtt{minY} - \epsilon < \quad y < \mathtt{maxY} + \epsilon \\ \wedge\ &\mathtt{minZ} - \epsilon < \quad z < \mathtt{maxZ} + \epsilon \end{aligned}$$

حيث $\epsilon = 10^{-6}$ هو هامش أمان للسماح بتقريب الأخطاء عند التحويل بين الإحداثيات القطبية والديكارتية.

أما بالنسبة لكائنات المنطقة القطبية `PolarZone`، يُستعمل التعبير التالي لتحديد ما إذا كان مكبر الصوت داخل المنطقة، حيث يشير الرمزان φ وθ إلى السمت الاسمي والارتفاع الاسمي لمكبر الصوت.

$$\begin{aligned} &\mathtt{minElevation} - \epsilon < \theta < \mathtt{maxElevation} + \epsilon \\ \wedge\ &\left(\begin{array}{ll} & |\theta| > 90 - \epsilon \\ \vee & \mathrm{IAR}(\varphi, \mathtt{minAzimuth}, \mathtt{maxAzimuth}, \epsilon) \end{array} \right) \end{aligned}$$

وIAR هي دالة مدى الزاوية الداخلية `inside_angle_range`؛ انظر الفقرة 2.6.

ويجب أن يكون ارتفاع مكبر الصوت ضمن النطاق المسموح به، في حين يجب أن يكون السمت ضمن النطاق المسموح به فقط إذا كان الارتفاع المطلق أقل من 90 درجة.

ويُنفذ ذلك في العنصر `.ore.objectbased.gain_calc.ZoneExclusionHandler.get_excluded`.

2.12.3.7 الخلط المنخفض لمكبرات الصوت المستبعدة

بمجرد تحديد مكبرات الصوت الموجودة داخل المنطقة، يتم تصميم مصفوفة خلط منخفض لتوجيه الكسب بعيداً عن مكبرات الصوت هذه.

ويربط كائن الماسح البانورامي لاستبعاد المنطقة كل مكبر صوت في التشكيلة بقائمة بمجموعات مكبرات صوت الخرج. وتُصمم مصفوفة الخلط المنخفض بحيث يتم توجيه الكسب من أحد مكبرات الصوت المستبعدة إلى جميع مكبرات الصوت غير المستبعدة في المجموعة الأولى التي توجد بها مكبرات صوت غير مستبعدة. ويرد وصف لهذه الوظيفة بمزيد من التفصيل في القسمين التاليين.

وعلى سبيل المثال، يبين الجدول 3 مجموعات مكبرات الصوت في التشكيلة 0+5+4. ويبين الصف الأول أنه إذا تم استبعاد الدخل M+030، سيتم توجيه خرج هذا المكبر إلى الدخل M+000، ما لم يتم استبعاده، وفي هذه الحالة، سيتم توجيهه إلى الدخل M-030، وهكذا حتى الدخل U-110.

وهناك مثال أكثر تعقيداً يكون فيه للتجميع نفس الأثر هو الدخل M+000. وإذا تم استبعاد ذلك، تُقسم القناة بين مكبرات الصوت غير المستبعدة في {M + 030, M − 030}، ما لم يتم استبعاد مكبرات الصوت هذه، وفي هذه الحالة، سيتم توجيهها إلى مكبرات الصوت غير المستبعدة في {M + 110, M − 110}، وهكذا.

الجدول 3

مثال لارتباط مكبرات الصوت في التشكيلة 0+5+4

الدخل	مجموعات الخرج
M + 030	{M + 030}, {M + 000}, {M − 030}, {M + 110}, {M − 110}, {U + 030}, {U − 030}, {U + 110}, {U − 110},
M − 030	{M − 030}, {M + 000}, {M + 030}, {M − 110}, {M + 110}, {U − 030}, {U + 030}, {U − 110}, {U + 110},
M + 000	{M + 000}, {M + 030 , M − 030}, {M + 110 , M − 110}, {U + 030 , U − 030}, {U + 110 , U − 110},
M + 110	{M + 110}, {M + 030}, {M + 000}, {M − 030}, {U + 110}, {U − 110}, {U + 030}, {U − 030}, {M − 110},
M − 110	{M − 110}, {M − 030}, {M + 000}, {M + 030}, {U − 110}, {U + 110}, {U − 030}, {U + 030}, {M + 110},
U + 030	{U + 030}, {U + 110}, {U − 110}, {M + 030}, {M + 000}, {M − 030}, {M + 110}, {M − 110}, {U − 030},
U − 030	{U − 030}, {U − 110}, {U + 110}, {M − 030}, {M + 000}, {M + 030}, {M − 110}, {M + 110}, {U + 030},
U + 110	{U + 110}, {U + 030}, {U − 030}, {M + 110}, {M − 110}, {M + 030}, {M + 000}, {M − 030}, {U − 110},
U − 110	{U − 110}, {U − 030}, {U + 030}, {M − 110}, {M + 110}, {M − 030}, {M + 000}, {M + 030}, {U + 110},

وتُنفذ هذه الوظيفة في العنصرين core.objectbased.zone.ZoneExclusionDownmix
وcore.objectbased.gain_calc.ZoneExclusionHandler.

1.2.12.3.7 تحديد مجموعات مكبرات الصوت

أثناء التدميث، يتم تحديد مجموعات مكبرات صوت الخرج لكل مكبر صوت.

ولكل مكبر من مكبرات صوت الدخل، يُخصص لكل مكبر صوت خرج تتابع من العائمات يسمى المفتاح *key*. وتتكون مجموعات الخرج بعد ذلك من مكبرات صوت الخرج مصنفة حسب المفتاح، ويتم تجميعها في مجموعات بمفاتيح مماثلة. وبالتالي، يتم تحديد الترتيب والتقسيم بشكل أساسي بدالة المفتاح.

ويتكون مفتاح مكبر صوت الدخل والخرج من أربعة مفاتيح:

- أولوية طبقة صحيحة، تكون صفراً إذا كان مكبرا الصوت في نفس الطبقة، وتزداد كلما تم فصل طبقتي الدخل والخرج، وتفضل اختيار مكبر صوت من طبقة أعلى قبل طبقة أدنى. ويتم تحديد أولويات الطبقة من الجدول 4.
- أولوية واجهة/خلفية صحيحة، تكون أقل إذا كانت مكبرات صوت كل من الدخل والخرج أمام المستمع أو بجانبه أو خلفه. وفي حالة المكون y للموضع الاسمي القطبي لمكبرات صوت الدخل والخرج بعد تحويلها إلى الفضاء الديكارتي، يتم حساب y_i وy_o على النحو التالي:

$$|\mathrm{sgn} y_i - \mathrm{sgn} y_o|$$

- مسافة المتجه بين المواضع الاسمية لمكبري الصوت، من أجل تفضيل الحركات الأصغر.
- الفرق المطلق في الإحداثيات الاسمية للمكوّن y بين مكبري الصوت، من أجل تقسيم المجموعات غير المتماثلة حول المستوى yz أو المستوى xz.

الجدول 4

قيمة أولوية الطبقة بين مكبري صوت

طبقة الدخل	السفلى	الوسطى	العليا	الأعلى
السفلى	0	1	2	3
الوسطى	3	0	1	2
العليا	3	2	0	1
الأعلى	3	2	1	0

2.2.12.3.7 تطبيق استبعاد المنطقة

يتم حساب مصفوفة الخلط المنخفض لمجموعة من مكبرات الصوت E المستبعدة على النحو التالي:

- بالنسبة لمكبرات صوت عددها N، ابدأ بمصفوفة **D** للخلط المنخفض $N \times N$، مع تدميث كل عنصر إلى الصفر.
- بالنسبة لكل مكبر صوت دخل i، تُراعى المؤشرات C لكل مجموعة مكبرات صوت مرشحة في الصف i من جدول المجموعة.
  - إذا كانت جميع مكبرات الصوت ضمن مجموعة مكبرات الصوت التي تم تجاهلها، أي أن $C \subseteq E$، انتقل إلى المجموعة التالية.
  - وبخلاف ذلك، لكل j في $C \setminus E$ (مجموعة مكبرات الصوت في المجموعة غير المستبعدة)، يتم ضبط:

$$D_{i,j} = \frac{1}{|C \setminus E|}$$

وانتقل إلى مكبر الصوت التالي.

وإذا تم استبعاد جميع مكبرات الصوت، يتم ضبط **D** على مصفوفة الهوية.

ويتم تطبيق **D** على متجه الكسب الوارد **G** لينتج **G′**، بواسطة:

$$\mathbf{G'}_j = \sqrt{\sum_i \mathbf{G}_i^2 \, \mathbf{D}_{i,j}}$$

4.7 مراشيح فك الارتباط

عند عرض الكائنات التي تكون فيها معلمة الانتشار *diffuse* أكبر من 0، يتم استعمال مسار انتشار عارض الكائن، والذي يحتوي على مرشاح فك ارتباط لكل خرج مكبر صوت.

والمراشيح المستعملة عبارة عن عينة من مراشيح FIR طولها $N = 512$ طويلة تمرر جميع الأطوار عشوائياً. وينشأ المرشاح لخرج معين على النحو التالي:

- ينشأ متجه شبه عشوائي **r** بقيم في النطاق [0,1] بطول $1 - \frac{N}{2}$ باستعمال مولد الأرقام شبه العشوائية MT19937، المزود بمؤشر اسم القناة في قائمة مرتبة بجميع أسماء القنوات في التشكيلة.
- يُعرَّف متجه الطور **p** للطول $1 + \frac{N}{2}$ على النحو التالي:

$$\mathbf{p}_n = \begin{cases} 2\pi \mathbf{r}_{n-1} & 1 \le n \le \frac{N}{2} - 1 \\ 0 & \text{بخلاف ذلك} \end{cases}$$

- يُعرَّف متجه التردد المقابل $\mathbf{x}$ على أنه $\mathbf{x}_n = \exp(i\mathbf{p}_n)$.
- يؤخذ تحويل فوريه ذو القيمة الحقيقية العكسية (الدالة `irfft`) من مكونات التردد غير السالبة في المتجه $\mathbf{x}$ للحصول على مرشاح المجال الزمني.

ويُنفذ ذلك في العنصر `.core.objectbased.decorrelate.design_decorrelators`.

والتأخير الناتج عن هذه المراشيح يقابله تأخير للعينة $\frac{(N-1)}{2}$ في المسار المباشر.

8 بنود العارض التي يكون فيها typeDefinition==DirectSpeakers

لعرض أي أنساق *audioChannelFormats* يكون فيها *typeDefintion==DirectSpeakers*، يتم التوجيه إلى مكبر صوت مطابق. وإذا لم يكن ذلك ممكناً، سيتم استعمال الماسح البانورامي للمصدر النقطي كإجراء احتياطي.

وتكون الخوارزمية الأساسية على النحو التالي:

1 بالنسبة للدخل الموصَّف باستعمال التعاريف الشائعة *audioPackFormats* التي تصف التشكيلات الموصَّفة في التوصية ITU-R BS.2051-2، يتم تطبيق قواعد التقابل وفقاً للفقرة 1.8.

2 ويجري تحديد ما إذا كانت البيانات الشرحية تشير إلى قناة من قنوات مؤثرات الترددات المنخفضة LFE (انظر الفقرة 2.8). وإذا كان الأمر كذلك، لن يُراع سوى الخرج ذي مؤثرات ترددات منخفضة LFE، وإذا لم يكن الأمر كذلك، لن يُراع سوى الخرج الذي ليست له مؤثرات ترددات منخفضة LFE.

3 وإذا تطابق أي من *speakerLabels* مع مكبر صوت معين (انظر الفقرة 3.8)، توجه القناة إلى أول مكبر صوت مطابق. وفي حال عدم تطابق أي *speakerLabel*، انتقل إلى الخطوة التالية.

4 وإذا تم توصيف الإمساك بحافة الشاشة `screenEdgeLock`، سيتم تحويل الموضع الاسمي إلى الحافة الأفقية و/أو الرأسية للشاشة. ويُترك الحدان الأدنى والأقصى دون تغيير (انظر الفقرة 4.8).

5 وإذا كان الموضع الاسمي لأي مكبر صوت ضمن حدود الموضع الموصَّفة (انظر الفقرة 5.8)، قم بتوجيه القناة إلى مكبر الصوت الأقرب إلى الموضع الاسمي الموصَّف. ويتم تحديد مواضع مكبرات الصوت المستعملة حسب نوع الموضع على النحو الوارد في الفقرة 5.8. وإذا لم تكن هناك مكبرات صوت ضمن الحدود، (أو إذا كان أقرب مكبر صوت إلى الموضع الاسمي ليس فريداً)، انتقل إلى الخطوة التالية.

6 وإذا كانت البيانات الشرحية تشير إلى قناة من قنوات مؤثرات الترددات المنخفضة LFE، قم بتوجيه القناة إلى `LFE1` (إذا وُجدت)، أو تجاهلها. وإذا كانت البيانات الشرحية تشير إلى قناة ليست من قنوات مؤثرات الترددات المنخفضة LFE، استعمل الماسح البانورامي للمصدر النقطي المقابل لنوع الإحداثيات المستعمل لتحديد موضعه لعرض القناة في موضعها الاسمي.

وتصف الأقسام الفرعية التالية كل خطوة بمزيد من التفصيل.

ويُنفذ ذلك في العنصر `.core.direct_speakers.panner.DirectSpeakersPanner`.

1.8 قواعد التقابل

- إذا كان آخر نسق *audioPackFormat* مدرج في type_metadata.audioPackFormats ليس نسقاً لكدسة التعاريف العامة (أي أنه تم توصيفه في البيانات الشرحية للدخل، ولم يُقرأ من ملف التعاريف العامة)، لا تُطبق قواعد التقابل.
- واحصل على معرّف آخِر نسق *audioPackFormat* مدرج في type_metadata.audioPackFormats في الجدول 15 لتحديد تشكيلة الدخل input_layout. وإذا لم يكن مدرجاً، لا تُطبق قواعد التقابل.
- وحاول تطبيق كل قاعدة مدرجة في الجدول 16 تباعاً. وإذا كانت أي قاعدة تنطبق، يُستعمل الكسب gains لأول قاعدة تطابق مدرجة لاستنساخ هذه القناة. وإذا لم تتطابق أي قاعدة، انتقل إلى الخطوة التالية. وتتطابق القاعدة في حالة استيفاء جميع الشروط التالية:
  - كان وسم rule.speakerLabel يساوي وسم مكبر الصوت *speakerLabel* الأول (والوحيد) بعد تطبيق التقييس الوارد وصفه في الفقرة 3.8.
  - وكانت تشكيلة الدخل input_layout (على النحو المحدد أعلاه) مدرجة في قواعد تشكيلة الدخل rule.input_layouts.
  - وكان اسم تشكيلة مكبرات صوت الخرج، layout.name، مدرجاً في قواعد تشكيلة الخرج rule.output_layouts.
  - وكانت أسماء جميع القنوات المدرجة في rule.gains موجودة في layout.channel_names.

2.8 تحديد مؤثرات الترددات المنخفضة LFE

يمكن اعتبار أي قناة على أنها قناة من قنوات مؤثرات الترددات المنخفضة LFE إذا كانت لعنصر التردد في نسق القناة السمعية audioChannelFormat قدرة ضعيفة على التمرير lowPass تساوي 200 Hz أو أقل (انظر الفقرة 3.6)، أو إذا كان هناك وسم *speakerLabel* يشير إلى قناة من قنوات مؤثرات الترددات المنخفضة LFE (LFE1 أو LFE2 بعد تطبيق عملية التطابق الوارد وصفها أدناه).

3.8 تطابق وسم مكبرات الصوت

لا يعمل تطابق وسم مكبرات الصوت *speakerLabels* إلا للوسم المستعمل في التوصية ITU-R BS.2051-2 (مثل M+030) والأسماء URN المستعملة في ملف التعاريف العامة لنموذج تعريف الإشارة السمعية الموصَّف في التوصية ITU-R BS.2094-1 (مثل urn:itu:bs:2051:0:speaker:M+030). ويرد توصيف الوسمين LFE1 وLFE2 في التوصية ITU-R BS.2051-2. وعندما تُستعمل الوسوم *speakerLabels* التالية في الملف ADM، تطبَّق بعض البدائل:

- LFE → LFE1
- LFEL → LFE1
- LFER → LFE2

4.8 الإمساك بحافة القناة

إن تنفيذ الإمساك بحافة القناة *screenEdgeLock* في تعريف النمط *typeDefintion==DirectSpeakers* يعيد استعمال معالج الإمساك بحافة القناة ScreenEdgeLockHandler المستعمل في تعريف النمط *typeDefintion==Objects*؛ والذي يرد وصف مفصل له في الفقرة 4.3.7. ويُستعمل الإمساك بحافة القناة لتحويل الموضع الاسمي فقط؛ ويُترك الحدان الأدنى والأقصى دون تغيير.

وهذا يعني أنه إذا تم توصيف الحدود، سيتم تفسيرها على أنها حدود مطلقة بغض النظر عن موضع الشاشة؛ وسيقوم المصدر بمجرد الإمساك بقناة داخل الحدود الموصَّفة الأصلية. وإذا لم يتم توصيف الحدود، سيتم تفعيل سلوك الماسح البانورامي للمصدر النقطي، مما يؤدي إلى إمساك المصدر بحافة الشاشة بغض النظر عما إذا كان هناك مكبر صوت أم لا. ويوصى بعدم استعمال الإمساك بحافة الشاشة *screenEdgeLock* مع حدود الإحداثيات.

5.8 تطابق الحدود

يقوم الحد الأدنى أو الأقصى الموصَّف بتمديد النطاق المسموح به بعيداً عن الموضع الاسمي. وإذا لم يتم توصيف الحد الأدنى أو الأقصى، يتم ضبطه على الإحداثيات الاسمية. وتكون مكبرات الصوت مطابقة إذا كانت جميع الإحداثيات تقع ضمن الحدود *bounds* الموصَّفة، باستثناء أن مكبرات الصوت ذات الإحداثيات القطبية عند القطبين (مثل `T+000`) تتطابق مع أي نطاق للسمت، نظراً لأن سمتها غير محدد.

ويتطابق مكبر الصوت `speaker` ذو موضع قطبي اسمي مع الحدود الموصَّفة في الإحداثيات القطبية إذا كان:

$$\begin{pmatrix} \text{IAR}(\texttt{speaker.azimuth}, \texttt{azimuth.min}, \texttt{azimuth.max}, \epsilon) \\ \vee \quad |\texttt{speaker.elevation}| \geq 90° - \epsilon \end{pmatrix}$$
$$\wedge \quad \texttt{elevation.min} - \epsilon \leq \texttt{speaker.elevation} \leq \texttt{elevation.max} + \epsilon$$
$$\wedge \quad \texttt{distance.min} - \epsilon \leq \texttt{speaker.distance} \leq \texttt{distance.max} + \epsilon$$

حيث IAR هي الدالة `inside_angle_range` (انظر الفقرة 2.6) و $\epsilon = 10^{-5}$ هي هامش أمان للسماح بتقريب الأخطاء.

ويتطابق مكبر الصوت `speaker` ذو موضع ديكارتي تم تحويله إلى إحداثيات ديكارتية وفقاً للفقرة 9.3.7 مع الحدود الموصَّفة باستعمال الإحداثيات الديكارتية إذا كان:

$$\begin{aligned} \texttt{X.min} - \epsilon \quad &\leq \texttt{speaker.X} \leq \texttt{X.max} + \epsilon \\ \wedge \ \texttt{Y.min} - \epsilon \quad &\leq \texttt{speaker.Y} \leq \texttt{Y.max} + \epsilon \\ \wedge \ \texttt{Z.min} - \epsilon \quad &\leq \texttt{speaker.Z} \leq \texttt{Z.max} + \epsilon \end{aligned}$$

صحيحاً.

9 بنود العرض التي يكون فيها تعريف النمط typeDefinition==HOA

1.9 أنساق الصوتيات المحيطة من الرتبة الأعلى (HOA) المتقبَّلة

1.1.9 رتبة الصوتيات المحيطة من الرتبة الأعلى (HOA) ودرجتها

يمكن عرض إشارات الصوتيات HOA، على النحو المعرف في الوصية ITU-R BS.2076-1، حتى الرتبة 50 (انظر التفاصيل أدناه). وفي نموذج تعريف الإشارة السمعية، يشار إلى قنوات الصوتيات HOA فردياً حسب *رتبتها ودرجتها* عبر العناصر الفرعية المقابلة لنمط الصوتيات HOA. وبالتالي، يمكن عرض مشاهد صوتيات HOA ثلاثية الأبعاد بشكل كامل (تتكون من كل رتبة l ودرجة m حتى رتبة L معينة)، ومشاهد صوتيات HOA ثنائية الأبعاد (تتألف من كل مكون من مكونات الصوتيات HOA مثل $|m| = l$ حتى رتبة L معينة)، وكذلك مشاهد صوتيات HOA ذات رتب مختلطة.

ومع ذلك، في حالة تقاسم إشارتين من إشارات الصوتيات HOA لنفس الرتبة والدرجة، يصدر استثناء ولا يتم عرض هاتين الإشارتين.

2.1.9 التقييس

يشار إلى تقييس إشارة الصوتيات HOA عبر العنصر الفرعي لتقييس *normalization* نمط الصوتيات HOA. ويدعم هذا العارض جميع التقييسات الثلاثة المحتملة (N3D، وSN3D، وFuMa). وفي نموذج تعريف الإشارة السمعية، يتم توصيف تقييس الصوتيات HOA لكل إشارة من إشارات HOA فردياً، وبالتالي من الممكن نظرياً تحديد مشاهد للصوتيات HOA تستعمل فيها الإشارات المختلفة تقييسات مختلفة. غير أن العارض لا يتقبَّل هذه العملية: يجب على جميع قنوات الصوتيات HOA في نسق *audioBlockFormat* أن تتقاسم نفس التقييس. وأخيراً، تجدر ملاحظة أن التقييس FuMa متقبَّل حتى الرتبة الثالثة فقط.

2.9 العناصر الفرعية غير المتقبَّلة

لا يجري حالياً تفسير العناصر الفرعية الثلاثة التالية لنمط الصوتيات HOA عند العرض:

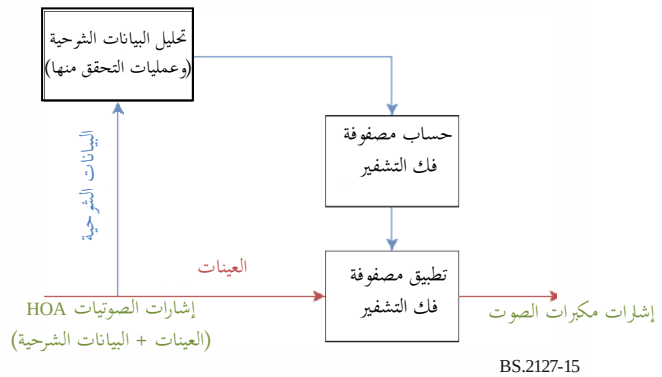
- عنصر التوزيع المرجعي للتعويض في المجال القريب *nfcRefDist*، الذي يشير إلى مسافة مرجعية لمكبرات الصوت. ولا يُنفذ في العارض تأثير التعويض في المجال القريب NFC، الذي يعوض عدم التطابق بين المسافة المرجعية لمكبر الصوت والمسافة التي توجد فيها مكبرات الصوت في تشكيلة الاستعراض. ويؤدي تنفيذ هذا التأثير عند عرض الصوتيات HOA إلى زيادة كبيرة في التعقيد الحسابي للعارض، ويؤثر تأثيراً بسيطاً نسبياً على إدراك المستمع للمحتوى السمعي.
- عنصر الشاشة المرجعية *screenRef*، الذي يشير إلى ما إذا كان مكون الصوتيات HOA مرتبط بالشاشة. والاستعمال المتوقع لهذا العنصر الفرعي غير واضح في سياق الصوتيات HOA؛ وبالتالي لا يؤخذ في الاعتبار عند العرض.
- عنصر المعادلة *equation*، المفترض استعماله كبديل للعنصري الفرعيين للرتبة *order* والدرجة *degree*. ولا يوفر معيار نموذج تعريف الإشارة السمعية الحالي قواعد دقيقة فيما يتعلق بالنسق المستعمل لتوصيف الصيغ الرياضية. وبالتالي، لا يمكن دعم هذا العنصر الفرعي بشكل موثوق.

وجدير بالذكر أنه على غرار العنصر الفرعي للتقييس، يجب على جميع قنوات الصوتيات HOA في نسق الفدرة السمعية *audioBlockFormat* أن تتقاسم نفس قيمة العنصرين *nfcRefDist* و*screenRef* المراد عرضهما.

3.9 عرض إشارات الصوتيات HOA على مكبرات الصوت

الشكل 15

مخطط تدفق عرض الصوتيات HOA



BS.2127-15

ويوجز الشكل 15 عملية عرض إشارات الصوتيات HOA على مكبرات الصوت. أولاً، يتم تحليل البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية لتحديد نسق كائن الصوتيات HOA والتحقق مما إذا كان بالإمكان عرض الإشارات بشكل لا لبس فيه. وعلى وجه التحديد، وكما هو مذكور أعلاه، يجب على جميع قنوات الصوتيات HOA في نسق الفدرة السمعية *audioBlockFormat* أن تتقاسم نفس قيم العناصر الفرعية للتقييس *normalization*، و*nfcRefDist*، و*screenRef*. ويتم بعد ذلك حساب مصفوفة فك تشفير مكبر الصوت وتُطبق على إشارات الصوتيات HOA. ويتم التعبير عن ذلك بالمعادلة التالية:

$$\mathbf{S}_{\text{spk}} = \mathbf{D}\,\mathbf{S}_{\text{HOA}}$$

حيث:

$\mathbf{S}_{\text{spk}}$ matrix of loudspeaker signals, with dimensions $N_{\text{spk}} \times N_{\text{samp}}$

$\mathbf{S}_{\text{HOA}}$ matrix of HOA signals, with dimensions $N_{\text{HOA}} \times N_{\text{samp}}$

$\mathbf{D}$ real-valued matrix, with dimensions $N_{\text{spk}} \times N_{\text{HOA}}$ and is referred to as the *HOA decoding matrix*

وتشير N_{HOA} وN_{spk} وN_{samp} إلى عدد إشارات الصوتيات HOA، وإشارات مكبرات الصوت، وعينات التوقيت، على التوالي.

ويعرض هذا القسم حساب مصفوفة فك التشفير في ترتيب القناة في ترقيم قنوات الصوتيات المحيطة ACN، إلا أن توزيع القناة المستعمل يأتي على النحو الموصَّف في معلمتي الرتبة *order* والدرجة *degree* في نسق الفدرة السمعية *audioBlockFormat*.

وتُطبق مصفوفة فك التشفير باستعمال هيكل قناة تجهيز الفدرة الوارد وصفه في الفقرة 4.6. وعلى وجه التحديد، تنشأ فدرة تجهيز `FixedMatrix` واحدة لكل كائن وارد من البيانات الشرحية لنمط الصوتيات `HOATypeMetadata`، وتطبق مصفوفة فك التشفير بين الأوقات المحددة في الفقرة 5.6.

1.3.9 حساب مصفوفة فك تشفير الصوتيات HOA

ينفذ العارض الأسلوب AllRAD لفك تشفير الصوتيات HOA [1]. وتوفر هذه الطريقة عملية قوية لفك تشفير الصوتيات HOA عبر تشكيلات مكبرات الصوت غير المنتظمة مثل تلك الموصّفة في التوصية ITU-R BS.2051-2. ويتم حساب مصفوفة فك التشفير في العنصر `.core.scenebased.design.HOADecoderDesign`.

ومن الناحية النظرية، فإن طريقة فك التشفير AllRAD تعادل:

1 فك تشفير إشارات الصوتيات HOA لإحدى شبكات مكبرات الصوت الافتراضية التي تُوزع بالتساوي على الكرة،

2 إجراء مسح بانورامي لإشارات مكبرات الصوت الافتراضية عبر مكبرات الصوت الفعلية.

ويمكن التعبير عن ذلك رياضياً على النحو التالي:

$$\mathbf{D}' = \nu\,\mathbf{G}\,\mathbf{D}_{\text{virt}}$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{D}'\text{diag}(\mathbf{n}^{-1})$$

حيث $\mathbf{D}'$ تشير إلى مصفوفة فك التشفير للصوتيات HOA للتقييس *N3D*، و$\mathbf{G}$ تشير إلى مصفوفة كسب المسح، و$\mathbf{D}_{\text{virt}}$ هي مصفوفة فك تشفير مكبر الصوت الافتراضي، وν هو معامل تقييس الطاقة. و$\mathbf{D}$ عبارة عن مصفوفة فك التشفير المستكملة بعد تطبيق المتجه $\mathbf{n}$ لتقييس الصوتيات HOA على المصفوفة $\mathbf{D}'$ من أجل تطبيق التقييس المرغوب.

1.1.3.9 مواضع مكبرات الصوت الافتراضية

لتيسير حساب مصفوفة فك التشفير، يجب توزيع المواضع الزاوية لمكبرات الصوت الافتراضية توزيعاً متساوياً قدر الإمكان على الكرة. وبالإضافة إلى ذلك، كقاعدة عامة، ينبغي أن يكون عدد مواضع مكبرات الصوت الافتراضية ضعف إشارات الصوتيات HOA.

وفي هذا العارض، تشكل مواضع مكبرات الصوت الافتراضية تصميماً كروياً *spherical-T design* من 200 5 نقطة، مما يجعلها مناسبة تماماً لفك تشفير إشارات الصوتيات HOA حتى الرتبة 50.

2.1.3.9 حساب مصفوفة فك تشفير مكبرات الصوت الافتراضية

من أجل حساب مصفوفة فك تشفير مكبرات الصوت الافتراضية، يتم أولاً حساب مصفوفة معاملات الصوتيات HOA لمكبرات الصوت الافتراضية، $\mathbf{Y}_{\text{virt}}$. وتُحسب هذه المصفوفة على النحو التالي:

$$\mathbf{Y}_{\text{virt}} = \left[\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \ldots, \mathbf{y}_{N_{\text{virt}}}\right]$$

$$\mathbf{y}_n = \left[Y_0^0(\theta_n, \phi_n), Y_1^{-1}(\theta_n, \phi_n), \ldots\right]^{\text{T}}$$

حيث (θ_n, ϕ_n) تشيرا إلى زاويتي الارتفاع والسمت لمكبر الصوت الافتراضي رقم n (باستعمال نظام إحداثيات الصوتيات HOA والترميز على النحو المحدد في التوصية ITU-R BS.2076-1) وتشير Y_l^m إلى دالة التوافق الكروي ذات القيمة الحقيقة للرتبة l والدرجة m بتقييس *N3D*. وجدير بالملاحظة أن قيمة كل بند $Y_l^m(\theta, \phi)$ تعتمد على العنصرين الفرعيين للرتبة *order* والدرجة *degree* لكل قناة من قنوات الصوتيات HOA.

ويتم حساب مصفوفة فك تشفير الصوتيات HOA لمكبرات الصوت الافتراضية بعد ذلك بوصفها المصفوفة المنقولة للمصفوفة $\mathbf{Y}_{\text{virt}}$:

$$\mathbf{D}_{\text{virt}} = N_{\text{samp}}^{-1}\mathbf{Y}_{\text{virt}}^{\text{T}}$$

وبالنسبة إلى اختيار مواضع مكبرات الصوت الافتراضية والتقييس *N3D*، فإن ذلك يعادل الأخذ بالمصفوفة شبه العكوس للمصفوفة $\mathbf{Y}_{\text{virt}}$.

3.1.3.9 حساب مصفوفة كسب المسح البانورامي

عادة ما يتم استعمال المسح البانورامي VBAP لحساب مصفوفة كسب المسح البانورامي في الطريقة AllRAD لفك تشفير الصوتيات HOA. وعند تنفيذ هذا العارض، فإن الطريقة المستخدمة لحساب كسب المسح البانورامي هي ببساط تلك المقدمة للمسح البانورامي لكائنات المصدر النقطي (`core.point_source`).

4.1.3.9 تقييس الطاقة

يتم تقييس مصفوفة فك تشفير الصوتيات HOA بحيث تكون القدرة الكلية لإشارات مكبر الصوت، في الحالة التي يتكون فيها مشهد الصوتيات HOA من مصدر نقطي واحد، مساوية لقدرة إشارة المصدر، في المتوسط لكل موقع مصدر محتمل على الكرة.

ويتم حساب معامل التقييس ν رياضياً على النحو التالي:

$$\nu = \frac{\sqrt{N_{\text{virt}}}}{\|\mathbf{G}\,\mathbf{D}_{\text{virt}}\,\mathbf{Y}_{\text{virt}}\|_{\text{F}}}$$

حيث $\|\cdot\|_{\text{F}}$ تشير إلى قاعدة Frobenius.

5.1.3.9 تقييس الصوتيات HOA

تُقسَم مصفوفة فك التشفير على المتجه $\mathbf{n}$ لتحويل الإشارة إلى التقييس *N3D* التي صُممت المصفوفة $\mathbf{D}'$ من أجله. ويُعرّف المتجه $\mathbf{n}$ لقاعدة `norm` لمعلمة تقييس *normalization* معينة على النحو التالي:

$$\mathbf{n}_n^m = \frac{N_{\text{norm}}{}_n^{|m|}}{N_{\text{N3D}}{}_n^{|m|}}$$

$$\mathbf{n} = [\mathbf{n}_0^0, \mathbf{n}_1^{-1}, \ldots]$$

10 تحويل البيانات الشرحية

يصف هذا القسم طريقة للتحويل بين المعلمات القطبية والديكارتية في أنساق *audioBlockFormats* بتعريف *typeDefinition==Objects*. ولا يمكن أن يكون تحويل البيانات الشرحية دقيقاً بطبيعته؛ ولن تكون نتائج التحويل مطابقة تماماً للنتائج بدون تحويل. وبالتالي، ينبغي رصد نتائج التحويل. وجدير بالذكر أنه لا يمكن عكس تحويل المدى، وبالتالي ينبغي تجنب التحويل المتكرر بين الأوضاع القطبية والديكارتية.

ويكون السطح البيني لوظيفة التحويل على النحو التالي:

```
AudioBlockFormat to_cartesian(AudioBlockFormat input);
AudioBlockFormat to_polar(AudioBlockFormat input);
```

وعندما يجري استدعاء `to_cartesian` بدخل `input` نسق `AudioBlockFormat` حيث يكون `input.cartesian` محدداً، يُعاد الدخل `input` على حاله. وعلى النقيض، يجري استدعاء `to_polar` بدخل `input` نسق `AudioBlockFormat` حيث لا يكون `input.cartesian`، يُعاد الدخل `input` على حاله.

وبخلاف ذلك، يجري عكس `input.cartesian` في الحالتين، وتُجرى التغييرات التالية على الدخل `input` قبل إرجاعه:

- يجري تحويل `input.position` وفقاً للفقرة 1.10.
- ويجري تحويل `input.width` و`input.height` و`input.depth` وفقاً للفقرة 2.10.
- ويجري تحويل `input.objectDivergence` وفقاً للفقرة 3.10.

ويُنفذ التحويل في العنصر `core.objectbased.conversion`.

1.10 تحويل *الموضع position*

تُحول المواضع بحيث يتقابل الموضع القطبي لمكبر الصوت في التشكيلة 0+5+4 مع الإحداثية الديكارتية لنفس مكبر الصوت المستعمل في الماسح البانورامي للنقطة الديكارتية، على النحو المبين في الشكل 8.

وجدير بالذكر أن نفس التحويل، أي الذي يستند إلى تشكيلة القناة 0+5+4، يُستعمل بغض النظر عن تشكيلة قناة العارض. ويُنفذ ذلك لضمان أن تكون نتائج التحويل دائماً متسقة، حتى في حالات الاستعمال التي لا تكون فيها تشكيلة استنساخ العارض المستعملة معروفة وقت التحويل. واختيرت التشكيلة 0+5+4 أساساً لضمان التحويل الجيد للمحتوى الذي يتم إنتاجه باستعمال التشكيلة 0+5+0.

ويصف هذا القسم التعاريف الشائعة المستعملة للتحويل في الاتجاهين؛ ويرد وصف لوظائف التحويل نفسها في الفقرتين 1.1.10 و2.1.10.

وتُعرّف `map_linear_to_az` و`map_az_to_linear` تقابلاً قابلاً للانعكاس لمواضع المصدر بين السمت (φ) والإحداثيات الخطية (x) بين زوج من مكبرات الصوت بسمت φ_l وسمت $azimuth_r$، مع مراعاة منحنيات المسح البانورامي للماسح البانورامي للمصدر النقطي المستعمل للإحداثيات القطبية والديكارتية.

فعلى سبيل المثال، فإن الموضع القطبي φ_o بين 0° و-30° له موضع x يمكن الحصول عليه على النحو التالي:

$$x = \texttt{map_az_to_linear}(0, -30, \varphi_o)$$

والمسار الخطي لتقابل السمت معرّف على النحو التالي:

$$\texttt{map_linear_to_az}(\varphi_l, \varphi_r, x) = \varphi_{\texttt{mid}} + \varphi_{\texttt{rel}}$$

حيث:

$$\begin{aligned}
\varphi_{\mathtt{mid}} &= \frac{\varphi_l + \varphi_r}{2} \\
\varphi_{\mathtt{range}} &= \varphi_r - \varphi_{\mathtt{mid}} \\
g'_l &= \cos\frac{x\pi}{2} \\
g'_r &= \sin\frac{x\pi}{2} \\
g_r &= \frac{g'_r}{g'_l + g'_r} \\
\varphi_{\mathtt{rel}} &= \frac{180}{\pi}\arctan\left(2\left(g_r - \frac{1}{2}\right)\tan\left(\frac{\pi}{180}\varphi_{\mathtt{range}}\right)\right)
\end{aligned}$$

والدالة العكسية معرّفة على النحو التالي:

$$\mathtt{map_az_to_linear}(\varphi_l, \varphi_r, \varphi) = \frac{2}{\pi}\mathrm{atan2}(g_r, 1 - g_r)$$

حيث:

$$\begin{aligned}
\varphi_{\mathtt{mid}} &= \frac{\varphi_l + \varphi_r}{2} \\
\varphi_{\mathtt{range}} &= \varphi_r - \varphi_{\mathtt{mid}} \\
\varphi_{\mathtt{rel}} &= \varphi - \varphi_{\mathtt{mid}} \\
g_r &= \frac{1}{2} + \frac{\tan\left(\frac{\pi}{180}\varphi_{\mathtt{rel}}\right)}{2\tan\left(\frac{\pi}{180}\varphi_{\mathtt{range}}\right)}
\end{aligned}$$

ويُطبق هذا التقابل بين مواضع مكبرات الصوت في منتصف التشكيلة، وفقاً للقواعد التالية ويسفر عن سمت أيسر وسمت أيمن وموضع x وy أيسر وأيمن لسمت دخل معين:

$$find_{sector}(\varphi) \quad \begin{cases} \{30,0,\{-1,1\},\{0,1\}\} & IAR(\varphi, 0,30) \\ \{0,-30,\{0,1\},\{1,1\}\} & IAR(\varphi, -30,0) \\ \{-30,-110,\{1,1\},\{1,-1\}\} & IAR(\varphi, -110,-30) \\ \{-110,110,\{1,-1\},\{-1,-1\}\} & IAR(\varphi, 110,-110) \\ \{110,30,\{-1,-1\},\{-1,1\}\} & IAR(\varphi, 30,110) \end{cases}$$

$$find\ \ (\varphi) \quad \begin{cases} \{30,0,\{-1,1\},\{0,1\}\} & IAR(\varphi, 0,45) \\ \{0,-30,\{0,1\},\{1,1\}\} & IAR(\varphi, -45,0) \\ \{-30,-110,\{1,1\},\{1,-1\}\} & IAR(\varphi, -135,-45) \\ \{-110,110,\{1,-1\},\{-1,-1\}\} & IAR(\varphi, 135,-135) \\ \{110,30,\{-1,-1\},\{-1,1\}\} & IAR(\varphi, 45,135) \end{cases}$$

حيث IAR هي الدالة `nside_angle_range` الوارد وصفها في الفقرة 2.6.

والمعلمات التالية شائعة للتحويل في الاتجاهين:

$$\begin{aligned}\theta_{\text{top}} &= 30\\ \theta'_{\text{top}} &= 45\\ \epsilon &= 1\times 10^{-10}\end{aligned}$$

1.1.10 تحويل الإحداثيات القطبية إلى إحداثيات ديكارتية

لتحويل إحداثية قطبية بسمت φ وارتفاع θ ومسافة d إلى إحداثية ديكارتية، تُستعمل الدالة

$$\texttt{point_polar_to_cart}(\varphi,\theta,d)=x,y,z$$

وإذا كانت $|\theta|>\theta_{\text{top}}$، فإن:

$$\begin{aligned}\theta' &= \theta'_{\text{top}}+(90-\theta'_{\text{top}})\frac{|\theta|-\theta_{\text{top}}}{90-\theta_{\text{top}}}\\ z &= d\,\text{sgn}(\theta)\\ r_{xy} &= d\tan\left(\frac{\pi}{180}(90-\theta')\right)\end{aligned}$$

وبخلاف ذلك:

$$\begin{aligned}\theta' &= \theta'_{\text{top}}\frac{\theta}{\theta_{\text{top}}}\\ z &= d\tan\left(\frac{\pi}{180}\theta'\right)\\ r_{xy} &= d\end{aligned}$$

وأخيراً:

$$\begin{aligned}\{\varphi_l,\varphi_r,\{x_l,y_l\},\{x_r,y_r\}\} &= \texttt{find_sector}(\varphi)\\ \varphi' &= \texttt{relative_angle}(\varphi_r,\varphi)\\ \varphi'_l &= \texttt{relative_angle}(\varphi_r,\varphi_l)\\ p &= \texttt{map_az_to_linear}(\varphi'_l,\varphi_r,\varphi')\\ x &= r_{xy}(x_l+p(x_r-x_l))\\ y &= r_{xy}(y_l+p(y_r-y_l))\end{aligned}$$

ويرد وصف للزاوية النسبية في الفقرة 7.6.

2.1.10 الإحداثيات الديكارتية إلى إحداثيات قطبية

لتحويل موضع ديكارتي بإحداثيات x وy وz، تُستعمل الدالة

$$\texttt{point_cart_to_polar}(x,y,z)=\varphi,\theta,d$$

وإذا كانت $|x|<\epsilon$ و$|y|<\epsilon$، فإن:

$$\{\varphi,\theta,d\}=\begin{cases}\{0,0,0\} & |z|<\epsilon\\ \{0,90\,\text{sgn}(z),|z|\} & \text{بخلاف ذلك}\end{cases}$$

وبخلاف ذلك، يستمر الحساب:

$$\begin{aligned}
\varphi' &= -\frac{180}{\pi}\operatorname{atan2}(x, y) \\
\{\varphi_l, \varphi_r, \{x_l, y_l\}, \{x_r, y_r\}\} &= \texttt{find_cart_sector}(\varphi') \\
[g_l \quad g_r] &= [x \quad y] \cdot \begin{bmatrix} x_l & y_l \\ x_r & y_r \end{bmatrix}^{-1} \\
r_{xy} &= g_l + g_r \\
\varphi'_l &= \texttt{relative_angle}(\varphi_r, \varphi_l) \\
\varphi_{\text{rel}} &= \texttt{map_linear_to_az}\left(\varphi'_l, \varphi_r, \frac{g_r}{r_{xy}}\right) \\
\varphi &= \texttt{relative_angle}(-180, \varphi_{\text{rel}}) \\
\theta' &= \frac{180}{\pi}\arctan\frac{z}{r_{xy}}
\end{aligned}$$

وإذا كانت $|\theta'| > \theta'_{\text{top}}$، فإن:

$$\begin{aligned}
|\theta| &= \theta_{\text{top}} + (90 - \theta_{\text{top}})\frac{|\theta'| - \theta'_{\text{top}}}{90 - \theta'_{\text{top}}} \\
\theta &= |\theta|\operatorname{sgn}\theta' \\
d &= |z|
\end{aligned}$$

وبخلاف ذلك:

$$\begin{aligned}
\theta &= \theta'\frac{\theta_{\text{top}}}{\theta'_{\text{top}}} \\
d &= r_{xy}
\end{aligned}$$

ويرد وصف للنظام `local_coordinate_system` في الفقرة 8.6.

2.10 تحويل المدى

يُنفذ تحويل معلمات المدى على جزأين:

- *xyz2whd* و*whd2xyz* : دالتان تحولان معلمات المدى بين الموضعين الديكارتي والقطبي، بافتراض موضع للمصدر يقع مباشرة أمام المستمع بنصف قطر قدره 1.
- `point_polar_to_cart` و`point_cart_to_polar` : دالتان تتناولان تحويل الموضع والمدى. وتُحول المواضع باستعمال الطرائق الوارد وصفها في الفقرة 1.10. ويستعمل تحليل المدى الدالتين *whd2xyz* و*xyz2whd* ، مع دوران المدى الديكارتي ليقابل الموضع.

وجدير بالذكر أن تحويل المدى غير قابل للانعكاس عموماً.

1.2.10 تحويل الموضع القطبي إلى موضع ديكارتي

تأخذ extent_polar_to_cart موضع المصدر القطبي في شكل سمت وارتفاع ومسافة، وعرض وارتفاع وعمق قطبي، ويُرجِع إحداثيات x وy وz ديكارتية وأحجام x وy وz ديكارتية:

$$\texttt{extent_polar_to_cart}(\varphi, \theta, d, \texttt{width}, \texttt{height}, \texttt{depth}) = \{x, y, z, s_x, s_y, s_z\}$$

حيث:

$$\begin{aligned}
\{x, y, z\} &= \texttt{point_polar_to_cart}(\varphi, \theta, d) \\
\{s_{x,f}, s_{y,f}, s_{z,f}\} &= \texttt{whd2xyz}(\texttt{width}, \texttt{height}, \texttt{depth}) \\
[\mathbf{M}_x \quad \mathbf{M}_y \quad \mathbf{M}_z] &= \text{diag}([s_{x,f}, s_{y,f}, s_{z,f}]) \cdot \texttt{local_coordinate_system}(\varphi, \theta) \\
s_x &= \| \mathbf{M}_x \|_2 \\
s_y &= \| \mathbf{M}_y \|_2 \\
s_z &= \| \mathbf{M}_z \|_2
\end{aligned}$$

و

$$whd2xyz(width, height, depth) = \{s_{x,w}, max(s_{y,w}, s_{y,h}, s_{y,d}), s_{z,h}\}$$

حيث:

$$\begin{aligned}
s_{x,w} &= \begin{cases} \sin\frac{\pi}{180}\frac{\texttt{width}}{2} & \texttt{width} < 180 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \\
s_{y,w} &= \frac{1 - \cos\frac{\pi}{180}\frac{\texttt{width}}{2}}{2} \\
s_{z,h} &= \begin{cases} \sin\frac{\pi}{180}\frac{\texttt{height}}{2} & \texttt{height} < 180 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \\
s_{y,h} &= \frac{1 - \cos\frac{\pi}{180}\frac{\texttt{height}}{2}}{2} \\
s_{y,d} &= \texttt{depth}
\end{aligned}$$

2.2.10 تحويل الموضع الديكارتي إلى موضع قطبي

تأخذ extent_cart_to_polar موضع مصدر ديكارتي في شكل إحداثية x وy وz ديكارتية، ومدى ديكارتي في شكل وحجم x وy وz، ويُرجِع موضعاً ومدى قطبيين كسمت وارتفاع ومسافة، وعرض وارتفاع وعمق:

$$\texttt{extent_cart_to_polar}(x, y, z, s_x, s_y, s_z) = \{\varphi, \theta, d, \texttt{width}, \texttt{height}, \texttt{depth}\}$$

حيث:

$$\begin{aligned}
\{\varphi, \theta, d\} &= \texttt{point_cart_to_polar}(x, y, z) \\
[\mathbf{M}_x \quad \mathbf{M}_y \quad \mathbf{M}_z] &= \text{diag}([s_x, s_y, s_z]) \cdot \texttt{local_coordinate_system}(\varphi, \theta)^T \\
s_{x,f} &= \| \mathbf{M}_x \|_2 \\
s_{y,f} &= \| \mathbf{M}_y \|_2 \\
s_{z,f} &= \| \mathbf{M}_z \|_2 \\
\{\texttt{width}, \texttt{height}, \texttt{depth}\} &= \texttt{xyz2whd}(s_{x,f}, s_{y,f}, s_{z,f})
\end{aligned}$$

و

$$xyz2whd(s_x, s_y, s_z) = \{w, h, d\}$$

حيث:

$$\begin{aligned}
w_{sx} &= 2\frac{180}{\pi}\arcsin s_x \\
w_{sy} &= 2\frac{180}{\pi}\arccos(1 - 2s_y) \\
w &= w_{sx} + s_x \max(w_{sy} - w_{sx}, 0) \\
h_{sz} &= 2\frac{180}{\pi}\arcsin s_z \\
h_{sy} &= 2\frac{180}{\pi}\arccos(1 - 2s_y) \\
h &= h_{sz} + s_z \max(h_{sy} - h_{sz}, 0) \\
\{s_{x,\text{eq}}, s_{y,\text{eq}}, s_{z,\text{eq}}\} &= \text{whd2xyz}(w, h, 0) \\
d &= \max(0, s_y - s_{y,\text{eq}},)
\end{aligned}$$

3.10 تحويل انحراف الكائن objectDivergence

يجري تحويل نطاق السمت azimuthRange ونطاق الموضع positionRange وفقاً للعلاقة التالية:

$$positionRange = tan\frac{270 \times azimuthRange}{\pi}$$

11 هياكل وجداول البيانات

1.11 هياكل البيانات الشرحية الداخلية

1.1.11 الهياكل المتقاسمة

```
struct Position { };

struct PolarPosition : Position {
  float azimuth, elevation, distance = 1;
};

struct CartesianPosition : Position {
  float x, y, z;
};

struct Screen { };

struct PolarScreen : Screen {
  float aspectRatio;
  PolarPosition centrePosition;
  float widthAzimuth;
};

struct CartesianScreen : Screen {
  float aspectRatio;
  CartesianPosition centrePosition;
```

```
  float widthX;
};

struct Frequency {
  optional<float> lowPass;
  optional<float> highPass;
};

struct ExtraData {
  Fraction object_start;
  Fraction object_duration;
  Screen reference_screen;
  Frequency channel_frequency;
};
```

2.1.11 البيانات الشرحية للدخل

```
struct ChannelLock {
  optional<float> maxDistance;
};

struct ObjectDivergence {
  float value;
  optional<float> azimuthRange;
  optional<float> positionRange;
};

struct JumpPosition {
  bool flag;
  optional<float> interpolationLength;
};

struct ExclusionZone { };

struct CartesianZone : ExclusionZone {
  float minX;
  float minY;
  float minZ;
  float maxX;
  float maxY;
  float maxZ;
};

struct PolarZone : ExclusionZone {
  float minElevation;
  float maxElevation;
  float minAzimuth;
  float maxAzimuth;
};

struct ScreenEdgeLock {
    enum Horizontal { LEFT; RIGHT; };
    enum Vertical { BOTTOM; TOP; };

    optional<Horizontal> horizontal;
    optional<Vertical> vertical;
};

struct ObjectPosition { };

class PolarObjectPosition : ObjectPosition {
```

```
    float azimuth, elevation, distance;
    ScreenEdgeLock screenEdgeLock;
};

class CartesianObjectPosition | ObjectPosition {
    float X, Y, Z;
    ScreenEdgeLock screenEdgeLock;
};

struct AudioBlockFormatObjects {
  ObjectPosition position;
  bool cartesian;
  float width, height, depth;
  float diffuse;
  optional<ChannelLock> channelLock;
  optional<ObjectDivergence> objectDivergence;
  optional<JumpPosition> jumpPosition;
  bool screenRef;
  int importance;
  vector<ExclusionZone> zoneExclusion;
};

struct ObjectTypeMetadata {
  AudioBlockFormatObjects block_format;
  ExtraData extra_data;
};
```

3.1.11 بيانات بيئة الاستنساخ

```
struct Channel {
  string name;
  /// The real position of the loudspeaker
  PolarPosition polar_position;
  /// The nominal position of the loudspeaker as in bs.2051-2.
  PolarPosition polar_nominal_position;
  bool is_lfe;
};

struct Layout {
  /// the ITU-format layout name, e.g. "9+10+3"
  string name;
  vector<Channel> channels;
  Screen screen;
};
```

2.11 مواضع مكبرات الصوت غير المركزية

هذه البيانات متاحة في أنساق قابلة للقراءة في iar/core/data/allo_positions.yaml، ولكنها مدرجة هنا للأغراض المرجعية.

الجدول 5

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 0+2+0

Z	Y	X	القناة
0	1	1−	M+030
0	1	1	M-030

الجدول 6

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 0+5+0

القناة	X	Y	Z
M+030	1−	1	0
M-030	1	1	0
M+000	0	1	0
M+110	1−	1−	0
M-110	1	1−	0
LFE1	1−	1	1−

الجدول 7

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 0+5+2

القناة	X	Y	Z
M+030	1−	1	0
M-030	1	1	0
M+000	0	1	0
M+110	1−	1−	0
M-110	1	1−	0
U+030	1−	1	1
U-030	1	1	1
LFE1	1−	1	1−

الجدول 8

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 0+5+4

القناة	X	Y	Z
M+030	1−	1	0
M-030	1	1	0
M+000	0	1	0
M+110	1−	1−	0
M-110	1	1−	0
U+030	1−	1	1
U-030	1	1	1
U+110	1−	1−	1
U-110	1	1−	1
LFE1	1−	1	1−

الجدول 9

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 1+5+4

القناة	X	Y	Z
M+030	1−	1	0
M-030	1	1	0
M+000	0	1	0
M+110	1−	1−	0
M-110	1	1−	0
U+030	1−	1	1
U-030	1	1	1
U+110	1−	1−	1
U-110	1	1−	1
B+000	0	1	1−
LFE1	1−	1	1−

الجدول 10

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 0+7+3

القناة	X	Y	Z
M+000	0	1	0
M+030	1−	1	0
M-030	1	1	0
U+045	1−	1	1
U-045	1	1	1
M+090	1−	0	0
M-090	1	0	0
M+135	1−	1−	0
M-135	1	1−	0
UH+180	0	1−	1
LFE1	1−	1	1−
LFE2	1	1	1−

الجدول 11

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 0+9+4

القناة	X	Y	Z
M+030	1−	1	0
M-030	1	1	0
M+000	0	1	0
M+090	1−	0	0
M-090	1	0	0
M+135	1−	1−	0
M-135	1	1−	0
U+045	1−	1	1
U-045	1	1	1
U+135	1−	1−	1
U-135	1	1−	1
LFE1	1−	1	1−

الجدول 12

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 3+10+9

القناة	X	Y	Z
M+060	1−	0,414214	0
M-060	1	0,414214	0
M+000	0	1	0
M+135	1−	1−	0
M-135	1	1−	0
M+030	1−	1	0
M-030	1	1	0
M+180	0	1−	0
M+090	1−	0	0
M-090	1	0	0
U+045	1−	1	1
U-045	1	1	1
U+000	0	1	1
T+000	0	0	1
U+135	1−	1−	1
U-135	1	1−	1
U+090	1−	0	1
U-090	1	0	1
U+180	0	1−	1
B+000	0	1	1−
B+045	1−	1	1−
B-045	1	1	1−
LFE1	1−	1	1−
LFE2	1	1	1−

الجدول 13

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 0+7+0

القناة	X	Y	Z
M+030	1−	1	0
M-030	1	1	0
M+000	0	1	0
M+090	1−	0	0
M-090	1	0	0
M+135	1−	1−	0
M-135	1	1−	0
LFE1	1−	1	1−

الجدول 14

موضع مكبرات الصوت غير المركزية للتشكيلة 0+7+4

القناة	X	Y	Z
M+030	1	1	0
M-030	1	1	0
M+000	0	1	0
M+090	1	0	0
M-090	1	0	0
M+135	1	1−	0
M-135	1	1−	0
U+045	1−	1	1
U-045	1	1	1
U+135	1−	1−	1
U-135	1	1−	1
LFE1	1−	1	1−

3.11 بيانات تقابل مكبرات الصوت المباشرة DirectSpeakers

هذه البيانات متاحة في نسق قابل للقراءة في العنصرين
`core.direct_speakers.panner.itu_packs`
و`core.direct_speakers.panner.rules`، ولكنها مدرجة هنا للأغراض المرجعية.

الجدول 15

تقابل التعاريف الشائعة لمعرّفات *audioPackFormatID* مع اسم التشكيلة (انظر الفقرة 1.8)

`input_layout`	*audioPackFormatID*
0+1+0	AP_00010001
0+2+0	AP_00010002
0+5+0	AP_00010003
2+5+0	AP_00010004
4+5+0	AP_00010005
3+7+0	AP_00010007
4+9+0	AP_00010008
9+10+3	AP_00010009
0+5+0	AP_0001000c
0+7+0	AP_0001000f
4+5+1	AP_00010010
4+7+0	AP_00010017

الجدول 16

قواعد التقابل لمكبرات الصوت المباشرة (انظر الفقرة 1.8)

دخل *speakerLabel*	كسب استنساخ الخرج	input_layouts	output_layouts
M+000	M+000 = 1		
M+000	M+030 = M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M+060	M+060 = 1		
M-060	M-060 = 1		
M+060	M+110 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$, M+030 = $\sqrt{\frac{2}{3}}$		
M-060	M-110 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$, M-030 = $\sqrt{\frac{2}{3}}$		
M+060	M+030 = M+090 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M-060	M-030 = M-090 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M+060	M+030 = 1		
M-060	M-030 = 1		
M+090	M+090 = 1		
M-090	M-090 = 1		
M+090	M+030 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$, M+110 = $\sqrt{\frac{2}{3}}$	9+10+3	
M-090	M-030 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$, M-110 = $\sqrt{\frac{2}{3}}$	9+10+3	
M+090	M+030 = M+110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M-090	M-030 = M-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M+090	M+030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M-090	M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M+110	M+110 = 1		
M-110	M-110 = 1		
M+110	M+135 = 1		
M-110	M-135 = 1		
M+110	M+030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M-110	M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		

الجدول 16 (تابع)

دخل *speakerLabel*	كسب استنساخ الخرج	input_layouts	output_layouts
M+135	M+135 = 1		
M-135	M-135 = 1		
M+135	M+110 = 1		
M-135	M-110 = 1		
M+135	M+030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M-135	M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M+180	M+180 = 1		
M+180	M+135 = M-135 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M+180	M+110 = M-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
M+180	M+030 = M-030 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$		
U+000	U+000 = 1		
U+000	U+030 = U-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+000	U+045 = U-045 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+000	M+000 = 1		
U+000	M+030 = M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+030	U+030 = 1		
U-030	U-030 = 1		
U+030	U+045 = 1		
U-030	U-045 = 1		
U+030	M+030 = 1		
U-030	M-030 = 1		
U+045	U+045 = 1		
U-045	U-045 = 1		
U+045	U+030 = 1		
U-045	U-030 = 1		
U+045	M+030 = 1		
U-045	M-030 = 1		
U+090	U+090 = 1		
U-090	U-090 = 1		

الجدول 16 *(تابع)*

output_layouts	input_layouts	كسب استنساخ الخرج	دخل *speakerLabel*
	9+10+3	UH+180 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$, U+045 = $\sqrt{\frac{2}{3}}$	U+090
	9+10+3	UH+180 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$, U-045 = $\sqrt{\frac{2}{3}}$	U-090
		U+030 = U+110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U+090
		U-030 = U-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U-090
		U+045 = U+135 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U+090
		U-045 = U-135 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U-090
		M+090 = 1	U+090
		M-090 = 1	U-090
		U+030 = M+110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U+090
		U-030 = M-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U-090
		M+030 = M+110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U+090
		M-030 = M-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U-090
		M+030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U+090
		M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U-090
		U+110 = 1	U+110
		U-110 = 1	U-110
		U+135 = 1	U+110
		U-135 = 1	U-110
		U+045 = UH+180 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U+110
		U-045 = UH+180 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	U-110
		M+110 = 1	U+110
		M-110 = 1	U-110
		M+135 = 1	U+110
		M-135 = 1	U-110

الجدول 16 (تابع)

دخل *speakerLabel*	كسب استنساخ الخرج	input_layouts	output_layouts
U+110	M+030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U-110	M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+135	U+135 = 1		
U-135	U-135 = 1		
U+135	U+110 = 1		
U-135	U-110 = 1		
U+135	U+045 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$, UH+180 = $\sqrt{\frac{2}{3}}$	9+10+3	
U-135	U-045 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$, UH+180 = $\sqrt{\frac{2}{3}}$	9+10+3	
U+135	U+045 = UH+180 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U-135	U-045 = UH+180 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+135	M+135 = 1		
U-135	M-135 = 1		
U+135	M+110 = 1		
U-135	M-110 = 1		
U+135	M+030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U-135	M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+180	U+180 = 1		
U+180	UH+180 = 1		
U+180	U+135 = U-135 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+180	U+110 = U-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+180	M+135 = M-135 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+180	M+110 = M-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$		
U+180	M+030 = M-030 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$		
UH+180	UH+180 = 1		
UH+180	U+180 = 1		

الجدول 16 (تتمه)

output_layouts	input_layouts	كسب استنساخ الخرج	دخل *speakerLabel*
		U+135 = U-135 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	UH+180
		U+110 = U-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	UH+180
		M+135 = M-135 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	UH+180
		M+110 = M-110 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	UH+180
		M+030 = M-030 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$	UH+180
		T+000 = 1	T+000
		U+045 = U-045 = U+135 = U-135 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$	T+000
		U+030 = U-030 = U+110 = U-110 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$	T+000
		U+045 = U-045 = UH+180 = $\sqrt{\frac{1}{3}}$	T+000
		U+045 = U-045 = M+135 = M-135 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$	T+000
		U+030 = U-030 = M+110 = M-110 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$	T+000
		M+030 = M-030 = M+135 = M-135 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$	T+000
		M+030 = M-030 = M+110 = M-110 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$	T+000
		M+030 = M-030 = $\sqrt{\frac{1}{4}}$	T+000
		B+000 = 1	B+000
		M+000 = 1	B+000
		M+030 = M-030 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	B+000
		B+045 = 1	B+045
		B-045 = 1	B-045
		M+030 = 1	B+045
		M-030 = 1	B-045
9+10+3, 3+7+0	9+10+3, 3+7+0	LFE1 = 1	LFE1
9+10+3, 3+7+0	9+10+3, 3+7+0	LFE2 = 1	LFE2
	9+10+3, 3+7+0	LFE1 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	LFE1
	9+10+3, 3+7+0	LFE1 = $\sqrt{\frac{1}{2}}$	LFE2
		LFE1 = 1	LFE1

بيبليوغرافيا

[1] F. Zotter and M. Frank (2012), *All-round ambisonic panning and decoding*, *Journal of the audio engineering society*, vol. 60, no. 10, pp. 807-820.

[2] V. Pulkki, (1997), *Virtual sound source positioning using vector base amplitude panning*, *Journal of the audio engineering society*, vol. 45, no. 6, pp. 456-466.

المرفق 1
بالملحق 1
(إعلامي)

دليل لأجزاء المواصفة المقابلة للبيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية

1.A1 البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية في عارض نموذج تعريف الإشارة السمعية لقطاع الاتصالات الراديوية

الغرض من الجدول أدناه هو توفير قائمة موجزة للعناصر الرئيسية للعارض إلى جانب مواضعها في المواصفات الواردة في الملحق 1. وينبغي الحصول على المواصفات من المراجع الواردة بالقائمة.

البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية *sub-element (attribute)[coordinate system]*	التوصية ITU-R BS.2076-1	الملحق 1 بهذه التوصية
typeDefinition == "DirectSpeakers"	الفقرة 1.3.4.5 الجدول 11	الفقرة 8
وسم المكبر *speakerLabel*		الفقرة 2.8
الموضع (السمت والارتفاع والمسافة والإمساك بحافة الشاشة screenEdgeLock)		الفقرة 8
typeDefinition == "Matrix"	الفقرة 2.3.4.5	الفقرة 1.1.6.2.5 الفقرة 4.6.2.5
outputChannelIDRef	الجدول 12	الفقرة 1.1.6.2.5
المصفوفة ← المعامل (gain وgainVar وphase وphaseVar وdelay وdelayVar)	الجدول 13	الفقرة 4.6.5
input / outputPackFormatIDRef	الفقرة 1.5.5.5	الفقرة 1.1.6.2.5
encode / decodePackFormatIDRef		الفقرة 1.1.6.2.5
typeDefinition == "Objects"	الفقرة 3.3.4.5	الفقرة 7
الموضع (السمت والارتفاع والمسافة والإمساك بحافة الشاشة screenEdgeLock) [*قطبي*]	الجدول 14	الفقرة 1.6 الفقرة 7 الفقرة 4.3.7
الموضع (X وY وZ والإمساك بحافة الشاشة screenEdgeLock) [*ديكارتي*]	الجدول 15	الفقرة 1.6 الفقرة 7 الفقرة 10.3.7
العرض والارتفاع والعمق [*قطبي*]	الجدول 14	الفقرة 8.3.7
العرض والارتفاع والعمق [*ديكارتي*]	الجدول 15	الفقرة 11.3.7
الديكارتية	الجدول 16	الفقرة 1.3.7 الفقرة 2.3.7
الكسب		الفقرة 1.3.7
الانتشار		الفقرة 1.3.7 الفقرة 4.7
الإمساك بالقناة channelLock (أقصى مسافة، maxDistance)		الفقرة 6.3.7

البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية ***sub-element (attribute)[coordinate system]***	التوصية **ITU-R BS.2076-1**	الملحق 1 بهذه التوصية
انحراف الكائن (مدى السمت، مدى الموضع) [*قطبي*] objectDivergence (azimuthRange, positionRange) [*polar*]		الفقرة 7.3.7 الفقرة 1.3.7
انحراف الكائن (مدى السمت، مدى الموضع) [*ديكارتي*] objectDivergence (azimuthRange, positionRange) [*cartesian*]		الفقرة 7.3.7 الفقرة 1.3.7
موضع القفز (طول الاستكمال الداخلي، interpolationLength) jumpPosition (interpolationLength)		الفقرة 2.7
استبعاد المنطقة ← المنطقة (minX, maxX, minY, maxY, minZ, maxZ, minElevation, maxElevation, minAzimuth, maxAzimuth)		الفقرة 5.3.7 الفقرة 12.3.7
مرجع الشاشة screenRef		الفقرة 3.3.7
الأهمية importance		الفقرة 1.3.5 الفقرة 1.1.7.2.5
typeDefinition == “HOA”	الفقرة 4.3.4.5	الفقرة 9 الفقرة 3.7.2.5
المعادلة	الجدول 17	الفقرة 2.9
الترتيب		الفقرة 1.1.9 الفقرة 2.1.3.9
الدرجة		الفقرة 1.1.9 الفقرة 2.1.3.9
المعايرة	الفقرة 4.3.4.5	الفقرة 2.1.9 الفقرة 5.1.3.9
nfcRefDist	الجدول 17	الفقرة 2.9
مرجع الشاشة screenRef		الفقرة 2.9
typeDefinition == “Binaural”	الفقرة 5.3.4.5	–

المرفق 2
بالملحق 1
(إعلامي)

تشكيلة بديلة لمكبرات الصوت الافتراضية

1.A2 مواصفة تشكيلة بديلة لمكبرات الصوت الافتراضية

تشكيلة مكبرات الصوت الافتراضية VBAP البديلة لتلك الوارد وصفها في الفقرة 1.3.1.6 تصف مواضع مكبرات الصوت الافتراضية التي لا تقع عند القطبين ومعامل الطي إلى أدنى الخاصة بها. وتظل معالجة البيانات الشرحية لنموذج تعريف الإشارة السمعية على النحو المحدد في المتن الرئيسي لهذه التوصية، ولا توجد حاجة إلى بيانات شرحية إضافية. وتستند مواضع مكبرات الصوت الافتراضية البديلة ومعامل الطي إلى أدنى الخاصة بها إلى تحقيق أمثل حالة للأذن. ويرد أدناه وصف لتشكيلة مكبرات الصوت الافتراضية هذه.

1.1.A2 عملية التشكيل

تتبع عملية التشكيل الخطوات الوارد وصفها في الفقرة 1.3.1.6، باستثناء الخطوة الثانية التي ينبغي أن تكون على النحو التالي:

2) تُحدد مكبرات الصوت الافتراضية أولاً عن طريق النظر إلى الجداول المحددة في الفقرة 2.1.A2. ويُحدد كل قسم فرعي تحت الفقرة 2.1.A2 تشكيلة مكبرات الصوت الافتراضية وطيها إلى أدنى لتشكيلة معينة محددة في التوصية ITU-R BS.2051-2.

وتظل خطوات عملية التشكيل الأخرى، الخطوات (1) و(3) حتى (6)، على النحو الوارد وصفه في الفقرة 1.3.1.6.

2.1.A2 جداول مكبرات الصوت الافتراضية والطي إلى أدنى

في الجداول أدناه، ترد مكبرات الصوت الافتراضية (المحددة بالسمت والارتفاع) في الصف الأول ومكبرات الصوت الفعلية في العمود الأول. ويكون لمواقع مكبرات الصوت الافتراضية نفس المواضع الاسمية والحقيقية. ويعرض الجدول أدناه معامل الطي إلى أدنى من مكبرات الصوت الافتراضية إلى مكبرات الصوت الفعلية.

النظام A: 0+2+0

بالنسبة للنظام A: 0+2+0، تُستعمل الطريقة المستندة إلى الخلط المنخفض من النظام B: 0+5+0 إلى النظام A: 0+2+0 على النحو الوارد وصفه في الفقرة 4.2.1.6. وللحصول على القنوات 0+5+0، تستعمل مكبرات الصوت الافتراضية للنظام B: 0+5+0 على النحو الوارد وصفه أدناه.

النظام B: 0+5+0

	−45، 45	45، 45	135−، 45	135، 45	45−، 45−	45، 45−	135−، 45−	135، 45−
M+030		1,0				1,0		
M-030	1,0				1,0			
M+000								
LFE1								
M+110			0,3162	0,9486			0,3162	0,9486
M-110			0,9486	0,3162			0,9486	0,3162

النظام C: 2+5+0

	30 ،135–	30 ،135	45– ،45–	45– ،45	45– ،135–	45– ،135
M+030				1,0		
M-030			1,0			
M+000						
LFE1						
M+110	0,3162	0,9486			0,3162	0,9486
M-110	0,9486	0,3162			0,9486	0,3162
U+030						
U-030						

النظام D: 4+5+0

	45– ،45–	45– ،45	45– ،110–	45– ،110
M+030		1,0		
M-030	1,0			
M+000				
LFE1				
M+110			0,3162	0,9486
M-110			0,9486	0,3162
U+030				
U-030				
U+110				
U-110				

النظام E: 4+5+1

تحتوي هذه التشكيلة على مكبرات صوت علوية وسفلية. ولا توجد حاجة إلى مكبرات صوت افتراضية لأن الهيكل كامل.

النظام F: 3+7+0

	30 ،135–	30 ،135	45– ،45–	45 ،45–	135– ،45–	135 ،45–
M+000						
M+030				1,0		
M-030			1,0			
U+045						
U-045						
M+090						
M-090						
M+135		0,7071				1,0
M-135	0,7071				1,0	
UH+180	0,7071	0,7071				
LFE1						
LFE2						

النظام G: 4+9+0

	45– ،45–	45 ،45–	135– ،45–	135 ،45–
M+030		1,0		
M-030	1,0			
M+000				
LFE1				
M+090				
M-090				
M+135				1,0
M-135			1,0	
U+045				
U-045				
U+135				
U-135				
M+SC				
M-SC				

النظام H: 3+10+9يحتوي على مكبرات صوت في الجزأين العلوي والسفلي من المنطقة؛ ويكون الهيكل كاملاً وبالتالي ليست هناك حاجة إلى مكبرات صوت افتراضية.

النظام I: 0+7+0

	45– ،45–	45 ،45	135– ،45	135 ،45	45– ،45–	45 ،45–	135– ،45–	135 ،45–
M+030		1,0						
M-030	1,0				1,0	1,0		
M+000								

LFE1								
M+090								
M-090								
M+135				1,0				1,0
M-135					1,0		1,0	

النظام J: 0+7+4

	–45، –45	45، –45	–135، –45	135، –45
M+030		1,0		
M-030	1,0			
M+000				
LFE1				
M+090				
M-090				
M+135				1,0
M-135			1,0	
U+045				
U-045				
U+135				
U-135				