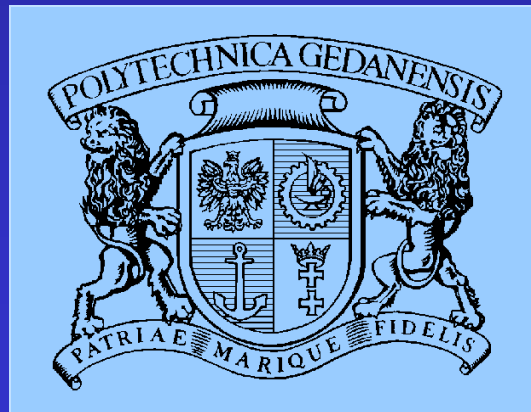


Techniki wielokanałowe

zebrała prof. B. Kostek



Systemy wielokanałowe

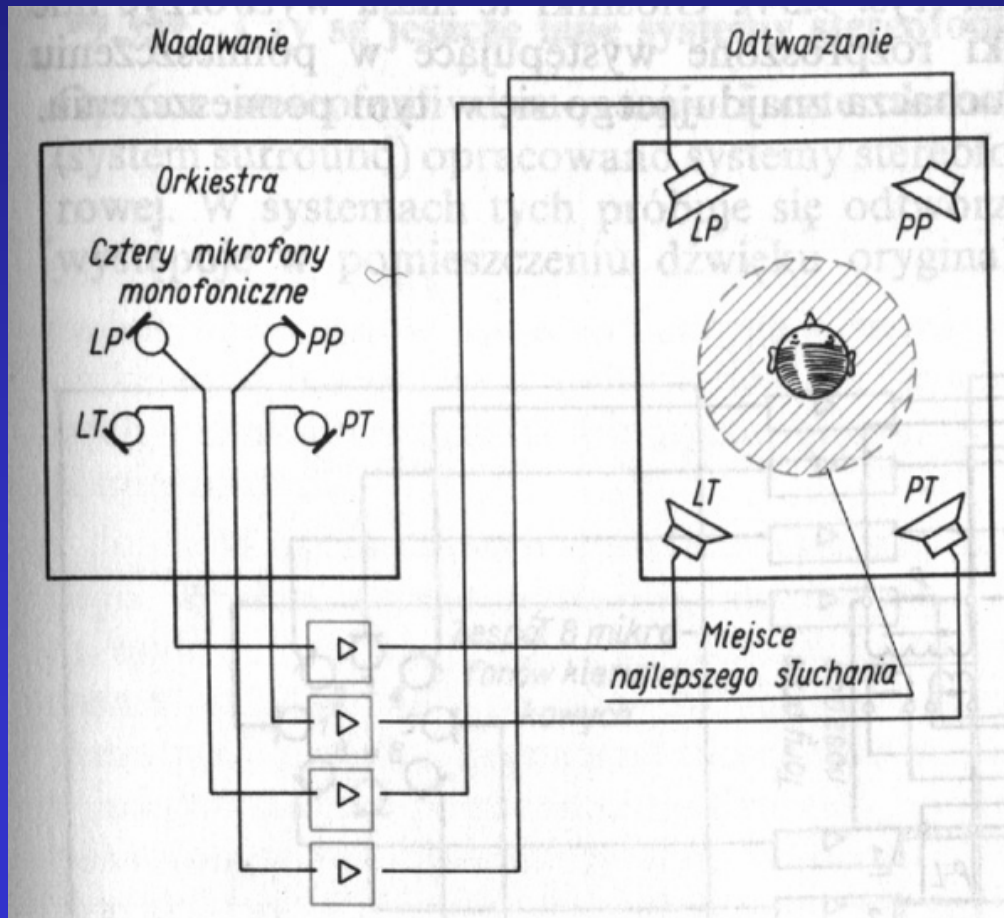
- Kwadrofonia
- Stereofonia ośmiokanałowa
- Ortofonia
- Systemy wielokanałowe (do formatu 5.1/3/2)

Kwadrofonia

KWADROFONIA, właśc. **tetrafonia**, elektroakustyczny system wielokanałowego przekazywania dźwięku, w którym fale akustyczne emitowane są przez wtórne źródła dźwięku (np. głośniki) i docierają do słuchacza ze wszystkich stron. W systemie kwadrofonicznym sygnały dźwiękowe transmitowane są czterema kanałami (przynajmniej w początkowym i końcowym odcinku toru), z których każdy przenosi przebiegi przyporządkowane jednemu z czterech następujących kierunków nadchodzenia fal akustycznych: *Lp* – lewy przód, *Lt* – lewy tył, *Pp* – prawy przód, *Pt* – prawy tył. Umożliwia to znaczne poszerzenie panoramy dźwiękowej w porównaniu z klasycznymi systemami stereofonicznymi (w idealnym przypadku do kąta 360°). Ogólnym celem kwadrofonii jest stworzenie słuchaczowi określonej atmosfery akustycznej (np. wrażenia odbioru zbliżonego do odbioru słuchowego w warunkach sali koncertowej, o którym decydują składowe powstające w wyniku odbić dźwięków bezpośrednich od powierzchni ograniczających pomieszczenie).

Systemy wielokanałowe

- Kwadrofonia



Kwadrofonia

- **KWADROFONIA** - należy odróżniać od czterokanałowego systemu nagłaśniania dookólnego, mającego na celu stworzenie jedynie wrażenia dookólnego rozmieszczenia pierwotnych źródeł dźwięku (np. instrumentów muzycznych) wokół słuchacza (sygnały niespójne). Taki system nosi nazwę kwadrofonii trickowej. W rzeczywistości większość nagrań i audycji kwadrofonicznych łączy w sobie zarówno elementy kwadrofonii klasycznej, jak i trickowej.

Kwadrofonia

SQ

Jeden z systemów zapisu kwadrofonicznego. System SQ (Stereo Quadrophonic System) opracowano w Stanach Zjednoczonych. Należy on do systemów matrycowych (drugi to japoński QS). Cztery kanały audio są nagrywane w dwóch kanałach płyty drobnowłkowej (LP). Cztery kanały składowe są dodawane lub odejmowane z odpowiednim poziomem i przesunięciem fazowym. Kanał lewy-suma jest złożony ze składowych: kanał lewy-przód i oba kanały tylne. Kanał prawy-suma jest złożony ze składowych: kanał prawy-przód i oba kanały tylne.

$$L_{\text{suma}} = L_{\text{front}} - j 0,707 L_{\text{tył}} + j 0,707 P_{\text{tył}}$$

$$P_{\text{suma}} = P_{\text{front}} + j 0,707 P_{\text{tył}} - j 0,707 L_{\text{tył}}$$

Przy odtwarzaniu kanały są dekodowane według następujących wzorów:

$$L_{\text{front}} = L_{\text{suma}}$$

$$P_{\text{front}} = P_{\text{suma}}$$

$$L_{\text{tył}} = j 0,707 L_{\text{suma}} - 0,707 P_{\text{suma}}$$

$$P_{\text{tył}} = -j 0,707 P_{\text{suma}} + 0,707 L_{\text{suma}}$$

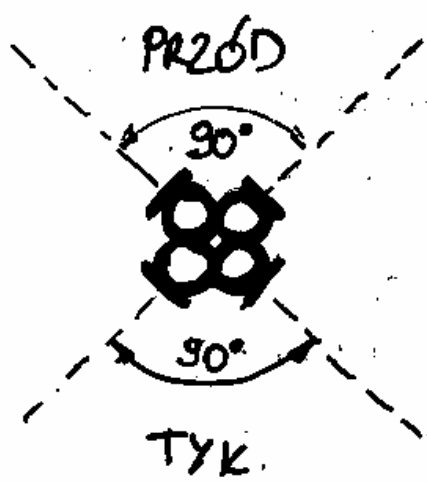
gdzie $+j$ oznacza przesunięcie fazy o 90° a $-j$ oznacza przesunięcie fazy o 90° .

QS

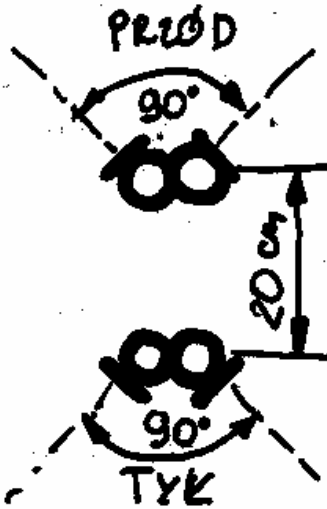
Jeden z systemów zapisu kwadrofonicznego. System QS/RM (Quadrasonic System - Regular Matrix) został opracowany w Japonii. Jest to jeden z systemów matrycowych (drugim był amerykański SQ). Cztery kanały audio są nagrywane w dwóch kanałach płyty drobnowłkowej (LP). Do stworzenia kanałów lewy-suma i prawy-suma korzysta się z następujących wzorów:

$$L_{\text{suma}} = 0,92 L_{\text{front}} + 0,38 P_{\text{front}} + j 0,92 L_{\text{tył}} + j 0,38 P_{\text{tył}}$$

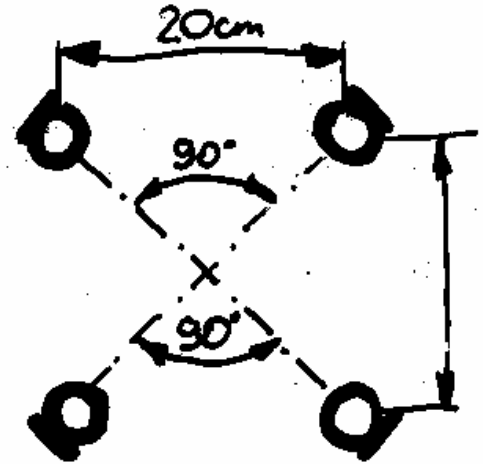
$$P_{\text{suma}} = 0,92 P_{\text{front}} + 0,38 L_{\text{front}} - j 0,92 P_{\text{tył}} - j 0,38 L_{\text{tył}}$$



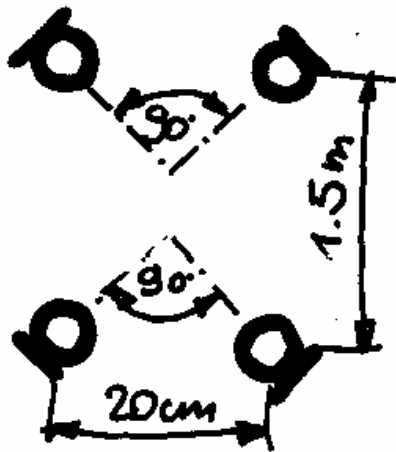
XY/XY (I)



XY/XY (II)



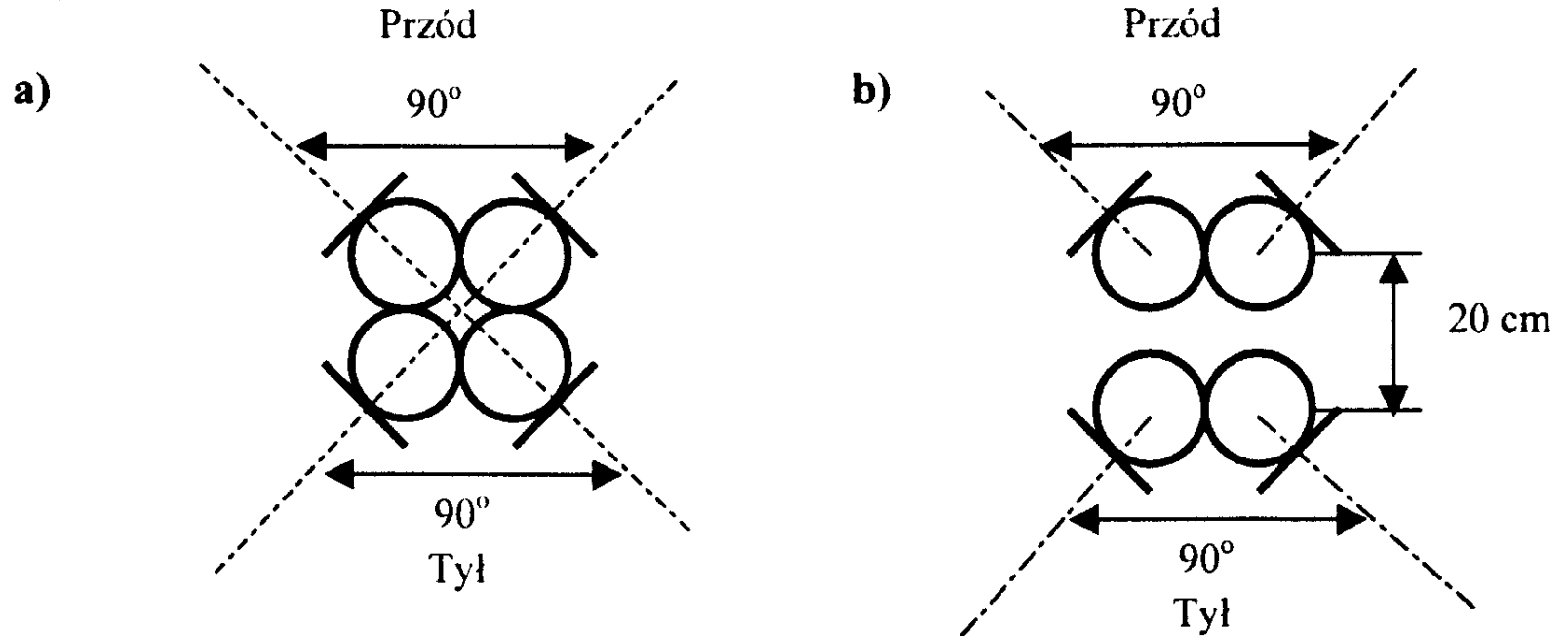
ABCD (I)



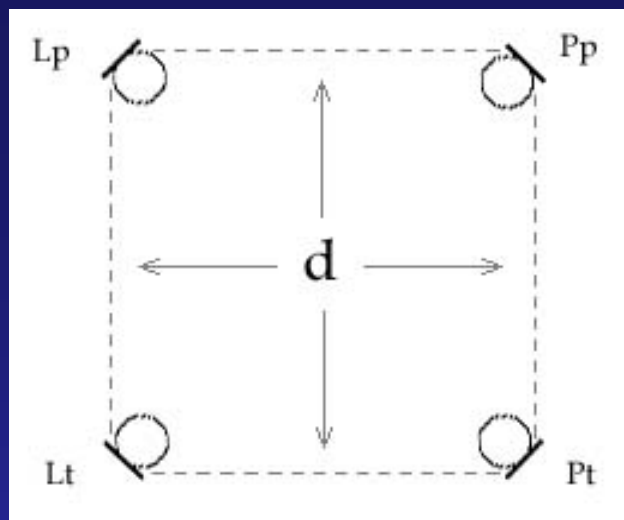
ABCD (II)

Kwadrofonia

Kwadrofonia



XY/XY I i XY/XY II

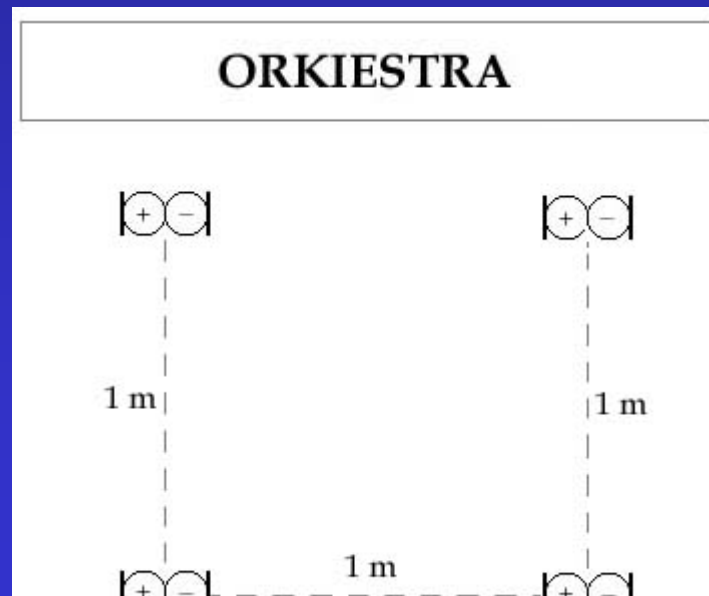


Schemat systemu Atmo Kreuz

Długość boku zależy od charakterystyk mikrofonów użytych podczas nagrania. I tak dla mikrofonów o charakterystykach kardioidalnych optymalną odległością jest $d = 25\text{cm}$, natomiast dla mikrofonów o charakterystykach dookólnych $d = 60\text{cm}$. System ten znakomicie nadaje się do nagrywania w otwartych przestrzeniach gdzie nie występują odbicia dźwięku. Słabiej natomiast sprawuje się w zamkniętych pomieszczeniach

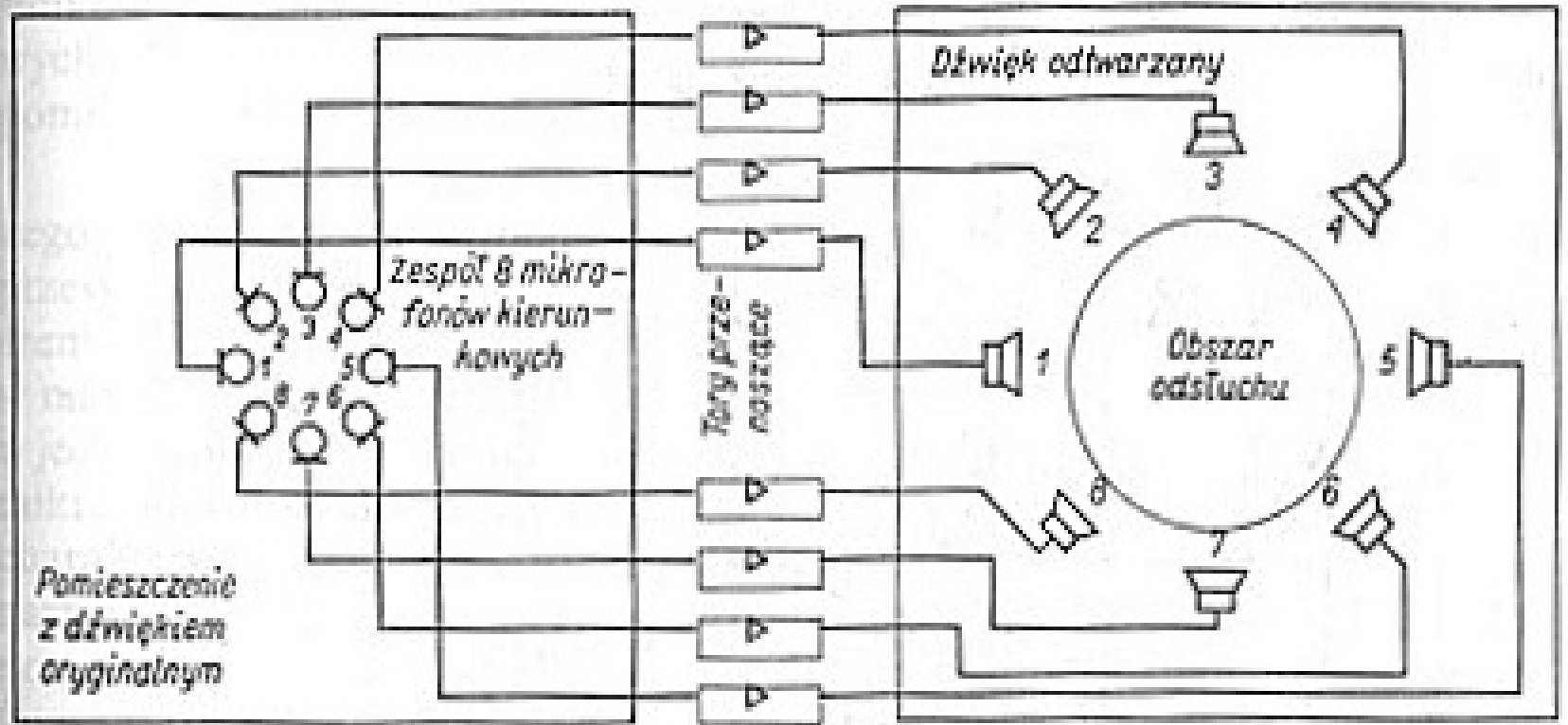
•Schemat systemu Hamasaki Square

System składa się z ośmiu mikrofonów, umieszczonych w parach, tworząc tym samym charakterystykę ósemkową.



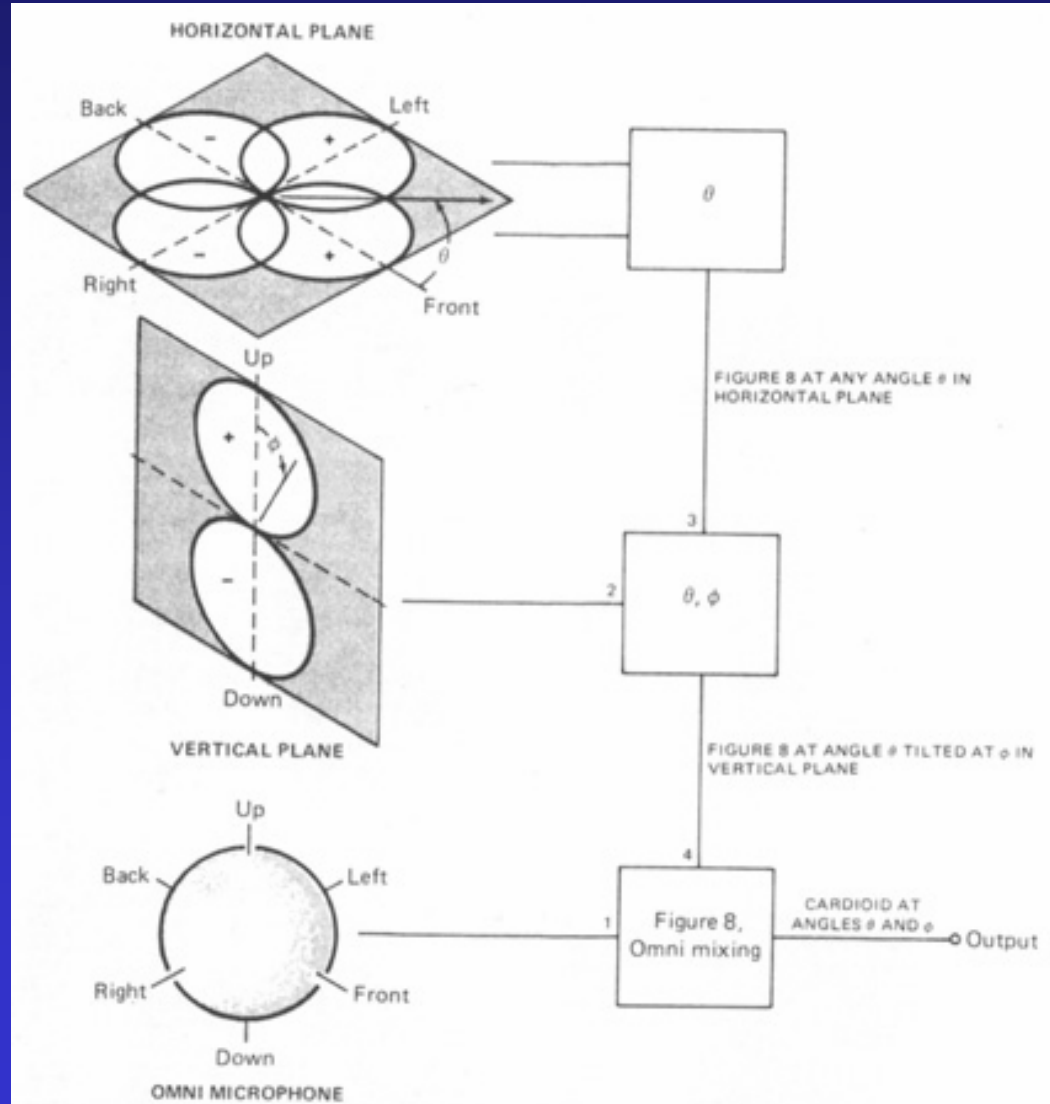
Systemy wielokanałowe

- Stereofonia 8-kanałowa



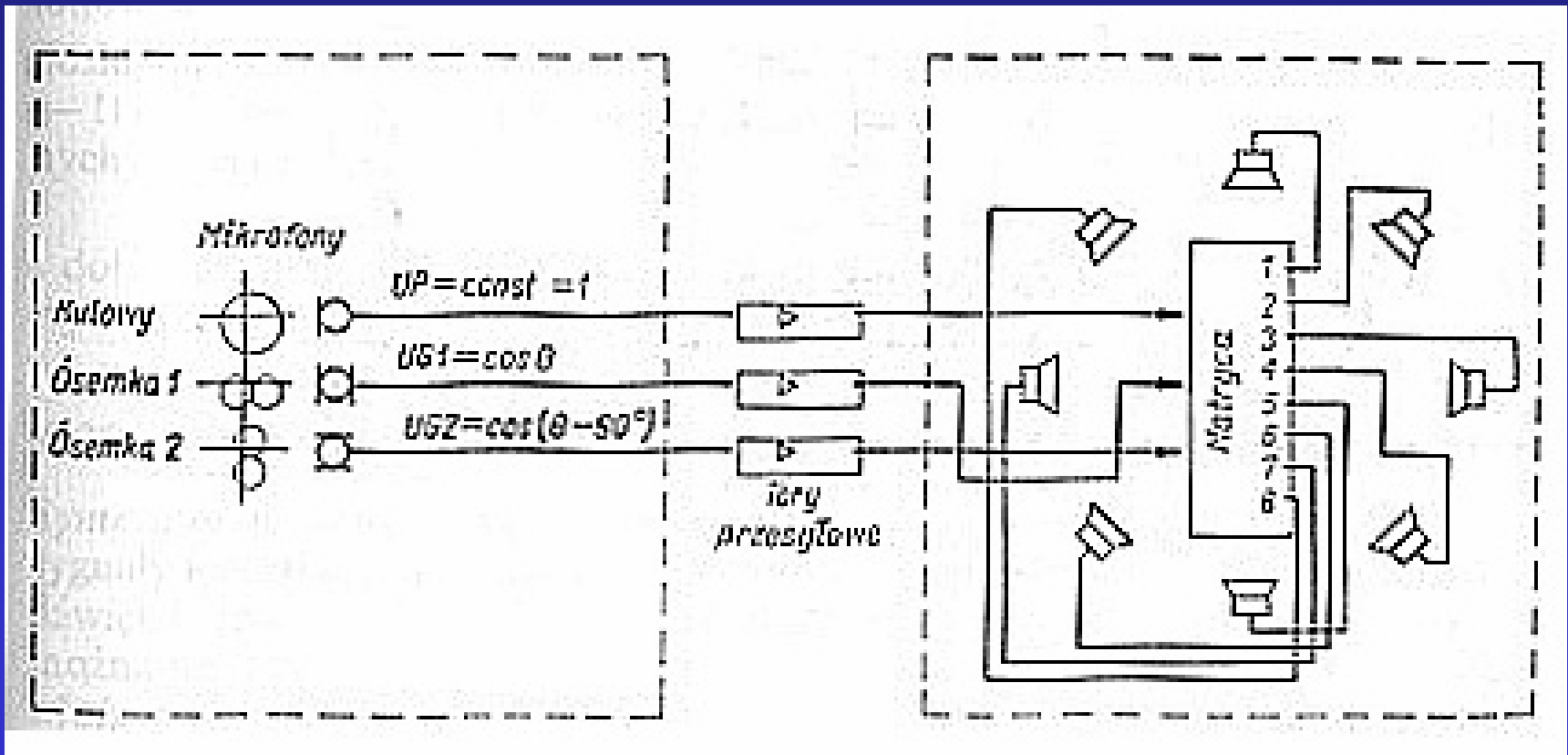
Systemy wielokanałowe

- Stereofonia przestrzenna - ortofonia

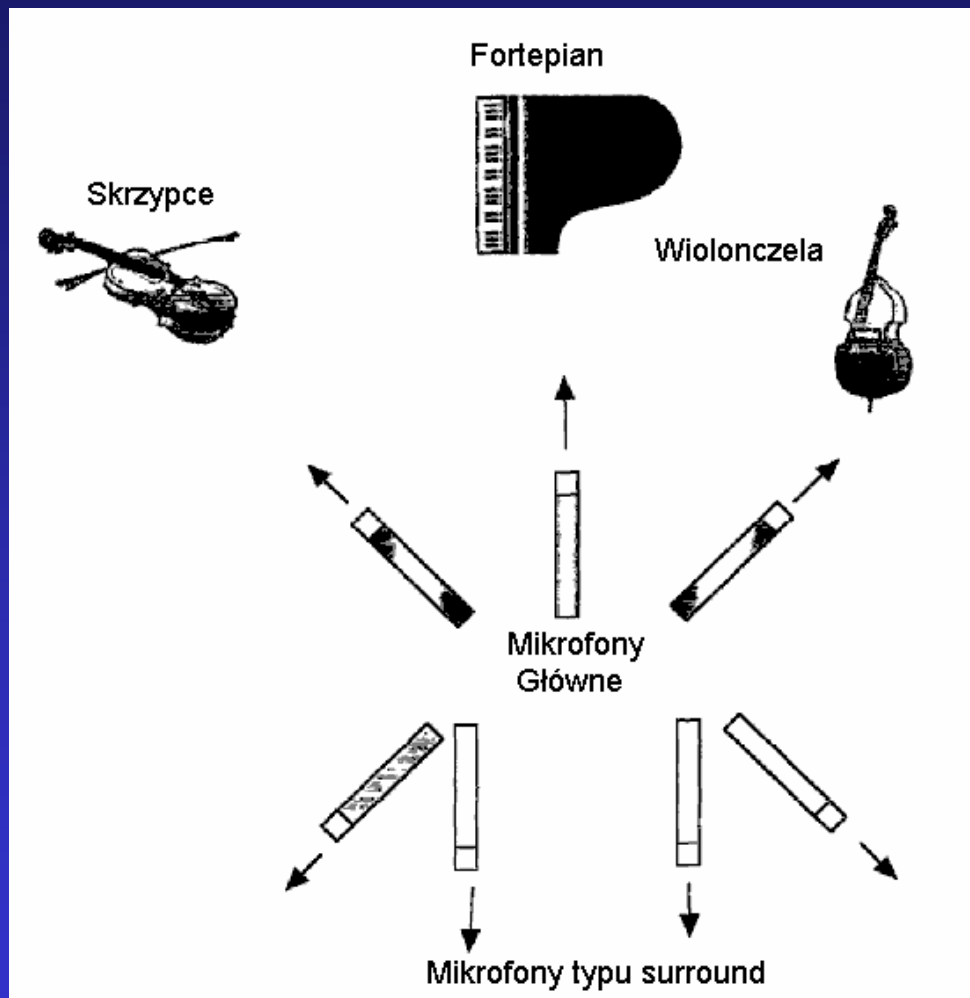


Systemy wielokanałowe

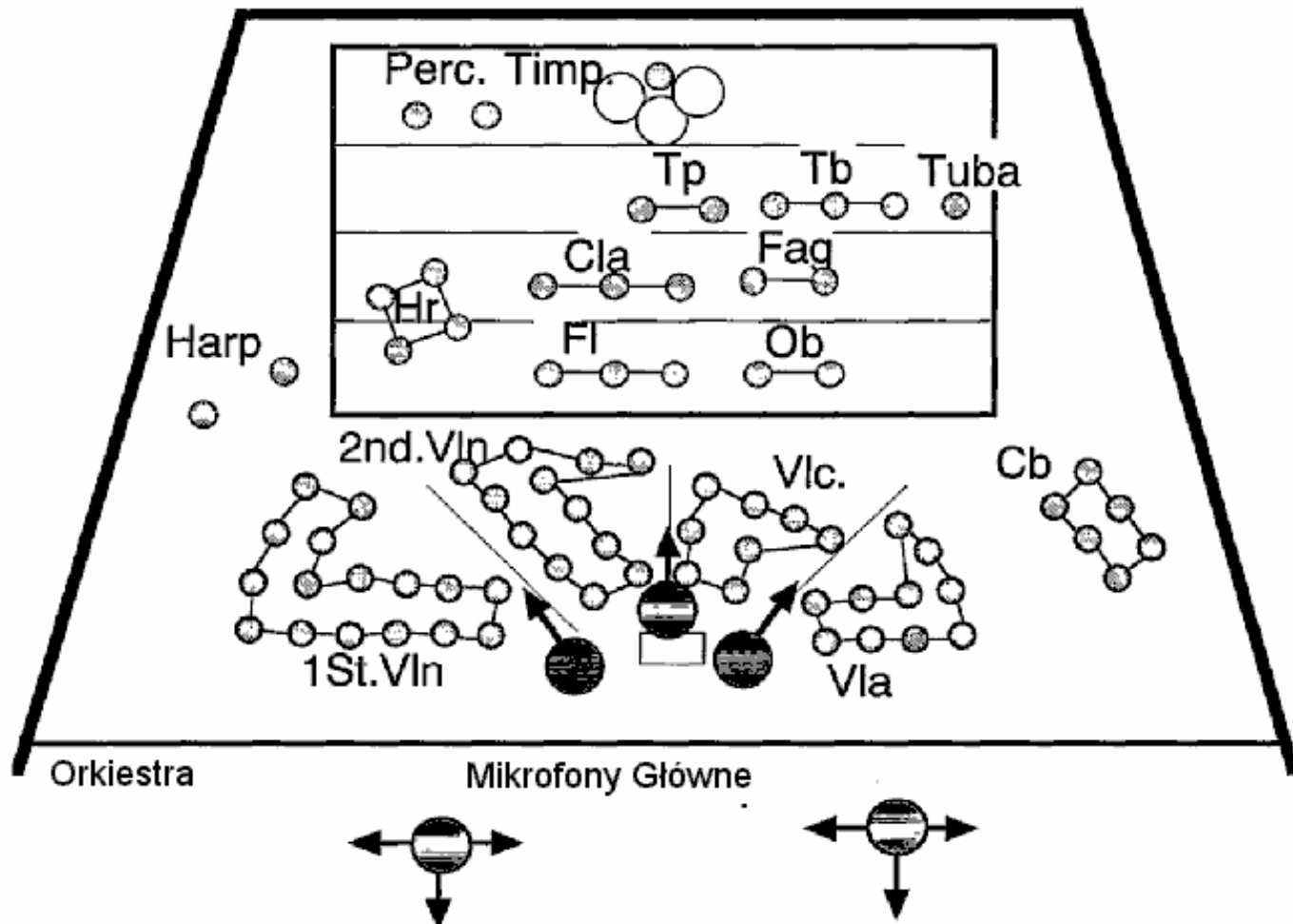
- Ortofonia uproszczona



5.1 recording



5.1 recording



Format 3/2 recording

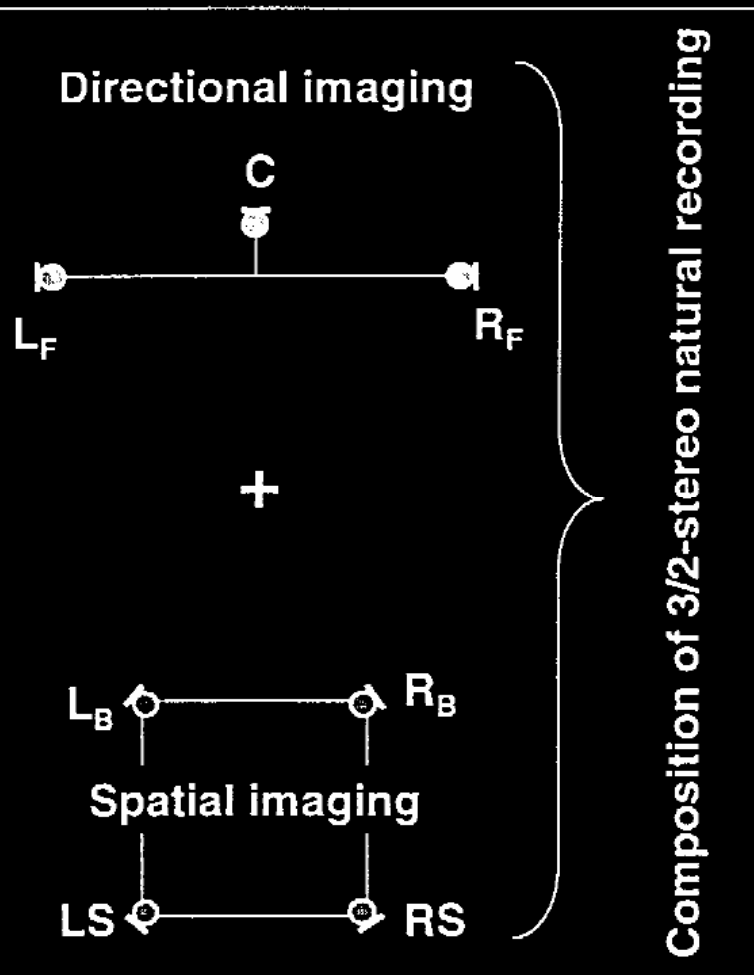


FIG 21:

Distinct psychoacoustic functions are applied separately for natural recording

An L-C-R triangle configuration is used for directional imaging of the orchestra, and a separate L_B , R_B , RS , LS square configuration is applied for spatial imaging. Each microphone configuration can be optimised and placed with respect to the purpose and related psychoacoustic principals, as well as with respect to the actual recording situation and the artistic intention, e.g. stereophonic perspective. Channels L_F and L_B are combined to L, channels R_F and R_B are combined to R. The delay between the stereophonic four-channel space information and the directional front information should be designed according to the principals described in **CHAPTER 2**.

Format 3/2 recording

- Uniwersalny format 3/2-stereo zgodnie z zaleceniami ITU-R BS 775-1
- Format 3/2 – technika dwukanałowa jest wzbogacona o dodatkowy kanał stereo oraz dwa kanały surroundowe (LS i RS). Dzięki temu format oferuje dość dobre możliwości prezentacji stereofonicznego materiału muzycznego. Dzięki swym możliwościom format ten znajduje także zastosowanie w przemyśle kinowym.
- Rolą kanału centralnego (C) jest zwiększenie stabilności kierunkowej. W systemie istnieją dwa sektory po 30° od osi centralnej L – C oraz C – R (podobnie, jak to ma miejsce w systemie L – C – R), zamiast 60 stopniowego sektora L-R. Poprawia to: „klarowność“ i „koloryt“ („*sound colour*“) obrazu dźwiękowego w obszarze centralnym.
- Rozszerzone możliwości prezentacji przestrzennej powstają dzięki kanałom surroundowym, znajdującymi się za słuchaczem (LS i RS). Kanały te są odpowiedzialne za oddanie charakterystyki akustycznej wnętrza pomieszczenia, w którym dokonano nagrania, atmosfery, efektów oraz dopełnienia przedniego obrazu stereofonicznego.

Imaging performance of stereophonic systems

G. Theile, 2000

	<u>2/0-Stereo</u>	<u>3/2-Stereo</u>	<u>Dummy-head</u>
Horizontal direction	<i>+30°...-30°</i>	<i>+30°...-30°, surround effects</i>	<i>surround (instable front)</i>
Elevation	<i>not possible</i>	<i>constraints?</i>	<i>possible</i>
Depth	<i>simulated</i>	<i>constraints?</i>	<i>possible</i>
Near-head distance	<i>not possible</i>	<i>no?</i>	<i>possible</i>
Spatial impression	<i>simulated</i>	<i>possible</i>	<i>possible</i>
Enveloping sources	<i>not possible</i>	<i>constraints?</i>	<i>possible</i>

TABLE 1: Imaging performance of stereophonic systems

The 3/2-stereo format enhances the possibilities of conventional two-channel loudspeaker stereophony. However, it is a compromise, and principal limits are given with respect to presentation of direction and distance, when for instance compared with dummy-head stereophony. On the other hand, it is worth to take into account that technologies such as dummy-head stereophony do not provide much room for creative sound design.

Imaging performance of stereophonic systems

G. Theile, 2000

	2/0 Stereo	3/2 Stereo	Sztuczna-głowa
Panorama <i>(Horizontal direction)</i>	+30°...-30°	+30°...-30°, efekty surround	surround
Wyniesienie <i>(Elevation)</i>	niemożliwe	ograniczone (?)	możliwe
Głębina <i>(Depth)</i>	symulowana	ograniczone (?)	możliwe
Odległość bliska <i>(Near-head distance)</i>	niemożliwa	niemożliwa (?)	możliwe
Odczucie przestrzeni <i>(Spatial impresion)</i>	symulowane	możliwe	możliwe
Dźwięki otaczające <i>(Enveloping sources)</i>	niemożliwe	ograniczone (?)	możliwe

Trzy rodzaje dźwięku występujące w formacie 3/2 stereo

Precedent (direct) sound

Located sound sources → directional / distance perception

Non-precedent (indirect) sound

Reflections / reverberation → spatial impression

Environmental (non-reflected) sound

Ambient non-located sound sources → enveloping atmosphere

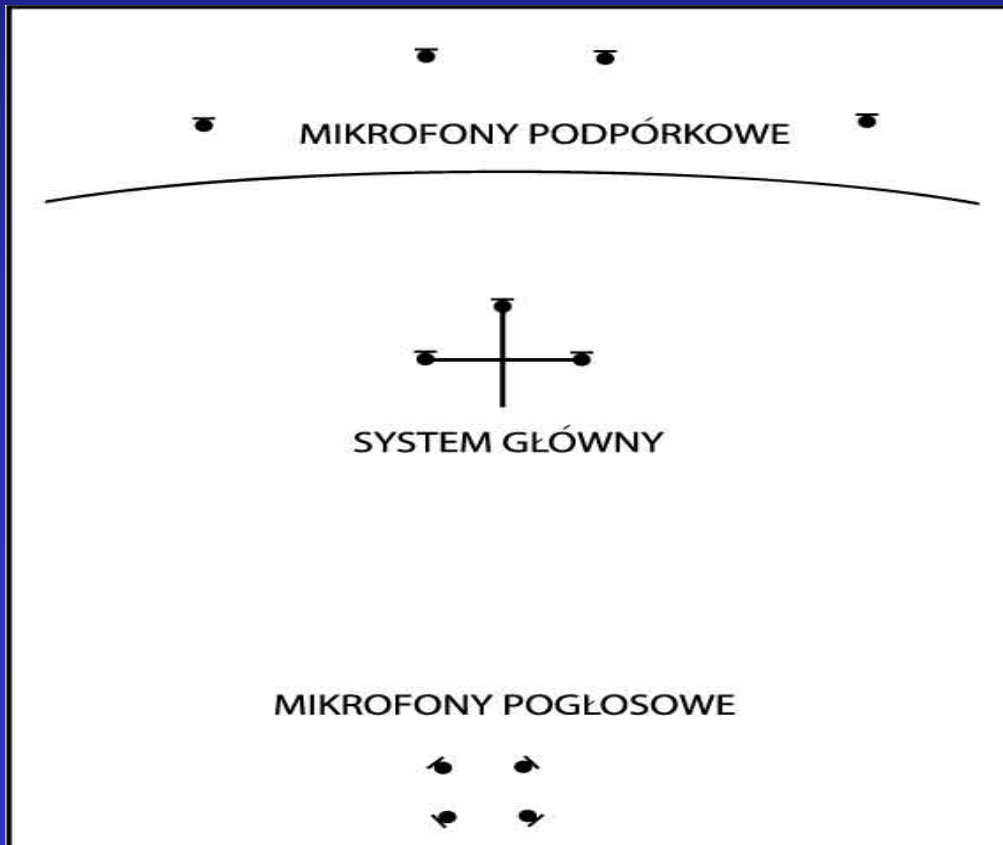
TABLE 2: Three types of 3/2-stereophonic sound

Localisation of (phantom) sources, perception of spatial impression and perception of enveloping atmosphere (e.g. applause) should be distinguished and understood as phenomena of spatial hearing each of them governed by specific laws and needing adequate microphone configurations and mixing methods.

- Dźwięk bezpośredni
- określone źródła dźwięku -> kierunkowość / percepcja odległości
- Dźwięk niebezpośredni
 - odbicia / rewerberacje -> odczucie przestrzeni
- Dźwięki otoczenia
- nieumiejscowione źródła dźwięku -> otaczająca atmosfera

Format 3/2

- Koncepcja realizacji nagrań w formacie 3/2, jest bardzo podobna do koncepcji tworzenia konwencjonalnych nagrań dwukanałowych. Najczęściej stosowaną jest technika, polegająca na użyciu trzech grup mikrofonów: systemu głównego, mikrofonów podpórkowych oraz mikrofonów pogłosowych



System główny

- Odpowiedzialny jest za tworzenie obrazu kierunkowego, poprzez zbieranie bezpośredniego dźwięku źródła (lub źródeł), tworzącego „pierwszy front fali“ oraz za tworzenie obrazu przestrzennego, poprzez zbieranie odbić oraz rewerberacji. Realizacja obydwu funkcji jednocześnie, przez jeden system mikrofonowy, wydaje się być domeną systemów dwukanałowych. Przy zachowaniu odpowiednich warunków nagrywania, właściwa lokalizacja mikrofonów (w granicach promienia krytycznego) zapewnia jednocześnie dobry obraz kierunkowy, jak i właściwą równowagę pomiędzy dźwiękiem bezpośrednim i niebezpośrednim. W przypadku formatu 3/2, około 50% energii dźwięku niebezpośredniego powinno być skierowane do głośników surroundowych LS, RS. Narzuca to potrzebę stosowania mikrofonów o odpowiednich charakterystykach kierunkowych, w celu zapewnienia dostatecznej separacji pomiędzy dźwiękiem bezpośrednim i niebezpośrednim.

System główny

•Podczas reprodukcji nagrania, przedni obraz kierunkowy tworzony jest przez trzy głośniki L C R, stanowiące dwa obszary stereofoniczne L-C oraz C-R. Stąd, powstaje potrzeba trzykanałowego zebrania przedniego dźwięku bezpośredniego. W przypadku nagrań muzyki klasycznej, system główny ustawiany jest przed orkiestrą. Odległość, zależy od warunków nagrywania (pogłos sali, liczebność orkiestry) i waha się w granicach promienia krytycznego (natężenie dźwięku bezpośredniego = natężeniu dźwięku pogłosowego). Mikrofony umieszczane są na stosunkowo dużej wysokości, dzięki czemu zredukowane jest niezrównoważenie głośności pomiędzy najbliższymi oraz najdalszymi instrumentami w orkiestrze.

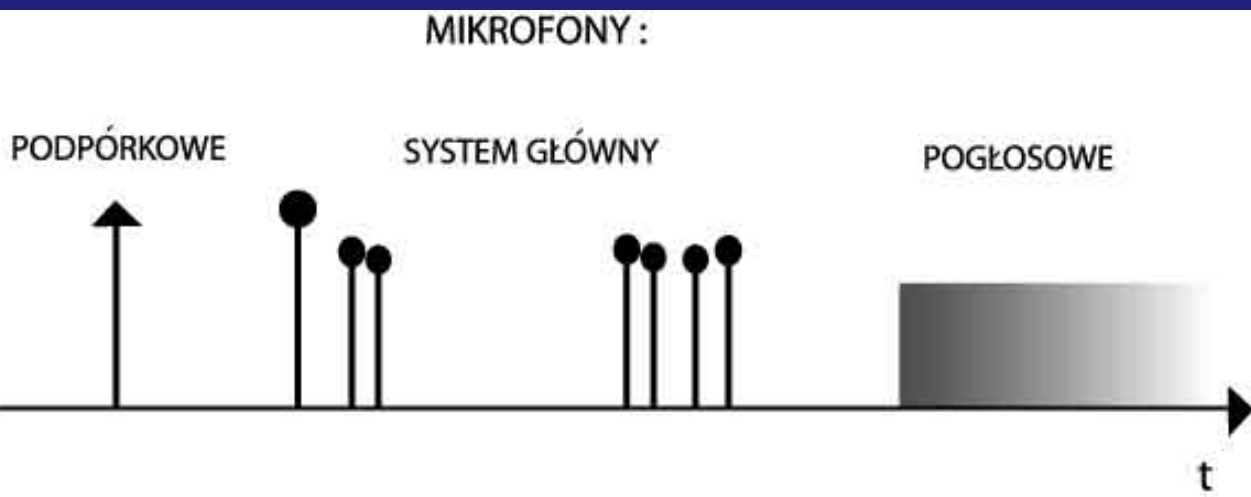
Mikrofony podpórkowe i pogłosowe

• **Mikrofony podpórkowe** – Mają za zadanie dogłośnienie poszczególnych grup instrumentów, (np. najmniej licznych, zbyt bardzo odsuniętych od systemu głównego). Podczas produkcji materiału w formacie 3/2, po odpowiednim opóźnieniu, mogą one być wykorzystane do tworzenia wrażenia przestrzeni. Mikrofony te umieszczane są w bliskiej odległości od źródła dźwięku (np. przed solistą, nad grupą instrumentów)

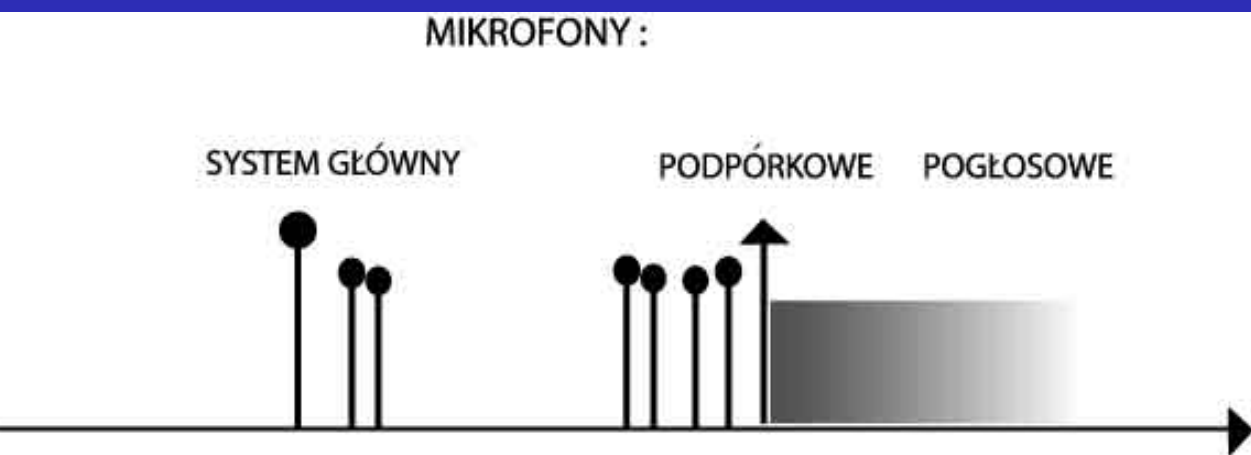
• **Mikrofony pogłosowe** – Służą do zebrania dźwięku niebezpośredniego (odbić, rewerberacji, „atmosfery“ sali). Mikrofony te umieszczane są w dalekiej odległości od orkiestry w polu pogłosowym.

kompensacja opóźnień)

• Odtworzenie naturalnego wrażenia przestrzennego wymaga dokładnego przeanalizowania rozkładu opóźnień dźwięku na sali. Jest to tzw. technika równoważenia (*room-related balancing technique*)



- **Mikrofony podpórkowe i pogłosowe bez opóźnień**



- **Mikrofony podpórkowe i pogłosowe z wprowadzonymi opóźnieniami**

kompensacja opóźnień)

• Odtworzenie naturalnego wrażenia przestrzennego wymaga dokładnego przeanalizowania rozkładu opóźnień dźwięku na sali. Jest to tzw. technika równoważenia (*room-related balancing technique*)

- Aby zmniejszyć efekt opóźnienia, na sygnał z mikrofonu podpórkowego nakładany jest sztuczny pogłos lub kompensowane jest opóźnienie sygnału z mikrofonów głównych. Jednakże, dokładna kompensacja opóźnienia może prowadzić do powstawania efektów filtracji grzebieniowej. Aby zachować percepcję głębi przestrzeni oraz uniknąć niepożądanych efektów filtracji, sygnały z mikrofonów podpórkowych opóźniane są o wiele bardziej tak, aby znalazły się w zakresie wczesnych odbić (około 15...25 ms). Dzięki temu, sygnał z mikrofonów podpórkowych przyczynia się tylko do wyrażenia głośności danego instrumentu.
- W przypadku gdy odległość pomiędzy systemem głównym a mikrofonami pogłosowymi przekracza 10m (ok.. 30ms), sygnał z mikrofonów głównych i podpórkowych odpowiednio opóźnia się, aby uniknąć powstawania efektu echa.

Delay design (kompensacja opóźnień)

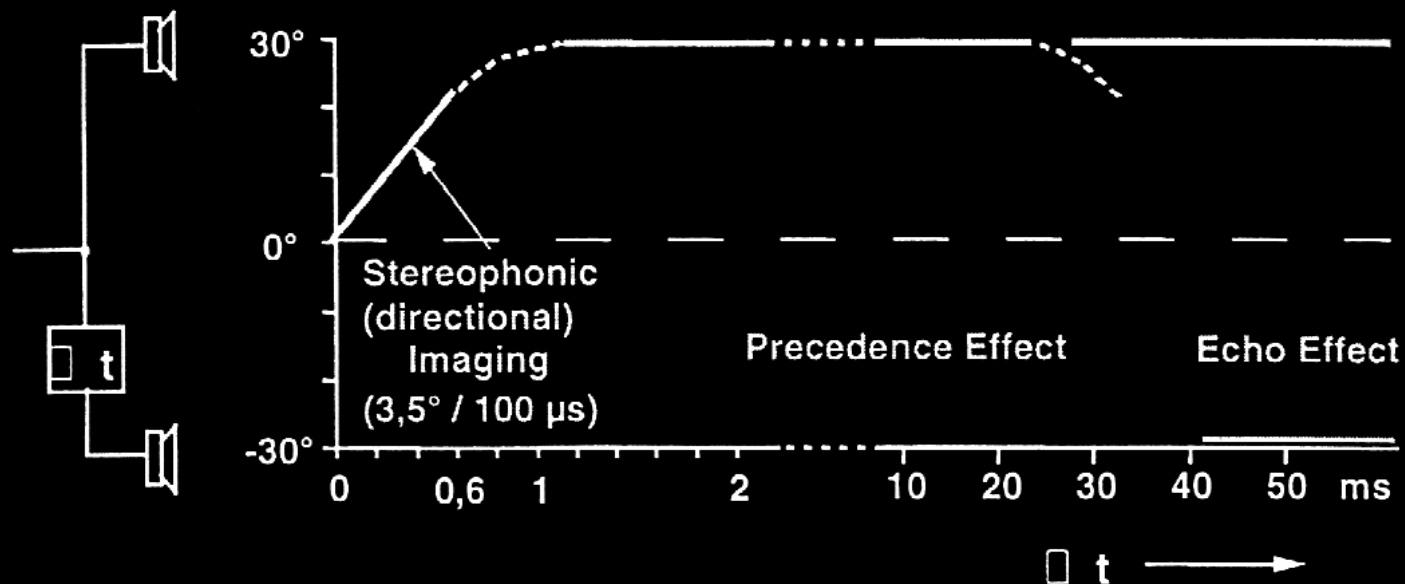


FIG. 2: Interchannel delay inducing phantom source, Precedence Effect, or echo

Delay design (kompensacja opóźnień)

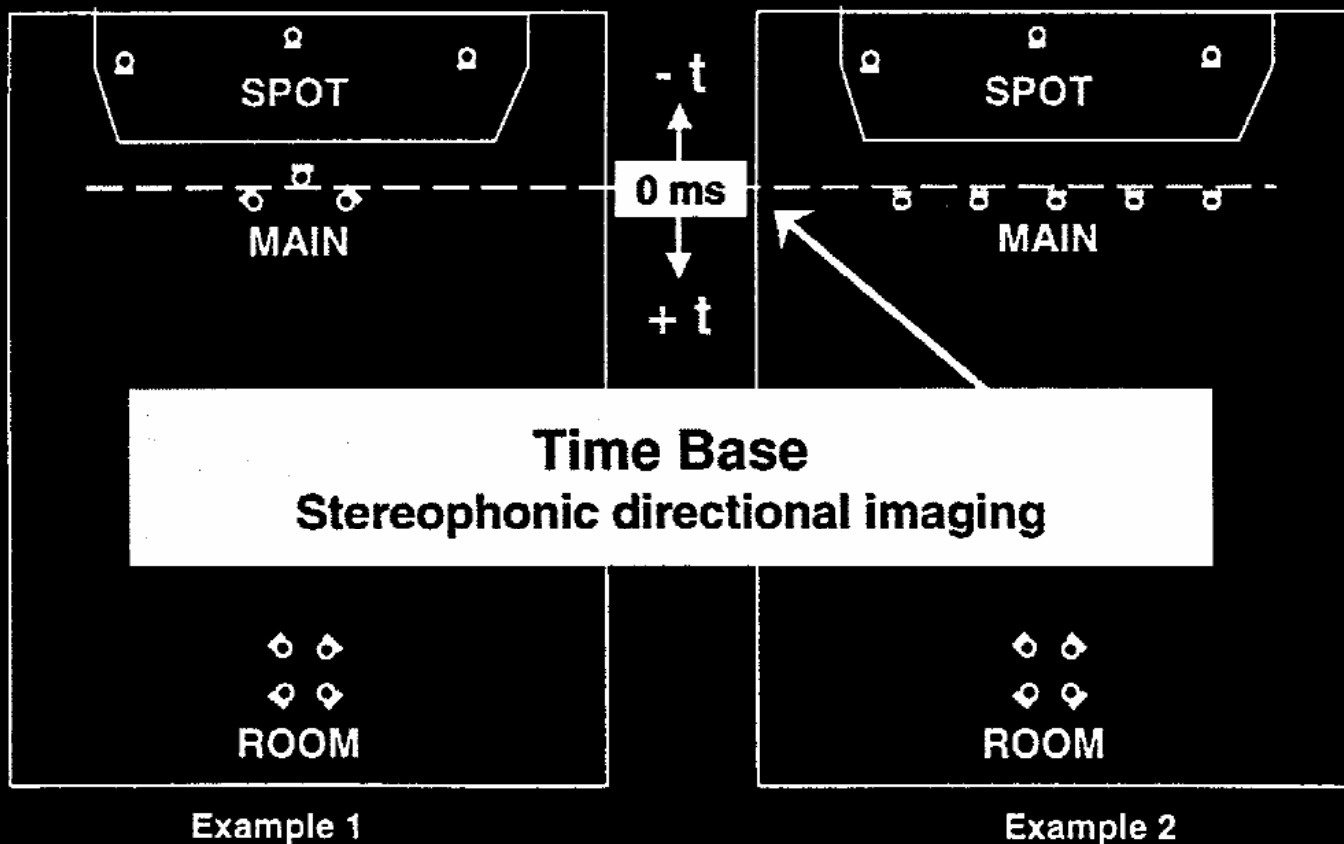


FIG. 3: Room-related time balancing: Setting the time base

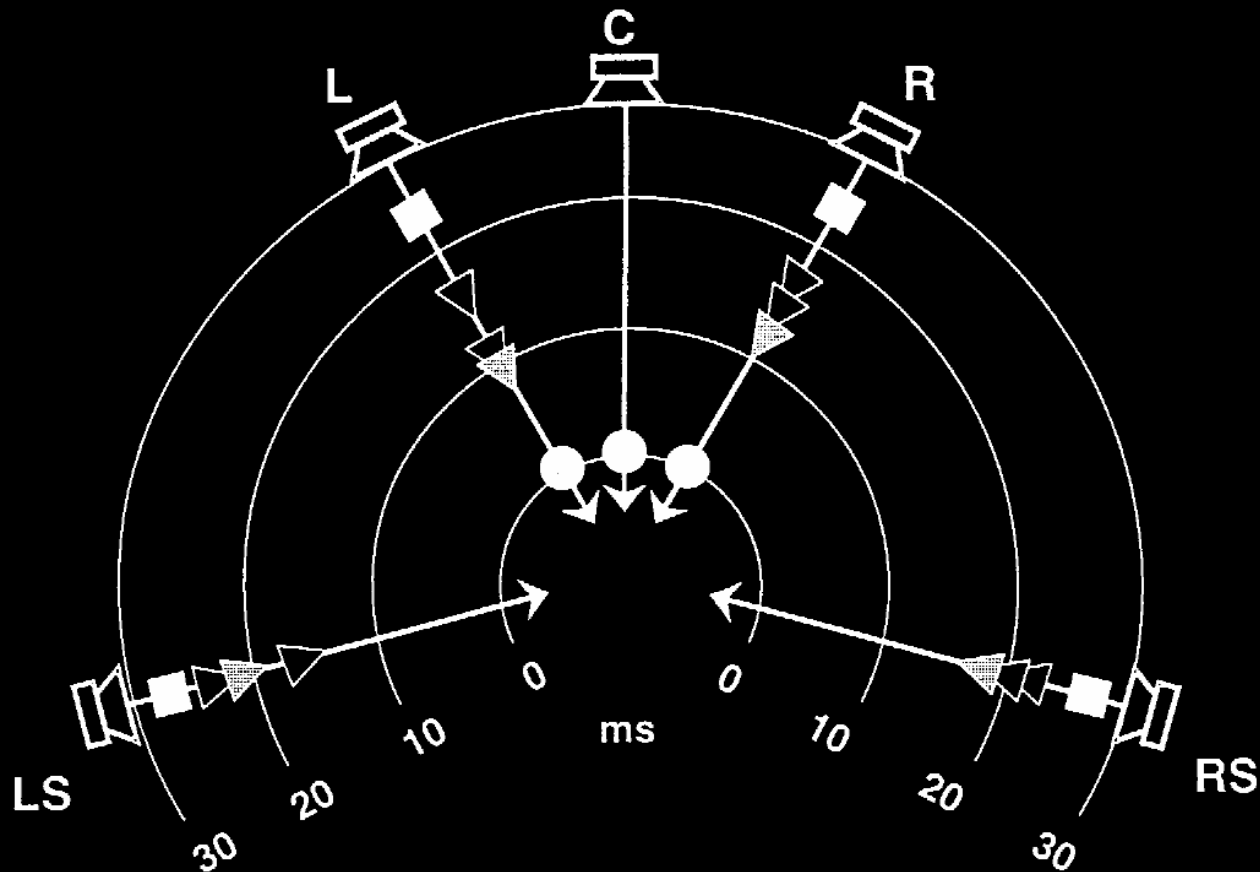
A common time base should be set in any microphone configuration. On this basis the delay of each of the microphones can be designed according to the natural pattern (see e.g. FIG. 1 and TABLE 3).

Delay design (kompensacja opóźnień)

Microphone	Lead / Lag (+ / - ms)	Compensation (ms)		Arrival-time Gap (ms)	Comp. + Gap (ms)	Resulting Delay (ms)	Initial Direction
Main L	<i>Time Base</i>		0	0	0	- 35	-
Main C	<i>Time Base</i>		0	0	0	- 35	-
Main R	<i>Time Base</i>		0	0	0	- 35	-
Spot A	+ 25	Refl. 1:	- 25	- 12	- 37	- 72	- 30°
		Refl. 2:	- 25	- 9	- 34	- 69	+ 30°
		Refl. 3:	- 25	- 17	- 42	- 77	- 110°
		Refl. 4:	- 25	- 20	- 45	- 80	+ 110°
Spot B	+ 35	Refl. 1:	- 35	- 15	- 50	- 85	- 30°
		Refl. 2:	- 35	- 18	- 53	- 88	+ 30°
		Refl. 3:	- 35	- 21	- 56	- 91	- 110°
		Refl. 4:	- 35	- 18	- 53	- 88	+ 110°
Spot C	+ 45	Refl. 1:	- 45	- 17	- 62	- 97	- 30°
		Refl. 2:	- 45	- 11	- 56	- 91	+ 30°
		Refl. 3:	- 45	- 19	- 64	- 99	- 110°
		Refl. 4:	- 45	- 23	- 68	- 103	+ 110°
Room L	- 60		+ 60	- 25	+ 35	0	- 30°
Room R	- 60		+ 60	- 25	+ 35	0	+ 30°
Room LS	- 60		+ 60	- 27	+ 33	- 2	- 110°
Room RS	- 60		+ 60	- 27	+ 33	- 2	+ 110°

1 m ↔ 3 ms / 1 ms ↔ 0,33 m

Delay design (kompensacja opóźnień)



Microphone Signals:

- Main
- ▼ Spot A
- ▼ Spot B
- ▼ Spot C
- Room

Downard compatibility (Downmix)

• Downmix jest procesem konwersji materiału dźwiękowego wielokanałowego do postaci stereofonicznej lub monofonicznej. Może być on realizowany zarówno przez producenta - realizatora nagrania, który tworząc nagranie wielokanałowo tworzy również osobno nagranie np. stereofoniczne, jak i przez algorytmy kodeka np. Dolby Digital. Jednym z najważniejszych zagadnień jest zachowanie spójności fazowej i głośności nagrania. Jakiegokolwiek większe dysproporcje pomiędzy nagraniem stereo a nagraniem wielokanałowym są niepożądane i w przypadku kodeków z funkcją przełączania trybów pracy z wielo- na dwukanałowy, mogą być wyraźnie słyszalne. By zachować właściwe proporcje, algorytm realizuje, miksując format 5.1 w „dół” do stereofonicznego, następujące równania wzmocnienia kanałów:

$$L_0 = L + 0.707 C + k LS$$

$$R_0 = R + 0.707 C + k RS$$

Przy czym k może przyjmować różne wartości:

$$k = 1, 0.707, 0.5, 0.36, 0$$

Downard compatibility (Downmix)

gdzie L to rozkodowany kanał lewy, C - centralny, R - prawy natomiast LS i RS to odpowiednio lewy i prawy surround. Powyższe równanie sugeruje, że kanał centralny oraz kanału surround osłabiane są o 3 dB w stosunku do kanałów przednich. Zakładając że maksymalne wzmocnienie systemu jest sumą współczynników równania

$$G_0 = 1 + 0,707 + 0,707 = 2,414 = 7,65 \text{ dB}$$

- Wszystkie kanały powinny przeskalowane o tę właśnie wartość

$$\bullet L_0 = \frac{1}{2},414L + 0,292C + 0,292LS$$

$$\bullet R_0 = \frac{1}{2},414R + 0,292C + 0,292RS$$

- Zapobiega to powstawaniu zbyt dużych wzmocnień sygnału w procesie downmiksingu.

Pattern of reflections

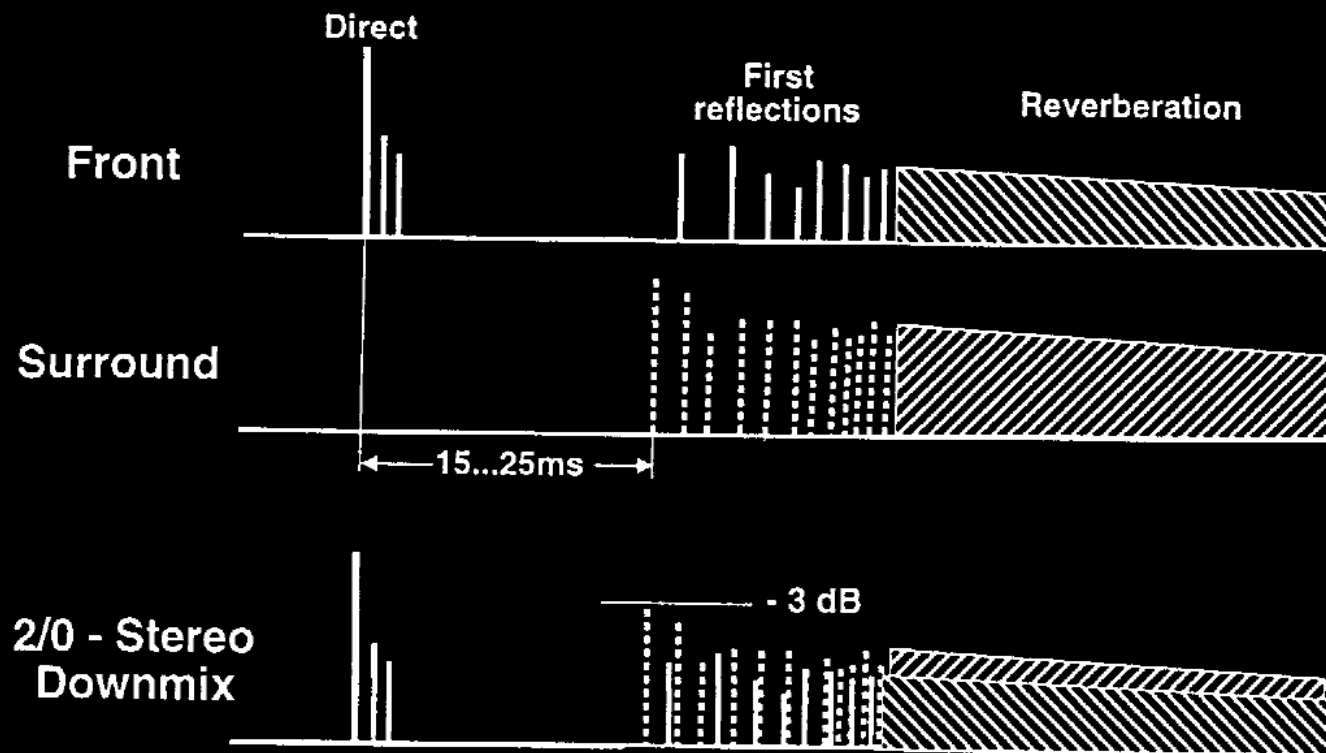


FIG 5: Pattern of reflections in the 3/2-mix and in the 2/0-downmix

In the 2/0-downmix the room information of the 3/2-stereo mix is completely preserved. Two-channel reproduction allows corresponding spatial impression in the simulation plane. However, optimum stereophonic quality is not ensured in all cases.

Near-coincident configuration (technika L-C-R)

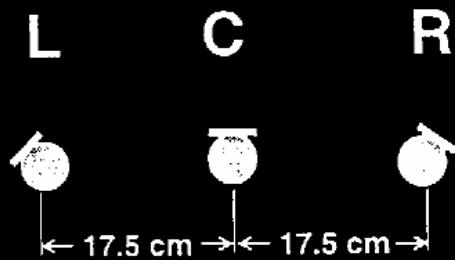
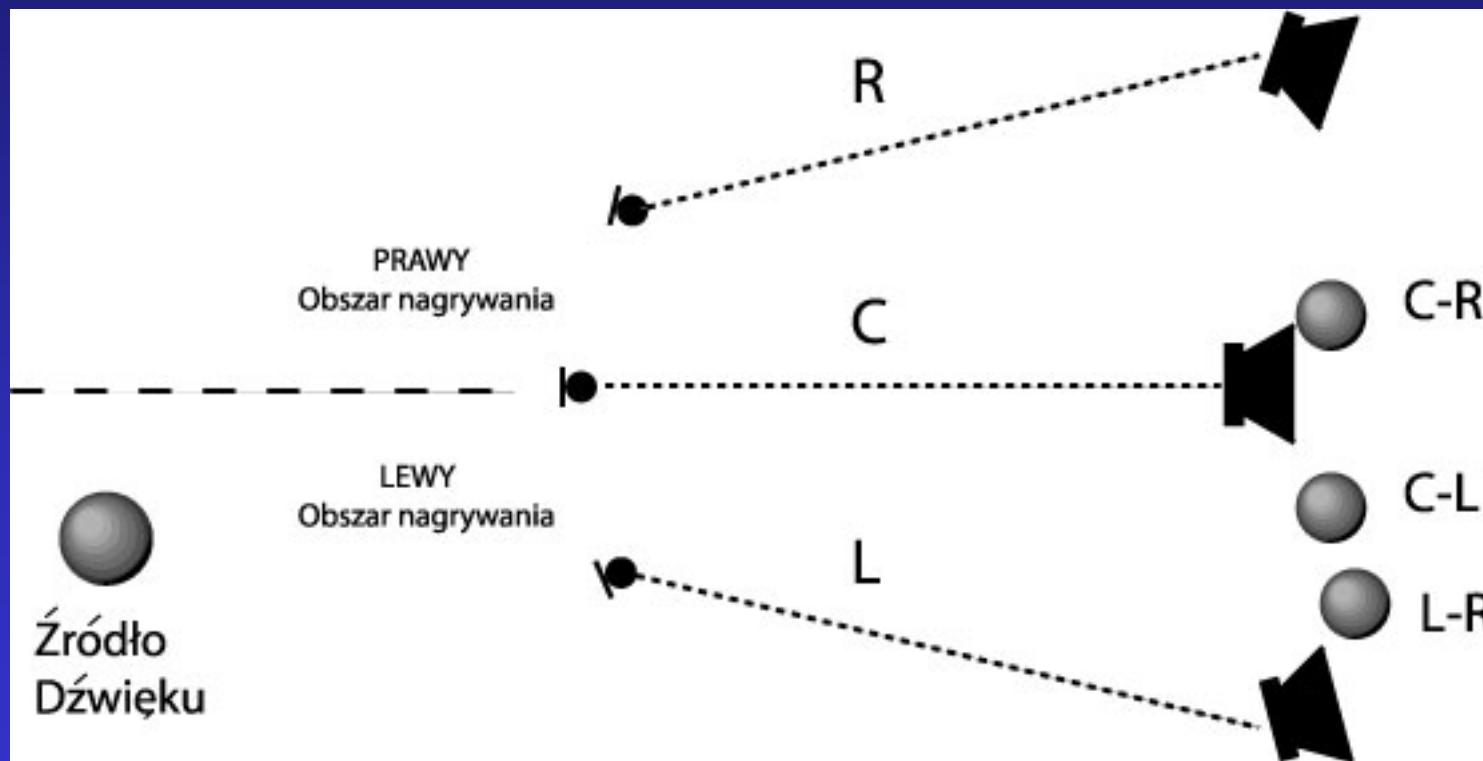


FIG 8: Near-coincident configuration [24]

Three microphones in line. The outside capsules L, R have a super-cardioid polar characteristic (30° off-center). This avoids producing a strong center phantom image. The center capsule has a cardioid polar characteristic.

Problem przesłuchów (technika L-C-R)

- Użycie trzech mikrofonów do nagrywania źródła dźwięku, powoduje powstawanie przesłuchów międzykanałowych. Tworzy się przez to tzw. efekt „potrójnego źródła pozornego“



- Powstawanie „potrójnego źródła pozornego“

Problem przesłuchów (technika L-C-R)

•W przypadku idealnym, źródło dźwięku ulokowane w lewym obszarze nagrywania, nie powinno być zbierane przez prawy mikrofon, źródło ulokowane w prawym obszarze nie powinno być zbierane przez lewy mikrofon, natomiast źródło umieszczone centralnie nie powinno być zbierane ani przez lewy, ani przez prawy mikrofon. Teoretycznie przesłuch międzykanałowy, nie powinien przekraczać 15dB. Stosowanie mikrofonów o charakterystykach kardioidalnych lub nawet hiperkardioidalnych nie zapewnia jednak dostatecznej separacji pomiędzy kanałami.

System INA 3

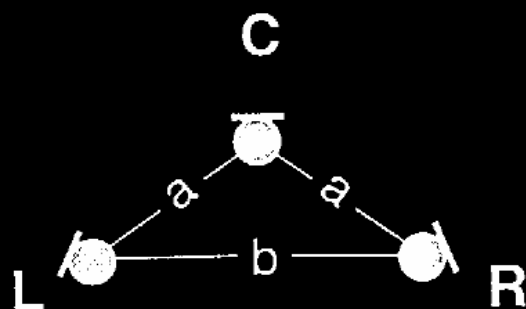


FIG 7: Configuration “INA 3” on the basis of [21]

The triangle arrangement has been designed in line with the so-called “Williams-Curves” [21] aiming optimum attachment of the recording areas for L-C and C-R. In [20] the distances a and b are calculated for cardioid capsules dependent on the resulting recording angle φ :

$\varphi = 100^\circ$:	$a = 69 \text{ cm}$	$b = 126 \text{ cm}$
$\varphi = 120^\circ$:	$a = 53 \text{ cm}$	$b = 92 \text{ cm}$
$\varphi = 140^\circ$:	$a = 41 \text{ cm}$	$b = 68 \text{ cm}$
$\varphi = 160^\circ$:	$a = 32 \text{ cm}$	$b = 49 \text{ cm}$
$\varphi = 180^\circ$:	$a = 25 \text{ cm}$	$b = 35 \text{ cm}$

The off-center angles of the microphones are always $\frac{1}{2} \varphi$

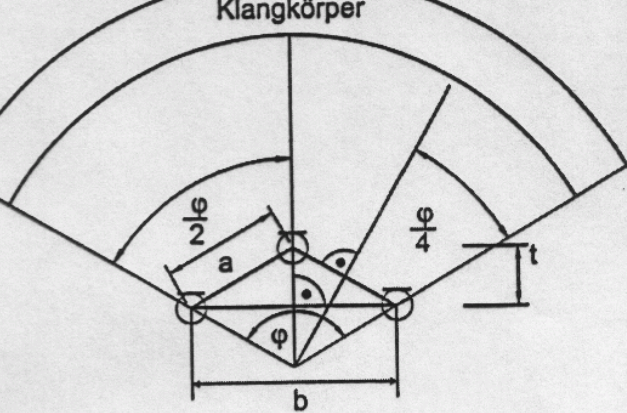


Fig. 4: The INA 3 microphone arrangement, showing its recording angle for a given body of sound sources (labeled as "Klangkörper" in this diagram)

INA 3

IRT (cross arrangement)

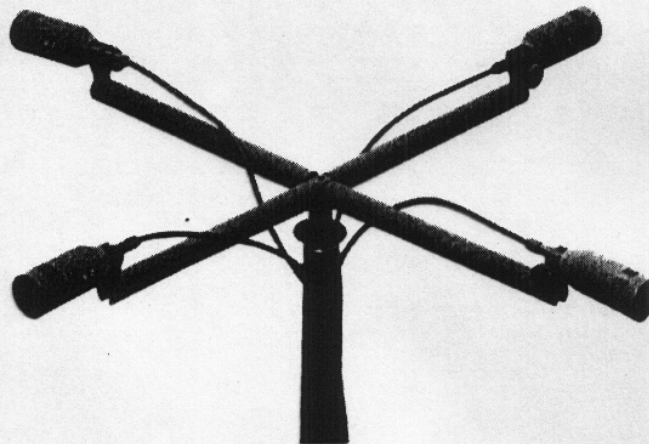


Fig. 6: IRT Microphone Cross arrangement

ASM 5

INA 5

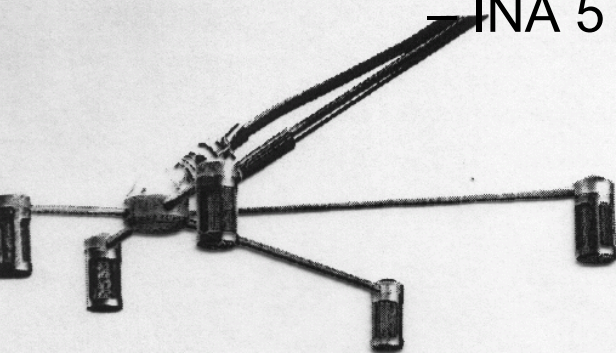
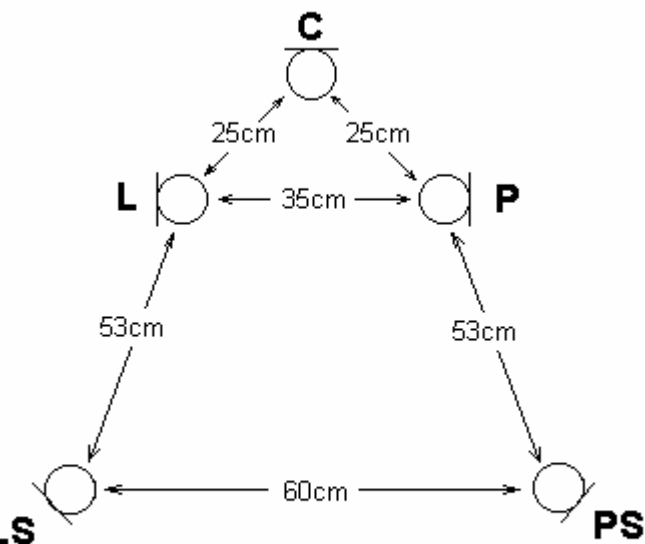


Fig. 5: ASM 5 microphone (a variant of the INA 5 arrangement)

System INA – 5 jest klasycznym przykładem systemu 3/2. W systemie zastosowano trzy mikrofony przednie lewy (L), centralny (C) oraz prawy (P), a także dwa surroundowe lewy (LS) oraz prawy (PS). Przednie mikrofony odpowiedzialne są za obraz stereofoniczny, natomiast mikrofony surroundowe rejestrują charakterystykę pomieszczenia w którym dokonuje się rejestracji nagrania.



- System INA – 5 powinien być umieszczony możliwie blisko głowy dyrygenta w celu zapewnienia poprawnego rozkładu instrumentów w panoramie. Zbyt dalekie umieszczenie systemu od orkiestry może spowodować „efekt centralny”, czyli odbiór dźwięku tylko z głośnika centralnego. Typowo stosuje się charakterystyki kardoidalne mikrofonów.

Podział podobszarów nagrywania i odpowiadające im mikrofony w systemie INA5

	•L – C	•C – P	•P – PS	•PS – LS	•LS – L
•Podobszary [°]	•-90 – 0	•0 – +90	•+90 – 150	•+150 – -150	•-150 – -90

System INA 5



- Wadą powyższej konfiguracji jest fakt powstawania pozornego źródła dźwięku pomiędzy głośnikami bocznymi a głośnikami surroundowymi. Źródła te charakteryzują się dużą niestabilnością pod względem poziomu, jak i położenia.

5.1 recording

System Dirk Brauner

System nazwany od nazwiska proponującego D. Braunera jest kombinacją matrycy mikrofonów Brauner ASM 5 i procesora sygnałowego SPL Atmos 5.1 dedykowanego do nagrywania, miksowania i re-masteringu dźwięku dookólnego. ASM 5 składa się z pięciu mikrofonów o dwóch membranach Brauner VM1 umieszczonych na konstrukcji w kształcie gwiazdy



Widely spaced omnis ("Decca-Tree")

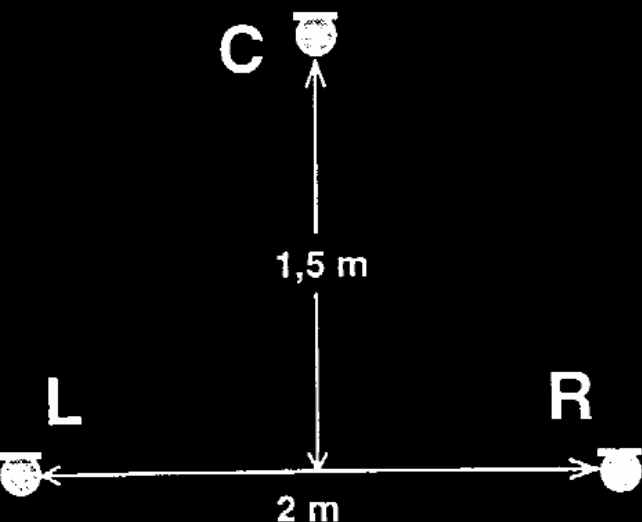


FIG 9: Widely spaced omnis ("Decca-Tree", [19])

Three omni-directional microphones are widely-spaced in a triangle configuration. Due to the wide spacing the configuration is not suitable for accurate stereophonic directional imaging. It is used to produce an open, spacious sound, combined with a solid central image. –

A similar triangle configuration is applied in the Fukada-Tree [12], however, cardioid microphones are used (see FIG 18).

- System Decca Tree został opracowany w brytyjskiej wytwórni Decca. System składa się z trzech wszechkierunkowych mikrofonów umieszczonych na końcach statywu w kształcie litery T.
- Odległość pomiędzy lewym i prawym mikrofonem wynosi około dwóch metrów. Centralny mikrofon jest wysunięty o półtora metra od płaszczyzny pozostałej pary. Całą konstrukcję umieszcza się około metra za dyrygentem i około trzech metrów nad jego głową.

Localisation curve (narrow-spaced two-channel mic.)

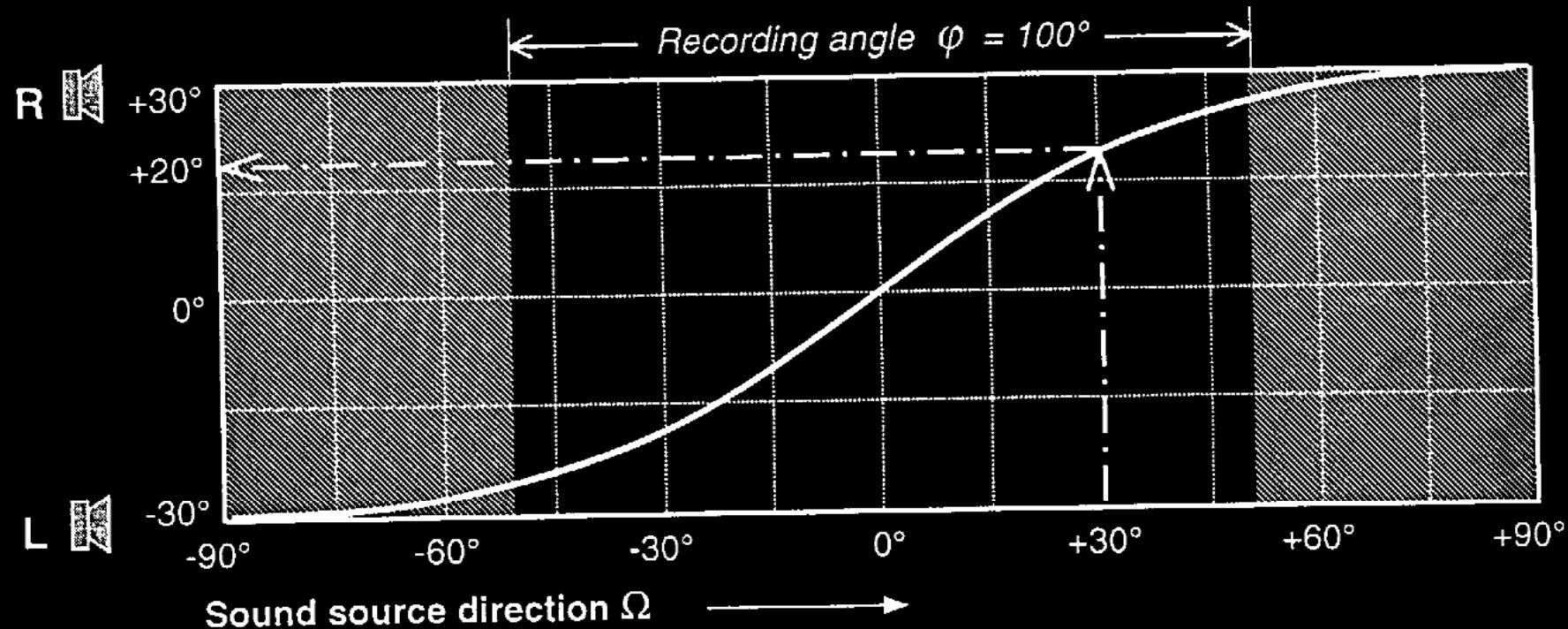
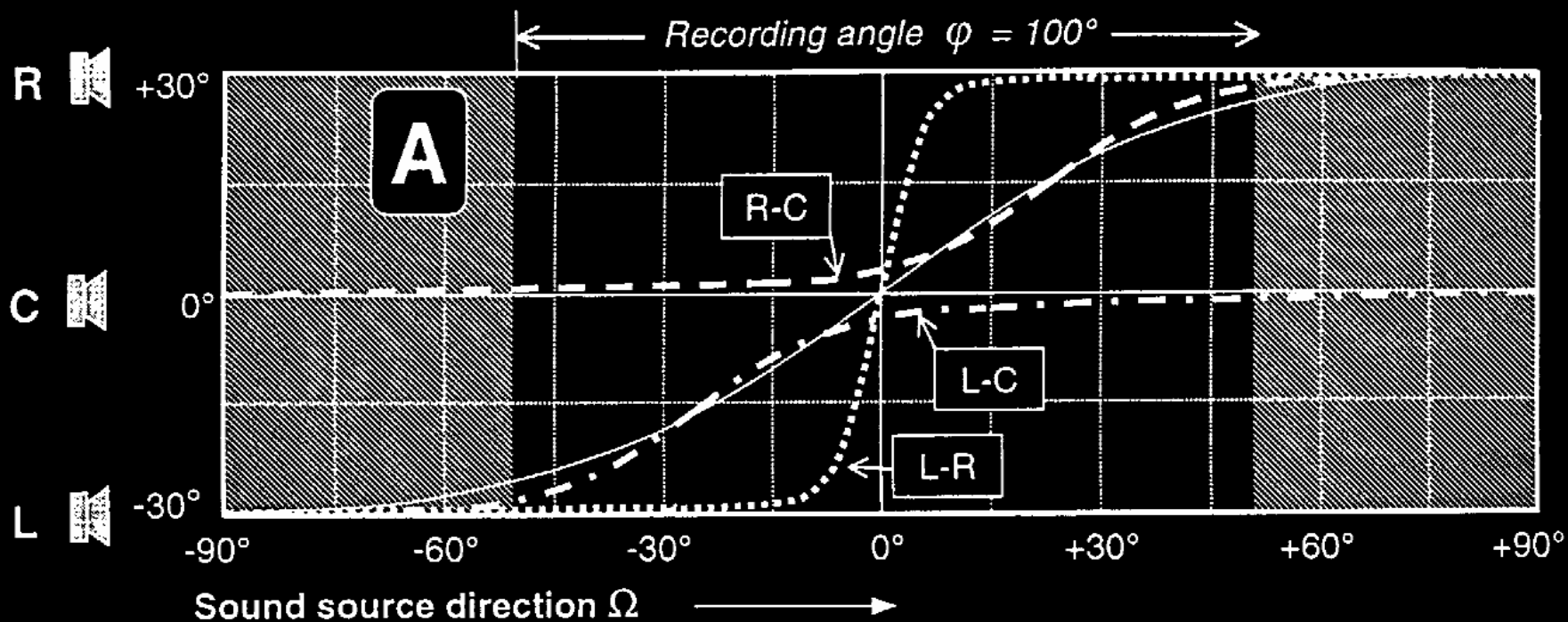


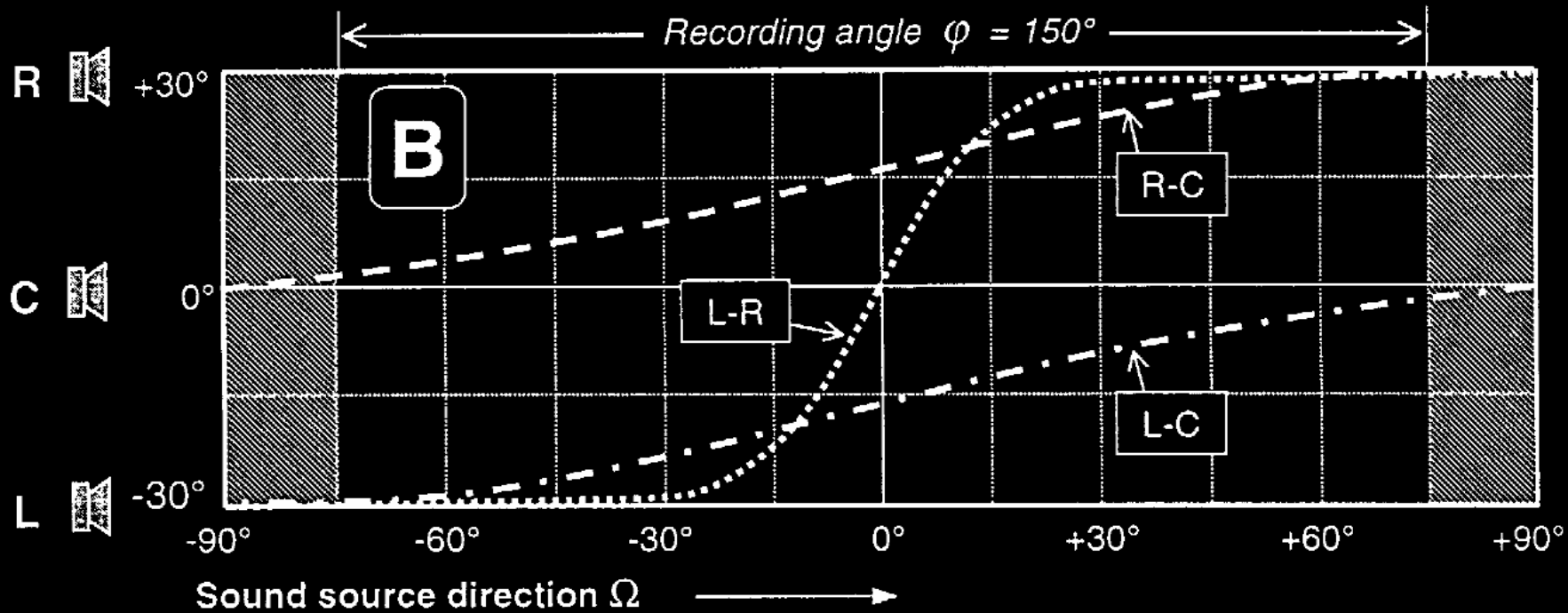
FIG 10: Localisation curve of a narrow-spaced two-channel microphone

The curve displays the directional translation of the stereophonic microphone. For example, a sound source located 30° off-center right of the microphone will be perceived approximately 20° off-center right in the standard two-channel loudspeaker arrangement, due to the channel signal difference delivered from the microphone. The useful recording angle of this microphone is $\pm 50^\circ$. Within this sector the curve ensures a well-balanced directional image.

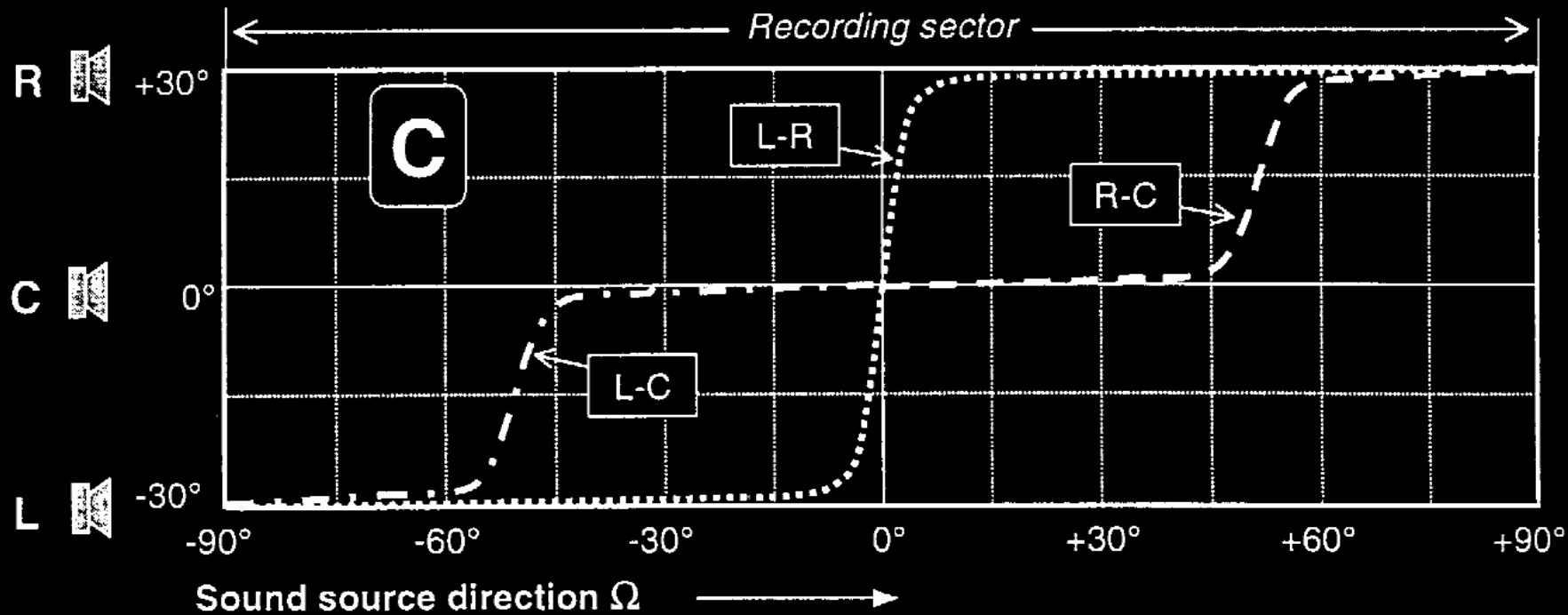
Localisation curve (INA 3)



Localisation curve (Near-coincident)



Localisation curve (Decca-Tree)



Five microphones widely spaced

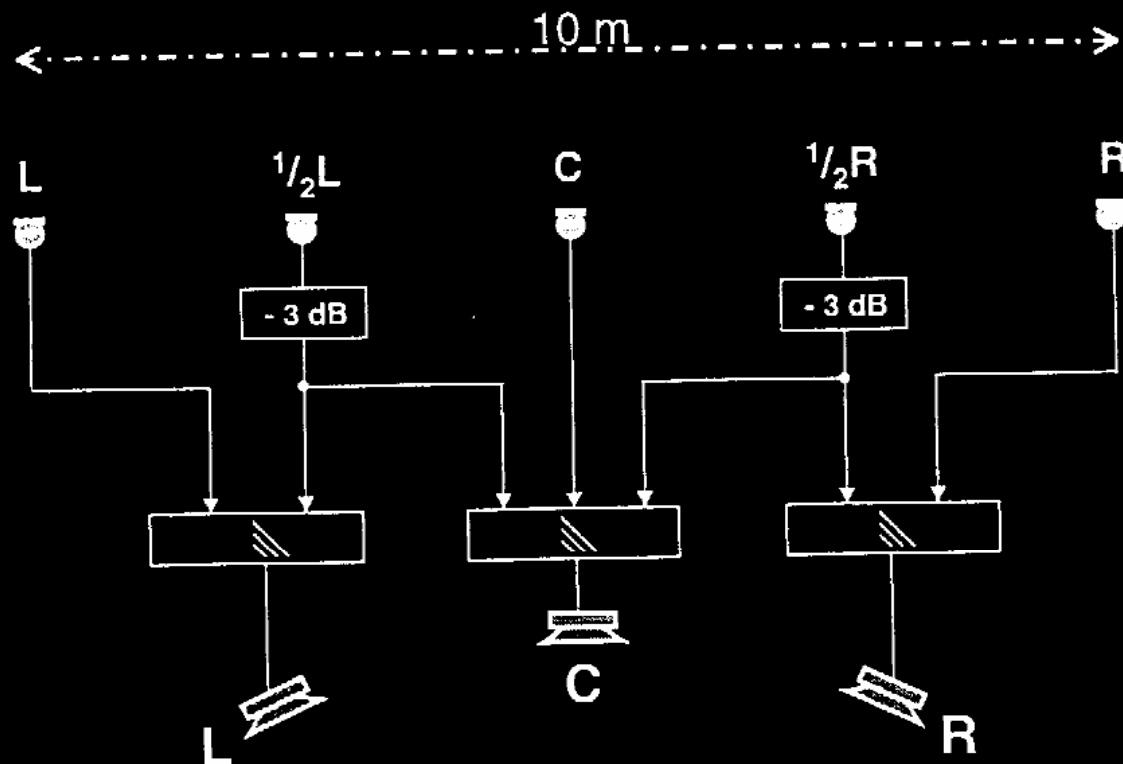


FIG 12: Five microphones in line and widely spaced

The microphones are distributed across the stage width, providing five negligibly correlated signals to produce three stable sources plus two phantom sources for directional imaging. The R/D-ratio and the balance of the orchestra elements can be controlled in certain limits by microphone positioning. Cardioid microphones may be used in order to reduce the indirect sound energy in the front channels.

Separate 2-channel main microphones

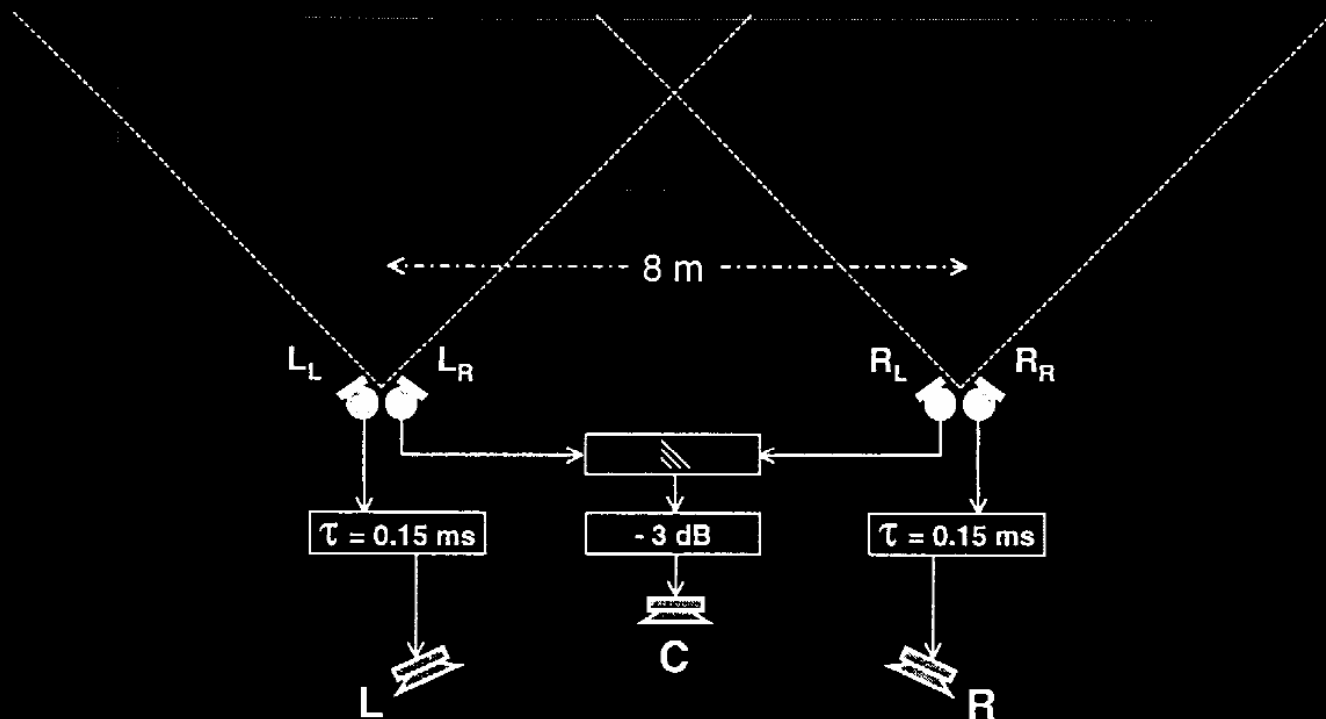


FIG 13: Separate 2-channel main microphones [25]

The two-channel main microphones are widely spaced. Each of both is used to pick up the left or right half of the orchestra in the usual way. It is not necessary that the main microphones are located in line, rather, they can be positioned and adjusted individually according to the recording situation given in the left and right recording area. It is important to avoid overlapping recording angles as perfect as possible.

Optimised triangle configuration

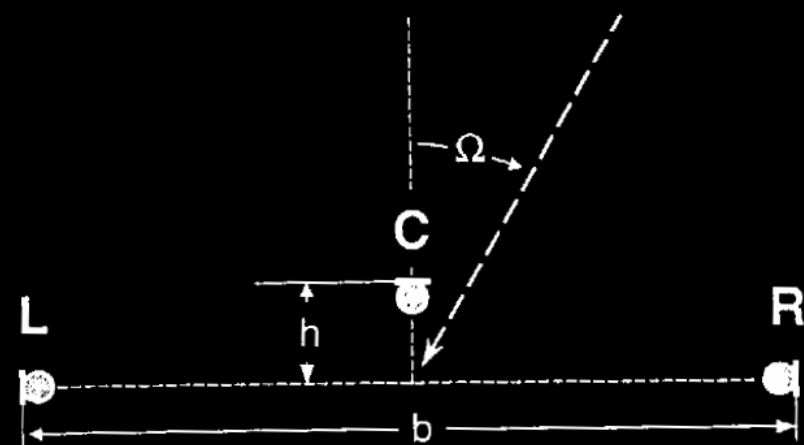


FIG 14: Optimised triangle configuration

The microphone characteristics of capsules L and R are super-cardioids. They are faced sideways (90° off-center), in order to ensure maximum channel separation. The freefield equalisation of capsules L and R is preferably based on $\Omega = 30^\circ$. The center microphone is a usual cardioid.

Distance b depends on the recording angle φ :

$$\varphi = 90^\circ \quad b = 80 \text{ cm}$$

$$\varphi = 100^\circ \quad b = 70 \text{ cm}$$

$$\varphi = 110^\circ \quad b = 60 \text{ cm}$$

Distance $h = 8 \text{ cm}$ If cardioids are used instead of super-cardioids, $h = 12 \text{ cm}$.

Intensity and time shift factor

	Two-channel stereo Loudspeakers L - R Stereo base angle $\Psi = 60^\circ$	Three-channel stereo Loudspeakers L - C - R Each stereo base angle $\Psi = 30^\circ$
Intensity shift factor $Z_i = 7,5\% / \text{dB}$	$\Delta\vartheta_i = 2,2^\circ / \text{dB}$	$\Delta\vartheta_i = 1,1^\circ / \text{dB}$
Time shift factor $Z_t = 15\% / 0,1 \text{ ms}$	$\Delta\vartheta_t = 4,4^\circ / 0,1 \text{ ms}$	$\Delta\vartheta_t = 2,2^\circ / 0,1 \text{ ms}$
Effect of intensity plus time shift	$\Delta\vartheta_\Sigma = \Delta\vartheta_i + \Delta\vartheta_t$	

Definitions:

$\Delta\vartheta_i, \Delta\vartheta_t$: Shift angle of the phantom source due to the interchannel level or time difference

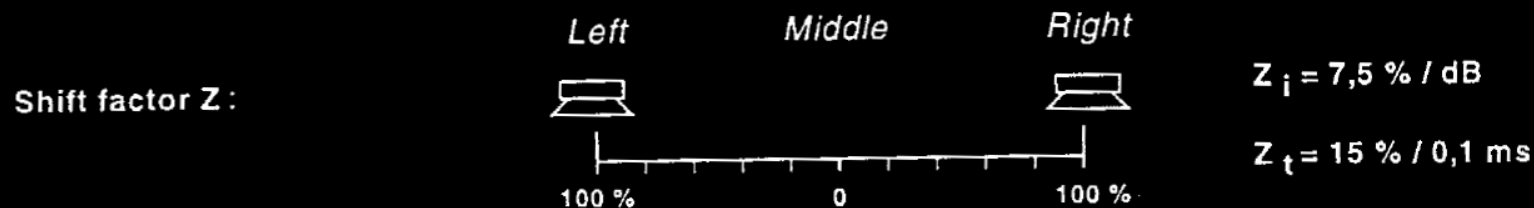


TABLE 5: Intensity and time shift factor

Super cardioid configuration

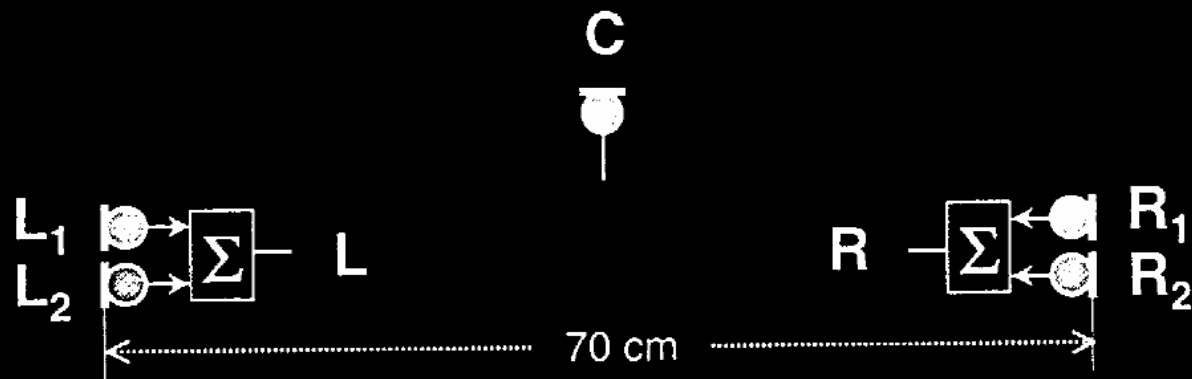


Fig 15: Super-cardioid configuration with improved bass response

- Capsules L₁ and L₂ as well as R₁ and R₂ are forming two-way microphones L and R
- Capsules L₁ and R₁ : Super-Cardioid, minimum diameter, 100 Hz highpass filtered
- Capsules L₂ and R₂ : Omni, 100 Hz lowpass filtered
- Capsule C : Cardioid, 100 Hz highpass filtered

Individual adjustment

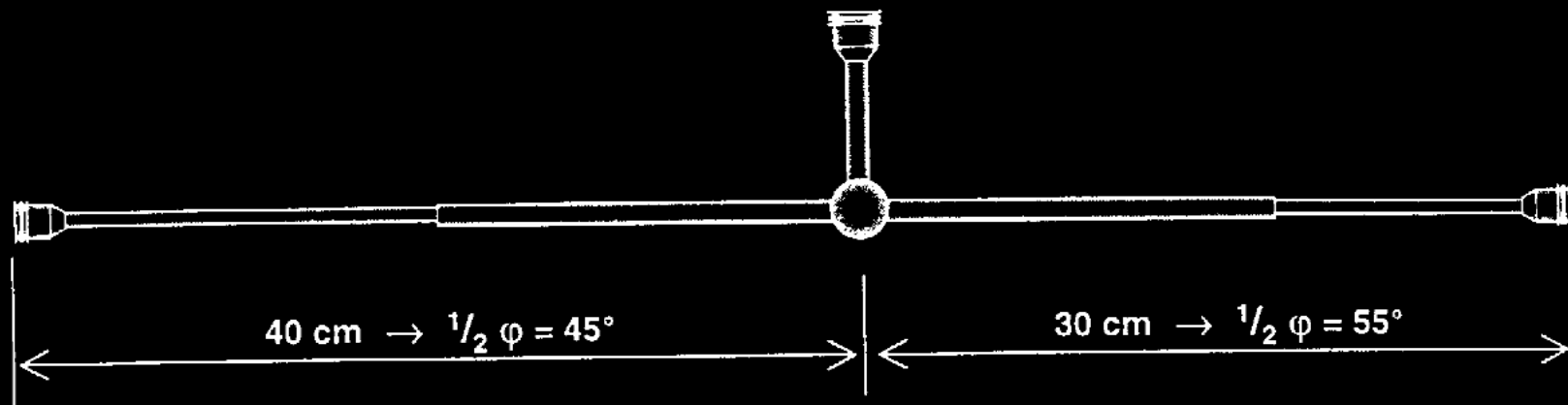


Fig 16: Individual adjustment of the recording angle for each side

The distance between L and C or R and C can be adjusted individually according to the desired recording angle for the left and for the right part of the soundstage. Remote control from the control room is desirable and would be feasible.

System Fukuda-Tree

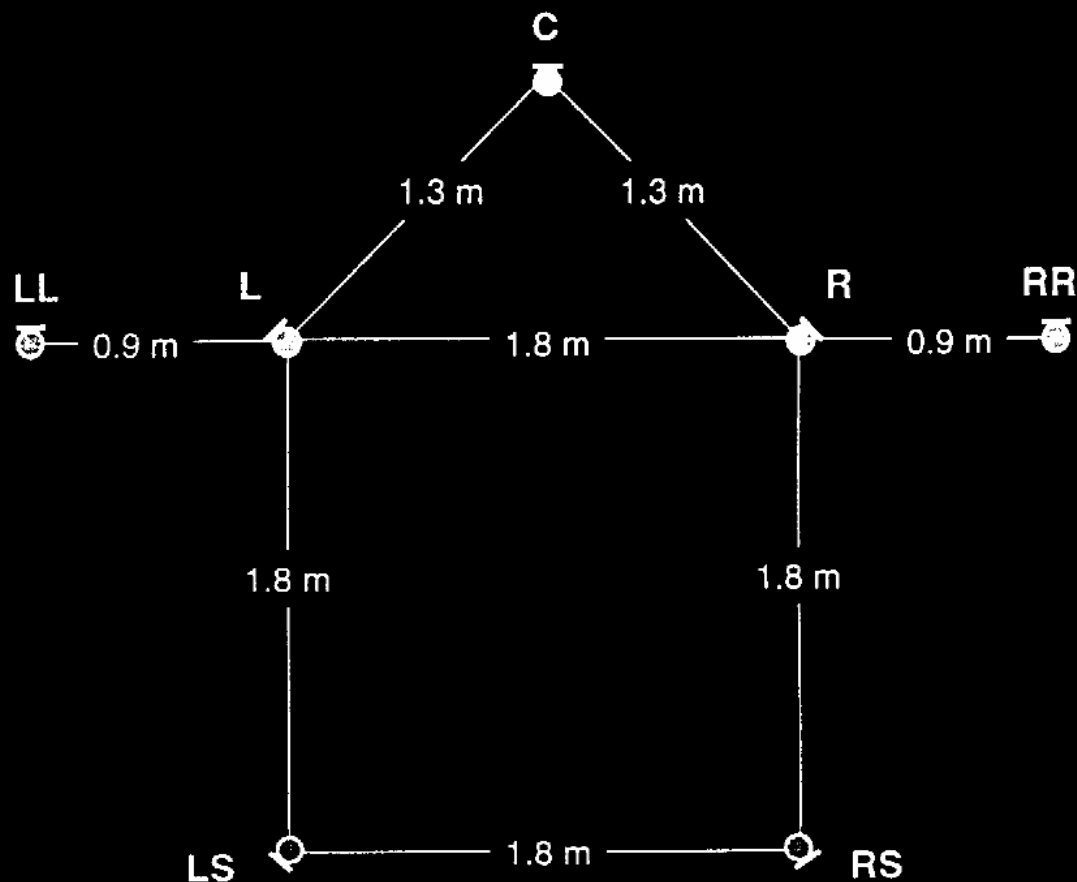


FIG 18: "Fukuda-Tree" [12]

The triangle configuration is a modified "Decca Tree". The Microphones L, C, R, RS, LS are cardioids. Additional omnidirectional flanking microphones on the sides (LL, RR) are used "to present a sense of the orchestra width and to smooth the sound connection between the front and the rear" [12]. Spatial imaging is realised by means of the 1,8 m spaced square L, R, RS, LS. - It is also stated in [12]: "The configuration of the tree can vary depending on the hall's acoustic characteristics, while the microphone intervals may be changed conforming to the orchestra's size and formation."

Fukuda-Tree

W odróżnieniu do systemu INA – 5, w systemie Fukuda Tree nie wyróżnia się kątów nagrywania. Przyczyną jest szeroki rozstaw mikrofonów. W efekcie bardzo trudno jest uzyskać głęboki i wyraźnie kierunkowy obraz stereofoniczny. Stosując system Fukuda Tree, dokonuje się miksu w specjalny sposób. Dźwięki znajdujące się około -30° ... $+30^{\circ}$ względem osi układu umieszcza się w kanale centralnym lub blisko niego. Źródła znajdujące się w obszarze -50° ... $+50^{\circ}$ umieszcza się w przednich kanałach lewym i prawym. Zadaniem mikrofonów dookólnych, zastosowanych po bokach jest poszerzenie bazy stereofonicznej. Innym zadaniem jest złagodzenie różnicy pomiędzy przednim i tylnym obrazem akustycznym.

R/D Ratios

	L	C	R	LS	RS
INA 5	+ 1 dB	- 5 dB	+ 1 dB	+ 6 dB	+ 6 dB
Fukuda Tree	- 3 dB	- 5 dB	- 3 dB	+ 10 dB	+ 10 dB
Decca-Tree, standard	0 dB	0 dB	0 dB	-	-
Decca-Tree, cardioids	- 5 dB	- 5 dB	- 5 dB	-	-
Near-coincident	- 5 dB	- 5 dB	- 5 dB	-	-
Optimised triangle	+ 1 dB	- 5 dB	+ 1 dB	-	-

Square arrangement

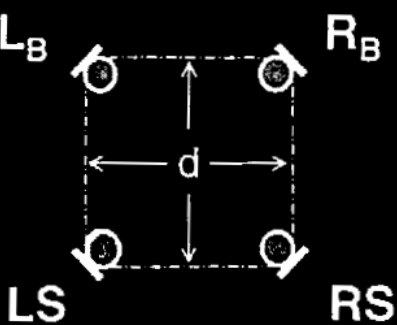


FIG 19: Proposed square arrangement for spatial imaging f^5

Principally at least four equivalent stereophonic channels are desirable for realistic imaging of spatial impression and enveloping atmosphere. The microphone square should be spaced in order to provide suitable interchannel correlation. Usually the placement of the square should be far from the critical distance in order to provide a high R/D-ratio, adequate density and spectrum. Placement and choice of microphone characteristics will depend on the intended stereophonic perspective and actual recording situation.

Effect of coherence

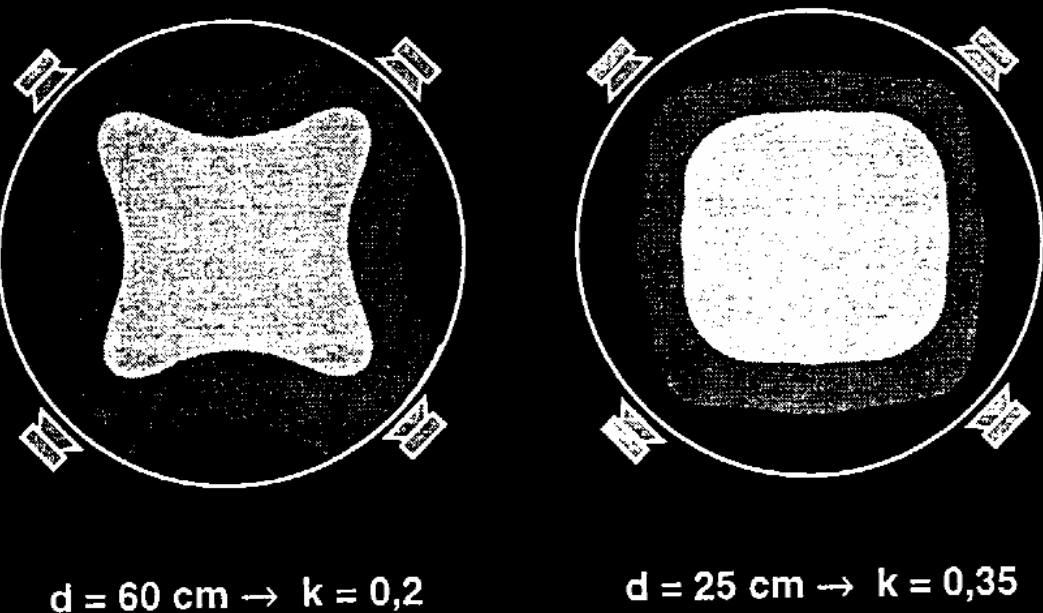
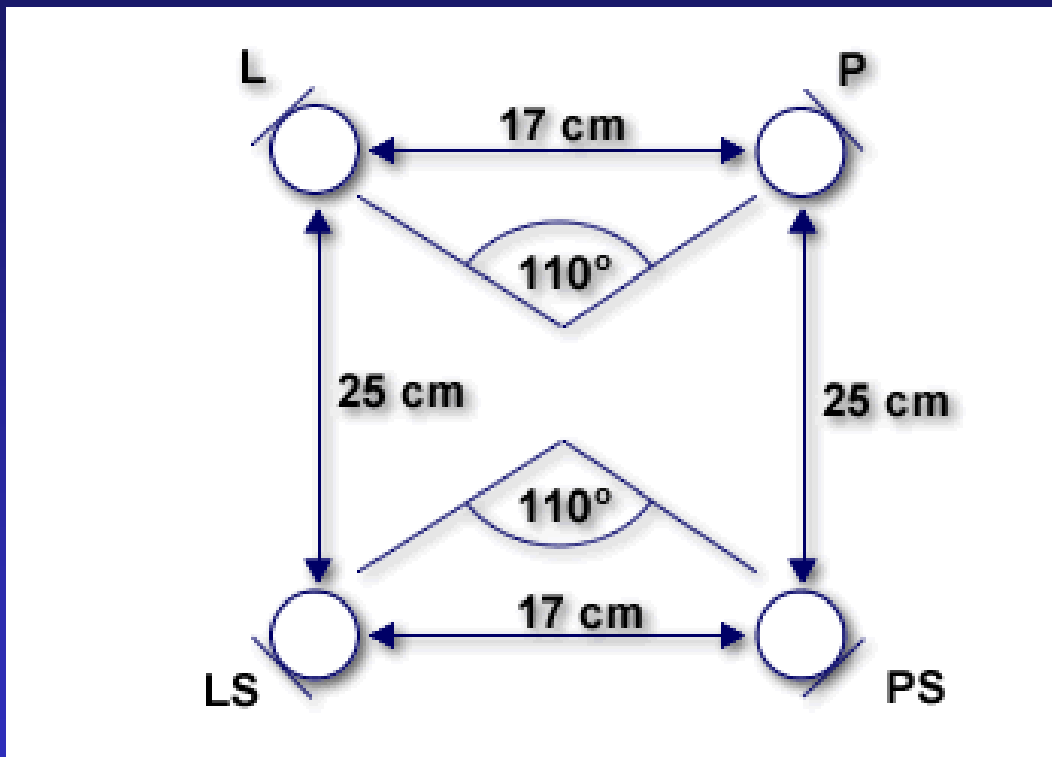


FIG 20: Effect of coherence on subjective diffuseness [35]

Perceived directions in a diffuse field generated by four loudspeakers radiating noise (0,25–2,5 kHz) with interchannel coherence factors $k = 0,2$ and $k = 0,35$. The noise was recorded in a reverberation room by means of spaced omni microphones, distances $d = 60 \text{ cm}$ and $d = 25 \text{ cm}$.

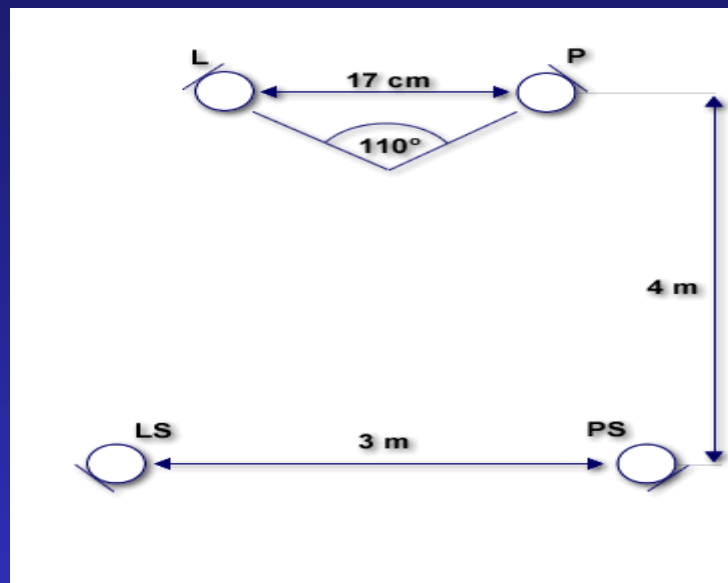
Darker shading represents relatively higher statistical frequency of directions of auditory events.

System Double ORTF



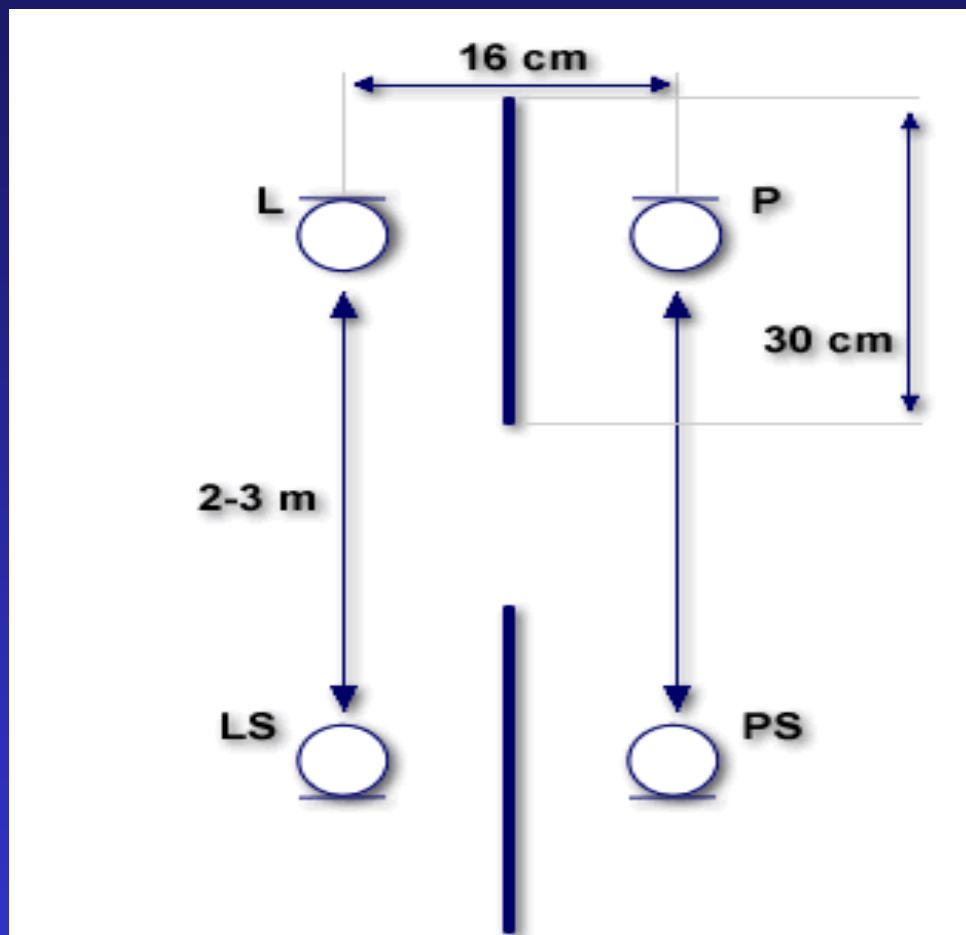
System Double ORTF został opracowany w Katedrze Systemów Multimedialnych Politechniki Gdańskiej. Modyfikacja (w stosunku do systemu ORTF) polega na zastosowaniu dwóch par mikrofonów, z których jedna skierowana jest w kierunku źródła dźwięku, natomiast druga w kierunku przeciwnym. Odległość pomiędzy parami mikrofonów powinna być jak najmniejsza

System ORTF Surround



System ORTF Surround został opracowany w Katedrze Systemów Multimedialnych Politechniki Gdańskiej. Dodatkowo zastosowano parę mikrofonów „Surround” służących do rejestracji pola pogłosowego.

System OSS Surround



System OSS Surround został opracowany w Katedrze Systemów Multimedialnych Politechniki Gdańskiej. Przegroda powinna posiadać własności pochłaniające, aby nie powstawał efekt filtru grzebieniowego.

- Double MS

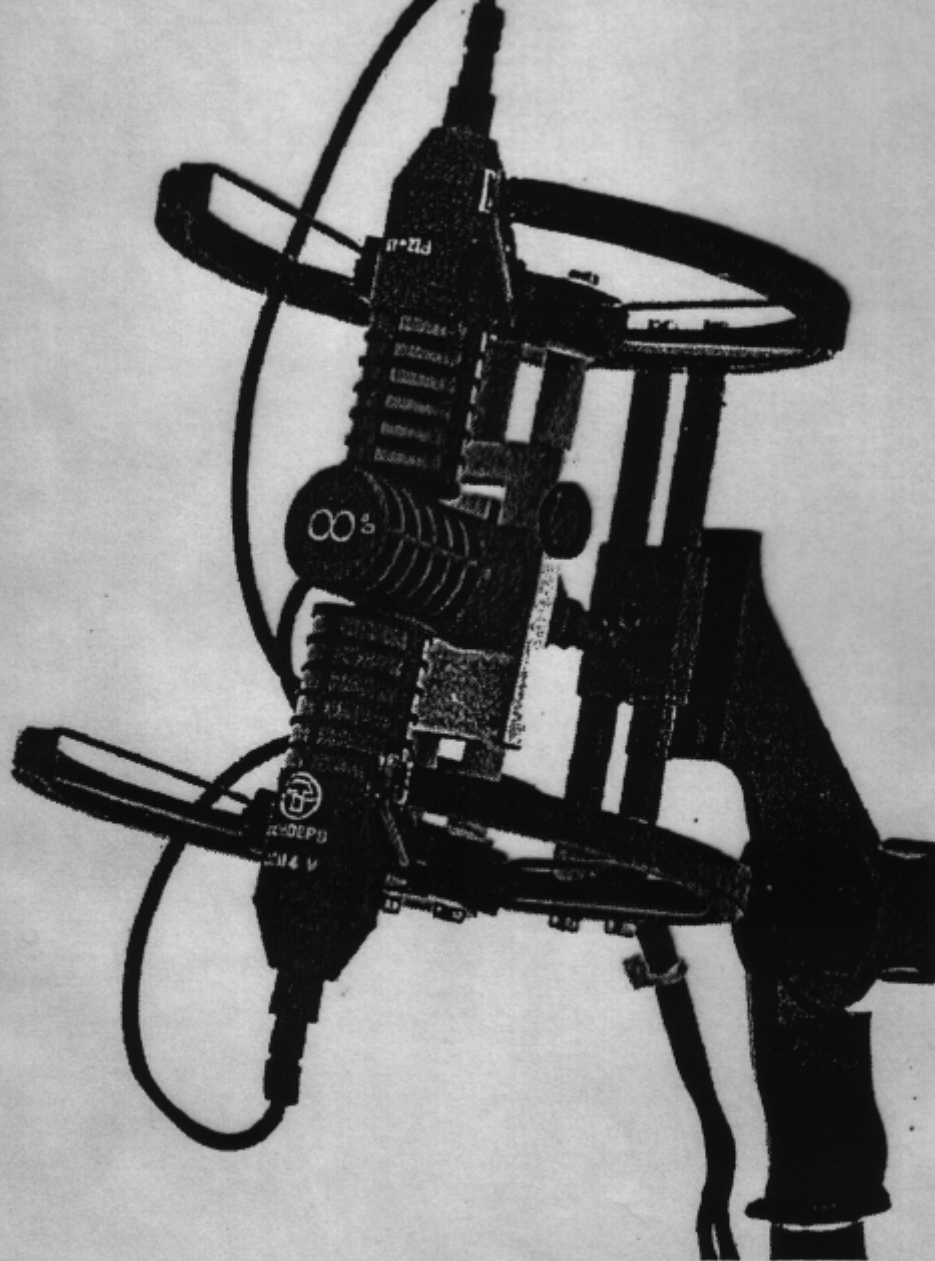


Fig. 3: Double M/S arrangement,

- System MMR

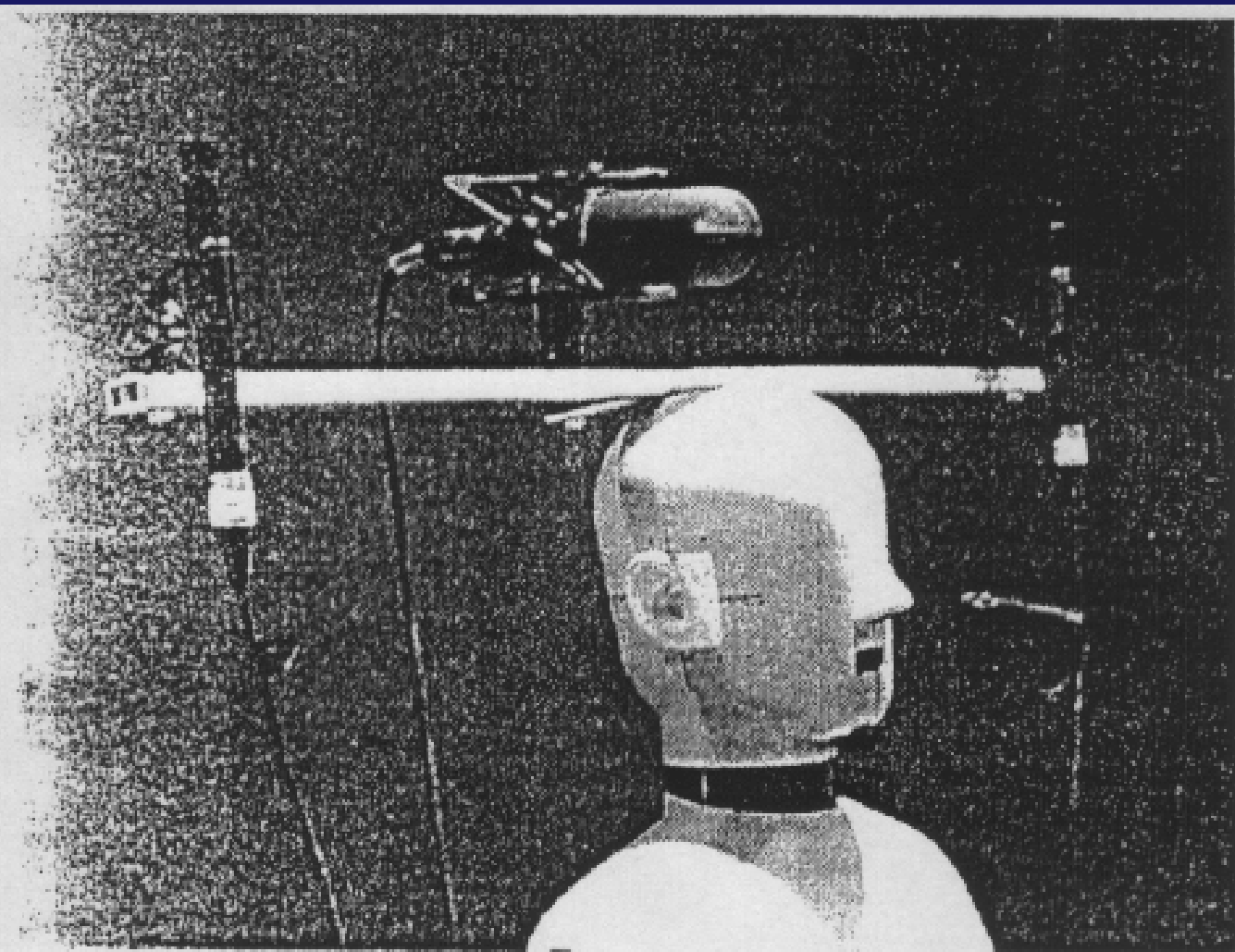


Fig. 1: The multi-microphone rig (MMR) consisting of a SoundField MK V microphone, a head and torso simulator and a spaced pair of omni-directional microphones.

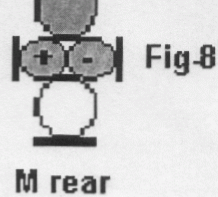


Fig.2 Double-MS-System, schematically

Advantages: versatile arrangement;
 only three microphones !! This leaves space for an additional microphone e.g. for the center-signal on four-channel-recording-devices like the Zaxcom Deva II Harddisc location-recorder;
 compact and lightweight

Surround-Sphere (SCHOEPS / J.Bruck)

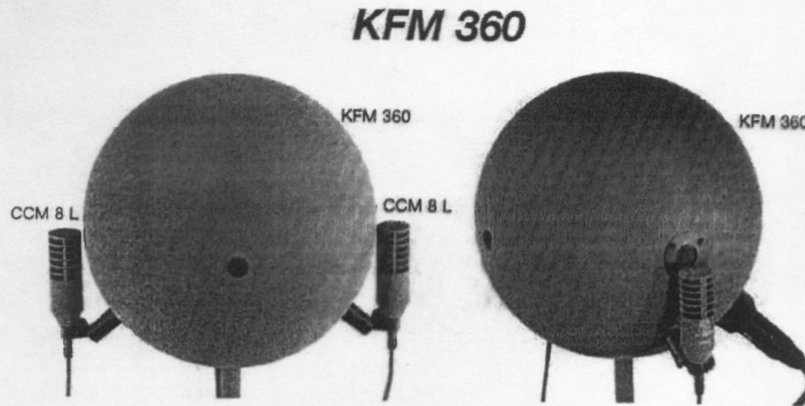
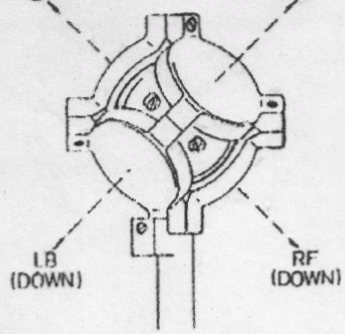


Fig.3 Schoeps KFM 360

Description: A Sphere microphone (after G.Theile /1/) is set up with two fig-of-eight mics close to the two omni-capsules on the sides of the sphere: the plus-side of the fig-of-8s is facing to the front (Fig. 2)

•Surround
 -Sphere

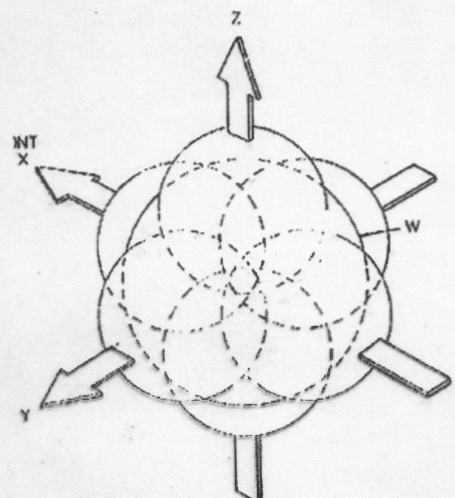
•Sound Field



Rys. 4.15. Mikrofon *Soundfield* [25]

Bezpośrednie sygnały z przetworników mikrofonu tworzą tzw. „A-format”. Z sygnałów tych na drodze elektronicznego matrycowania otrzymuje się tzw. „B-format” na który składa się składnik ciśnieniowy (zawierający informację wszechkierunkową) oraz trzy składniki proporcjonalne do gradientów ciśnień, związane z rozkładem sygnałów docierających z trzech ortogonalnych kierunków. Układ ten jest w pełni koincydencyjny [38], [24].

$$\begin{aligned}
 \text{Składnik wszechkierunkowy} &= L_F + R_B + R_F + L_B \\
 \text{Składnik góra - dół} &= L_F + R_B - (R_F + L_B) \\
 \text{Składnik lewo - prawo} &= L_F + L_B - (R_F + R_B) \\
 \text{Składnik przód - tył} &= L_F + R_F - (R_B + L_B)
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$



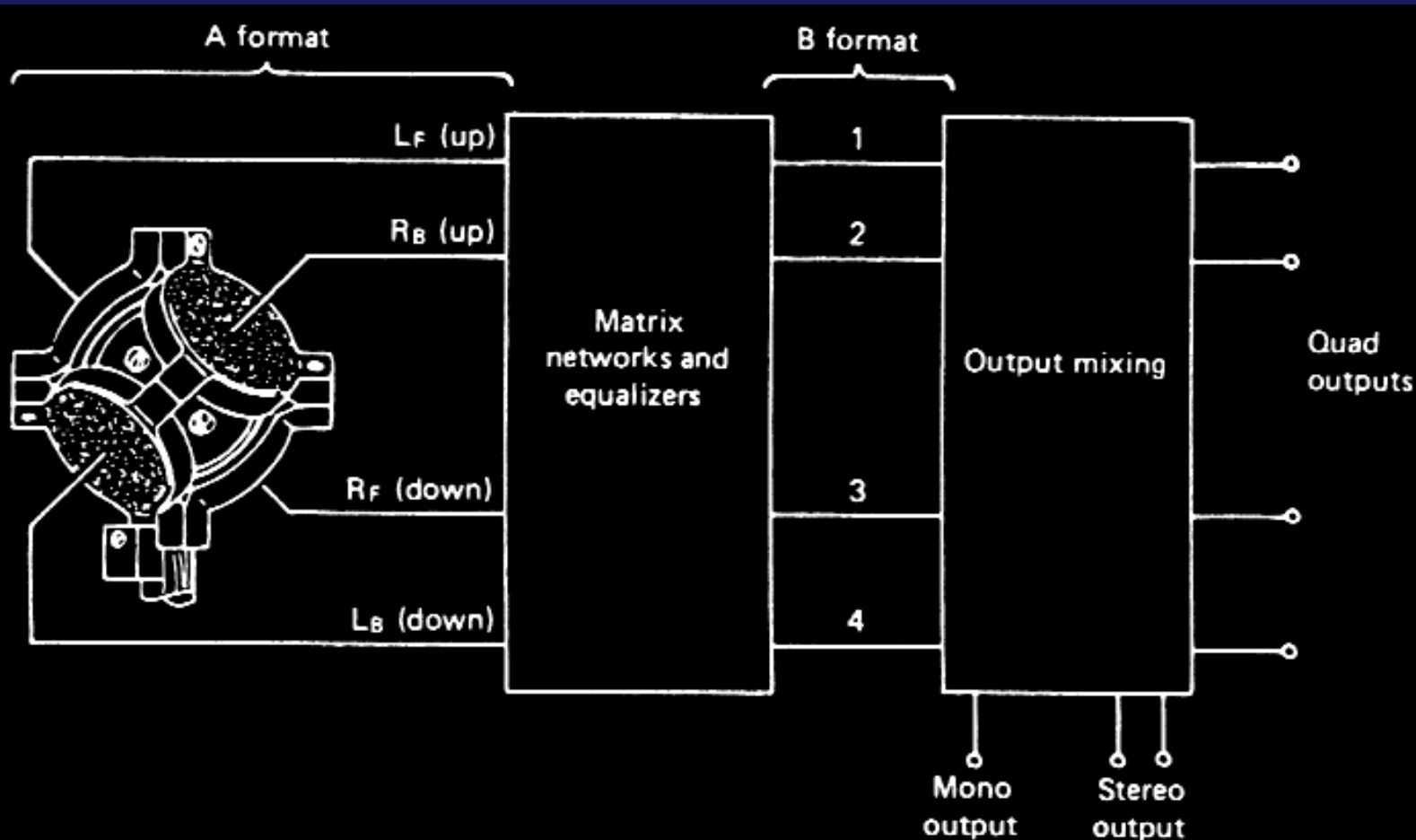


Figure 2-27. Details of the sound field microphone. The various directional components are produced as follows:

- 1 = Omnidirectional component = $L_F + R_B + R_F + L_B$
- 2 = Bidirectional (up-down) = $L_F + R_B - (R_F + L_B)$
- 3 = Bidirectional (left-right) = $L_F + L_B - (R_F + R_B)$
- 4 = Bidirectional (fore-aft) = $L_F + R_F - (L_B + R_B)$